



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA
RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO
CARACAS - VALENCIA**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
Como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR

Frontado, Luis

PROFESOR GUÍA

Goatache, Luis

Botbol, Abraham

FECHA

09 de Marzo de 2011



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA
RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO
CARACAS - VALENCIA

Este jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo, ha calificado su
contenido con el resultado:

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA
RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO
CARACAS - VALENCIA

JURADO EXAMINADOR

Firma:

Firma:

Firma:

Nombre:

Abraham Botbol

Nombre:

Luis Goatache

Nombre:

Luis Frontado

REALIZADO POR

Frontado, Luis

Goatache, Luis

PROFESOR GUÍA

Botbol, Abraham

FECHA

09 de Marzo de 2011



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA
RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO
CARACAS - VALENCIA

Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:

Dieciocho (18)

JURADO EXAMINADOR

Firma:

Firma:

Firma:

Nombre:

Abraham Botbol

Nombre:

Alvaro Lopez

Nombre:

Mayra Narváez

REALIZADO POR

Frontado, Luis

Goatache, Luis

PROFESOR GUÍA

Botbol, Abraham

FECHA

09 de Marzo de 2011.

Resumen

Frontado Rauseo, Luis

Lafrontador.11@est.ucab.edu.ve

Goatache Romero, Luis

Legoatache.11@est.ucab.edu.ve

Con el fin de solventar el problema por la creciente demanda de transporte que ocasiona una notable latencia en las redes de datos de telefonía móvil, se plantea el uso de fibra óptica ya que basándose en los requerimientos de capacidad y transporte actuales puede ser considerada como el medio más adecuado para manejar la carga de datos de una manera más eficaz y eficiente, mediante una red de fibra óptica anillada que permite interconectar las ciudades de Caracas y Valencia, utilizando mecanismos de redundancia física y lógica que garantizan un alto nivel de confiabilidad. Para efectuar este diseño se tomaron como puntos de partida, las estaciones principales en la ciudad de Caracas y Valencia, entre las cuales se hizo un recorrido para identificar estaciones intermedias y realizar la ingeniería de la ruta. A los efectos de dar cierre al anillo se plantean dos rutas estratégicamente diseñadas que pasan por el norte y por el sur del Lago de Valencia asegurando redundancia de caminos. Asimismo se propone un cierre intermedio del anillo entre dos estaciones troncales, lo que viabiliza la creación de más rutas lógicas que abrirían la posibilidad de redundancia lógica. Pensando en la escalabilidad y en la demanda de transporte que va en continuo crecimiento, se propuso el uso de DWDM, con el fin de aprovechar al máximo cada enlace de fibra óptica

Palabras clave: Redundancia, Escalabilidad

Índice general

Dedicatoria	i
Agradecimientos	iii
Introducción	v
Capítulo I. Planteamiento del Proyecto.....	1
I.1. Planteamiento del Problema	1
I.2. Objetivos.....	2
I.2.1. Objetivo General	2
I.2.2. Objetivos Específicos.....	2
I.3. Alcances y limitaciones.....	3
I.4. Justificación.....	3
Capítulo II. Marco Teórico	5
II.1. Estándares de transmisión digital.....	5
II.1.1. Concepto de PDH	5
II.1.2. Concepto de SDH	7
II.1.3. Concepto de DWDM	9
II.2. Conceptos básicos de las comunicaciones ópticas.....	11
II.2.1. Fibra Óptica	11
II.2.2. Parámetros de la fibra óptica	12
II.2.3. Clasificación de la fibra óptica	13
II.3. Conexiones de fibra óptica: uniones y acopladores	15
II.3.1. Tipos de uniones fijas entre fibras	16
II.3.2. Conectores para fibra.....	20
II.4. Espectro electromagnético	22
II.4.1. Ventanas Ópticas	22
II.5. Topologías y esquemas de protección para DWDM.....	24
II.5.1. Topología punto a punto.....	24
II.5.2. Topología de anillo	26

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**

II.5.3. Topología de malla.....	27
II.5.4. Protección basada en enlace.....	28
II.6. Código de colores	29
II.7. Mecanismos de construcción para el tendido de la fibra óptica	30
II.7.1 Tendido submarino.....	30
II.7.2. Tendido terrestre	32
II.7.3 Tendido aéreo	33
II.8. Manga	34
Capítulo III. Metodología y Desarrollo	35
III.1. Fase I. Investigación y estudio	37
III.2. Fase II. Factibilidad y criterios de diseño	38
III.2.1. Criterios para determinar la estructura lógica de la red	42
III.2.2. Criterios para determinar la estructura física de la red	44
III.3. Fase III. Diseño	52
IV. Resultados	53
I.V. Estructura lógica de la red.....	53
IV.2. Estructura física de la red.....	56
IV.2.1. Definición de los tramos físicos de la red.....	56
IV.2.2. Definición del cable de fibra óptica.....	59
IV.2.3. Definición de la electrónica.....	62
V. Conclusiones y Recomendaciones.....	65
VI. Bibliografía.....	67
Apéndice A	1

Índice de figuras

Figura 1. Estructura de multiplexación de SDH	8
Figura 2. Multiplexor/Demultiplexor DWDM.....	10
Figura 3. Soldadura por arco voltaico	17
Figura 4. El fenómeno del auto alineamiento	18
Figura 5. Técnicas para conexión de fibras sin soldadura	20
Figura 6. Uniones con rendijas en V	20
Figura 7. Espectro electromagnético y ventanas ópticas	23
Figura 8. Topología punto a punto.....	25
Figura 9. Topología anillo.....	26
Figura 10. Topología de malla, punto a punto y anillo.	27
Figura 11. Esquema de desarrollo.....	36
Figura 12. Estaciones ubicadas sobre la región Centro-Capital.....	41
Figura 13. Diseño preliminar de la red física. Fuente: Elaboración propia	47
Figura 14. Diagrama unifilar de la red. Fuente: Elaboración propia	53
Figura 15. Distribución de los hilos dentro de la fibra. Fuente: Elaboración propia ...	54
Figura 16. Diseño final de la red física.	57

Índice de tablas

Tabla 1. Ventanas ópticas. Fuente: Elaboración propia.....	22
Tabla 2. Código de colores estándares TIA-598-A fibra óptica. Fuente: Elaboración propia.....	29
Tabla 3. Estaciones y sus coordenadas geográficas. Fuente: Elaboración propia	40
Tabla 4. Estaciones y distancia entre ellas. Fuente: Elaboración propia	45
Tabla 5. Distribución de los hilos de fibra entre estaciones. Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 6. Distancias entre estaciones y N° de empalmes. Fuente: Elaboración propia.	59
Tabla 7. Cuadro comparativo (características de las fibras ópticas) Fuente: Elaboración propia	61
Tabla 8. Requerimientos de potencia de la electrónica para el enlace más largo. Fuente: Elaboración propia.	63
Tabla 9. Requerimientos de potencia de la electrónica para el enlace más corto. Fuente: Elaboración propia.	64
Tabla 10. Rango de potencia y sensibilidad. Fuente: Elaboración propia	64

A Dedicatoria

Agradecemos a todas las personas que hicieron posible este Trabajo Especial de
Grado y en especial a:

El Ingeniero Julio Vasquez por su orientación y paciencia.

Los Ingenieros Abraham Bothol y Jesus Vasquez por su apoyo y contribución.

A María Carolina Estanga por su paciencia y apoyo.

A Nuestros Padres quienes nos apoyaron a lo largo de la carrera.

Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas que hicieron posible este Trabajo Especial de Grado y en especial a:

El Ingeniero Julio Vasquez por su orientación y paciencia.

Los Ingenieros Abraham Botbol y Jesús Vasquez por su apoyo y contribución.

A María Carolina Estanga por su paciencia y apoyo.

Capítulo I. Introducción del Proyecto

Las redes de transporte o redes troncales tienen como objetivo concentrar el tráfico de información que proviene de las redes de acceso para llevarlo a mayores distancias. Tradicionalmente su arquitectura y sus características particulares han estado subordinadas al tipo de información que se desea transportar y a las características de las redes de acceso utilizadas. Específicamente en nuestro país la compañía IFX Networks de Venezuela C.A. presta servicios de telecomunicaciones basados en tráfico de datos y actualmente su infraestructura se está viendo limitada por la creciente demanda de transporte, lo que ocasiona una notable latencia en las redes de datos de telefonía móvil que cada vez es mayor y más perceptible por los usuarios finales.

En búsqueda de una solución a este problema se plantea la posibilidad de utilizar la fibra óptica ya que basándose en la investigación y en los requerimientos de capacidad y transporte actuales, puede ser considerada como el medio más adecuado para manejar la carga de datos de una manera más eficaz y eficiente. El objetivo general de este trabajo es diseñar una red de fibra óptica anillada para interconectar las ciudades de Caracas y Valencia, utilizando mecanismos de redundancia física y lógica que garanticen un alto nivel de confiabilidad.

Capítulo I. Planteamiento del Proyecto

En este capítulo se da una descripción de las bases del proyecto manteniendo una estructura que parte en la explicación del problema siguiendo con los objetivos planteados, los cuales nos dan la plataforma para la elaboración del trabajo. Para continuar tenemos los alcances y limitaciones, necesarios para establecer un margen entre lo realizado y lo que fue posible realizar, como punto final se encuentra la justificación la cual brinda información del porque se realizó el proyecto.

I.1. Planteamiento del Problema

Hoy en día las telecomunicaciones avanzan velozmente, y de la misma forma deben avanzar las compañías que ofrecen servicios alrededor de todo el mundo, específicamente en nuestro país la compañía IFX Networks de Venezuela C.A. presta servicios de telecomunicaciones basados en tráfico de datos. Sin embargo, la infraestructura actual se está viendo limitada por la creciente demanda de transporte entre las ciudades de Caracas y Valencia específicamente, lo que ocasiona una notable latencia en las redes de datos de telefonía móvil que cada vez es mayor y más perceptible por los usuarios finales.

Esta insuficiencia compromete la conformidad de los usuarios. Es por esto que se necesita buscar vías alternativas para aumentar la capacidad y adecuar el servicio al ritmo de crecimiento actual.

Para solucionar este problema la empresa IFX Networks de Venezuela C.A. requiere el uso de fibra óptica para establecer una vía alternativa para los datos, y de esta forma aliviar la congestión ocasionada por la gran cantidad de usuarios.

I.2. Objetivos

En esta sección se plantea el objetivo general y se dan a conocer las actividades u objetivos específicos necesarios para lograr el objetivo general.

I.2.1. Objetivo General

Diseñar una red de fibra óptica anillada para interconectar las ciudades de Caracas y Valencia, utilizando mecanismos de redundancia física y lógica que garanticen un alto nivel de confiabilidad.

I.2.2. Objetivos Específicos

- Investigar los conceptos fundamentales aplicados a las comunicaciones ópticas y características de las diferentes fibras, así como también los mecanismos de construcción para el tendido de cableado de la misma.
- Estudiar los métodos de redundancia lógica aplicables en el proyecto de interconexión de la fibra.
- Estudiar la factibilidad de rutas de tendido de fibra óptica para garantizar redundancia física considerando las condiciones del terreno y el desarrollo urbano.
- Definir los criterios de diseño de la estructura física y lógica de la red.
- Investigar acerca del equipamiento electrónico a utilizarse.
- Definir la fibra y la electrónica adecuadas para el caso en cuestión, basado en las investigaciones antes descritas y en el criterio de diseño.

I.3. Alcances y limitaciones

Este trabajo especial de grado incluye la investigación de los tópicos necesarios para la realización del diseño de una red de fibra óptica solo para el tramo Caracas-Valencia, con el apoyo de la compañía IFX Networks de Venezuela C.A. para dar solución a los problemas de congestión en las redes de datos de telefonía móvil ocasionados por la creciente demanda.

Este trabajo especial de grado solo incluirá el diseño de una red de fibra óptica para el transporte de datos de telefonía móvil, mas no involucra la implementación de la misma ya que además de las limitaciones económicas, el tiempo estipulado para la realización del trabajo no concuerda con los tiempos que toma ejecutar dicha implementación.

I.4. Justificación

El presente trabajo especial de grado nace ante la necesidad de resolver el problema de la creciente demanda de transporte que compromete la conformidad de los usuarios finales de la red de IFX Networks de Venezuela, para esto se ha estudiado el uso de fibra óptica como solución para la transmisión de los datos, ya que las prestaciones que ofrece la fibra satisfacen con holgura el acelerado ritmo de crecimiento actual del tráfico en la red.

Capítulo II. Marco Teórico

A continuación se explican conceptos claves en el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado, cuya definición es necesaria para comprender los distintos procesos que intervienen el diseño de la red.

II.1. Estándares de transmisión digital

Las redes troncales de telecomunicaciones transportan tráfico de diferentes fuentes mediante la compartición de los sistemas de transmisión y de conmutación entre los distintos usuarios. La capacidad de los enlaces entre centrales de conmutación varía, desde las tasas mínimas, correspondientes a centrales locales, periferia de la red troncal, etc.; hasta las tasas más altas, requeridas, por ejemplo, por los enlaces entre grandes centrales de conmutación y de tránsito. En nuestros días se utilizan diferentes tecnologías de transmisión como lo son PDH, SDH y DWDM, que se explican a continuación.

II.1.1. Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)

El primer estándar de transmisión digital fue PDH (*Plesicronus Digital Hierarchy*) o JDP (Jerarquía Digital Plesiócrona), aparecido durante la década de los sesenta y primeros de los setenta. Los equipos PDH han copado el volumen del mercado, aún a principio de los noventa, estando actualmente en pleno declive frente a SDH (*Synchronous Digital Hierachy*) y DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*).

La tasa de bit de transmisión mínima o primaria utilizada era de 2 Mbps en Europa y 1,5 Mbps en USA y Japón, lo cual corresponde a 30 y 24 circuitos telefónicos, respectivamente. También eran posibles tasas de bit superiores multiplexando esas señales, como se muestra, por ejemplo, en la Tabla 1 para el caso de la norma europea. Las tasas de bit en cada una de las normas no coinciden, y las

superiores a 139.264 Mbps, por ejemplo los 564.992 Mbps, son en todas ellas propietarias, es decir, no han sido estandarizadas. En la Tabla 2 se presenta el caso de la norma norteamericana.

Generalmente, las señales que son multiplexadas proceden de fuentes distintas, pudiendo haber ligeras diferencias entre la velocidad real de los distintos flujos de información debidas a variaciones en los tiempos de propagación, falta de sincronización entre las fuentes, etc. Este tipo de señales no sincronizadas reciben el nombre de plesiócronas. La naturaleza Plesiócrona de las señales requería de técnicas de relleno, consistentes en la reserva de una capacidad de transmisión superior a la requerida, para eliminar la falta de sincronismo.

Durante los años 80 en que tuvo lugar la digitalización de las grandes redes públicas, los equipos PDH se instalaron masivamente por todo el mundo. No obstante, pronto se encontraron serias limitaciones:

La rigidez de las estructuras plesiócronas de multiplexación hacían necesaria la demultiplexación sucesiva de todas las señales de jerarquía inferior para poder extraer un canal de 64 Kbps. La baja eficiencia de este proceso, suponía baja flexibilidad en la asignación del ancho de banda y una mayor lentitud en el procesamiento de las señales por parte de los equipos.

La información de gestión que puede transportarse en las tramas PDH es muy reducida, lo cual dificulta la supervisión, control y explotación del sistema.

La falta de compatibilidad entre los distintos sistemas PDH y la adopción de estándares propietarios por parte de los fabricantes, dificultaba la interconexión entre redes de incluso un mismo operador.

Los grandes avances del hardware y software, así como la entrada de la fibra óptica como medio de transmisión, no eran aprovechados por los sistemas PDH.

II.1.2. Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

Todas las carencias presentadas por PDH propiciaron la definición en 1988 por parte de la ITU (*International Telecommunications Union*) de un nuevo estándar mundial para la transmisión digital, denominada SDH (*Synchronous Digital Hierachy*) o JDS (Jerarquía Digital Síncrona) en Europa, y SONET (*Synchronous Optical Network*) en Norte América.

El principal objetivo era la adopción de una verdadera norma mundial. Este estándar especifica velocidades de transmisión, formato de las señales (tramas de 125 microsegundos), estructura de multiplexación, codificación de línea, parámetros ópticos, etc.; así como normas de funcionamiento de los equipos y de gestión de red.

El estándar SDH parte de una señal de 155,520 Mbps denominada módulo de transporte síncrono de primer nivel o STM-1. La compatibilidad con PDH es garantizada mediante distintos contenedores: C-11 para señales de 1,5 Mbps, C-12 para 2 Mbps, C-2 para 6,3 y 8 Mbps, etc; como se muestra en la Figura 1. Los restantes STM-N se obtienen mediante el entrelazado de bytes de varias señales STM-1. En la actualidad se encuentran normalizados los valores de: STM-4 (622,08 Mbps), STM-16 (2.488,32 Mbps) y STM-64 (9.953,28 Mbps). En SONET, que puede considerarse un subconjunto de SDH, se parte de una velocidad de transmisión de 51,840 Mbps.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

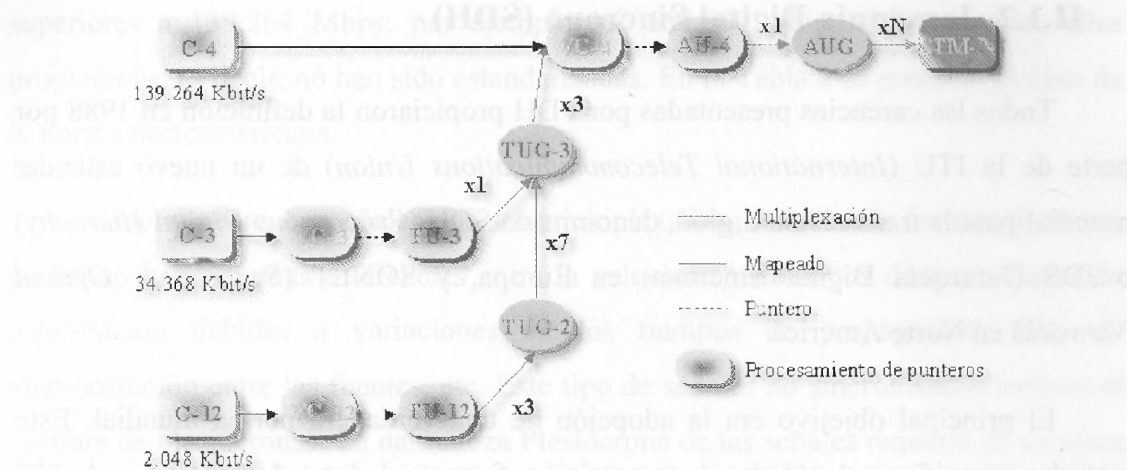


Figura 1. Estructura de multiplexación de SDH. *Fuente:* Ramón Millán.

Frente a las estructuras malladas de las redes PDH, SDH apuesta por arquitecturas en anillo, constituidas por multiplexores de extracción e inserción de señales o ADMs (*Add and Drop Multiplexers*), unidos por 2 o 4 fibras ópticas. Los anillos permiten conseguir redes muy flexibles, pudiendo extraer señales tributarias del tráfico agregado en cualquiera de los nodos que conforman el anillo.

Dadas las altas velocidades transmitidas, la seguridad es un requisito a tener muy en cuenta en las redes de transporte. Se ha comprobado que se produce un corte anualmente por cada 300 Km de fibra instalados. La solución de protección 1+1 da lugar a los denominados anillos híbridos autoregenerables, en los cuales el tráfico se encamina simultáneamente por dos caminos, siendo recogido en el nodo destinatario. En caso de la caída de algún equipo intermedio o el corte de una fibra, el nodo destinatario conmutará al otro camino, lo cual es conseguido en menos de 50 ms.

Puesto que las tramas SDH incorporan información de gestión de los equipos, es posible tanto la gestión local como la centralizada de sus redes. Esta gestión se realiza a través de las interfaces Q definidas por el ITU. La gestión local atiende a un control descentrado de los distintos nodos, mediante sistemas de operación local. La

centralizada, adecuada para entornos SDH puros sin PDH, se basa en el control de todos los nodos mediante un único sistema de operaciones central.

La flexibilidad en el transporte de señales digitales de todo tipo permite la provisión de todo tipo de servicios sobre una única red SDH: servicio de telefonía, provisión de redes alquiladas a usuarios privados, creación de redes MAN y WAN, servicio de videoconferencia, distribución de televisión por cable, etc. (Millán, 1999)

II.1.3. Concepto de DWDM

La única tecnología capaz actualmente de explotar todo el ancho de banda ofrecido por la fibra óptica, es la DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*), la cual permite además una evolución flexible y económica de las presentes redes, respondiendo a la demanda de mayor ancho de banda por parte de los nuevos servicios multimedia. La DWDM requiere componentes ópticos muy complejos y caros, por lo que desde su aparición ha sido principalmente utilizada en enlaces punto a punto a larga distancia. No obstante, la enorme demanda de ancho de banda y la madurez de la tecnología DWDM, ha permitido su introducción en las redes metropolitanas.

La multiplexación por división en longitud de onda, multiplexación óptica o DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) tiene su origen, en la posibilidad de acoplar la salida de diferentes fuentes emisoras de luz, cada una a una longitud de onda o frecuencia óptica diferente, sobre una misma fibra óptica. Después de la transmisión a través de la fibra, cada una de estas señales o canales ópticos en distintas longitudes de onda, pueden ser separadas entre sí hacia diferentes detectores en su extremo final. El componente encargado de inyectar las distintas fuentes sobre la misma fibra óptica es el multiplexor, el de separarlas es el demultiplexor, y el de adaptar las longitudes de onda recibidas a una longitud de onda estandarizada, estabilizada y susceptible de ser multiplexada y demultiplexada es el transpondedor. El concepto de esta tecnología de transmisión queda reflejado en la Figura 2.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

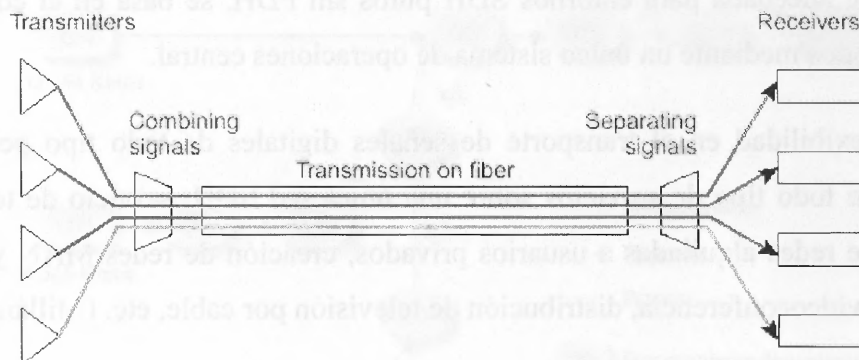


Figura 2. Multiplexor/Demultiplexor DWDM. *Fuente:* Millán, Redes DWDM.

El medio de transmisión utilizado en DWDM es la fibra óptica y, en concreto, la fibra óptica monomodo. La fibra óptica monomodo, además de soportar mayores anchos de banda que el resto medios de transmisión de señales, ofrece otras muchas ventajas: baja atenuación, fácil instalación, inmunidad a interferencias electromagnéticas, alta seguridad de la señal, posibilidad de integración, etc.

La principal ventaja de la tecnología DWDM es el alto ancho de banda que ofrece. Los sistemas DWDM para largas distancias comercialmente disponibles en la actualidad soportan hasta 1,6 Tbps (160 longitudes de onda a 10 Gbps), superando el cuello de botella alcanzando en SDH/SONET en 10 Gbps. También cabe destacar su transparencia, pues en cada una de las longitudes de onda se pueden ubicar diferentes tasas de bit y protocolos de las capas superiores, e incluso señales previamente multiplexadas por división en el tiempo o TDM (*Time Division Multiplexing*). Recordemos que en la técnica de multiplexación TDM se segregan muestras de cada señal en ranuras temporales que el receptor puede seleccionar mediante un reloj correctamente sincronizado con el transmisor. Los sistemas instalados actualmente transportan, por ejemplo: PDH (140/565 Mbps), SDH/SONET (155/622/2.500/10.000 Mbps), Fast Ethernet (100 Mbps), Gigabit Ethernet (1.000 Mbps), Fibre Channel (100 Mbps), etc. Por otro lado, aunque los sistemas DWDM son relativamente caros debido a la necesidad de componentes ópticos muy

avanzados, la reducción en equipamiento y fibras, supone una reducción de costes relativamente grande en sus inversiones y en su mantenimiento. (Millán, 2002)

Una de las principales ventajas de los sistemas WDM es su modularidad, la cual permite crear una infraestructura que se basa en añadir nuevos canales ópticos al sistema de forma flexible en función de las demandas de los usuarios. Así, los proveedores de servicio pueden reducir los costos iniciales significativamente mientras desarrollan progresivamente la infraestructura de red que les servirá en el futuro. Adicionalmente, las labores de gestión y enrutamiento de la red tienden a realizarse completamente en el dominio óptico, lo que les proporciona gran flexibilidad. La tecnología DWDM viene a resolver el problema de la capacidad de transmisión en redes ópticas. DWDM no es dependiente de protocolo, debido a que su operación se realiza en capa uno del modelo OSI de las redes; básicamente toma las entradas ópticas, sin importar el protocolo que esta señal óptica contenga y modula cada señal usando una longitud de onda como portadora, lo que permite transmitir tantas señales como longitudes de onda soporte el equipo o equipos que se estén utilizando. El ancho de banda soportado para cada señal óptica que es modulada en una longitud de onda, es de 10Gbps, esto quiere decir que en cada longitud de onda podemos transmitir una señal de hasta 10Gbps. Seguramente estas velocidades se verán incrementadas en los próximos años. Los equipos actuales soportan 32 longitudes de onda y están siendo liberados equipos que soportan 80 longitudes de onda en un solo enlace de fibra óptica.

II.2. Conceptos básicos de las comunicaciones ópticas

II.2.1. Fibra Óptica

La fibra óptica es un filamento flexible, largo y delgado del orden de unas micras más fino que un cabello humano. Es una guía de ondas ópticas, totalmente dieléctrica, constituida por dos cilindros concéntricos vítreos de diferentes índices de

refracción que forman una estructura monolítica. El cilindro interior se conoce por núcleo, y no es más que un centro de dióxido de silicio SiO_2 dopado o no, por donde viajan los pulsos de luz transmitidos. El cilindro exterior se conoce por revestimiento, conforma una capa exterior que rodea al núcleo, refleja la luz que incide en él y permanece dentro del núcleo. (Rivero, 1999)

II.2.2. Parámetros de la fibra óptica

II.2.2.1. Dispersión

La dispersión es el fenómeno por el cual un pulso se deforma a medida que se propaga a través de la fibra óptica, debido a que las distintas componentes de la señal viajan a distintas velocidades llegando al receptor en distintos instantes de tiempo.

La dispersión supone una reducción del ancho de banda debido a que al ensancharse los pulsos se limita la tasa de transmisión. La dispersión se caracteriza mediante el parámetro D ($\text{ps/nm}\cdot\text{km}$), que indica el ensanchamiento del pulso. Este ensanchamiento aumenta con la longitud recorrida y con el ancho espectral de la fuente óptica. (Grupo Comunicaciones Ópticas, 2006)

II.2.2.2. Atenuación

La atenuación o pérdidas de transmisión han demostrado ser el parámetro que ha disparado la aceptación de estos sistemas como medio de transmisión en telecomunicaciones. La atenuación del canal es lo que fija la distancia entre repetidores (amplificadores de señal), así pues la fibra empezó a ser un medio muy interesante cuando bajó su atenuación por debajo de los 5dB/Km que es la atenuación típica de un conductor metálico.

II.2.3. Clasificación de la fibra óptica

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

II.2.3.1. Fibra multimodo

La **fibra multimodo** es aquella que puede propagar más de un modo de luz, tienen más de mil modos de propagación de luz y se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 1 Km. Su distancia máxima efectiva es de 2 Km y requieren el uso de diodos láser de baja intensidad. El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

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

- **Índice escalonado:** En este tipo de fibra, el núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica; tiene alta dispersión modal.
- **Índice gradual:** El índice de refracción no es constante ya que el núcleo se tiene menor dispersión modal y se constituye de distintos materiales.

II.2.3.2. Fibra monomodo

Una **fibra monomodo** es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra en la reflexión total interna. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras

monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 100 km máximo, mediante un láser de alta intensidad) y transmitir elevadas tasas de información (decenas de Gb/s). (Cruz, 2006).

- **Tipos de fibra monomodo**

Los diseños de fibra monomodo se han desarrollado por varias décadas. Los tres tipos principales y sus datos específicos de ITU-T son:

- *Non-dispersion-shifted fiber* (NDSF), G 652
- *Dispersion-shifted fiber* (DSF), G 653
- *Non-zero dispersion-shifted fiber* (NZ-DSF), G 655

Las fibras desplazadas sin dispersión o *Non-dispersion-shifted fibers* son comúnmente llamadas fibras monomodo estándar (SM), fueron ideadas para el empleo en la segunda ventana, cerca de 1310 nm. Esta fibra fue diseñada de modo que la dispersión cromática estuviera cerca de cero cerca de la longitud de onda 1310-nm, para optimizar el funcionamiento de la fibra en esta ventana, como el empleo de fibra óptica se hizo más común y la necesidad de mayor ancho de banda y distancia aumentó, una tercera ventana, cerca de 1550 nm, fue explotada para la transmisión con monomodo.

Pero como la tercera ventana tenía una atenuación inferior que la ventana de 1310-nm, los fabricantes diseñaron la fibra con dispersión desplazada o *dispersion-shifted fiber*, que movió el punto de dispersión igual a cero a la región 1550-nm esta solución significa que la atenuación óptica más baja y el punto de dispersión igual a cero coincidieron en la ventana 1550-nm, resultó que no hay linealidades destructivas en la fibra óptica cerca del punto de dispersión cero para el cual no hay ninguna compensación eficaz. A causa de esta limitación, estas fibras no son convenientes para usos DWDM.

El tercer tipo, es la fibra con dispersión distinta de cero desplazada o *non-zero dispersion-shifted fiber*, es diseñado expresamente para encontrar las necesidades de usos DWDM. El objetivo de este diseño es hacer la dispersión baja en la región 1550-nm, pero no cero. Esta estrategia con eficacia introduce una cantidad controlada de dispersión, que contesta sobre efectos no lineales como *four wave mixing*, que puede dificultar el funcionamiento de sistemas DWDM. (Figueira, 2004)

II.3. Conexiones de fibra óptica: uniones y acopladores

Los enlaces de comunicaciones ópticas tienen en común con cualquier otro tipo de transmisión unos requerimientos para la unión entre cables y para la terminación de la línea. La cantidad de conexiones entre fibras para un enlace bipunto dependerá de la longitud del enlace (entre repetidores), de la longitud que tengan los rollos de cables y de la longitud máxima de cable que sea manejable para tirar una línea.

Aunque se sea capaz de producir de forma continua un rollo de 1000Km de fibra, va a ser difícil que podamos instalar un enlace de 1000Km sin partir dicha fibra, los trozos tan grandes de fibra tan sólo servirán para enlaces marítimos. Actualmente los enlaces están en el rango de los 100Km para velocidades de transmisión entre 1GHz y 50GHz, y dado el gran desarrollo de la fibra como componente, lógicamente debe venir acompañada por el resto de los elementos necesarios para hacer posible la transmisión, en este capítulo describiremos dos tipos que son:

Empalmes de fibra. Son uniones permanentes o semipermanentes, son útiles para red de telecomunicaciones en las líneas de alto tráfico.

Conectores de fibra. Son uniones desmontables que permiten el conexionado y desconexinado rápido, similar a los conectores BNC o a un enchufe eléctrico.

II.3.1. Tipos de uniones fijas entre fibras

Una unión permanente entre dos fibras se conoce en inglés como *fiber splice*. Se utiliza para alargar conexiones, partiendo de fibras no suficientemente largas, cuando no es necesario ni amplificar la señal ni conectar y desconectar repetidamente en este punto.

Hay dos tipos de uniones permanentes, que son la unión por fusión o soldadura y la unión mecánica.

La soldadura se efectúa mediante el calentamiento localizado de dos extremos prealineados consiguiendo que se reblandezcan y se fusionen, dejándolos después enfriar. Las uniones mecánicas consisten en mantener las fibras alineadas sin cambiar nada en ellas, puede conseguirse por varios métodos que incluyen el uso de tubos en los que se introducen las fibras o ranuras en forma de V en las que se encastran los extremos de las fibras. Todas estas técnicas buscan optimizar el comportamiento de la unión a través tanto de una correcta preparación del extremo de la fibra como del alineamiento entre ellos. En término medio las atenuaciones producidas por este tipo de uniones en fibras multimodo suelen estar entre 0.1 y 0.2 dB lo que es mejor que lo que se consigue mediante conectores. Además podemos apreciar que las pérdidas de este tipo de uniones son menores que las que habíamos visto para la reflexión Fresnel. Esto es debido a que en la soldadura no hay ningún tipo de intercara y que en las uniones mecánicas se utilizan geles de índice de refracción adecuado para que tampoco haya variación del índice. El problema de este tipo de uniones permanentes es que son complejas de realizar en campo abierto (cuando se está tendiendo la fibra) por problemas ambientales.

Un requerimiento para fibras que se van a unir de forma permanente es que sus extremos han de ser suaves y su superficie ortogonal con el eje de la fibra. Esta preparación de los extremos se hace mediante herramientas especiales que rayan la superficie de la fibra (el utensilio debe tener punta de diamante) para que

posteriormente la raya hecha se extienda hacia el interior de la fibra debido a la tensión que se ejerce sobre ella, el proceso puede realizarse sobre superficies curvas o planas e incluso pueden a posteriori pulirse las superficies resultantes. Vamos a describir brevemente los sistemas de conexión permanente de fibra.

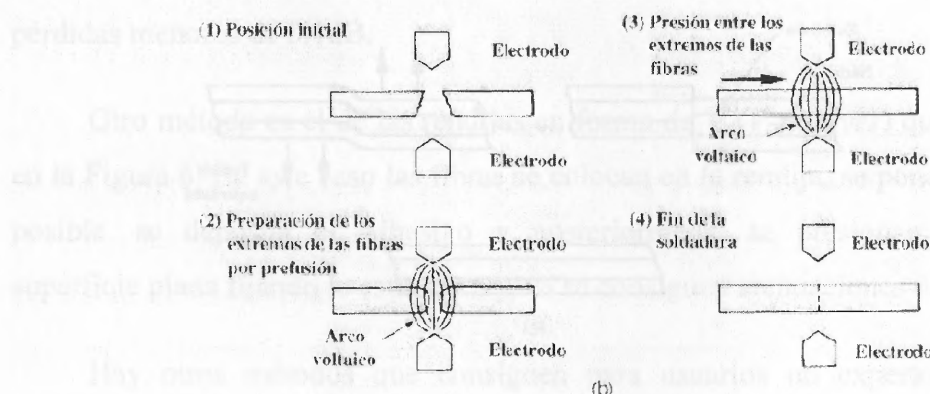


Figura 3. Soldadura por arco voltaico. Fuente: (Crisp, 2001)

II.3.1.1. Conexiones por soldadura

La soldadura o empalme de fibras implica el calentamiento hasta su punto de fusión de los extremos de dos fibras preparadas con la aplicación de suficiente presión axial. Es imprescindible que las fibras desnudas (sin capas protectoras) estén correctamente posicionadas y alineadas para que en el punto de fusión haya continuidad y no errores de alineamiento. Los sistemas de calentamiento pueden ser varios, aunque los más usados son los arcos voltaicos. Esa técnica ofrece la ventaja de ser un método con calentamiento puntual fácil de controlar. La técnica, que se aprecia en la Figura 4, ilustra los pasos a seguir en este proceso. En la parte (a) de la Figura se aprecia el método de alineamiento mediante microposicionadores, mientras que en la parte (b) vemos que inicialmente se acercan los extremos de las fibras (que no tienen que estar bien terminados), el segundo paso es la prefusión, tras la cual los extremos de las fibras quedan adecuadamente preparados para la soldadura, después se acercan las fibras y haciendo presión entre ellas se descarga de nuevo el arco produciéndose

así la soldadura. Por este método se han conseguido atenuaciones menores de 0.1dB. El problema aparece cuando se intentan soldar fibras monomodo ya que los núcleos tienen dimensiones menores de $10\mu\text{m}$ y por tanto se necesitan errores de alineación menores de $1\mu\text{m}$.

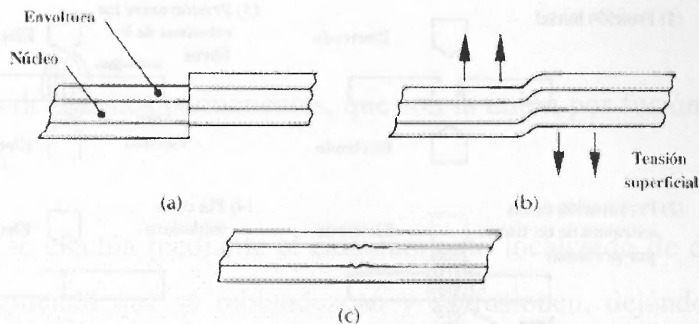


Figura 4. El fenómeno del auto alineamiento ocurre según los pasos que se ven en la imagen y vemos como la tensión superficial acaba dejando las fibras alineadas aunque con problemas en la intercara.

Fuente: (Crisp, 2001)

Para resolver este problema que parece insoluble nos ayuda la madre naturaleza mediante el fenómeno de la tensión superficial que va a conseguir un auto alineamiento gracias al cual se consiguen pérdidas de 0.3dB. El fenómeno del auto alineamiento puede verse en la Figura 4. Uno de los inconvenientes de este sistema de unión permanente es que el calor necesario para fundir los extremos de las fibras debilita las zonas próximas al punto de soldadura de forma que la fragilidad de la fibra aumenta y dado que hemos tenido que desnudar la fibra será el punto en que más fácilmente pueda producirse la rotura debido a la interacción con el ambiente. Pero también hay ventajas adicionales y es que hay sistemas de soldadura automática que permiten hacer esta labor en el campo.

Hay varios métodos para contactos fijos sin soldadura. Un método bastante común es la utilización de un capilar que puede ser cilíndrico o rectangular (ver Figura 5) la idea introducir la fibra en el capilar de forma que el alineamiento esté forzado y rellenar el capilar con un adhesivo transparente (suele ser resina) con el

índice de refracción del núcleo de la fibra. Se han conseguido con este método atenuaciones medias de 0.1dB en fibras tanto multimodo como monomodo. El problema en los cilindros aparece en la tolerancia de los capilares utilizados y debido a ello en productos comerciales las pérdidas suelen estar alrededor de 0.5dB. Para solucionarlo se utilizan los cuadrados en estos se han conseguido de forma comercial pérdidas menores de 0.1dB.

Otro método es el de las rendijas en forma de V (*V-grooves*) que pueden verse en la Figura 6. En este caso las fibras se colocan en la rendija, se ponen lo más cerca posible, se deposita el adhesivo y posteriormente se presionan mediante una superficie plana fijando la estructura y así se consiguen atenuaciones de 0.1dB.

Hay otros métodos que consiguen para usuarios no expertos uniones con pérdidas menores de 0.03dB y suelen ser usados en conexiones comerciales y que consiste en unos conectores asimétricos que mediante rotación y un adecuado sistema de medida encuentran el punto de unión con menos pérdidas y se amarran finalmente mediante un muelle. Este método conocido como de conexión rotatoria es el más utilizado en la actualidad.

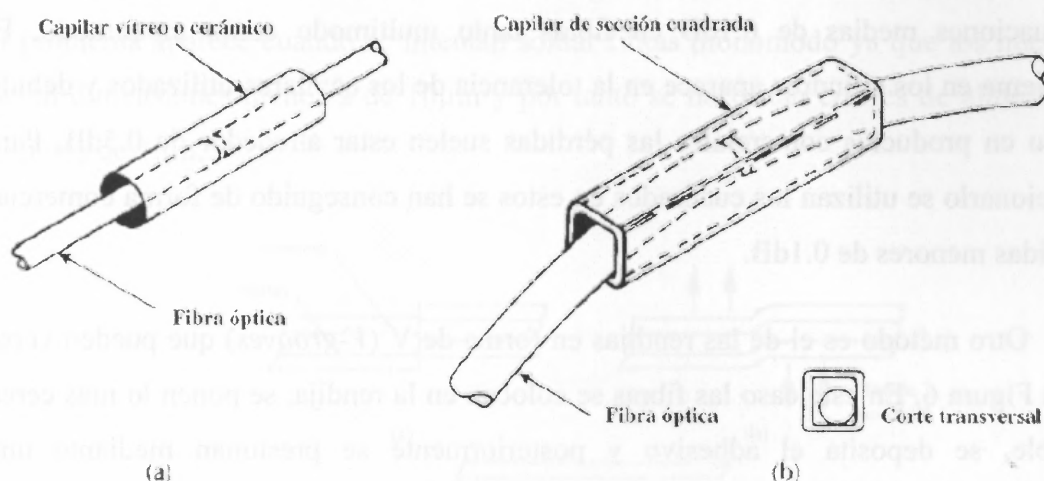


Figura 5. Técnicas para conexión de fibras sin soldadura: (a) tubería cilíndrica. (b) tubería de sección cuadrada. Fuente: (Crisp, 2001)

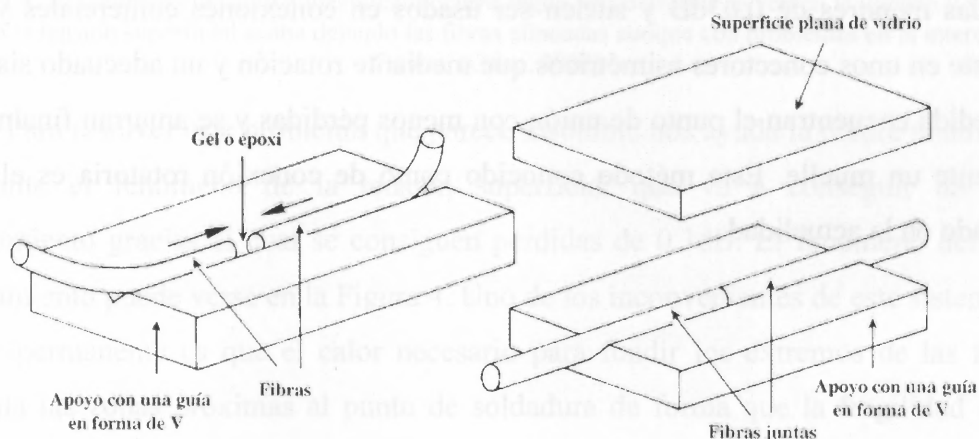


Figura 6. Uniones con rendijas en V (Crisp, 2001)

II.3.2. Conectores para fibra

Los conectores desmontables tienen una mayor complicación ya que deben mantener una mínima atenuación en numerosas conexiones y desconexiones. Por tanto el diseño del conector debe permitir la conexión y desconexión sin problemas de alineamiento, este proceso mecánico es fácil ver que puede llevar a la degradación de la unión. Para mantener características óptimas los conectores también deben

proteger a los extremos de las fibras del daño que pueden sufrir al manejarlos, debe ser insensible a factores ambientales (como humedad o polvo) y debe soportar la tensión del cable. También debe (idealmente) ser un componente de bajo costo (no es cierto) y permitir la conexión de forma simple. Tras todo esto cabe afirmar que hay que analizar a los conectores de fibra bajo una triple perspectiva:

El punto de conexión, que ha de proteger el extremo de la fibra.

El alineamiento entre fibras para conseguir un acoplamiento óptico óptimo.

La carcasa, que mantiene la conexión y el alineamiento de las fibras, protege la parte desnuda de las fibras del ambiente y proporciona rigidez a la unión.

El uso de algún material con el índice de refracción del núcleo entre las dos fibras puede ser de ayuda ya que elimina la atenuación por reflexión Fresnel y mantiene los extremos de la fibra limpias de polvo ambiente. Sin embargo no son una solución ya que por contra no es práctica la existencia de ningún material no sólido en la zona en la que se conecta y desconecta ya que los fluidos fluirán derramándose y además atraerán polvo, que no llegará a la fibra pero servirá como barrera al paso de la luz. Hay muchos conectores para fibra en el mercado y que tienen pérdidas en el rango de 0.2 a 0.3dB.

Pueden separarse en dos categorías: los conectores de proximidad (*butt jointed connectors*) y los de haz expandido (*expanded beam connectors*). La funcionalidad de los primeros descansa en conseguir que los extremos de las fibras estén lo más cercanos posible de forma que los núcleos coincidan, los segundos hacen uso de lentes de forma que el emisor expande el haz y el receptor lo enfoca al núcleo de su fibra. (Crisp, 2001)

II.4. Espectro electromagnético

Si bien la Óptica se inició como una rama de la física distinta del electromagnetismo en la actualidad se sabe que la luz visible parte del espectro electromagnético, que no es más que el conjunto de todas las frecuencias de vibración de las ondas electromagnéticas. Los colores visibles al ojo humano se agrupan en la parte del "Espectro visible". (Max Born, 1991)

Específicamente en las comunicaciones ópticas se hace uso del infrarrojo el cual se divide en dos partes, infrarrojo lejano e infrarrojo cercano, este último es la región del espectro utilizada para la transmisión y va aproximadamente en longitudes de onda desde 800 nm a 2500 nm.

II.4.1. Ventanas Ópticas

El auge de la fibra óptica está estrechamente ligado al uso de una región específica del espectro óptico donde la atenuación óptica es baja. Estas regiones, llamadas ventanas, se ubican en áreas de alta absorción y corresponden a las siguientes longitudes de onda, expresadas en nanómetros:

Ventana	Rango de Longitudes de onda λ (nm)	λ (nm) Central
I	800 -900	850
II	1250 - 1350	1310
III	1500 - 1600	1550

Tabla 1. Ventanas ópticas. *Fuente:* Elaboración propia

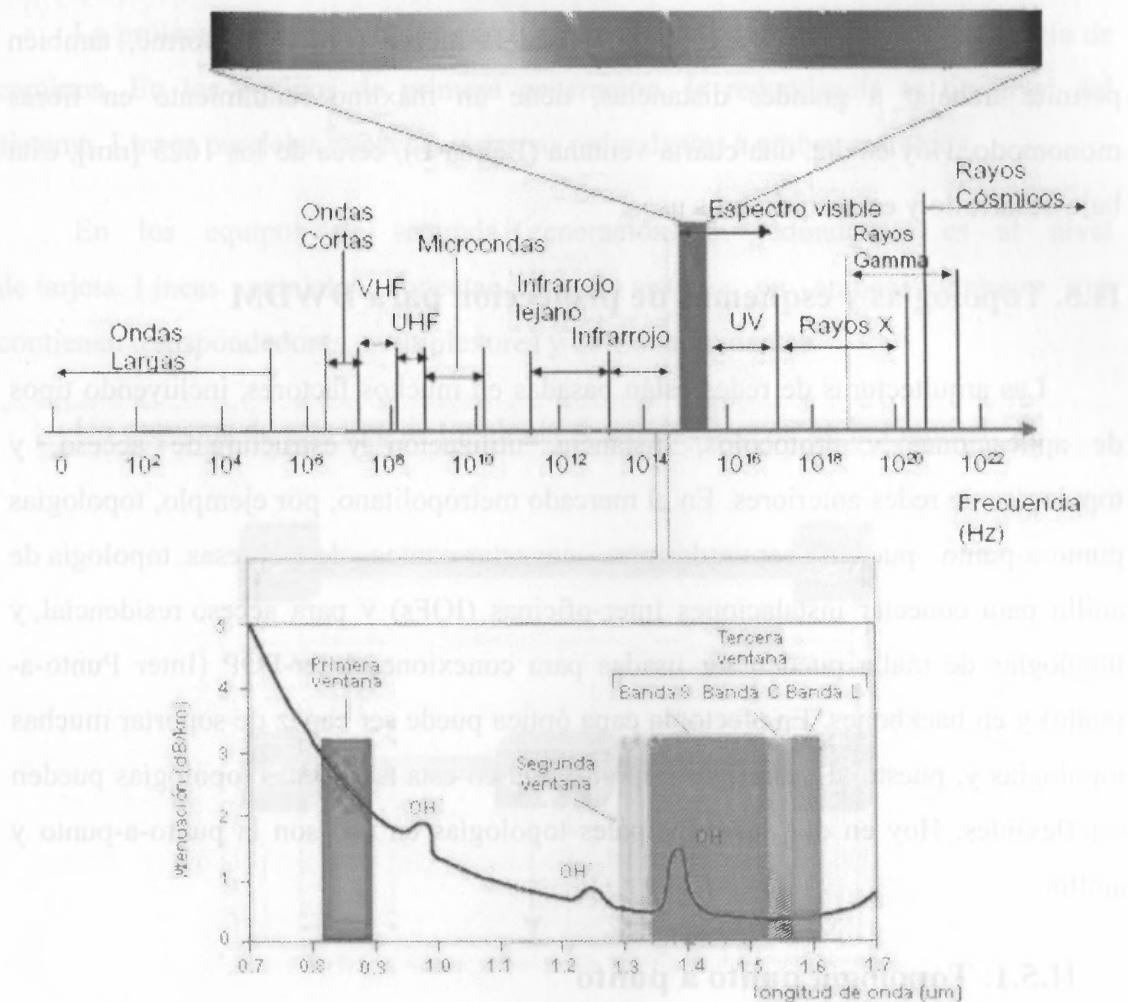


Figura 7. Espectro electromagn6tico y ventanas 6pticas *Fuente:*
http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1_3_1.htm

La primera ventana, de 850nm, es buena para distancias cortas y anchos de banda menores a los 20Mb/seg, por lo general para fibras multimodo de 6ndice por escal6n. La distancia de un enlace con fibra multimodo se ve limitada porque adem6s de la distancia lineal que recorre el cable, la propagaci6n de la luz dentro del mismo no es paralela al eje de la fibra, lo que hace que a partir de 2 km la se1al se aten6e casi totalmente. La segunda ventana, de 1310nm, trabaja de manera 6ptima con fibras comunes (multimodo de 6ndice graduado y monomodo) y permite operar a mayores distancias.

La tercera ventana, de 1550nm, posee la menor pérdida uniforme, también permite trabajar a grandes distancias, tiene un máximo rendimiento en fibras monomodo. Hoy en día, una cuarta ventana (Banda L), cerca de los 1625 [nm], está bajo desarrollo y en sus primeros usos.

II.5. Topologías y esquemas de protección para DWDM

Las arquitecturas de redes están basadas en muchos factores, incluyendo tipos de aplicaciones y protocolos, distancia, utilización y estructura de acceso, y topologías de redes anteriores. En el mercado metropolitano, por ejemplo, topologías punto-a-punto pueden ser usadas para conectar puntos de empresas, topología de anillo para conectar instalaciones Inter-oficinas (IOFs) y para acceso residencial, y topologías de malla pueden ser usadas para conexiones Inter-POP (Inter Punto-a-punto) y en backbones. En efecto, la capa óptica puede ser capaz de soportar muchas topologías y, puesto al desarrollo impredecible en esta área, estas topologías pueden ser flexibles. Hoy en día, las principales topologías en uso son la punto-a-punto y anillo.

II.5.1. Topología punto a punto

La topología punto-a-punto puede ser implementada con o sin OADMs (*Optical Add/Drop Multiplexers*, por sus siglas en inglés). Estas redes están caracterizadas por velocidades de canales ultra rápidos (10 a 40 [Gbps]), alta integridad y confiabilidad de la señal, y rápida restauración de trayectoria. En redes *long-haul* (larga distancia), la distancia entre transmisor y receptor puede ser varios cientos de kilómetros, y el número de amplificadores requeridos entre ambos puntos, es típicamente menor que diez. En redes MANs (*Metropolitan Area Networks*, por sus siglas en inglés), los amplificadores no son necesarios frecuentemente.

La protección en topologías punto-a-punto puede ser provista en una pareja de caminos. En los equipos de primera generación, la redundancia es un nivel del sistema. Líneas paralelas conectan sistemas redundantes a ambos extremos.

En los equipos de segunda generación, la redundancia es al nivel de tarjeta. Líneas paralelas conectan un solo sistema en ambos extremos que contienen transpondedores, multiplexores y CPUs redundantes.

Un esquema de este tipo de topología se puede observar en la Figura 8.

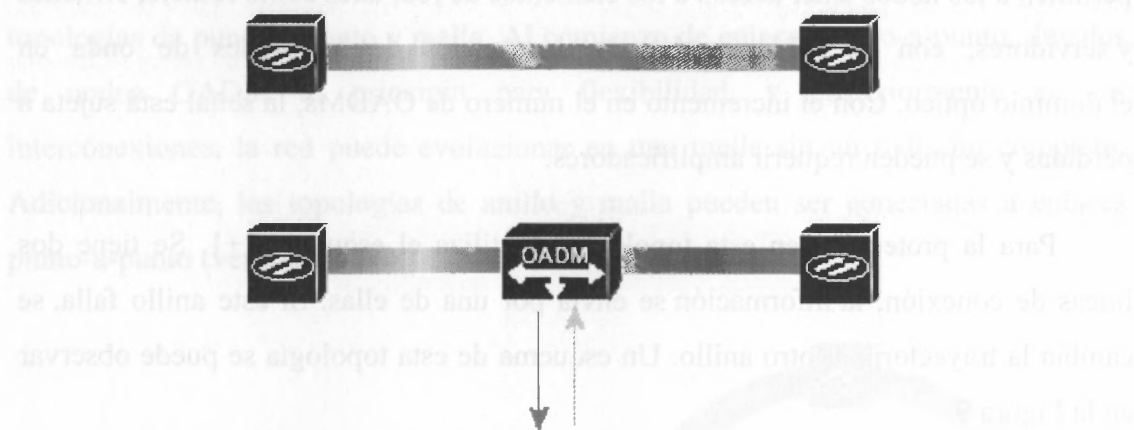


Figura 8. Topología punto a punto. Fuente: <http://vsoluciones.com.ar>



Figura 10. Topología de malla, punto a punto y anillo. Fuente: <http://vsoluciones.com.ar>

Figura 9. Topología anillo. Fuente: <http://vsoluciones.com.ar>

II.5.2. Topología de anillo

Los anillos son las arquitecturas más comunes encontradas en áreas metropolitanas y en tramos de unas pocas decenas de kilómetros. La fibra anillo puede contener sólo cuatro canales de longitudes de onda, y típicamente menos nodos que canales. El Bit Rate está en el rango de los 622 [Mbps] a los 10 [Gbps] por canal.

Con el uso de OADMs, los que bajan y suben longitudes de onda en forma transparente, es decir que las otras no se ven afectadas, las arquitecturas de anillo permiten a los nodos tener acceso a los elementos de red, tales como routers, switches y servidores, con la subida y bajada de canales de longitudes de onda en el dominio óptico. Con el incremento en el número de OADMs, la señal está sujeta a pérdidas y se pueden requerir amplificadores.

Para la protección en esta topología se utiliza el esquema 1+1. Se tiene dos líneas de conexión, la información se envía por una de ellas. Si este anillo falla, se cambia la trayectoria al otro anillo. Un esquema de esta topología se puede observar en la Figura 9.

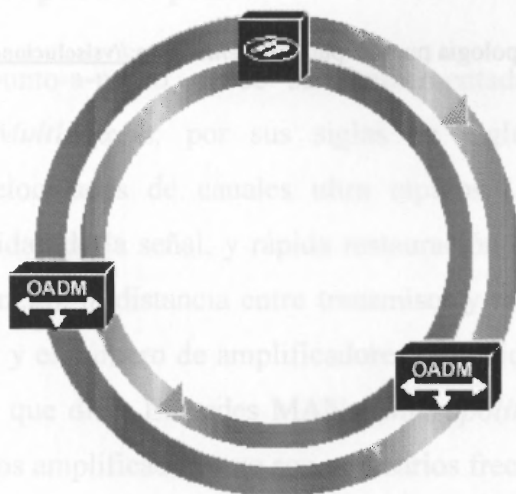


Figura 9. Topología anillo. Fuente: <http://vsisoluciones.com.ar>

II.5.3. Topología de malla

La arquitectura de malla es el futuro de redes ópticas. Como las redes evolucionan, las arquitecturas de anillo y punto-a-punto tendrían un lugar, pero la malla sería la topología más robusta. Este desarrollo sería habilitado por la introducción de los OxCs (*Optical Cross-Connects*) y switches configurables, que en algunos casos reemplazarían, y en otros complementarían, a los dispositivos DWDM fijos.

A partir del punto de vista del diseño, hay una airosa trayectoria evolutiva de topologías de punto-a-punto y malla. Al comienzo de enlaces punto-a-punto, dotados de nodos OADM al principio para flexibilidad, y posteriormente en las interconexiones, la red puede evolucionar en una malla sin un rediseño completo. Adicionalmente, las topologías de anillo y malla pueden ser conectadas a enlaces punto-a-punto (ver Figura 10).

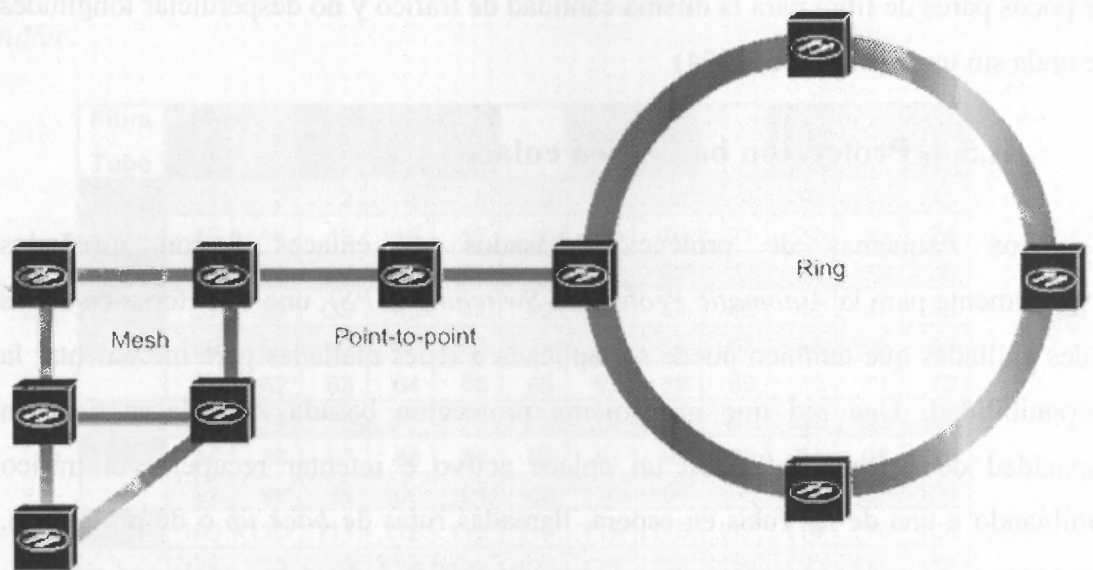


Figura 10. Topología de malla, punto a punto y anillo. Fuente: <http://vsoluciones.com.ar>

Las redes DWDM tipo malla, consistiendo en nodos totalmente ópticos interconectados, necesitarían de la próxima generación de protección. Donde los esquemas de protección previos están basados en redundancia del sistema, de tarjeta, o al nivel de fibra, la redundancia ocurriría al nivel de longitud de onda. De esta forma, entre otras cosas, un canal de datos podría cambiar de longitud de onda a medida que viaja a través de la red, debido a una falla en el enrutamiento o conmutación.

Las redes tipo malla, por lo tanto, requerirían de un alto grado de inteligencia para realizar las funciones de protección y administración de ancho de banda, incluyendo a la fibra y a la conmutación de longitud de onda. Los beneficios en flexibilidad y eficiencia, realmente, son potencialmente grandes. El uso de fibra, el cual puede ser bajo en soluciones anillo puesto que requieren de protección de fibra en cada anillo, puede ser mejorado en un diseño de malla. La protección y restauración pueden estar basadas en caminos compartidos, por esta razón se requiere de pocos pares de fibra para la misma cantidad de tráfico y no desperdiciar longitudes de onda sin usar. (Montero, 2004)

II.5.4. Protección basada en enlace

Los Esquemas de protección basados en enlaces fueron diseñados originalmente para la *Automatic Protection Switching (APS)*, una característica de las redes anilladas que también puede ser aplicada a redes malladas para incrementar la disponibilidad. Una red que implementa protección basada en enlaces tiene la capacidad de detectar fallas en un enlace activo e intentar recuperar el tráfico cambiando a una de las rutas en espera, llamadas rutas de *back up* o de protección. Bajo este esquema, cada enlace que transporte tráfico importante en la red tiene su ruta de *Back Up*. En un esquema de protección basado en rutas, cada ruta de luz tiene al menos un nodo de separación de ruta. En caso de una falla en la ruta activa, el tráfico es redireccionado hacia una o más nodos de separación de rutas de protección.

La diferencia entre los esquemas basados en rutas y los basados en enlaces es que el primero utiliza rutas alternativas desde el origen al destino en lugar de solo tomar una ruta alterna alrededor del enlace caído. Como resultado, el esquema de protección basado en rutas protege también contra fallas de nodos intermedios, mientras que el basado en enlaces no. Diferentes modelos basados en optimización pueden ser usados en ambos esquemas. La razón detrás de los múltiples modelos existentes es darle al usuario una variedad de opciones para escoger dependiendo de sus prioridades como costo vs tiempo de procesamiento o múltiples rutas por par requerido vs una ruta por par requerido. (Chomycz, 2009)

II.6. Código de colores

Para identificar cada fibra y cada grupo de fibras contenidas en los *buffers* se utilizan diversos códigos de colores que varían de un fabricante a otro. En la Tabla 2 se muestra el código de colores de un cable de 144 hilos, según el Estándar TIA- 598-A y se muestran las posiciones respectivas dependiendo del color de cada hilo en los *buffer*.

Fibra Tubo												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144

Tabla 2. Código de colores estándares TIA-598-A fibra óptica. *Fuente:* Elaboración propia.

II.7. Mecanismos de construcción para el tendido de la fibra óptica

II.7.1 Tendido submarino

Para la interconexión de los centros más importantes del mundo, se cuenta con una enorme y compleja infraestructura conformada por fibra óptica. Actualmente, existe una gran cantidad de sistemas de cableado submarino instalado en todos los océanos. En total se estima que la longitud es mayor a los 450 mil kilómetros de acuerdo con una división internacional de cuatro regiones: Océano Pacífico - Asia, Océano Atlántico, Europa - Asia y Sudamérica. Todas estas regiones se comunican entre sí.

Estos sistemas submarinos se componen de cables de fibra óptica interconectados a través de repetidores, que permiten alcanzar distancias de hasta nueve mil kilómetros por tramo. Asimismo, resisten las inclemencias de la temperatura, salinidad y humedad, así como las presiones del agua, ya que se encuentran instalados hasta tres mil metros de profundidad.

Se conectan a sistemas de transmisión y recepción, integrados por moduladores y multiplexores ópticos que constituyen los sistemas de observación y control, los cuales, en conjunto con los amplificadores empalmados al cable cada 30 o 50km garantizan la integridad de las señales que viajan por las fibras ópticas para permitir la comunicación. Estos cables necesitan constante mantenimiento y supervisión.

Una de las ventajas importantes de la fibra óptica colocada dentro del mar, con respecto a la comunicación vía satélite, es que es más barata e implica menor riesgo de interrumpir el enlace por razones climáticas como tormentas. Además, el retardo de transmisión es considerablemente menor por lo que es ideal para transmisión de telefonía internacional.

El proceso del tendido de la red submarina es complejo y largo. Como primera instancia, antes de llevar a cabo la instalación, se realiza un estudio en el cual se traza la ruta del cableado submarino y se especifican los requisitos tecnológicos. Posteriormente, se relevan los datos geofísicos y en base a ellos se define la ruta real a utilizar. En esta fase se especifican los tipos de cable submarino, empalmes, estructuras y demás equipamiento, incluido el mecanismo de transmisión electrónica.

La instalación del tendido de fibra óptica es llevada a cabo por dos barcos, que después de partir de diferentes áreas geográficas, van desenrollando y sumergiendo el cable, hasta que se encuentran en un punto determinado del océano, es ahí donde se realiza la conexión de los dos puntos. Finalmente, después de comprobar que el enlace funciona correctamente, sumergen los dos extremos de los cables conectados.

Una vez realizada la instalación será necesario realizar operaciones de mantenimiento permanentes, utilizando vehículos de operación remota (ROV), que trabajan a grandes profundidades. El cable submarino de fibra óptica debe ser resistente y liviano. La estructura de un cable submarino tiene cinco elementos básicos:

- Fibras ópticas, un alto número de hilos (hasta 144), agrupadas de a 12.
- Tubo central de cobre (tubo holgado) por donde pasan las fibras que proporciona una protección contra la penetración de hidrógeno.
- Soporte a través de alambres
- Aislamiento con HDPE (*High-density polyethylene*)
- Armadura, que le da integridad y fuerza estructural para resistir los esfuerzos y proteger contra los predadores, las rocas, etc.

(Alberto, 2007)

II.7.2. Tendido terrestre

Para hacer un tendido terrestre pueden abrirse zanjas a cielo abierto, o bien utilizar la tecnología *trenchless* de tunelería guiada.

El sistema clásico de tendido a cielo abierto trae numerosas molestias a los ciudadanos (ruidos molestos, veredas abiertas, suciedad) por lo que se recomienda que no se use en centros urbanos.

El sistema *trenchless*, por otro lado, es capaz de trazar túneles mediante perforaciones direccionales, evitando tener que abrir las veredas. Esto permite realizar tanto el tendido como el mantenimiento de los tubos, sin tener que abrir todo el suelo.

Una vez tendidas las cañerías, será necesario colocar la fibra dentro de ellas. La técnica tradicional solía ser la de tirar de la fibra, lo cual implica una alta fricción, especialmente en las curvas que se reduce con la utilización de un lubricante.

Para evitar los altos niveles de tensión sobre el cable, se puede utilizar la técnica de *jetting*, en la que se genera una corriente de aire de alta presión que va empujando al cable a medida que se lo va insertando. De esta manera se evitan las fricciones mediante el flujo de aire y se pueden realizar instalaciones de mayores distancias. (Alberto, 2007)

II.7.3 Tendido aéreo

Los tendidos aéreos importantes suelen aprovechar las instalaciones existentes de las empresas de transporte de energía eléctrica. En varios casos, estas mismas empresas son las dueñas de la fibra óptica y utilizan este recurso para aumentar sus ingresos. Para los tendidos aéreos se utilizan básicamente 4 tipos de cables de fibra óptica:

ADSS (*All Dielectric Self-Supporting*). Diseñados para instalarse en líneas de alta tensión. Este diseño no contiene ningún elemento metálico y su cubierta está protegida contra el efecto *tracking* por lo que hace a este cable muy adecuado para su instalación en líneas de media y alta tensión. El peso del cable es soportado solo por los elementos de refuerzo (hilaturas de aramida) incluidos en el. La excelente relación peso resistencia a la tracción de los elementos de refuerzo asegura el bajo peso de los cables ADSS y limita la carga adicional de las torres de alta tensión. Estos cables pueden instalarse en vanos de hasta 600 metros.

Figura-8. Este diseño contiene el mensajero unido al núcleo óptico mediante la cubierta externa. El mensajero actúa como elemento de refuerzo y soporta el peso del cable. Este tipo de cable se usa en instalaciones aéreas con vanos cortos siendo una solución muy económica.

Adosados. Diseñados para ser atados a un cable mensajero, al hilo de tierra o al conductor de fase en las líneas de alta tensión. La solución usada en líneas de alta tensión, conocida como ADL, contiene elementos totalmente dieléctricos. La tecnología ADL permite instalaciones rápidas y económicas. El adosado del cable óptico al hilo de tierra en las líneas de alta tensión se hace de una manera discontinua usando preformados metálicos.

OPGW (*Optical Ground Wire*). El núcleo de fibras ópticas se aloja en el interior de un tubo de aluminio extruido que proporciona tanto protección mecánica

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

al núcleo óptico, como estanqueidad frente a la humedad o penetración de agua. Este tubo de aluminio proporciona a su vez alta conductividad eléctrica necesaria para la disipación de las descargas atmosféricas o cortocircuitos accidentales. El número de fibras ópticas contenidas puede llegar hasta 96. (Alberto, 2007)

II.8. Manga

La manga es un elemento utilizado para la protección de un empalme hecho en campo. Esto impide el ingreso de agua y concentración de humedad en su interior. La manga esta usualmente fabricada de polietileno o polipropileno resistente para proteger el empalme de esfuerzos transversales. Se utilizan mangas herméticas y además poseen un sistema de conexión metálico para el sistema de puesta a tierra desde el interior de la manga hacia el exterior. Estas suelen tener una válvula de presurización, con la cual que se garantiza que no existe entrada o salida de aire, y por lo tanto el interior está totalmente aislado de la humedad y de cualquier insecto que con el tiempo pueda ir dañando el interior.

Capítulo III. Metodología y Desarrollo

Este capítulo comprende los métodos y estudios realizados a efectos de dar cumplimiento a los objetivos planteados en el proyecto. Se llevó a cabo una metodología dividida en tres fases. La primera está referida a la investigación y estudio de los conceptos fundamentales para efectuar el diseño de la red de fibra óptica, esta fase es reflejada en el marco teórico. La segunda comprende lo concerniente a la factibilidad y a los criterios de diseño, la cual se divide en dos ramas principales, la primera rama lleva a determinar la estructura lógica de la red y la segunda conduce a determinar la estructura física ambas desarrolladas en paralelo. Estas partes en conjunto forman el diseño de la red. En la Figura 11 se muestra un esquema del desarrollo en etapas.



Figura 11. Esquema de desarrollo. Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

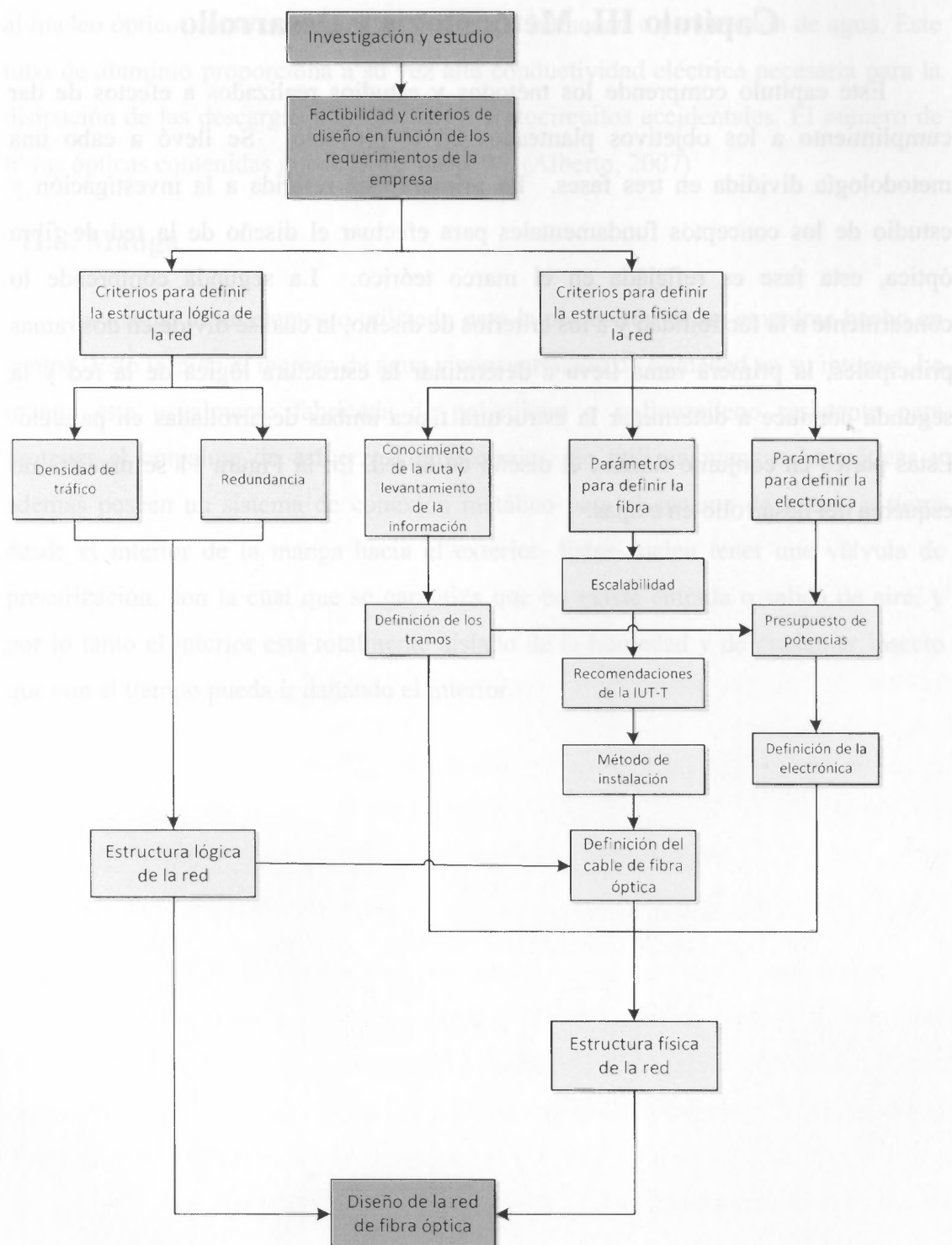


Figura 11. Esquema de desarrollo. Fuente: Elaboración propia

III.1. Fase I. Investigación y estudio

Esta fase del proyecto consistió en la búsqueda y conocimiento de los conceptos fundamentales de las comunicaciones ópticas, el primer paso para desarrollar una investigación organizada, fue la ubicación de textos que dieran sentido y complementaran las ideas propuestas para el avance del proyecto. Luego de haber analizado y comprendido estos conceptos se procedió a filtrar la información de interés concerniente a las partes que involucra una red de fibra óptica. En vista de las dimensiones de la red y las distancias estimadas entre los posibles tramos, la teoría indicó que la fibra monomodo era la apropiada para ser utilizada en este proyecto. Por esta razón se profundizó el estudio de las características de este tipo de fibra, lo que condujo a analizar las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Normalización de las Telecomunicaciones ó UIT-T por sus siglas en español, con el fin de estructurar y generar un criterio sobre el cual, considerando los requerimientos y demás parámetros, se pudiese tomar la decisión más adecuada para la elección del cable de fibra óptica.

Dado que la empresa IFX Networks de Venezuela C.A. estableció como requisito previo al diseño que la red tuviese la capacidad de transportar una alta densidad de tráfico, se llevó a cabo un estudio de los diferentes métodos de transmisión digital, comenzando por el método de Jerarquía Digital Plesiócrona y el método de Jerarquía Digital Síncrona PDH y SDH respectivamente por sus siglas en inglés, en estos métodos de transmisión digital, la fibra óptica se utiliza únicamente como sistema de transmisión, ya que las funciones de amplificación, regeneración, extracción e inserción de señales entre otras, se realizan en el dominio eléctrico. La última tecnología de transmisión en aparecer ha sido la DWDM caracterizada por sus altas capacidades de transmisión, su transparencia sobre los datos de jerarquías inferiores y por una transmisión totalmente óptica.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Conviene señalar que previamente se realizó una búsqueda de los métodos de tendido de cable de fibra óptica, entre los que se encontraron tres métodos principales, de los cuales el más sencillo y más rápido es el tendido aéreo, aunque es uno de los más inseguros para la integridad de la fibra, cumple perfectamente con los requisitos de la empresa.

Una consideración importante que se debe tomar al momento de hacer el tendido del cable de fibra óptica es la longitud que debe tener el mismo en cada tramo, ya que es imposible construir la red con un cable continuo, esto va a depender del fabricante, al momento de adquirir de la fibra esta puede venir en carretes que van desde los 2 km hasta 50 km de largo. Una vez tomada la decisión del tamaño de carrete, se contabiliza la cantidad de empalmes a realizar en cada uno de los tramos, mientras mayor cantidad de empalmes, mayor será la pérdida por el efecto de la atenuación, por lo que se debe colocar en un lado de la balanza las pérdidas y en el otro las necesidades de tendido para definir cuál es la longitud de los carretes más adecuada. En este caso específico se tomó en cuenta la opinión de la empresa IFX Networks de Venezuela C.A., la cual expuso que por experiencia, para tendido aéreos los carretes de cable de fibra óptica deben ser aproximadamente de 6 Km de longitud.

III.2. Fase II. Factibilidad y criterios de diseño

Para el desarrollo de esta sección del Trabajo Especial de Grado (TEG) se tomaron en cuenta los requerimientos dados por la empresa IFX Networks de Venezuela C.A., mencionados a continuación.

- La red debe tener troncales de mínimo 10 Gbps
- El diseño debe abarcar las estaciones pertenecientes a la empresa ubicadas en la región Centro-Capital.
- Debe ser una red con alto nivel de disponibilidad.

- El tiempo de instalación debe ser inferior a un año.

- Ubicación de las estaciones

Partiendo de los requerimientos de la empresa IFX Networks de Venezuela se plantearon una lista de actividades. La primera fue crear una metodología de trabajo que se inició ubicando en el mapa con sus respectivas coordenadas y haciendo uso de la herramienta MapSource®, las estaciones propuestas. En la Tabla 3 se muestra en la primera columna el nombre y en la segunda las coordenadas geográficas de dichas estaciones. En la Figura 12 se muestra el mapa topográfico de la región Centro-Capital con los puntos marcados.

Estaciones	Coordenadas Geográficas
1. MSC-USB	N10 24 08.6 W66 53 02.9
2. Carrizales	N10 21 19.5 W67 00 13.6
3. La Casona	N10 21 59.7 W66 59 06.3
4. Los Teques	N10 20 17.7 W67 02 17.1
5. Tejerías	N10 15 12.2 W67 10 28.9
6. Victoria III	N10 12 36.9 W67 21 41.6
7. Produvisa	N10 11 54.7 W67 27 21.5
8. Inter Turmero	N10 13 39.4 W67 31 52.2
9. UC Maracay	N10 13 01.0 W67 32 58.2
10. Manpa	N10 14 01.8 W67 36 21.5
11. Caña de Azúcar	N10 16 25.4 W67 37 25.0
12. Guacara	N10 12 52.0 W67 53 04.5
13. MSC Valencia	N10 10 43.4 W67 57 21.3
14. B.L Center	N10 11 32.9 W67 57 46.9
15. El Morro	N10 10 56.3 W67 59 05.3
16. Valencia Sur I	N10 08 27.3 W68 00 57.6
17. Villa de Cura	N10 02 26.6 W67 29 52.7

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

18. San Juan de los Morros I	N9 54 14.6 W67 21 38.0
19. Araguauey	N10 03 12.9 W67 03 24.3
20. Charallave	N10 13 28.4 W66 51 44.3
21. Ocumare del Tuy	N10 06 58.1 W66 47 12.0

Tabla 3. Estaciones y sus coordenadas geográficas. *Fuente: Elaboración propia*

1. Caracas	N10 41 01.0 W67 03 28.2
2. Valencia	N10 08 27.3 W68 00 37.6
3. Maracaibo	N10 03 26.5 W67 29 52.7
4. Barinas	N10 10 56.9 W67 39 02.7
5. Ciudad Guayana	N10 16 23.4 W67 37 25.0
6. Maturín	N10 14 01.8 W67 36 21.3
7. Producción	N10 11 54.7 W67 32 21.2
8. Lara Tanager	N10 13 35.3 W67 31 01.2
9. U.C. Maracaibo	N10 13 01.0 W67 32 28.2
10. Maturín	N10 14 01.8 W67 36 21.3
11. Casa de Axiar	N10 16 23.4 W67 37 25.0
12. Guacara	N10 12 52.0 W67 23 04.2
13. Maracaibo	N10 03 26.5 W67 29 52.7
14. B.L. Center	N10 11 54.7 W67 32 21.2
15. El Morro	N10 10 56.9 W67 39 02.7
16. Valencia Sur I	N10 08 27.3 W68 00 37.6
17. Villa de Guaya	N10 03 26.5 W67 29 52.7

III.2.1. Criterios para determinar la estructura lógica de la red

La Estructura Lógica de la red es la distribución jerárquica de los segmentos que la forman sin importar la ubicación geográfica, hardware utilizado y conexión física entre las partes que la componen.

Cuando se habla de distribución física del cable de fibra se está haciendo referencia a las rutas por donde pasa dicho cable y los terminales a los cuales llega, pero cuando se hace referencia a la distribución lógica de la fibra se explica cómo están repartidas cada una de las fibras que van por dentro del cable. Dependiendo del tipo de cable de fibra óptica la capacidad para distribuir las fibras varía. Si se toma en cuenta un cable de fibra óptica que contiene en su interior varias fibras, se tiene la oportunidad de distribuirlos según distintos parámetros, como por ejemplo, las exigencias de tráfico según la localidad y la redundancia lógica que debe poseer sistema.

III.2.1.1. Consideraciones de tráfico

La región donde se desarrolló el proyecto es una zona de alto manejo de tráfico ya que posee la mayor densidad de población del país, lo que sugiere que la distribución de dicho tráfico debe ser ligeramente uniforme a través de todas las estaciones, tomando en consideración que las estaciones asignadas para ser parte de la troncal deben transportar la mayor carga.

Haciendo un análisis de las características de los métodos de transmisión explicados en el Capítulo II, se determinó que para el manejo de un alto nivel de tráfico es altamente recomendado utilizar DWDM como estándar de transmisión ya que es la única tecnología que actualmente es capaz de explotar todo el ancho de banda ofrecido por la fibra óptica, lo que además permite una evolución flexible y económica de las presentes redes.

Basándose en este criterio se elaboró un diagrama donde se localizaron cada una de las estaciones con una posición relativa a la ubicación en el mapa topográfico, éste fue el punto de partida para hacer una distribución de hilos de fibra según el grado de la estación, es decir, la mayor cantidad de hilos para las estaciones troncales ya que éstas son los nodos de concentración en donde se agregan las demás estaciones, esto significa que el tráfico manejado por las estaciones fuera de la troncal se agrega a ésta para ser transportado a otras localidades.

III.2.1.2. Redundancia

Uno de los objetivos del diseño es asegurar redundancia, por lo que deben existir al menos dos rutas hacia cada nodo de la red. Debido a ello se estudiaron los métodos de redundancia existentes y se confirmó que el hecho de ser una topología anillada implica que cada nodo tiene dos trayectos físicos posibles, lo que significa que lógicamente tiene al menos dos rutas. A pesar de tener esta configuración gracias a la distribución física del cable de fibra, se decidió establecer un mayor número de caminos a efectos de elevar el nivel de confiabilidad. De esta forma, en caso de que algún dispositivo óptico fallara, el enlace no se perdería.

Los dispositivos ópticos en la actualidad cuentan con sistemas de protección configurables con enlaces redundantes, que en caso de fallar alguno toman inmediatamente la decisión de dirigir el tráfico por una ruta alterna. Tomando esto en cuenta se realizó una distribución de los hilos de fibra que asegura a cada nodo de la red al menos dos pares de fibras, garantizando de esta manera que en ocasiones donde los dispositivos ópticos sufran desperfectos, sea posible pasar el tráfico a través de un camino distinto o a través de los llamados enlaces de protección, destinados a evitar la pérdida de datos debido a enlaces rotos.

III.2.2. Criterios para determinar la estructura física de la red

III.2.2.1. Conocimiento de la ruta y levantamiento de la información

Ya ubicadas las estaciones se estableció una logística para realizar el recorrido, durante el cual se hizo un reconocimiento de la ruta. En primer lugar se realizó un conteo de postes de tendido eléctrico de alta tensión con el fin de hacer uso de ellos para el despliegue del cable de fibra óptica tomando en cuenta la permisología necesaria. Lo que resultó en un total de 3626 postes a lo largo de la ruta con una separación de aproximadamente 100 metros entre cada uno. Durante el recorrido se creó un registro haciendo uso de un sistema de posicionamiento global (GPS) en el cual se determinaron las distancias entre cada una de las estaciones y la posición de los postes, para luego ser llevados a un plano construido en el software de diseño AutoCAD® y colocarlos en su posición sobre el mapa de la región. Cabe destacar que hubo tramos donde no había la continuidad de postes necesaria para el tendido, por lo cual se propuso la instalación de nuevos postes con un número aproximado de 516 a lo largo del trayecto. En la Tabla 4 se muestran los tramos con sus respectivas distancias de separación

#	Tramo	Distancia (Km)
1	MSC USB-La Casona	26
2	La Casona-Carrizales	5.1
3	Carrizales-Los Teques	5.1
4	Los Teques-Tejerías	22.5
5	Tejerías-Victoria III	26.8
6	Victoria III-Produvisa	16.8
7	Produvisa-Inter Turmero	11
8	Inter Turmero-UC Maracay	3.4

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**

9	UC Maracay-Manpa	9
10	Manpa-Caña de Azúcar	7
11	Caña de Azúcar-Guacara	37
12	Guacara-MSV Valencia	11.8
13	MSV Valencia-B.L Center	4.4
14	MSV Valencia-El Morro	5.6
15	MSV Valencia-Valencia Sur I	11.2
16	Valencia Sur I- Villa de Cura	69.3
17	Villa de Cura-San Juan De los Morros I	25.8
18	San Juan de los Morros I- Araguaey	63.8
19	Araguaey-Ocumare del Tuy	54
20	Ocumare del Tuy-Charallave	20.8
21	Ocumare del Tuy-MSV USB	72.8

Tabla 4. Estaciones y distancia entre ellas. *Fuente:* Elaboración propia

Una vez visitadas las estaciones y registradas las distancias que las separan, se realizaron informes para llevar un control de los datos, evaluando la factibilidad mediante la verificación de los siguientes parámetros:

- Acceso del cable de fibra óptica al recinto de la estación.
- Disponibilidad de espacio en los racks dentro del cobertizo.

En el Apéndice A se encuentran los informes de factibilidad detallados donde se indica mediante descripciones escritas y memorias fotográficas, las adecuaciones físicas que se deben hacer en cada una de las estaciones.

Luego de haber recopilado toda la data necesaria, se procedió a elaborar un diseño preliminar del tendido físico de la ruta en el cual se hizo uso de las estaciones propuestas, tomando en cuenta la redundancia física (topología de anillo) para las estaciones de mayor importancia de acuerdo con especificaciones de la empresa.

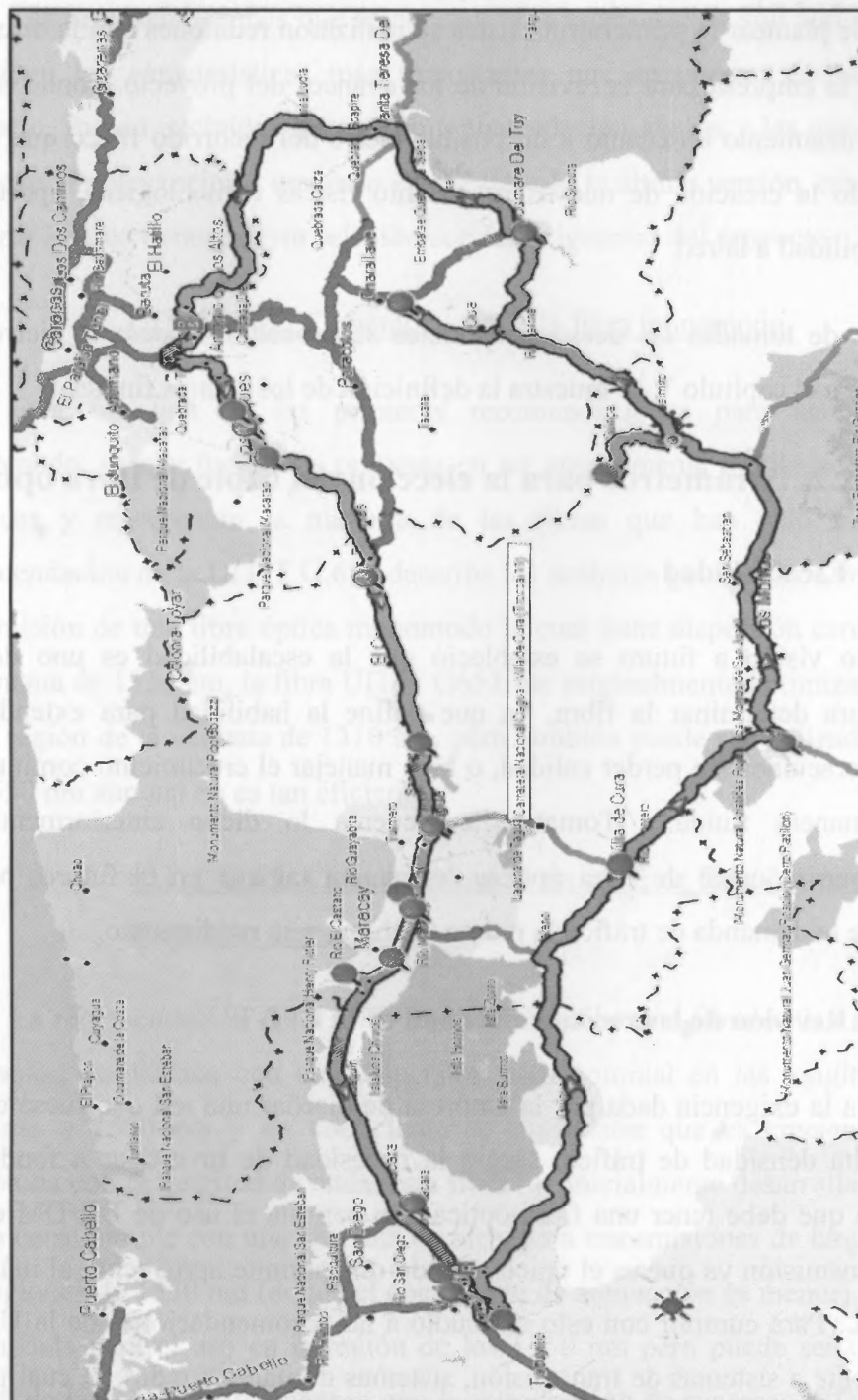


Figura 13. Diseño preliminar de la red física. Fuente: Elaboración propia

Luego de plantear la primera ruta física se realizaron reuniones con la directiva y personal de la empresa para la revisión de los avances del proyecto, donde surgió un nuevo planteamiento en cuanto a un posible cierre del recorrido físico que daría como resultado la creación de nuevas rutas tanto físicas como lógicas, aportando mayor confiabilidad a la red.

Después de tomadas las decisiones finales se procedió a hacer el cierre del anillo físico. En el capítulo V se muestra la definición de los tramos finales.

III. 2.2.2. Parámetros para la elección del cable de fibra óptica

- **Escalabilidad**

Teniendo visión a futuro se estableció que la escalabilidad es uno de los parámetros para determinar la fibra, ya que define la habilidad para extender el margen de operaciones sin perder calidad, o bien manejar el crecimiento continuo de trabajo de manera fluida. Tomando en cuenta lo dicho anteriormente se sobredimensionó el cable de fibra óptica, de manera tal que en el futuro, por el crecimiento de la demanda de tráfico la red no disminuya su rendimiento.

- **Revisión de las recomendaciones de la UIT-T**

Debido a la exigencia dada por la empresa de diseñar una red que fuese capaz de manejar alta densidad de tráfico, surgió la necesidad de investigar a fondo las características que debe tener una fibra óptica que permita el uso de DWDM como método de transmisión ya que es el único método que permite aprovechar al máximo la fibra óptica. Para cumplir con esto se acudió a las recomendaciones de la **UIT-T serie G** referente a sistemas de transmisión, sistemas digitales y redes, la cual posee una sección de medios de transmisión y sistemas ópticos que va desde la recomendación G.600 a la G.699, exponiendo las recomendaciones para los cables de fibra óptica desde la G.650 hasta la G.656.

Las recomendaciones que se encuentran a continuación son algunas de las que describen las características más importantes que se pueden considerar en este proyecto, fueron excluidas las que no tenían relación alguna y las que son similares pero con simples mejoras tomando en cuenta solo la última versión, esto con el fin de analizar las que tienen mayor relación con las exigencias del proyecto.

- UIT-T G.652 Características de la fibra monomodo.

Esta fue una de las primeras recomendaciones para las fibras ópticas monomodo, ya que fueron las primeras en ser ampliamente desplegadas en las redes públicas y representan la mayoría de las fibras que han sido instaladas. La recomendación de la UIT-T G.652 describe los atributos geométricos, mecánicos y de transmisión de una fibra óptica monomodo la cual tiene dispersión cero alrededor de la ventana de 1310 nm, la fibra UIT-T G.652 fue originalmente optimizada para el uso en la región de la ventana de 1310 nm, pero también puede ser utilizada en la región de 1550 nm aunque no es tan eficiente.

- UIT-T G.653 Características de un cable de fibra óptica monomodo de dispersión desplazada.

La recomendación de la UIT-T G.653 describe una fibra óptica monomodo de dispersión desplazada con una dispersión cero nominal en las longitudes de onda cercanas a 1550 nm y un coeficiente de dispersión que es creciente de manera monótona con la longitud de onda, esta fibra fue inicialmente desarrollada para el uso en un canal simple con una alta tasa de bit y para transmisiones de larga distancia en las regiones de 1550 nm (donde el coeficiente de atenuación es menor). Esta fibra es optimizada para el uso en la región de los 1550 nm pero puede ser utilizada en la región de los 1310. Sin embargo con la introducción de sistemas WDM los canales asignados cerca de los 1550 nm son afectados seriamente por el ruido inducido como resultado de los efectos no lineales causados por FWM (*Four Wave Mixing*) que se trata de un efecto común en los sistemas DWDM donde múltiples longitudes de onda

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

se combinan para formar nuevas longitudes de onda, ocasionando atenuación. Este efecto no lineal es predominante cerca de las longitudes de onda de cero dispersiones y con longitudes de onda muy cercanas.

- UIT-T G.655 características de una fibra óptica monomodo de dispersión distinta de cero desplazada.

La recomendación UIT-T G.655 describe los atributos geométricos, mecánicos y de transmisión de una fibra óptica monomodo cuyo valor absoluto del coeficiente de la dispersión cromática es mayor a un valor distinto de cero en todo el rango de longitudes de onda entre 1530 a 1565 nm. Esta dispersión reduce el crecimiento de los efectos no lineales que son particularmente perjudiciales en sistemas DWDM.

- **Estructura lógica de la red**

Para determinar la cantidad de hilos que componen el cable de fibra óptica se tomó en cuenta la definición de la estructura lógica de la red, ya que esto especificó cuántos pares de hilos se asignaron a cada uno de los nodos.

- **Método de instalación**

Dado que la empresa estableció como requerimiento para el diseño de la red que el tiempo de instalación fuera de máximo un año, se determinó que para poder cumplir con esta condición, el tendido de la fibra debía ser aéreo, ya que es el que presenta menor dificultad y utiliza la estructura de tendido eléctrico previamente establecida, como se observó en el capítulo II. Ya tomada la decisión de hacer uso de tendido aéreo se buscó el tipo de fibra adecuada para este método de despliegue. Donde surgieron varios tipos de cable de fibra, entre los cuales se encontraron los siguientes, fibra ADSS (*All Dielectric Self-Supporting*), fibra Figura-8, fibra Adosada y fibra OPGW (*Optical Ground Wire*). Cada una con características distintas y con utilidad según sea el caso.

III. 2.2.3. Parámetro para la elección de la electrónica

- Presupuesto de potencias

La planificación de un enlace de fibra óptica a menudo requiere un presupuesto de potencias detallado, el objetivo es asegurar que la pérdida total del enlace no supere las especificaciones de operación del transmisor. Se trata de una simple tabulación de todas las pérdidas del enlace que se obtienen de las mediciones de campo o de un cálculo usando las fibras y las especificaciones del equipo, si la suma de todas las pérdidas del enlace es mayor que las del receptor óptico especificado, entonces el sistema de transmisión es poco probable que funcione correctamente.

Con el fin de determinar la sensibilidad y potencia, se observaron los tramos físicos que separan las estaciones y se hizo un análisis del enlace con mayor distancia y del enlace con la menor distancia. Para su estudio se tomaron en cuenta diferentes variables, tales como, la pérdida generada por la cantidad de empalmes obtenida luego de definir la distancia del tramo y la longitud de los carretes de fibra óptica (recomendada por la empresa), las pérdidas generadas por los conectores, las cuales están estandarizadas, la pérdida promedio por Kilómetro del tipo de fibra elegida y, por último, el margen de atenuación el cual viene dado por un rango que se define tomando en cuenta el peor escenario. Sin tener información alguna de los niveles de sensibilidad y potencia de transmisión que manejan los equipos en la actualidad, acudimos a las especificaciones técnicas de algunos dispositivos ópticos en el mercado y aunque no fue una tarea fácil encontrar estos datos, se logró obtener valores aproximados que dieron idea de la magnitud de los mismos. De esta manera se asignaron los valores mínimos que deben tener estas variables según las pérdidas calculadas del enlace y así obtener los resultados deseados.

Figura 14. Diagrama unifilar de la red, Fuente: Elaboración propia

III.3. Fase III. Diseño

Una vez desarrolladas las fases anteriores, se presentó como último paso la culminación del diseño que cumplió con los requerimientos de la empresa adecuados a la serie de factores antes mencionados. Todo lo estudiado se integró para finalmente construir el diagrama físico y el diagrama unifilar de la red que además de incluir todas las estaciones y tendidos de fibra que forman parte del anillo, muestra también la redundancia lógica donde se evidenció el uso de los conocimientos desarrollados.

IV. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados de haber cumplido con las actividades para la finalización del diseño de la red de fibra óptica anillada en el tramo entre Caracas y Valencia. Para determinar el diseño final de la red de fibra óptica se tomaron en cuenta dos puntos principales desarrollados en forma paralela, la estructura lógica y la estructura física de la red.

I.V. Estructura lógica de la red

Según los parámetros descritos en el capítulo anterior se elaboro un diagrama que representa la distribución de los hilos de fibra que van a cada una de las estaciones. En la Figura 14 se muestra como están distribuidos dichos hilos en pares.

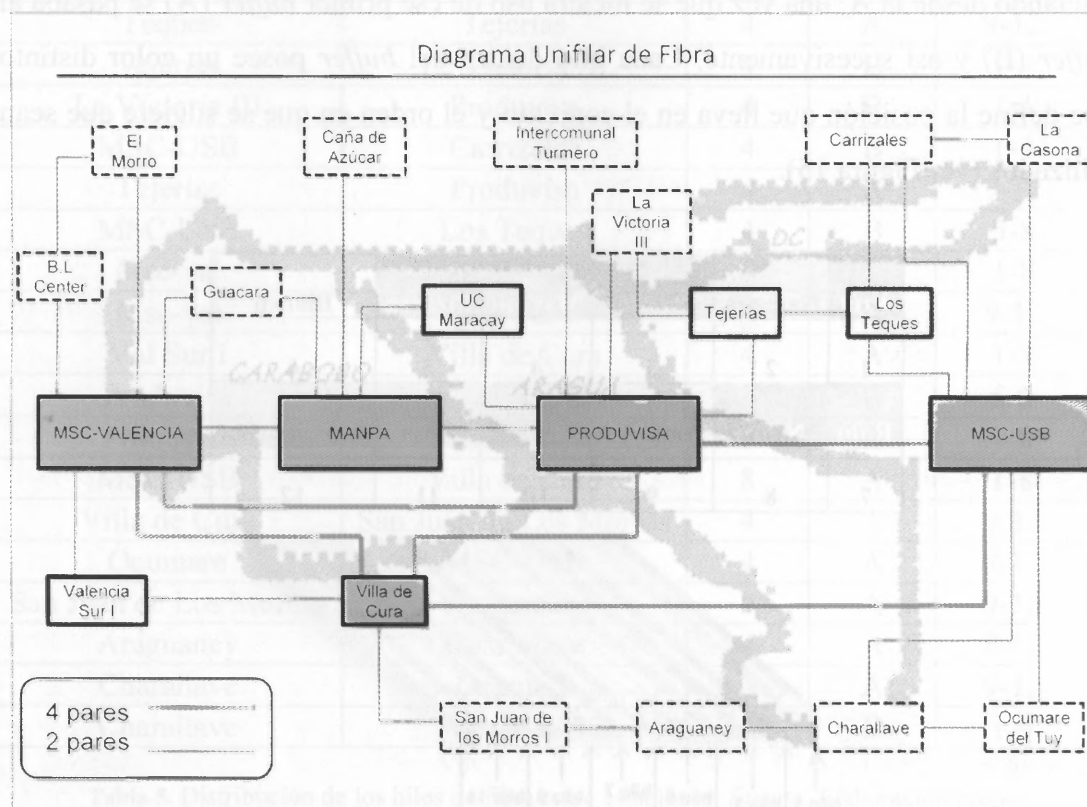


Figura 14. Diagrama unifilar de la red. Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

El diseño mostrado en la Figura 14 basado en los criterios mencionados en el capítulo anterior, cumple con todos los requerimientos dados por la empresa. Se demuestra la redundancia que posee cada uno de los nodos de la red y se asegura que a cada estación lleguen al menos 2 pares de hilos, uno de trabajo y otro de protección.

Cada uno de estos enlaces es capaz de transportar hasta 10 Gbps en cada longitud de onda utilizando DWDM como método de transmisión, cumpliendo así el requerimiento mínimo de usar troncales de 10 Gbps. Esto significa que el sistema diseñado está preparado para sobrepasar las exigencias dadas por la empresa.

En la Tabla 5 se muestra la distribución de los hilos de fibra por cada *buffer* (tubo). Se tomaron en cuenta *buffers* de 12 hilos y se le asignó una letra a cada uno iniciando desde la A, una vez que se hiciera uso de ese primer *buffer* (A) se pasaba al *buffer* (B) y así sucesivamente. Cada hilo dentro del *buffer* posee un color distinto que define la posición que lleva en el conjunto y el orden en que se sugiere que sean utilizados (ver Figura 15).

Azul	Naranja	Verde	Marrón	Pizarra	Blanco
1	2	3	4	5	6
Rojo	Negro	Amarillo	Violeta	Rosa	Aguamarina
7	8	9	10	11	12

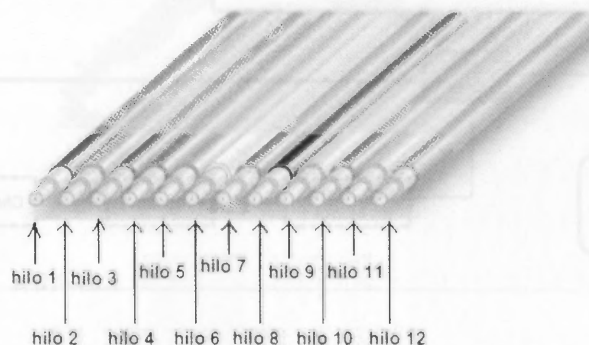


Figura 15. Distribución de los hilos dentro de la fibra. Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**

Tramo		# de Hilos	Buffer (tubo)	Hilos
Msc-val	Morro	4	A	1-4
Msc-val	B.l.Center	4	A	5-8
Morro	B.l.Center	4	A	5-8
Produvisa	Msc-Val	8	A	1-8
Produvisa	Mampa	4	A	9-12
Mampa	Msc-Val	4	A	9-12
Produvisa	UC-Maracay	4	B	1-4
UC-MCY	Mampa	4	B	1-4
Mampa	Guacara I	4	B	1-4
Guacara I	Msc-val	4	B	1-4
Mampa	Caña de Azúcar	4	B	5-8
MSC-USB	Produvisa	8	A	1-8
MSC-USB	La Casona	4	A	9-12
La Casona	Carrizales	4	A	9-12
Carrizales	Los Teques	4	A	9-12
Teques	Tejerías	4	A	9-12
Tejerías	La Victoria III	4	B	1-4
La Victoria III	Produvisa	4	B	1-4
MSC-USB	Carrizales	4	B	1-4
Tejerías	Produvisa	4	A	9-12
MSC-USB	Los Teques	4	B	5-8
Msc-val	Villa de Cura	8	A	1-8
Msc-val	Val Sur I	4	A	9-12
Val Sur I	Villa de Cura	4	A	1-8
Produvisa	Inter Turmero	4	B	5-8
Produvisa	Villa de Cura	8	A	1-8
MSC-USB	Villa de Cura	8	A	1-8
Villa de Cura	San Juan de Los Morros	4	A	9-12
Ocumare	MSC-USB	4	A	9-12
San Juan de Los Morros	Araguaney	4	A	9-12
Araguaney	Charallave	4	A	9-12
Charallave	Ocumare	4	A	9-12
Charallave	MSC-USB	4	B	1-4

Tabla 5. Distribución de los hilos de fibra entre estaciones. *Fuente:* Elaboración propia

Al detallar la Tabla 5 se puede notar que en el diseño de la red se ocupan los 12 hilos del *buffer* (tubo) A hasta los 8 primeros hilos del *buffer* (tubo) B, sobrando así los 4 últimos hilos. Haciendo uso de esta distribución se cumple y se sobrepasan los requerimientos de la empresa.

IV.2. Estructura física de la red

IV.2.1. Definición de los tramos físicos de la red

Ya establecida la distancia total del recorrido tomada sobre el mapa topográfico del software MapSource® y confirmada por el sistema de posicionamiento global (GPS), se procedió a establecer las longitudes totales oficiales entre cada una de las estaciones.

En la Figura 16 se muestra el mapa topográfico de la región Centro-Capital, donde se evidencia la ruta física definitiva que toma el cable de fibra óptica en el diseño de la red, en color morado se muestra el diseño preliminar visto en el capítulo IV. Luego se tomó en cuenta la exigencia de la empresa de cerrar el anillo físicamente, para lo que se realizó un análisis de las distancias entre cada una de las estaciones y se pudo determinar que el mejor lugar para el cierre del anillo resultó ser entre las estaciones Produvisa y Villa de cura ya que ambas son estaciones principales (pertenecientes a la troncal) y se encuentran comunicadas por vías de fácil acceso para el tendido del cable de fibra óptica. En la Figura 16 se muestra en color amarillo el cierre entre las estaciones nombradas anteriormente. Como se puede observar se garantiza la redundancia física de la red, en caso de cualquier eventualidad que lleve a un corte del cable de fibra, los datos serían redireccionados por otra ruta hasta llegar a su destino final.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**

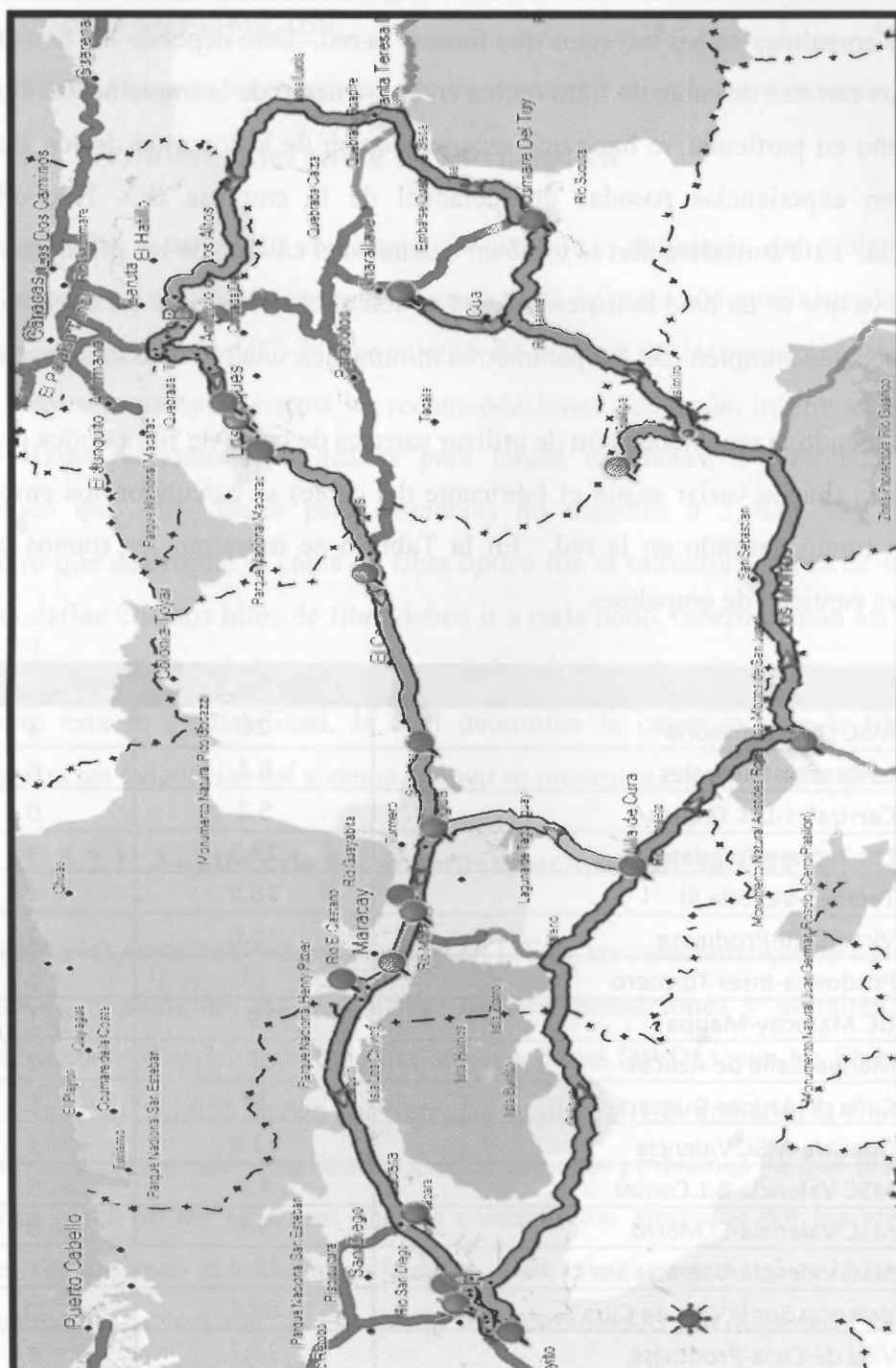


Figura 16. Diseño final de la red física. Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Otra de las consideraciones importantes ligada con la distancia de los tramos es el uso de empalmes en los trayectos que forman la red. Esto depende del tamaño que tengan los carretes de cable de fibra óptica en el momento de la implementación, para este diseño en particular se hace una recomendación de la longitud de los carretes, basada en experiencias pasadas del personal de la empresa IFX Networks de Venezuela. Esta consideración se tomó en cuenta en el cálculo de los presupuestos de potencia ya que es un dato indispensable en la determinación de las características de los equipos que cumplen con los parámetros mínimos en una red de comunicaciones.

Siguiendo la recomendación de utilizar carretes de cable de fibra óptica de 6 km de longitud (puede variar según el fabricante del cable) se calcularon los empalmes por cada tramo definido en la red. En la Tabla 6 se muestran los tramos con su respectiva cantidad de empalmes.

#	Tramo	Distancia (Km)	# de empalmes
1	MSC USB-La Casona	26	4
2	La Casona-Carrizales	5.1	0
3	Carrizales-Los Teques	5.1	0
4	Los Teques-Tejerías	22.5	3
5	Tejerías-Victoria III	26.8	4
6	Victoria III-Produvisa	16.8	2
7	Produvisa-Inter Turmero	11	1
8	UC Maracay-Manpa	9	1
9	Manpa-Caña de Azúcar	7	1
10	Caña de Azúcar-Guacara	37	6
11	Guacara-MSC Valencia	11.8	1
12	MSC Valencia-B.I Center	4.4	0
13	MSC Valencia-El Morro	5.6	0
14	MSC Valencia-Valencia Sur I	11.2	1
15	Valencia Sur I- Villa de Cura	69.3	11
16	Villa de Cura-Produvisa	24.7	4
17	Villa de Cura-San Juan De los Morros I	25.8	4
18	San Juan de los Morros I- Araguañey	63.8	10
19	Araguañey-Ocumare del Tuy	54	9

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

20	Ocumare del Tuy-Charallave	20.8	3
21	Ocumare del Tuy-MSB USB	72.8	12

Tabla 6. Distancias entre estaciones y N° de empalmes. *Fuente:* Elaboración propia.

IV.2.2. Definición del cable de fibra óptica

Como fue mencionado en el capítulo anterior la definición del cable de fibra óptica se basó en tres parámetros, el primero es la información suministrada por las recomendaciones de la UIT-T proveniente de la fase de investigación y estudio, donde solo se tomaron en cuenta las recomendaciones que tenían información acerca de las fibras monomodo, utilizadas para largas distancias, a diferencia de las multimodo que son ideales para distancias no mayores a 2 Km. El segundo parámetro que determinó el cable de fibra óptica fue la estructura lógica de la red ya que esta define cuantos hilos de fibra deben ir a cada nodo, determinando así cuantos son necesarios para satisfacer las necesidades de la red. Como tercer y último parámetro esta la escalabilidad, la cual determina la capacidad de la fibra para cumplir con las exigencias del sistema cuando se presenten cambios en la demanda.

IV.2.2.1. Análisis de las recomendaciones de la UIT-T

Según las descripciones dadas por la UIT-T de las características de los tipos de fibra óptica monomodo, las que tienen mejores prestaciones y permiten uso de multiplexación por división de longitud de onda densa DWDM, son las fibras UIT-T G.653 y la UIT-T G.655 ambas con ventajas similares. Sin embargo la fibra óptica monomodo de dispersión desplazada (G.653) presenta problemas ya que los canales asignados cerca de los 1550 nm (tercera ventana) son afectados por los efectos no lineales, ocasionando atenuación en la señal. Este efecto perjudicial en la fibra llevo a que se tomara la decisión de escoger la fibra monomodo con dispersión distinta de cero desplazada **UIT-T G.655** ya que es ideal para trabajar en la tercera ventana y con DWDM sin ser perjudicada por los efectos no lineales.

IV.2.2.2. Escalabilidad

En el diseño de una red es conveniente hacer uso del concepto de escalabilidad, el cual indica la capacidad de incrementar el rendimiento de dicha red sin necesidad de rediseñarse, por esta razón y tomando en cuenta la distribución antes descrita, la cual definió la conectorización de 20 hilos en total, se consideró utilizar una fibra de 48 hilos, que se divide en 4 *buffers* de 12 hilos cada uno y tomando en cuenta que fueron designados para ser conectorizados solo 20 hilos, quedarían 28 hilos de fibra oscura disponibles para su futuro uso.

De lo señalado anteriormente se puede deducir que la capacidad máxima de la red actual podría aumentar a más del doble manteniendo la misma configuración de enlaces de protección. Tratándose de un tendido a nivel regional y tomando en cuenta las dificultades de instalación y los costos que implica llevarla a cabo, se estaría invirtiendo en el futuro ya que este anillo tiene el potencial para formar parte de un tendido a nivel nacional donde los requerimientos de transporte son mayores. (Alberto, 2007)

IV.2.2.3. Tiempos de instalación

En vista de que la mayoría de los postes disponibles son de tendido eléctrico de alta tensión se eligió como más adecuada la fibra ADSS (*All Dielectric Self-Supporting*), ya que esta no contiene ningún elemento metálico y es totalmente dieléctrica, lo que permite que el cable de fibra pueda estar cerca de las líneas de alta tensión sin verse afectado por el *tracking*, que es el deterioro irreversible del revestimiento, ocasionado por la formación de rutas carbonizadas conductivas en el cable producidas por la proximidad a estas líneas. Otra ventaja importante es que el cable es ligero en comparación con los otros tipos de cable para tendido aéreo lo que facilita su instalación y limita la carga adicional a los postes de tendido eléctrico. Como este tipo de cable puede ser instalado en espacios de hasta 600 metros y la

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

distancia promedio entre los postes es de 100 metros resulta el más apropiado para ser utilizado.

En la siguiente tabla comparativa se muestran las diferentes características de las fibras según su método de construcción, sus características ópticas y la cantidad de hilos, considerando los valores ideales aplicables en este proyecto.

	Tipo	Tiempo de instalación	Nivel de escalabilidad	Ventana de operación	Capacidad DWDM
Construcción	ADSS	Bajo	-	-	-
	Figura 8	Medio	-	-	-
	OPGW	Alto	-	-	-
	ADL	Medio	-	-	-
Características Ópticas	UIT-T G.652	-	-	Segunda	No
	UIT-T G.653	-	-	Segunda y tercera	No
	UIT-T G.655	-	-	Tercera	Si
Cantidad de hilos	24	Medio	Bajo	-	-
	48	Alto	Medio	-	-
	96	Muy alto	Alto	-	-

Tabla 7. Cuadro comparativo (características de las fibras ópticas) *Fuente:* Elaboración propia

Finalmente luego de analizar los criterios se puede concluir que el cable de fibra óptica debe cumplir con las siguientes características

- Elaborado bajo la recomendación IUT-T G.655.
- Fibra de tipo ADSS (*All Dielectric Self-Supporting*).
- 48 hilos de fibra separados en 4 *buffers* distintos con 12 hilos cada uno.
- Cable especial para tendido aéreo.

IV.2.3. Definición de la electrónica

Como único criterio para la definición de la electrónica se tomó en cuenta el presupuesto de potencias nombrado en el capítulo anterior.

IV.2.3.1. Presupuesto de potencias

El cálculo de potencias para determinar los requerimientos mínimos que deben tener los dispositivos electrónicos se realizó en el tramo de mayor distancia y en el de menor distancia, para de esta manera determinar el rango de potencias del transmisor y el rango de la sensibilidad del receptor.

Las ecuaciones utilizadas para determinar el presupuesto de potencias son las siguientes:

$$P_{Rx} = P_{Tx} - L_{enlace}$$

$$L_{enlace} = L_{conectores} + L_{empalme} * N_{empalmes} + L_{empalme\ de\ conector} + L_{F.O} * d_{enlace} + M_{Att}$$

$$P_{Rx} \geq S_{Rx} \text{ (Se debe cumplir esta condición para que el enlace sea efectivo)}$$

P_{Rx} : Potencia de Recepción [dBm]

P_{Tx} : Potencia de Transmisión [dBm]

L_{enlace} : Pérdida del Enlace [dB]

$L_{conectores}$: Pérdida por Conectores [dB] (0.4 dB x 2)

$L_{empalme\ de\ conector}$: **Pérdida** por empalme de conectorización [dB] (0.1 dB x 2)

$L_{empalme}$: Pérdida por Empalme [dB] (0.1 dB)

$N_{empalmes}$: Número de Empalmes

$L_{F.O}$: Pérdida de la Fibra Óptica [dB/Km] (0.25 dB/Km)

d_{enlace} : Distancia del enlace [Km]

M_{Att} : Margen de atenuación [dB] (5 dB)

S_{Rx} : Sensibilidad del receptor [dBm]

NOTA: todos los valores estandarizados se tomaron para el peor de los casos, esto con el fin de tener un mayor margen de error.

Los rangos de sensibilidad del receptor y potencia del transmisor utilizados en este modelo fueron extraídos de los equipos ofrecidos en el mercado. Estos rangos están entre -9 dBm y 3 dBm en el caso de potencia del transmisor y entre -24 dBm y -11dBm en el caso de la sensibilidad del receptor. Para determinar los valores mínimos requeridos para los enlaces se tomaron en cuenta el enlace con mayor distancia y el enlace con menor distancia.

El enlace con mayor distancia se encuentra entre las estaciones Ocumare del Tuy y MSC USB. En la Tabla 7 se muestran en azul los valores que hacen efectivo el enlace más largo del diseño.

Distancia del enlace [Km]	72.8
Pérdida total del enlace [dB]	25.1
Sensibilidad del receptor [dBm]	-23
Potencia del transmisor [dBm]	3

Tabla 8. Requerimientos de potencia de la electrónica para el enlace más largo. Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

El enlace con menor distancia se encuentra entre las estaciones La Casona y Carrizales. En la Tabla 8 se muestran en azul los valores que hacen efectivo el enlace más corto del diseño.

Distancia del enlace [Km]	5.1
Pérdida total del enlace [dB]	7.72
Sensibilidad del receptor [dBm]	-17
Potencia del transmisor [dBm]	-9

Tabla 9. Requerimientos de potencia de la electrónica para el enlace más corto. *Fuente:* Elaboración propia.

Se estableció un rango de valores de la potencia del transmisor tomando la potencia del enlace más largo y la potencia del enlace más corto. Se realizó el mismo procedimiento con las sensibilidades lo que resultó en el siguiente rango de valores mostrado en la Tabla 9.

Potencia del transmisor [dBm]	Sensibilidad del receptor [dBm]
-9 a 3	-23 a -17

Tabla 10. Rango de potencia y sensibilidad. *Fuente:* Elaboración propia

Luego de establecer los requerimientos mínimos de potencia y sensibilidad del transmisor y receptor respectivamente se procedió a establecer las características mínimas que debe cumplir la electrónica lo cual resultó en las siguientes características:

- Capaz de multiplexar por división de longitudes de onda densa (DWDM)
- Debe poseer protección basada en enlace (APS)
- Debe cumplir con las características de potencia y sensibilidad mostradas en la tabla 9.

V. Conclusiones y Recomendaciones

Es importante resaltar que las redes de fibra óptica se emplean cada vez más debido a sus altas tasas de transmisión, su ancho de banda y demás características positivas que suplen las demandas de transporte de datos de la actualidad. Es de vital importancia para los ingenieros de telecomunicaciones el conocimiento acerca de estas redes y los elementos que las componen.

De acuerdo con lo anterior la empresa IFX Networks de Venezuela C.A. tomó la decisión de hacer uso de estas redes para solventar los problemas de tráfico de datos en la región Centro-Capital del país.

El proyecto se enfocó en el diseño de la red que soluciona el problema antes planteado, brindando a los usuarios finales una plataforma de transporte de datos con altas tasas de transmisión, redundancia en los enlaces y con un alto nivel de escalabilidad.

Para llevar a cabo el diseño final de la red se tomaron decisiones considerando distintos criterios, tales como, la densidad de tráfico en la región, la cual determina las dimensiones del cable de fibra ideal; la escalabilidad, que permite el crecimiento de la red a futuro sin perder la calidad; la redundancia, que proporciona seguridad ante posibles fallos de los enlaces y demás criterios. Todos definidos con el fin de escoger los mejores elementos.

Para garantizar redundancia física en la red se realizó un estudio de factibilidad de las rutas, en el cual se determinó el mejor recorrido del cable de fibra óptica tomando en consideración las rutas posibles a lo largo del trayecto entre las ciudades de Caracas y Valencia, y se estableció que la mejor forma de cumplir con el objetivo fue haciendo un cierre de anillo.

Ya garantizada la redundancia física, se tomó en cuenta la distribución de los hilos que pasan por la fibra, donde se estableció un criterio de reutilización de hilos entre los nodos de la red, de manera que dicha distribución fuera lo más eficiente posible.

No todas las redes de fibra óptica son diseñadas bajo los mismos criterios, estos varían según las exigencias del cliente, las necesidades de tráfico de la población, el terreno donde se hace el despliegue de la red y una serie de factores determinantes. Lo importante es saber hacer uso de los conocimientos y el manejo de la metodología de trabajo, ya que de ello depende la capacidad de realizar un diseño que llene los requisitos de manera eficiente y que además tenga la posibilidad de ser modificado en caso de nuevos requerimientos producto del crecimiento acelerado de las demandas de tráfico.

Existen una serie de aspectos que se recomienda tomar en cuenta en caso de implementación, como por ejemplo, la creación de rutas alternas en el anillo, ya que en el diseño actual no se consideró el potencial peligro del cable tendido en zonas marginales, lo cual podría llevar a ligeros cambios en el despliegue del mismo, y por lo tanto un cambio en la distribución original de los hilos.

Se recomienda hacer uso del método de zanjado en lugar de postes para el tendido en zonas más vulnerables al vandalismo, de manera tal que se proteja la integridad del cable y se pueda garantizar el enlace.

Para proyectos futuros es conveniente realizar un análisis de costos que forme parte de los criterios para la elección de los elementos que conforman la red.

Se debe recordar que los diseños siempre están sujetos a cambios dependiendo de los criterios considerados al momento de la implementación.

VI. Bibliografía

- Alberto, C. (2007). *Tendido y Verificación de Redes de Fibra*. Buenos Aires.
- Chomycz, B. (2009). *Planning Fiber Optic Networks*. New York: Mc Graw Hill.
- Crisp, J. (2001). *Introduction to Fiber Optics*. Oxford: Newnes.
- Cruz, I. O. (2006). *Modulo introductorio principios generales del sistema de fibra óptica*.
- Figueira, C. (08 de 07 de 2004). *Dense Wavelength Division Multiplexing*. Caracas, DC, Venezuela.
- Grupo Comunicaciones Ópticas. (2006). *Tutorial de Comunicaciones Ópticas*.
Obtenido de <http://nemesi.tel.uva.es>
- Max Born, E. W. (1991). *Principles of Optics*. Pergamon Press Ltd.
- Millán, R. (1999). *La Tecnología de Transporte SDH*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2010, de <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/sdh.php>
- Millán, R. (2002). *Redes DWDM metropolitanas*. Recuperado el 06 de 09 de 2010, de <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/dwdmmetro.php>
- Montero, D. (2004). *Ventajas de la nueva tecnología de comunicaciones UDWDM*.
En D. Montero. San Jose de Costa Rica: TEG.
- Rivero, I. J. (1999). *La fibra óptica como medio de transmisión (I)*. *Tono Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A.*

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Araguaney

Ubicación: Guirapá, Fdo. Aragua

Coordenadas geográficas: N10 03 12.9 W67 03 24.3

Descripción del acceso y terminación del cableado:

Partiendo desde el pueblo de Guirapá Fdo. Aragua se hace un recorrido por caminos no asfaltados hasta llegar a un punto donde se encuentra un tendido eléctrico, el cual recibe la energía que forma parte del sistema de energía de la antenna. La mejor alternativa es llevar la fibra mediante ese tendido hasta el recinto de IFX NETWORKS (ver foto 1 y 2), una vez dentro se requiere la instalación de dos postes nuevos (ver foto 3) y un arreglo sobre la escalerilla exterior para llevar la fibra hasta el shelter (ver foto 4).

En el shelter existen 6 bocas pasacable disponibles para lograr el ingreso de la fibra al mismo (ver foto 4). De

Apéndice A

Observaciones:

- El shelter posee 6 bocas para cables libres
- Espacio disponible en dos (2) de los racks existentes para la colocación de equipos.

Adecuaciones responsabilidad de IFX Networks:

- Instalación de dos postes nuevos
- Instalación del arreglo para la escalerilla (escalafón) que llega hacia las bocas para cable en la parte exterior del shelter.

Araguaney

Ubicación: Guiripa, Edo Aragua

Coordenadas geográficas: N10 03 12.9 W67 03 24.3

Descripción del acceso y terminación del cableado:

Partiendo desde el pueblo de Guiripa Edo. Aragua se hace un recorrido por caminos no asfaltados hasta llegar a un punto donde se encuentra un tendido eléctrico, el cual recorre un camino que forma parte del último tramo hasta la antena. La mejor alternativa es llevar la fibra mediante ese tendido hasta el recinto de IFX NETWORKS (ver foto 1 y 2), una vez dentro se sugiere la instalación de dos postes nuevos (ver foto 3) y un arreglo sobre la escalerilla existente para llevar la fibra hasta el shelter (ver foto 4).

En el shelter existen 6 bocas pasacable disponibles para lograr el ingreso de la fibra al mismo (ver foto 4). Dentro hay espacio suficiente en los racks para la colocación de los equipos (ver foto 5 y 6).

Observaciones:

- El shelter posee 6 bocas pasa cables libres
- Espacio disponible en dos (2) de los racks existentes para la colocación de equipos.

Adecuaciones responsabilidad de IFX Networks:

- Instalación de dos postes nuevos
- Instalación del arreglo para la escalerilla (escalerilla que llega hasta las bocas pasa cable en la parte exterior del shelter).

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Memoria Fotográfica:



Foto 1.



Foto 2.



Foto 3.



Foto 4.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

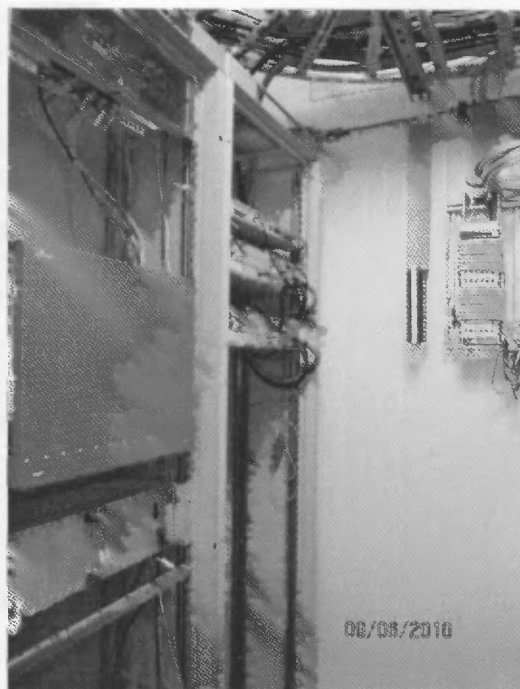


Foto 5.

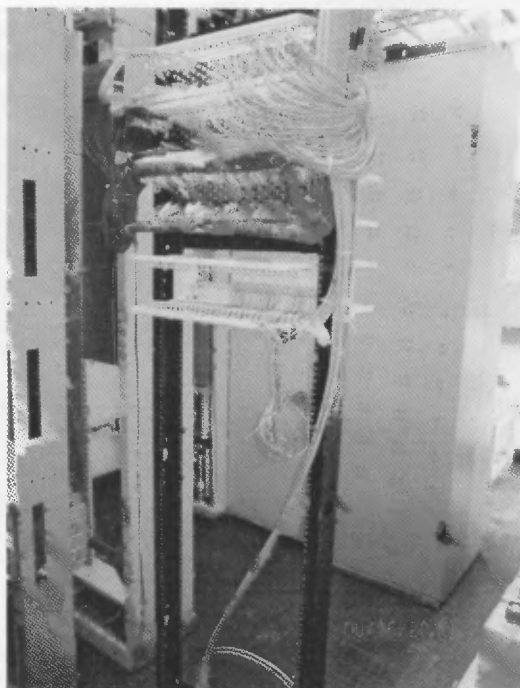


Foto 6.

Big Low Center

Ubicación: Avenida 68 c/c Avenida 102, Centro Comercial Big Low Center, Valencia, Estado Carabobo.

Coordenadas geográficas: 10,19265 N / 67,96264 O (Datum WGS 84)

Descripción del acceso y terminación del cableado:

El cable de fibra óptica estará disponible en el poste de alta tensión ubicado dentro del recinto de IFX Networks (ver foto 1). Se proponen dos alternativas para completar le tendido una vez en las adyacencias de la estación. En el primer escenario se sugiere la instalación de dos postes nuevos para llevar la fibra por el borde del recinto hasta el frente de la torre (ver fotos 1 y 2). Una vez allí se sugiere la instalación de una escalerilla de 5 m que permitirá que el cable de fibra llegue hasta la pared trasera del shelter.

En el shelter no existen bocas pasacables disponibles por lo que se debe intervenir el mismo para colocar una y de esta manera lograr el ingreso (ver fotos 3 y 4). Dentro del shelter se sugiere que el cable de fibra siga el recorrido de la escalerilla interna (ver foto 4) hasta llegar al rack que se encuentra libre de uso (ver foto 5).

En el segundo escenario existe la posibilidad de entrar con el cable por la canalización eléctrica aprovechando la ductería de 4" de diámetro por la cual pasan 4 cables eléctricos que alimentan el shelter. Estos cables ocupan aproximadamente un 40% del área de la ductería (ver foto 6 y 7), una vez dentro del shelter la fibra será conducida fuera del tablero eléctrico hasta la escalerilla (ver foto 8) y bajada posteriormente en el rack disponible (ver foto 5).

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Materiales Requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

- En el primer escenario dos postes nuevos
- En el segundo escenario
 1. Conector Bx de una pulgada
 2. 1 m de tubería liqui tied de 1" de diámetro
- 2 pots de sellador para ductos
- 5 m de escalerilla
- 1 boca pasacables

Observaciones:

- El shelter no posee bocas pasacables libres
- Poco espacio disponible para colocar un rack, existe un rack sin uso
- En caso de que se decida utilizar la ductería eléctrica para llevar el cable de fibra hasta el shelter, se deberá prever un corte de alimentación eléctrica de la calle por un período aproximado de 45 minutos. Esto por razones de seguridad

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Instalación de dos postes nuevos
- Instalación de una escalerilla de aproximadamente 5 m
- Agregar al shelter una boca pasacables

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Memoria Fotográfica:



Foto 1. Instalación de postes nuevos inexistentes.



Foto 2. Instalación del segundo poste nuevo inexistente.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

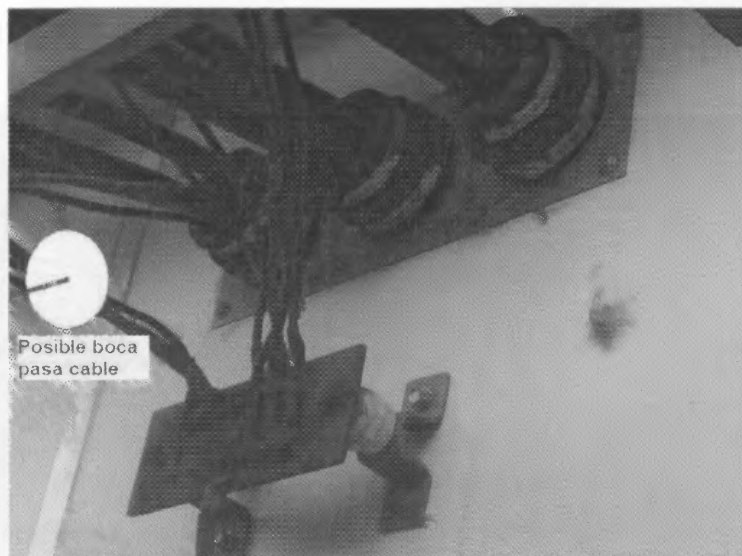


Foto 3. Detalle de agregación de boca pasacable.

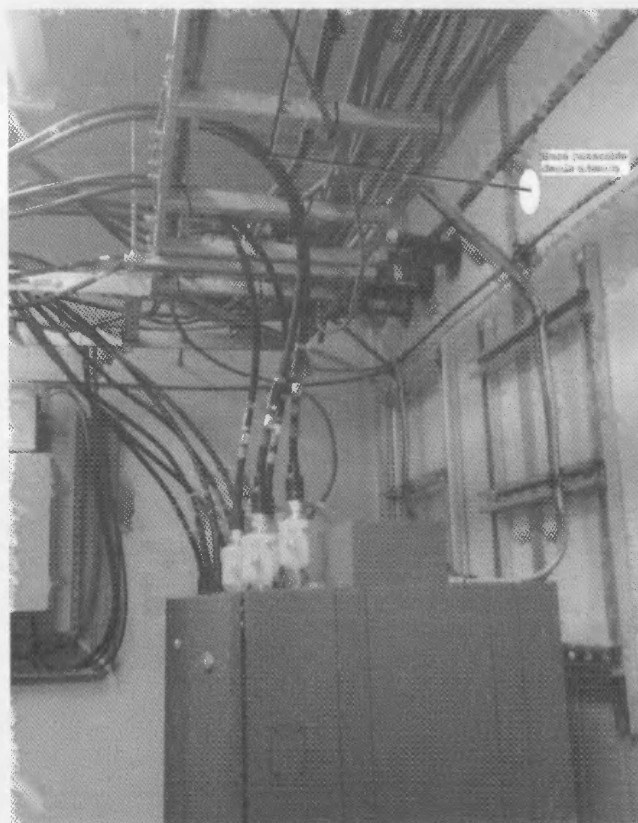


Foto 4. Detalle de acceso al shelter por pasacable sugerido y recorrido por escalerilla interna.



Foto 5. Rack libre de uso dentro del shelter.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

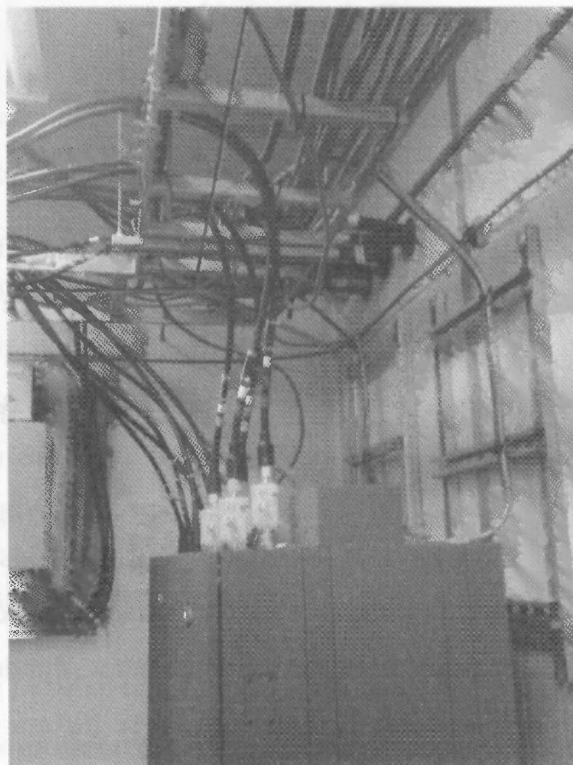


Foto 8. Ruta de la escalerilla interna del shelter.

Caña de Azúcar

Coordenadas geográficas: 10,27488 N / 67,72388 W

Descripción del acceso y terminación del cableado:

La fibra óptica llega hasta un poste de alta tensión justo frente al edificio donde se encuentra la estación y de allí será llevada a la tanquilla de la calle a través de la canalización eléctrica existente en la base del poste (ver foto 1). Esta canalización conduce vía subterránea al cuarto de transformadores de IFX Networks el cual colinda con la pared del edificio (ver foto 1).

Una vez en el cuarto de IFX Networks se deberá instalar una ductería de aproximadamente 40 m de longitud y 1 ½" de diámetro independiente de las ya existentes con el fin de conducir el cable hacia la azotea, donde se instalará una caja de paso de 8" x 8" (ver fotos 2 y 3). De esta caja se llevará el cable hasta el rack outdoor a través de una tubería liqui tied de 2 m de longitud y 1 ½" de diámetro (ver foto 4). El ingreso al rack será por la parte inferior.

Materiales Requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

- 2 m de tubería liqui tied
- 15 tubos conduit de 1 ½" de diámetro
- 30 abrazaderas de 1 ½" para perfiles
- 1 caja de paso de 8" x 8"
- 2 conectores de 1 ½" MT
- 2 pots de sellador para tuberías
- Rack outdoor y sus accesorios

Observaciones:

- Esta estación no posee shelter, todos los racks existentes son outdoor
- Se debe solicitar la permisología al condominio del edificio
- El techo que cubre los racks outdoor deberá ser extendido en el caso que se decida colocar un nuevo rack
- En caso de que se decida utilizar la ductería eléctrica para llevar el cable de fibra hasta el shelter, se deberá prever un corte de alimentación eléctrica de la calle por un período aproximado de 45 minutos. Esto por razones de seguridad

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Instalación de la tubería que conduce a la fibra a la azotea
- Acceso al rack outdoor que IFX Networks coloque o asigne
- Instalación de nuevo rack o en su defecto asignar uno de los existentes
- En caso de colocar un nuevo rack considerar alargar el techo para que el mismo este cubierto

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Memoria Fotográfica:



Foto 1. Detalle de Acceso al terreno del edificio y al cuarto de transformadores de IFX Networks

- 2 m de tubería líquida
- 25 tubos conductores de 1 1/2" de diámetro
- 30 abrazaderas de 1 1/2" para perfiles
- 1 caja de paso de 8" x 8"
- 2 conectores de 1 1/2" MT
- 2 potes de sellador para tuberías
- Rack outdoor y sus accesorios

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 2. Tubería nueva no existente.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 3. Detalle de la caja de paso que recibe a la fibra.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 4. Espacio sugerido para nuevo rack outdoor.

Carrizales

Ubicación: Calle Corralito, Urbanización Altos de Carrizales frente al C.C. La Cascada. Los Teques, Estado Miranda.

Coordenadas geográficas: N 10,35543 W 67,00377 (Datum WGS 84).

Descripción del acceso y terminación del cableado:

El tendido de la fibra óptica llega hasta un poste eléctrico identificado con el número 25HJ172 (ver foto 1). Dicho poste tiene un bajante plateado de 4" (ver foto 1) que alimenta la torre y llega a la tanquilla número 1 ubicada a 15 m del mismo y al frente del portón principal dentro del recinto de IFX Networks (ver fotos 2 y 3). Esta canalización se comunica con la tanquilla número 2 ubicada a 1 ½ m de la puerta de entrada al shelter (ver foto 4). A través de esa ductería eléctrica se conducirá la fibra hacia el tablero principal de energía dentro del shelter (ver foto 5) y posteriormente, se llevará al rack con espacio disponible para colocar los equipos a través de la escalerilla interna del shelter (ver foto 6).

Materiales Requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

- 1 m de tubería liqui tail de 1"
- 1 conector BX de 1"
- 15 Tire wrap largos
- 1 lata de sellador para ductos

Observaciones:

- La longitud de la fibra desde el poste hasta el rack dentro del shelter de la estación Carrizales es de 50 metros
- No existe espacio dentro del shelter para colocar un rack nuevo
- En caso de que se decida utilizar la ductería eléctrica para llevar el cable de fibra hasta el shelter, se deberá prever un corte de alimentación

eléctrica de la calle por un período aproximado de 45 minutos. Esto por razones de seguridad

- La tanquilla No. 2 no tiene tapa.

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Conducción del cable de fibra óptica por la tubería eléctrica hasta el tablero principal de del shelter.
- Confirmar que el espacio que se sugiere en el rack para colocar los equipos está realmente disponible (ver foto 6).
- Colocar una tapa a la tanquilla No. 2.

Memoria Fotográfica:

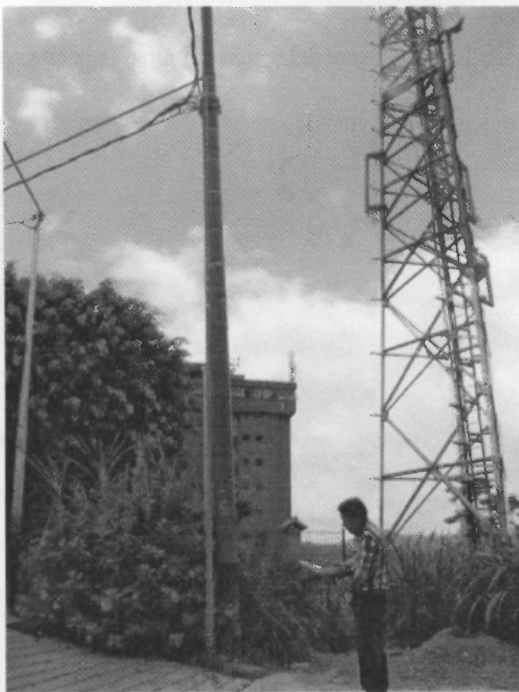


Foto 1. Poste de llegada de la fibra óptica, se observa el bajante plateado por donde bajará la fibra hasta la tanquilla No1.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 2. Tanquilla No 1 al final frente del portón de entrada a la estación (verde).



Foto 3. Tanquilla No 1. Detalle de ruta de la fibra.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 4. Tanquilla No 2 como se puede observar no tiene tapa.

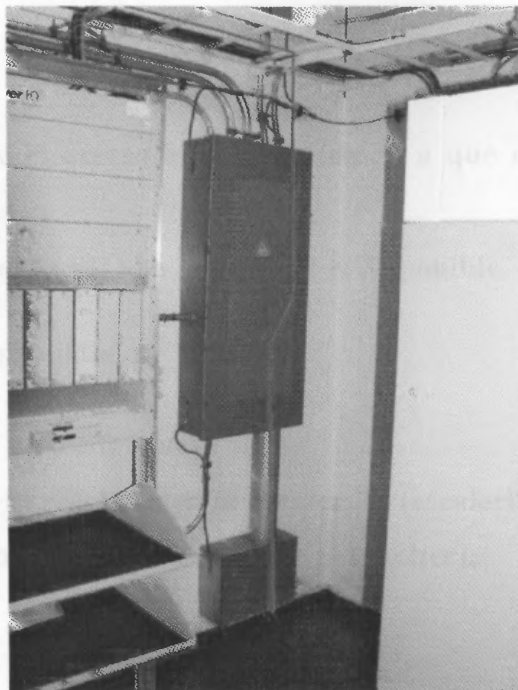


Foto 5. Tablero principal de electricidad, de aquí subimos hasta la escalerilla para luego llegar al rack que se ve al lado que tiene dos bandejas libres.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

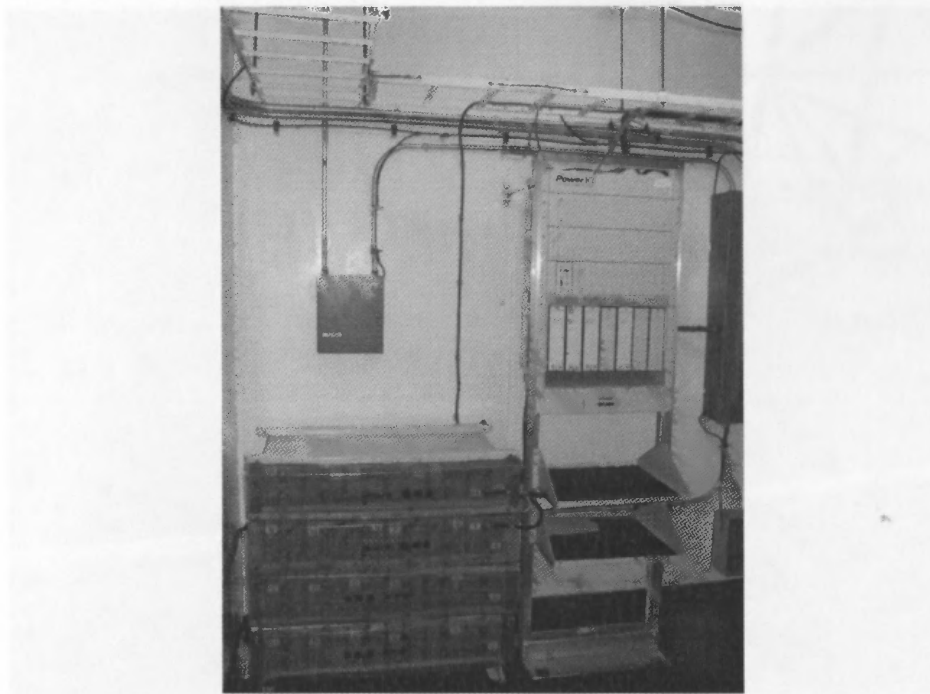


Foto 6. Otra vista de la sala y el rack, no hay espacio para un nuevo rack.



Foto 6. Otra vista de la sala y el rack, no hay espacio para un nuevo rack.

Charallave 1

Ubicación: Cerca de la Redoma de Charallave Estado Miranda.

Coordenadas geográficas: 10° 13' 44.09'' N / 66° 51' 40.55'' W

Descripción del acceso y terminación del cableado:

Esta estación está ubicada dentro de una propiedad que se encuentra adyacente a una vía la cual posee un tendido eléctrico que puede ser utilizado para llevar la fibra hasta dicha propiedad, ya ubicados en el interior del terreno existen dos postes ideales que servirán para llevar la fibra hasta el recinto de IFX NETWORKS (ver foto 1), una alternativa es la instalación de un nuevo poste en el interior del recinto y la construcción de un arreglo en la escalerilla actual para que la fibra llegue hasta el shelter (ver foto 2), donde existe una boca pasa cable libre para lograr el acceso al mismo (ver foto 3). No fue posible el acceso a dicho shelter, por lo tanto no se conoce la disponibilidad de espacio para la instalación de los equipos.

Observaciones:

- No fue posible el acceso al shelter debido a que no se contaba con las llaves.
- El shelter posee una (1) boca pasa cable disponible.

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Instalación de un poste nuevo
- Instalación del arreglo para la escalerilla (escalerilla que llega hasta las bocas pasa cable en la parte exterior del shelter).

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Memoria Fotográfica:

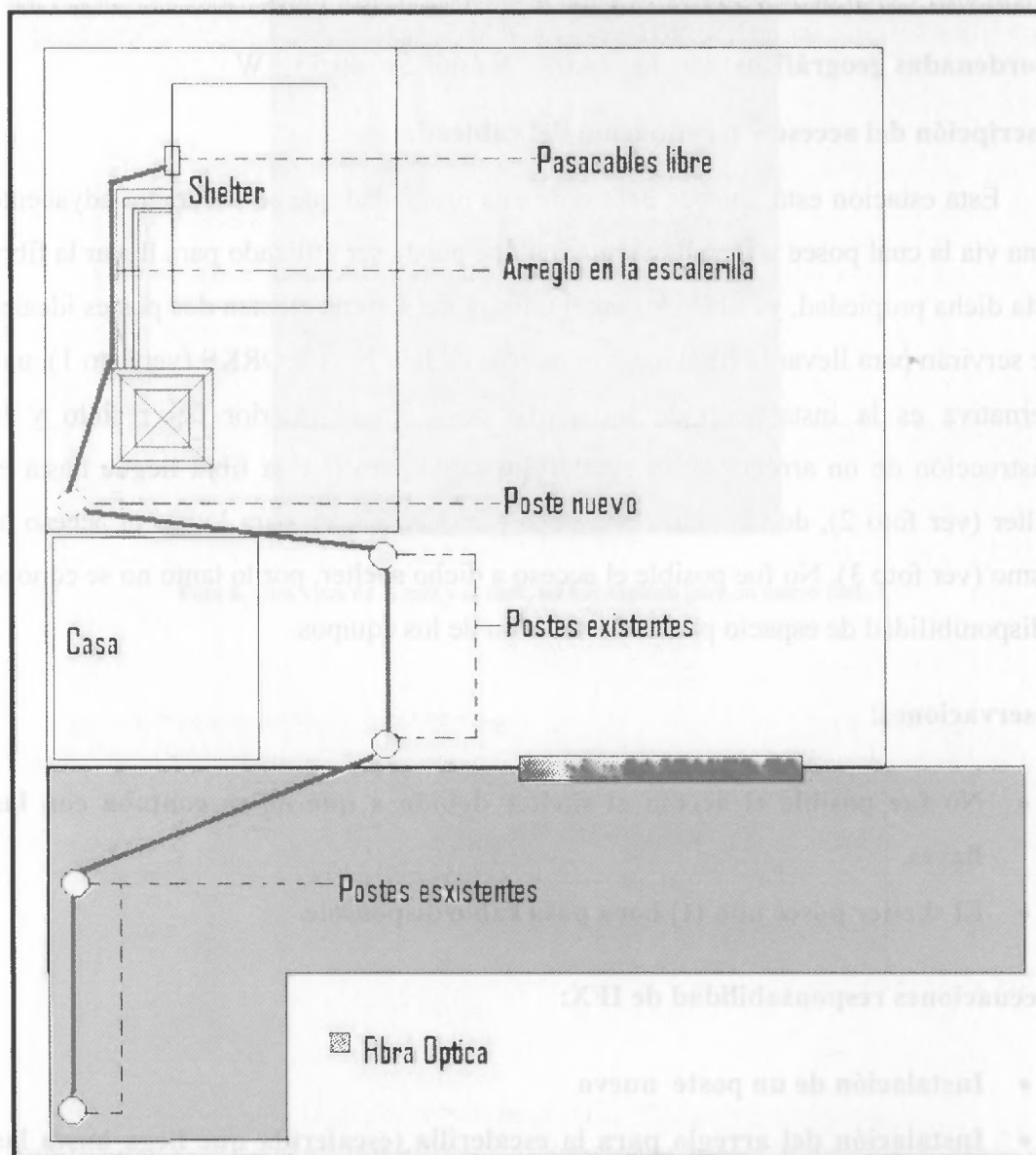


Foto 1. Plano aproximado del recinto

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 2. Ubicación del nuevo poste



Foto 3. Boca pasa cable libre

Guacara I

Ubicación: Depósitos Hermanos Horta SRL, Av. Araguaita Parcela N° 82, estado Carabobo

Coordenadas geográficas: **10,21445 N / 67,88457 O (Datum WGS 84)**

Descripción del acceso y terminación del cableado:

El tendido del cable de fibra óptica llegará al poste de alta tensión ubicado dentro del recinto de IFX Networks. Se plantean dos escenarios para completar el acceso hasta la estación. En el primer escenario se sugiere la instalación de dos postes nuevos para llevar la fibra por el borde del recinto hasta el frente de la torre (ver fotos 1 y 2). Una vez allí se sugiere la instalación de una escalerilla de 3,5 m que permitirá que el cable de fibra llegue hasta la pared trasera del shelter (ver foto 2 y 3).

En el shelter existen tres bocas pasacables disponibles (ver foto 4). Dentro del shelter se sugiere que el cable de fibra siga el recorrido de la escalerilla interna (ver foto 4) hasta llegar al espacio sugerido para la colocación del rack.

En el segundo escenario existe la posibilidad de entrar con el cable por la canalización eléctrica aprovechando la ductería de 4" de diámetro por la cual pasan 4 cables eléctricos que alimentan al shelter. Estos cables ocupan aproximadamente un 40% del área de la ductería. Una vez dentro del shelter la fibra será conducida fuera del tablero eléctrico hasta la escalerilla y bajada posteriormente al rack sugerido (ver foto 4).

Materiales requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

- **En el primer escenario dos postes nuevos**
- **2 tubos conduit de 1 ½"**
- **En el segundo escenario**
- **Conector Bx de una pulgada**

- 1 m de tubería liqui tied de 1" de diámetro
- 2 pots para sellar ductos.
- 3,5 m de escalerilla.

Observaciones:

- El shelter posee 3 bocas pasacables libres
- Existe espacio disponible para colocar un nuevo rack.
- En caso de que se decida utilizar la ductería eléctrica para llevar el cable de fibra hasta el shelter, se deberá prever un corte de alimentación eléctrica de la calle por un período aproximado de 45 minutos. Esto por razones de seguridad

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Instalación de dos postes nuevos
- Instalación de una escalerilla de aproximadamente 3,5 m



Foto 3. Detalle de acceso al shelter por las bocas pasacables disponibles.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Memoria Fotográfica:



Foto 1. Poste nuevo no existente.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 2. Poste nuevo no existente y detalle de escalerilla para ingresar al shelter.

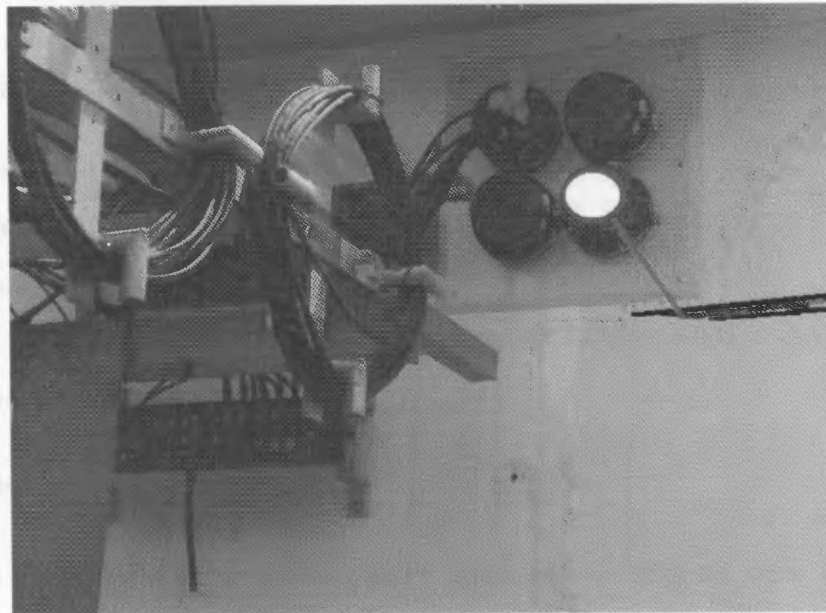


Foto 3. Detalle de acceso al shelter por las bocas pasacables disponibles.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**

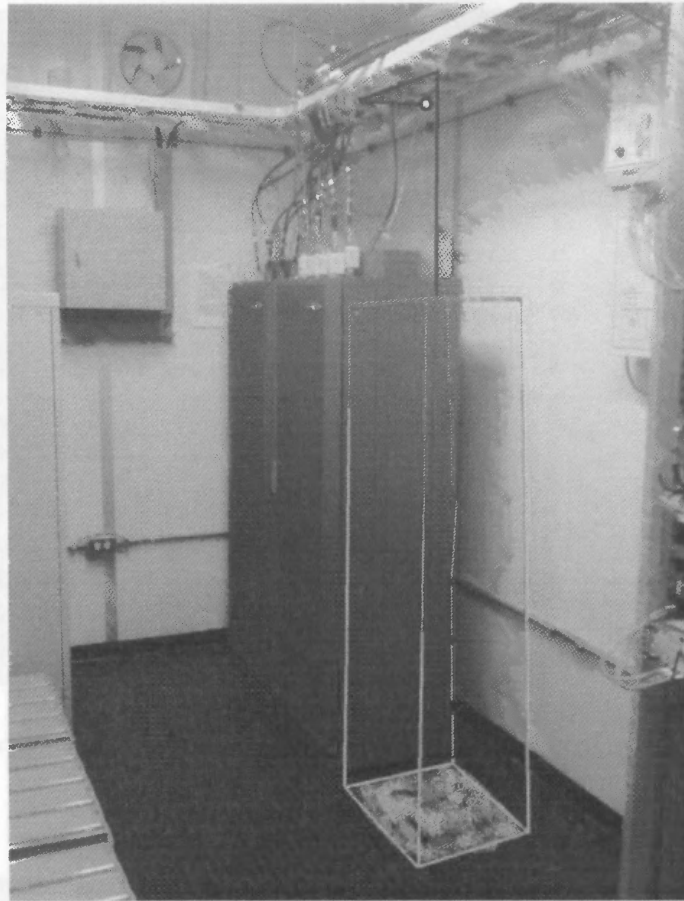


Foto 4. Espacio disponible para rack nuevo y detalle de la ruta por la escalerilla interna.

Inter Comunal Turmero

Ubicación: Avenida Carreño c/c Calle San Pablo, Residencias El Portal, Turmero, estado Aragua.

Coordenadas geográficas: 10°13'24.50"N / 67°28'23.34"O (Datum WGS 84)

Descripción del acceso y terminación del cableado:

El tendido del cable de fibra óptica se hará el poste de alta tensión ubicado fuera del terreno de la vivienda donde se encuentra la estación. Se sugiere que la fibra sea conducida a través de la tubería eléctrica hasta la tanquilla que está a la entrada del terreno. Existe una ductería propiedad de IFX Networks que conducirá la fibra dentro del recinto donde se encuentran los racks outdoor (ver foto 1).

Esta estación no posee shelter, en tal sentido la fibra será recibida en la tanquilla interna del recinto, se sacara por la caja que posee el tablero eléctrico y será conducida a través de una tubería liqui tied hasta debajo del rack con espacio disponible (ver fotos 2 y 4).

Materiales Requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

- 2 potes de sellador para tuberías
- 2 metros de tubería liqui tied 1"
- 1 conector Bx de 1"
- En el caso que decidan colocar un rack nuevo, materiales para adecuar el espacio y el rack.

Observaciones:

- No existe espacio disponible para rack nuevo. Hay un rack con espacio disponible.

Foto 3. Rack outdoor con espacio disponible

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

- La estación requiere que se solicite un permiso de trabajo, ya que a excepción del espacio de la torre el terreno es de un tercero.
- En caso de que se decida utilizar la ductería eléctrica para llevar el cable de fibra hasta el shelter, se deberá prever un corte de alimentación eléctrica de la calle por un período aproximado de 45 minutos. Esto por razones de seguridad.

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Materiales para el acceso al rack outdoor que IFX Networks seleccione como disponible
- Definir el rack a utilizar o adecuar el espacio para un nuevo rack

Memoria Fotográfica:



Foto 1. Tubería existente perteneciente a IFX Networks.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 2. Detalle del recorrido de la ductería hasta el tablero eléctrico.



Foto 3. Rack outdoor con espacio disponible.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 4. Vista general de la estación Turmero.



La Casona

Ubicación: Vía La Rosaleda, Constructora Hermanos Rugero, San Antonio de los Altos, Estado Miranda.

Coordenadas geográficas: 10°21'59.7" N / 66°59'6.3" O (Datum WGS 84)

Descripción del acceso y terminación del cableado:

La estación está situada al fondo del galpón donde opera una empresa constructora. Se plantean tres escenarios para el acceso del cable de fibra óptica hasta la estación. En el escenario número 1 se contempla la posibilidad de aprovechar el poste de alta tensión ubicado al lado del recinto (ver foto 1) para llevar el cable de fibra óptica hasta la caja del tablero eléctrico (ver foto 2) y utilizar la tubería eléctrica (ver fotos 3, 4 y 5) para conducirlo al interior del recinto donde será guiado por la escalerilla interna (ver fotos 6, 7 y 8) del shelter hasta el espacio libre para rack dentro del mismo.

En el escenario número 2 se plantea colocar un poste nuevo dentro del recinto (ver fotos 9 y 10) para que reciba la fibra e instalar una escalerilla, desde dicho poste, que sirva de guía para el cable de fibra óptica hasta la pared del shelter. En este caso habría que instalar una boca pasacables para ingresar la fibra al shelter, donde será guiada hasta el espacio donde se colocará el rack, a través de la escalerilla interna (ver foto 11). Existen dos maneras de instalar esta escalerilla para ingresar al recinto (ver fotos 9 y 12). Si se elige utilizar el método ilustrado en la foto 9, implicaría colocar dos bocas pasacables, ya que ese lado del shelter tiene un cuarto independiente del cuarto de equipos, donde se nos informó será colocado a futuro un motogenerador. La otra opción, mostrada en la foto 12, entra directamente al cuarto de equipos pero el recorrido de la escalerilla a ser instalada es mayor.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

El escenario número 3 sugiere subir el cable de fibra óptica al terreno de la empresa constructora instalando dos postes nuevos, ya que el poste de alta tensión existente en el terreno está muy cerca del área de movimiento de tractores. En tal sentido el primer poste se instalaría en el desfiladero ubicado en la parte trasera del terreno de la empresa constructora (ver foto 13) y el otro sería el mencionado en el escenario (ver foto 9). De esta manera se evita pasar la fibra cerca de la construcción. El acceso a la estación se puede realizar de cualquiera de las dos formas descritas en los escenarios uno y dos.

Materiales Requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

1. Escenario 1

- 2 m de tubería liqui tied 1"
- 1 conector Bx de 1"
- 2 potes de sellador para ductos

2. Escenario 2

- 1 poste nuevo
- 2 potes de sellador para ductos

3. Escenario 3

- 2 postes nuevos
- 2 potes de sellador para ductos
- Materiales necesarios para escenario 1 ó 2

Observaciones:

- En todos los casos se sugiere instalar 1 metro de escalerilla dentro del shelter para culminar el recorrido encima del espacio destinado para el rack nuevo (ver foto 8)
- En el escenario número 3 se sugiere instalar una escalerilla de 1,5 m para llevar al cuarto donde se encuentran los equipos (ver foto 10)

- En caso de que se decida utilizar la ductería eléctrica para llevar el cable de fibra hasta el shelter, se deberá prever un corte de alimentación eléctrica de la calle por un período aproximado de 45 minutos. Esto por razones de seguridad.

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

1. Escenario 1
- Ingresar la fibra al shelter a través de la ductería eléctrica hasta dentro del shelter
2. Escenario 2
- Instalación de un poste nuevo
3. Escenario 3
- Instalación de dos postes nuevos
4. Escenario 4
- Instalar escalerilla tanto fuera como dentro del shelter
 - Primera posibilidad de instalar la escalerilla
 - a. Construir 2 bocas pasacables (ver foto 10)
 - b. Instalar escalerilla de aproximadamente 1,5 m dentro del cuarto vacío de shelter
 - Segunda posibilidad de instalar la escalerilla
 - c. Construir 1 boca pasacables (ver foto 12)

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Memoria Fotográfica:



Foto 1. Paso a través de la caja del tablero eléctrico.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 2. Ruta tubería eléctrica.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 3. Detalle de ruta de la tubería eléctrica.



Foto 4. Acceso al shelter a través de la tubería eléctrica.

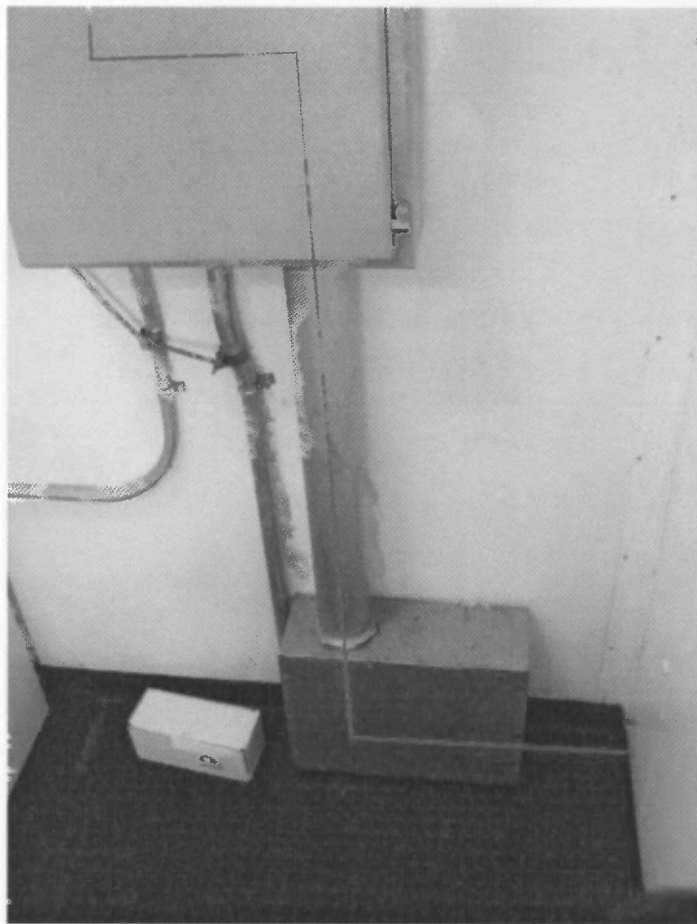


Foto 5. Cajas de paso internas en el shelter.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**

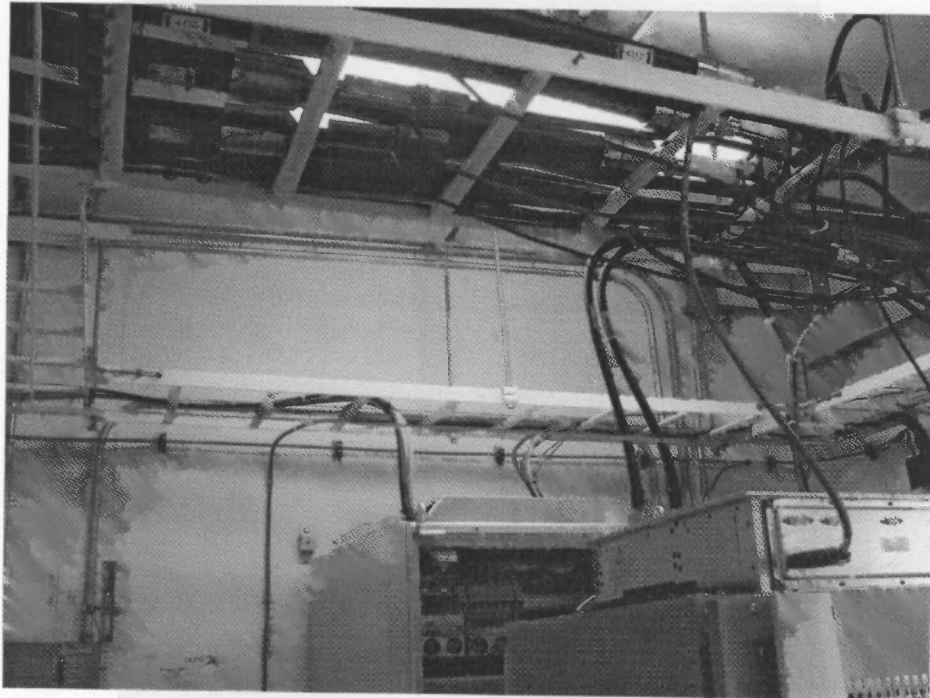


Foto 6. Recorrido del cable a través de la escalerilla interna.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 7. Llegada al rack a través de escalerilla nueva.



Foto 8. Poste nuevo no existente planteado en el escenario 2 y la primera posibilidad de instalar la escalerilla.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

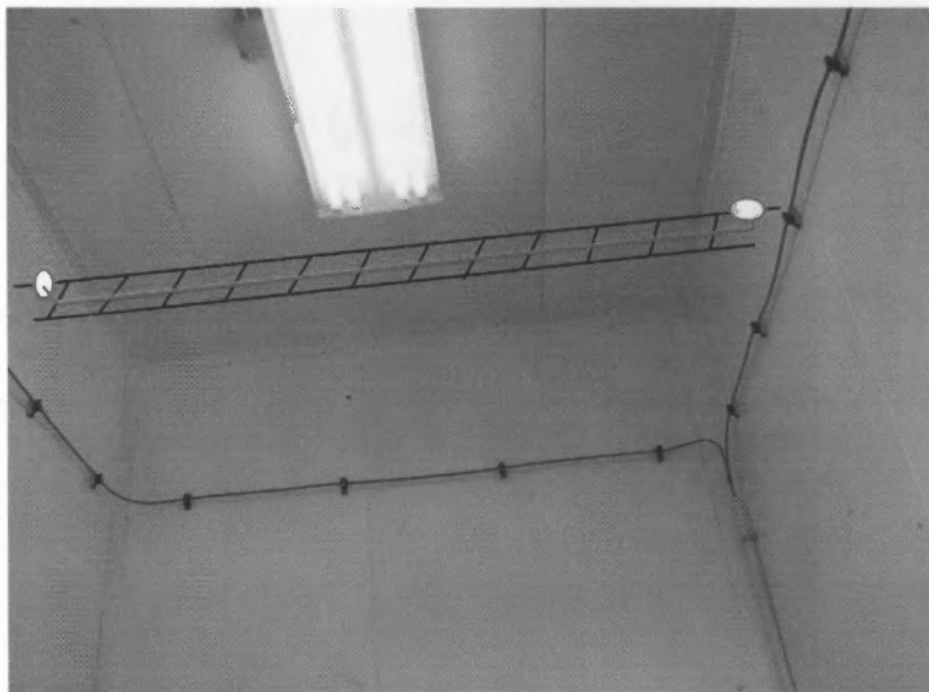


Foto 9. Detalle de escalerilla en el cuarto vacío del shelter, continuación de la primera posibilidad de instalar la escalerilla.



Foto 10. Continuación de la ruta desde el cuarto vacío del shelter.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 12. Segunda posibilidad planteada para instalar la escalerilla del escenario número 2.

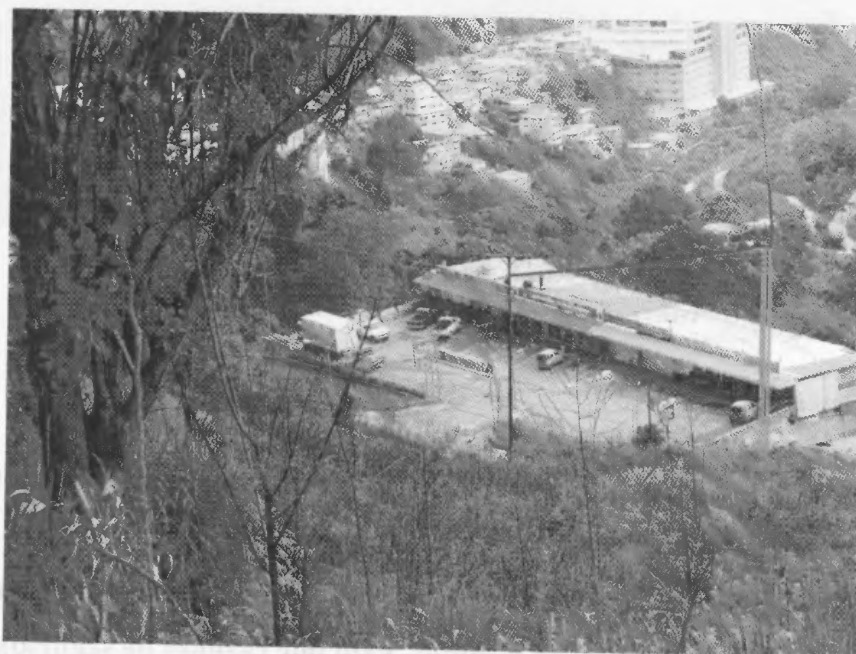


Foto 13. Poste planteado en el escenario número 3. El cable llegará al poste planteado en el escenario número 2 del poste de alta tensión del escenario 1.

Las Tejerías

Ubicación: Calle Miranda, N°3, detrás del Restaurante Los Palmares, Agencia de Festejos Elite. Las Tejerías, Estado Aragua.

Coordenadas geográficas: 10°15'12.40"N / 67°10'28.99"O

Descripción del acceso y terminación del cableado:

El tendido de la fibra óptica llega hasta la estación a través de la calle Miranda. Frente al portón de la estación, (sobre el puente) se colocará un poste nuevo (ver foto 1. Nótese que la foto es tomada desde dentro de la estación). La fibra óptica bajará por el poste y se ingresará al terreno donde se encuentra la estación, a través de una tubería de 1 ½" que irá adosada a la pared (ver foto 2) hasta la tanquilla eléctrica desde la cual se alimenta el shelter (ver foto 3) siguiendo la misma ductería.

Una vez ingresado al shelter, se sugiere que el cable de fibra óptica siga la ruta de la escalerilla interna hasta el rack en el cual se colocarán los equipos (ver foto 4).

Materiales Requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

- 1 poste de 15 metros de alto
- 135 metros de tubería de 1" y media de diámetro.

Observaciones:

- La longitud de la fibra desde el poste hasta el gabinete dentro de las instalaciones de la estación Las Tejerías es de 185 metros.
- Se deberá prever un corte de alimentación eléctrica de la calle por un periodo aproximado de 45 minutos. Esto por razones de seguridad.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Conducción del cable de fibra óptica por la tubería eléctrica hasta el rack.
- Asignar el espacio para la colocación del rack o el espacio en el rack existente.

Memoria Fotográfica:



Foto 1. En el Puente se colocara el poste de 15 metros.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 2. Ruta donde será colocada la tubería de 1" y media.



Foto 3. Paso de la fibra en la tanquilla hacia el shelter.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 4. Tendido de la fibra por la escalerilla hacia el gabinete.

Los Teques

Ubicación: Av. 24 de Junio, Urbanización La Mata, Edificio Benito Juárez, Los Teques, Estado Miranda.

Coordenadas geográficas: 10°20'17,7"N / 67°02'17,10"O (Datum WGS 84)

Descripción del acceso y terminación del cableado:

Siguiendo el tendido de la fibra óptica que viene por la Carretera Panamericana, entrando por la Av. 24 de Junio, justo al frente del edificio Benito Juárez, se encuentra un poste que sirve para alimentar eléctricamente al edificio, y por consiguiente, el shelter de IFX Networks.

El poste tiene dos bajantes de 4" en muy malas condiciones (ver fotos 1 y 3), razón por la cual se plantea colocar un nuevo bajante de 2" de diámetro sólo para la fibra óptica. Si se coloca el nuevo bajante se deberá construir una bancada para un tubo de 2", interviniendo aproximadamente unos 2,5 m de acera hasta la primera tanquilla (ver fotos 1, 2 y 3). En la tanquilla 1 se pudo observar que existen dos ductos libres de una bancada de 4 tubos PVC de 4" de diámetro cada uno (ver foto 4), por donde es factible introducir el cable hasta la próxima tanquilla (número 2), la cual tiene igual cantidad de ductos vacíos (ver fotos 5 y 6). Desde aquí, la ductería eléctrica llega hasta un pequeño cuarto de donde parte una canalización que sube a la azotea (ver fotos 7 y 8).

Para llegar hasta el shelter, desde la caja de paso al final de la tubería vertical, se construirá una canalización nueva de 1 ½" sobre bases de concreto existentes, sin afectar la impermeabilización de la azotea. El acceso al shelter se hará por la parte inferior hasta el tablero de electricidad principal (ver fotos 9 y 10). Una vez dentro la fibra será conducida a través de la escalerilla interna para llegar al rack donde se instalará el ODF y equipos (ver foto 11).

Materiales Requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

- 2 tubos bajantes conduit de 2" de 3 m de longitud
- 1 cabezote de 2"
- 3 m de fleje de ¾" y 3 hebillas
- 1 curva conduit de 2"
- 1 tubo PVC pavco de 2"
- 1 curva PVC pavco de 2 "
- 1 pote de pega para tubería pavco
- 2 saco de cemento gris
- 1 cabilla de 8 mm
- 2 carretillas de granzón
- 1 tabla para encofrado
- 4 tubos conduit de 1 ½" de 3 m de longitud
- 1 caja de paso de 8x8" con su tapa
- 8 abrazaderas para perfiles de 1 ½"
- 4 latas de spray sellador de ducto

Observaciones:

- La longitud de la fibra desde el poste hasta el rack dentro de las instalaciones de la estación Los Teques es de 180 metros
- En caso de que se decida utilizar ductería eléctrica para llevar el cable de fibra hasta el shelter, se deberá prever un corte de alimentación eléctrica de la calle por un período aproximado de 45 minutos. Esto por razones de seguridad
- IFX Networks debe solicitar la permisología correspondiente al condominio del edificio Benito Juarez para ejecutar las adecuaciones en la estación

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- **Conducción del cable de fibra óptica por la tubería hasta el rack que se disponga para colocar los equipos.**
- **Definir rack dentro del shelter.**

Memoria Fotográfica:

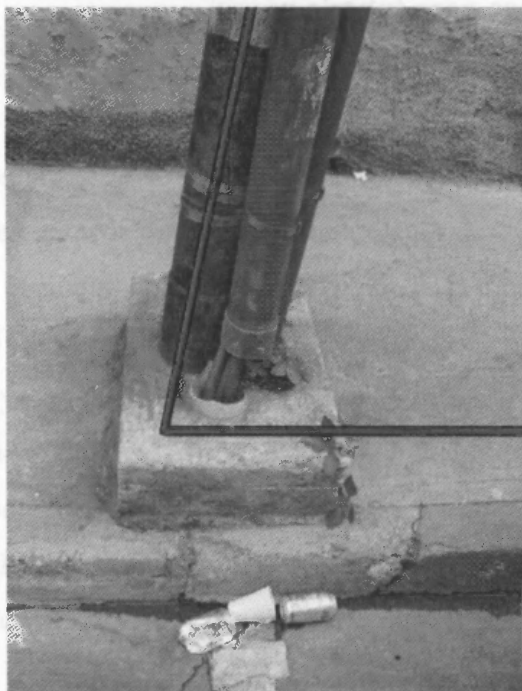


Foto 1. Canalizaciones existentes en mal estado, se recomienda romper y colocar un nuevo bajante de 2" sólo para la fibra.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 2. Tanquilla No 1 donde debe llegar la bancada de 1x2" de diámetro.

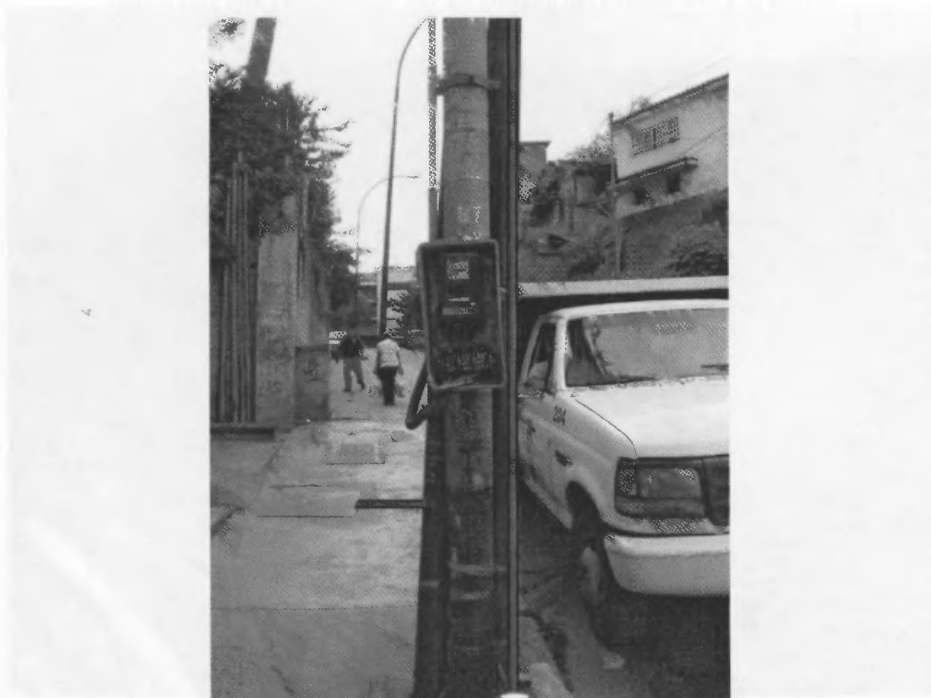


Foto 3. Detalle de la ruta de la tubería nueva inexistente, llegando a la tanquilla No. 1

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 4. Tanquilla No 1 Se observan dos ductos de 4" libres hasta la próxima tanquilla.



Foto 5. Tanquilla No 2 se observa que existen dos tubos libres de 4" que vienen de la Tanquilla No 1.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**

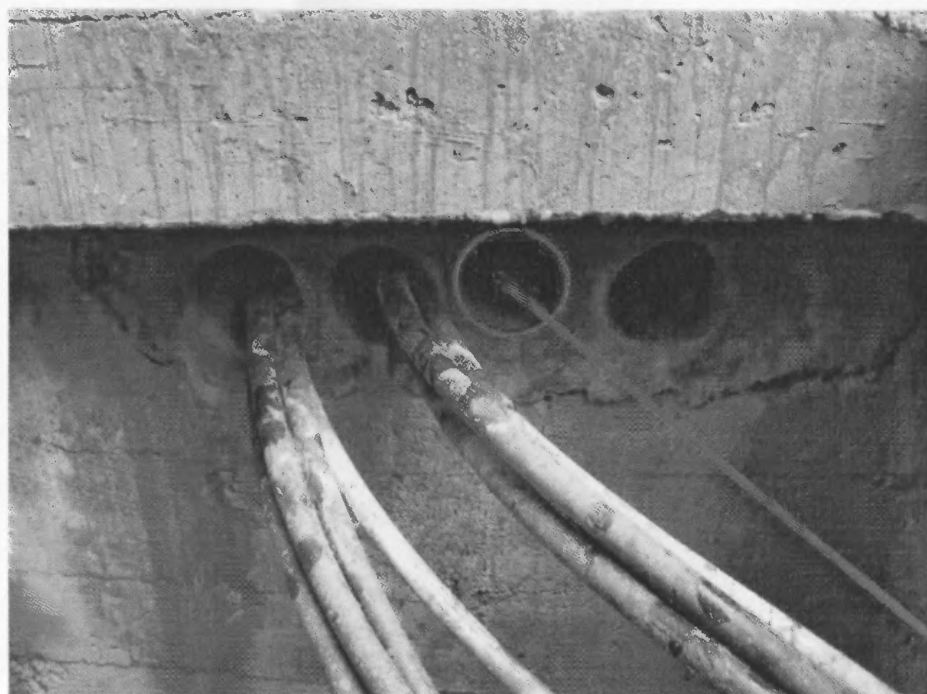


Foto 6. Se observa desde otra vista de la Tanquilla No 2 los dos ductos libres hacia la caseta pequeña de donde sale una canalización por un costado del edificio hacia la azotea



Foto 7. Caseta y canalización existente

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 8. Canalización existente hacia la azotea.

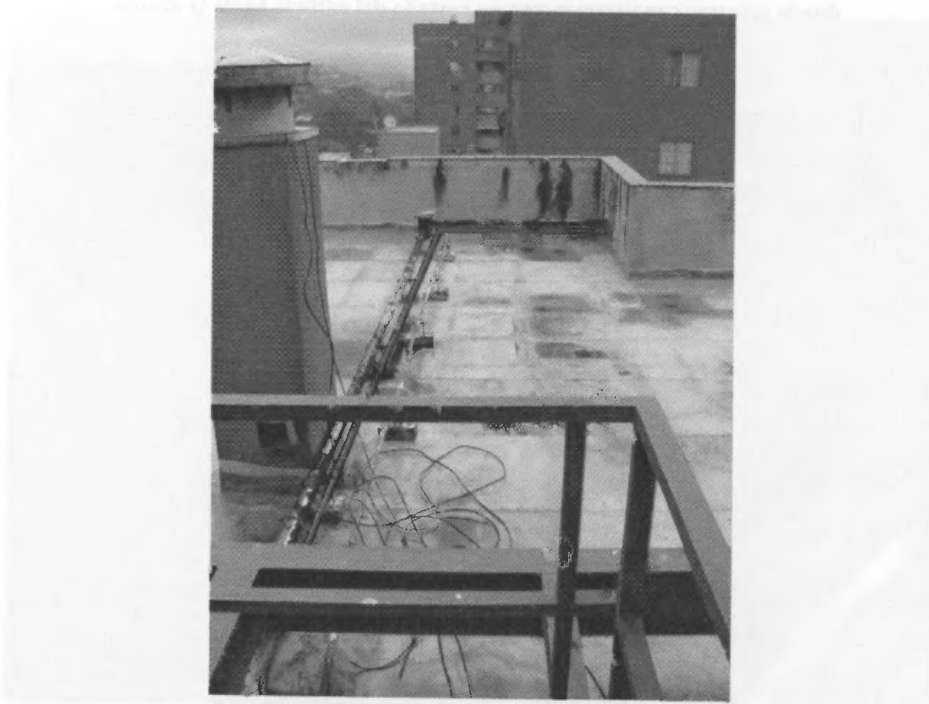


Foto 9. Canalización existente hasta el shelter. Hay que construir una nueva de 1 ½" de diámetro conduit, con su respectiva caja de paso.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 10. Canalización hacia el shelter, entra por debajo hasta el tablero de electricidad.



Foto 11. Espacio donde supuestamente pudiera ir un rack para colocar la fibra y los equipos.

MSC USB

Ubicación: Parque Tecnológico Sartenejas. Caracas, municipio Baruta, estado Miranda

Coordenadas geográficas: 10°24'21.21"N / 66°53'06.46"O (Datum WGS 84)

Descripción del acceso y terminación del cableado:

El tendido aéreo termina en la puerta del Parque Tecnológico Sartenejas y de allí el cable fibra óptica es bajado a una tanquilla utilizada para el acceso vía subterránea. Este ducto, propiedad de IFX Networks, tiene un recorrido de aproximadamente 700 m y está apto para alojar el cable a tender. Este recorrido termina en la tanquilla que se muestra en la foto 1 ubicada frente a las rejas negras del MSC USB. Posteriormente, el tendido seguirá por ducterías subterráneas hasta ingresar al recinto donde se encuentran los equipos (ver fotos de la 2 a la 9).

Existen tres salas, sala de fibra óptica, sala de terceros y sala de Muxes. En la sala de fibra óptica existe una ducteria que llega desde la calle y tiene un subducto que está sin uso (ver foto 10) y otro que alberga 4 cables UTP que aparentemente están ociosos (ver foto 10). Adicionalmente existe otra ducteria que posee un subducto que está sellado (ver foto 11).

En la sala de terceros, exactamente en el cuarto de EDC existen dos tuberías de 4" provenientes de la calle. Una de ellas tiene dos subductos y la otra está sellada (ver foto 13). Esta última podría ser otra opción para ingresar a la estación.

En la sala de Muxes (sitio designado por IFX Networks para la colocación del rack), existe espacio para colocar un rack (ver foto 14). En caso de que la entrada sea por la sala de fibra óptica se sugiere construir una boca pasacable para conducir el cable de fibra óptica hasta la sala de los Muxes (ver foto 12).

Materiales requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

- 2 tubos conduit enroscables de 3 m de longitud y 4" de diámetro
- 1 curva conduit de 4" de diámetro
- 2 m de tubería de PVC Pavco de 4" de diámetro
- 1 Cabezote de 4" de diámetro
- 6 m de fleje de 1/2"
- 4 hebillas
- 4 potes de sellador para tuberías

Observaciones:

- IFX Networks debe averiguar que disponibilidad hay sobre todas las vías de acceso planteadas
- Debido a que sólo se pudo tener acceso al interior de la tanquilla que se muestra en la foto número 7, no se puede asegurar la precisión del recorrido mostrado. Sin embargo, esto no afecta materialmente las actividades del tendido.

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Bajar la fibra desde el poste ubicado afuera del Parque Tecnológico Sartenejas hasta la tanquilla que está ubicada frente a él
- Conducir la fibra hasta dentro del recinto
 1. Sala de fibra óptica.
 - a. Averiguar a quien pertenece el subducto sellado.
 - b. Averiguar la disponibilidad del subducto por donde pasan los cables UTP.
 2. Sala de terceros
 - a. Averiguar a quien pertenece la tubería sellada
 3. Sala de Muxes
 - a. Definir el espacio para el nuevo rack
 - b. Instalar el nuevo rack

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Memoria Fotográfica:



Foto 1. Tanquilla frente al MSC USB.



Foto 2. Recorrido de la tubería proveniente de la calle y entrada al MSC USB.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 3. Detalle de la ruta de la tubería proveniente de la calle.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 4. Detalle del recorrido de la tubería.



Foto 5. Detalle del recorrido de la tubería.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 6. Recorrido de la tubería.



Foto 7. Recorrido de la fibra a través de la ductería.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 8. Recorrido de la tubería.



Foto 9. Recorrido de la tubería y acceso al recinto.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 10. Izquierda subducto con cables utp/ Derecha subducto libre de uso. Ambos situados en la sala de fibra optica detrás del rack llamado Synfonet #1.

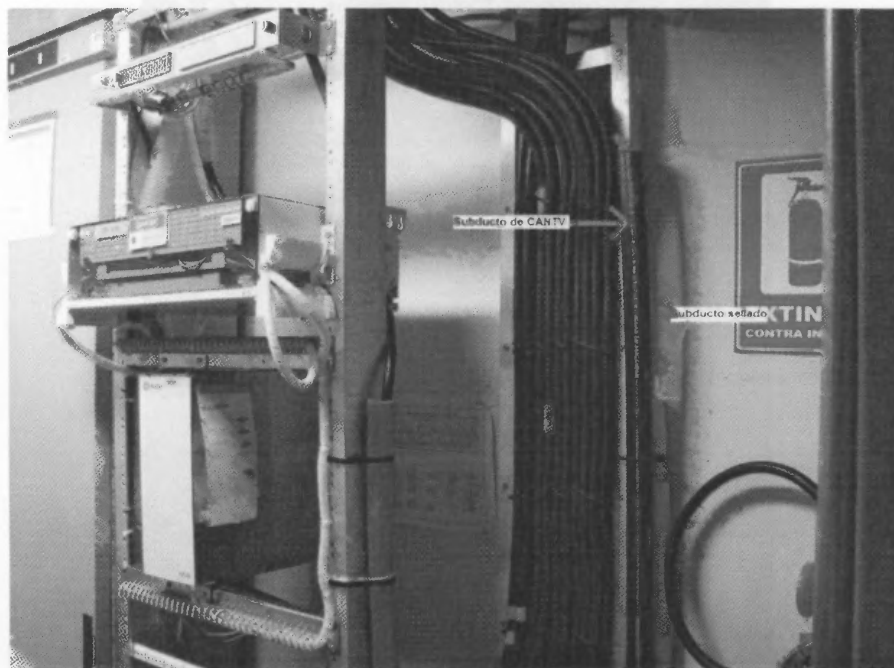


Foto 11. Izquierda subducto de CANTV/ Derecha subducto sellado situado al lado del extintor en la sala de fibra óptica.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 12. Escalerilla interna de la sala de fibra óptica. Boca pasacables sugerida para llevar la fibra a la sala de los Mux.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

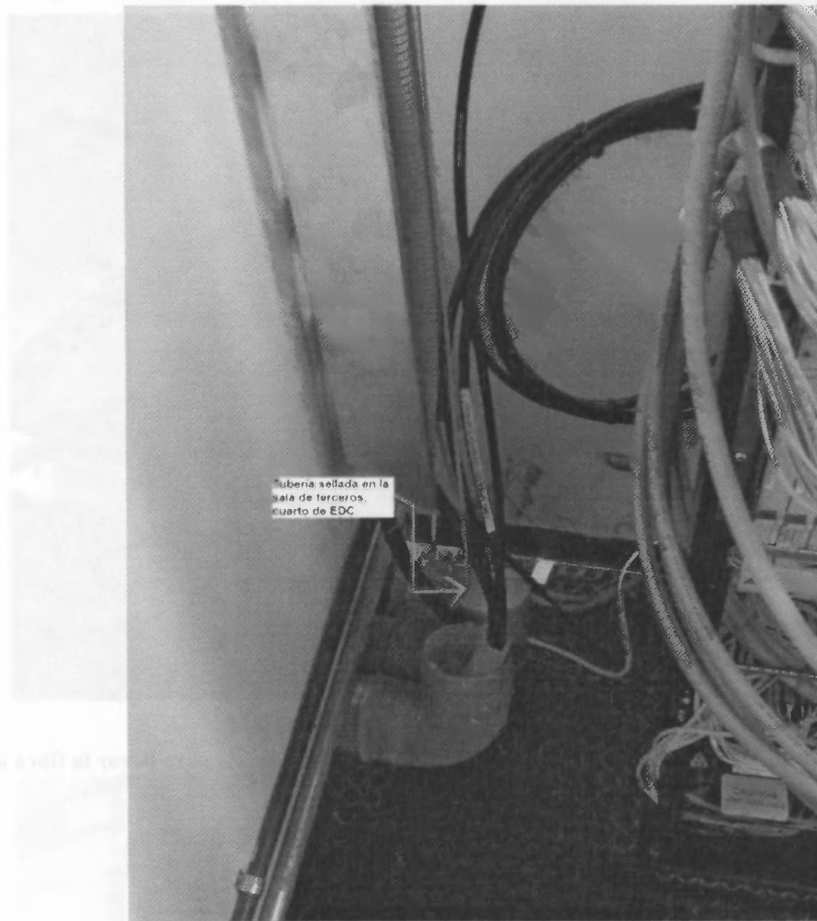


Foto 13. Tubería ubicada en el cuarto de terceros de EDC – Sala de terceros.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 14. Espacio sugerido para rack nuevo en la sala de los Muxes. Nótese que detrás del rack sugerido hay otro con espacio disponible.

El Morro

Ubicación: Cerro El Morro, Urbanización San Blas, Valencia, Municipio San Diego del estado Carabobo.

Coordenadas geográficas: 10° 10' 56,28"N / 67° 59' 5,28"O (Datum WGS 84)

Descripción del acceso y terminación del cableado:

El cable de fibra óptica será llevado hasta el cerro El Morro subiendo por la montaña evitando el barrio que se encuentra en el lado oeste (ver foto 1). De tal manera que para el tendido de la fibra se requerirá la colocación de tres postes nuevos (ver fotos 2) a ser instalados alrededor del recinto para disponer del cable de fibra frente a la torre de IFX Networks (ver foto 3).

Una vez en este punto se sugiere construir como escenario número 1 una escalerilla de unos 6 metros de longitud para acercar el cable de fibra a la escalerilla de IFX Networks ya existente (ver foto 5). Esta última conducirá el cable de fibra óptica hasta el tramo de escalerilla de 2 metros que se sugiere sea colocado frente a las 6 bocas pasacables libres (ver foto 6), que ya se encuentran instaladas en el shelter.

Como escenario número dos existe la posibilidad de instalar la escalerilla directa hasta las bocas pasacables sin utilizar la escalerilla ya existente (ver foto 9). Además se plantea un escenario número tres el cual consiste en utilizar una guaya mensajera para llevar la fibra del poste hasta las bocas pasacables (ver foto 9 y solo tomar en cuenta el cable azul, el mismo sería la guaya mensajera con el cable de fibra).

Una vez ingresado al shelter se sugiere que el cable de fibra óptica siga la ruta de la escalerilla (ver foto 7) interna hasta el rack a ser colocado en el espacio mostrado en la foto 8.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Materiales Requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

- 4 postes nuevos
- 2 postes de sellador de tuberías
- 10 m de escalerilla

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Instalación de tres postes aledaños al recinto de IFX Networks, que serán utilizados para tender la fibra hasta la entrada al recinto.
- Instalación de la escalerilla o guaya mensajera para llevar la fibra a las bocas pasacables del shelter.

Memoria Fotográfica:

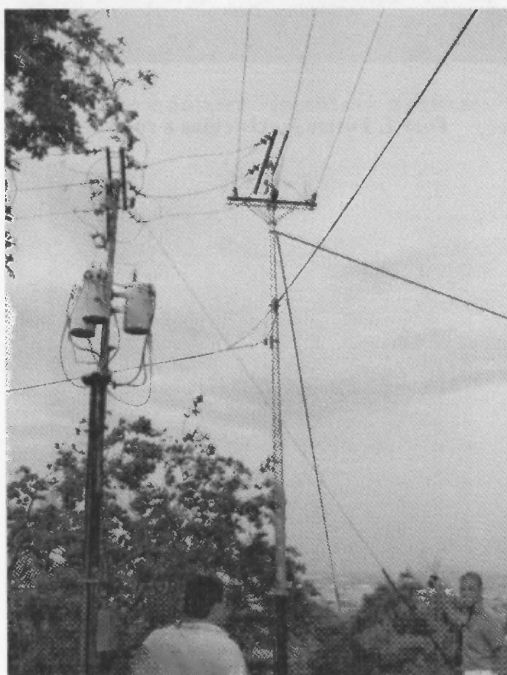


Foto 1. Poste de alta tensión al tope del cerro El Morro

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 2. Postes inexistentes a colocar.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 3. Poste número 3 inexistente a colocar.



Foto 4. Poste número 2 inexistente a colocar.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 5. Detalle de la escalerilla proveniente del poste 3 y acceso al shelter.

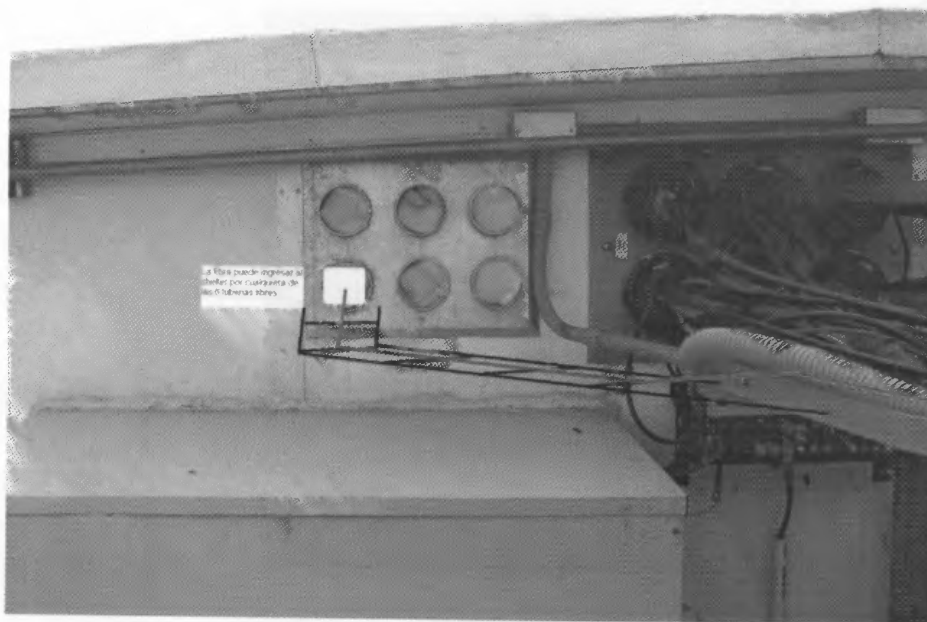


Foto 6. Detalle bocas pasacables.

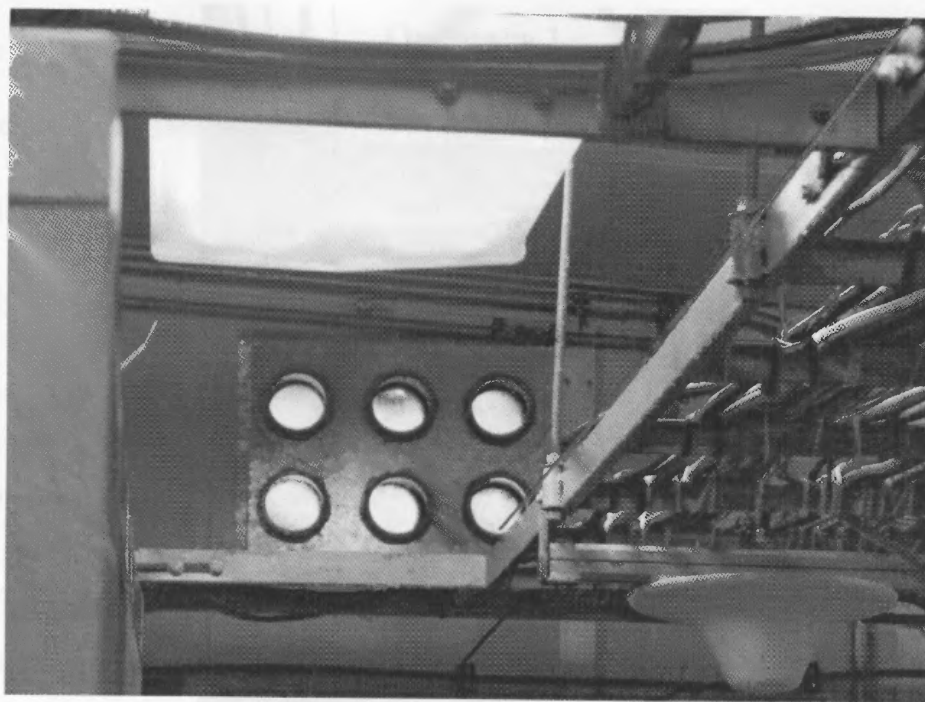


Foto 7. Detalle bocas pasacables dentro del shelter.

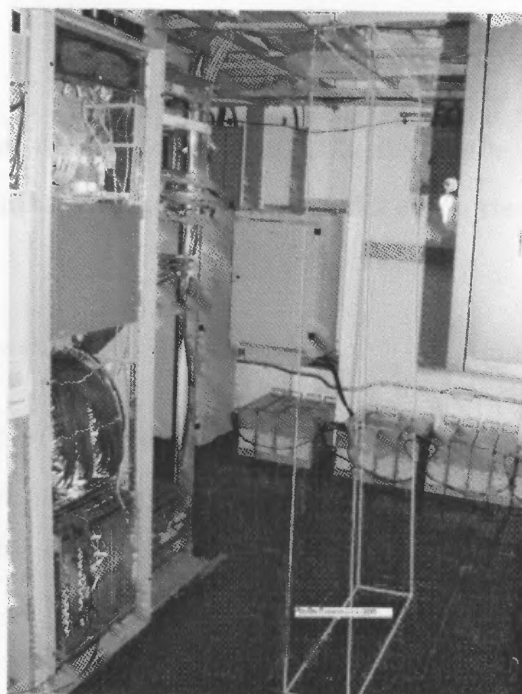


Foto 8. Espacio destinado para colocación de rack.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**

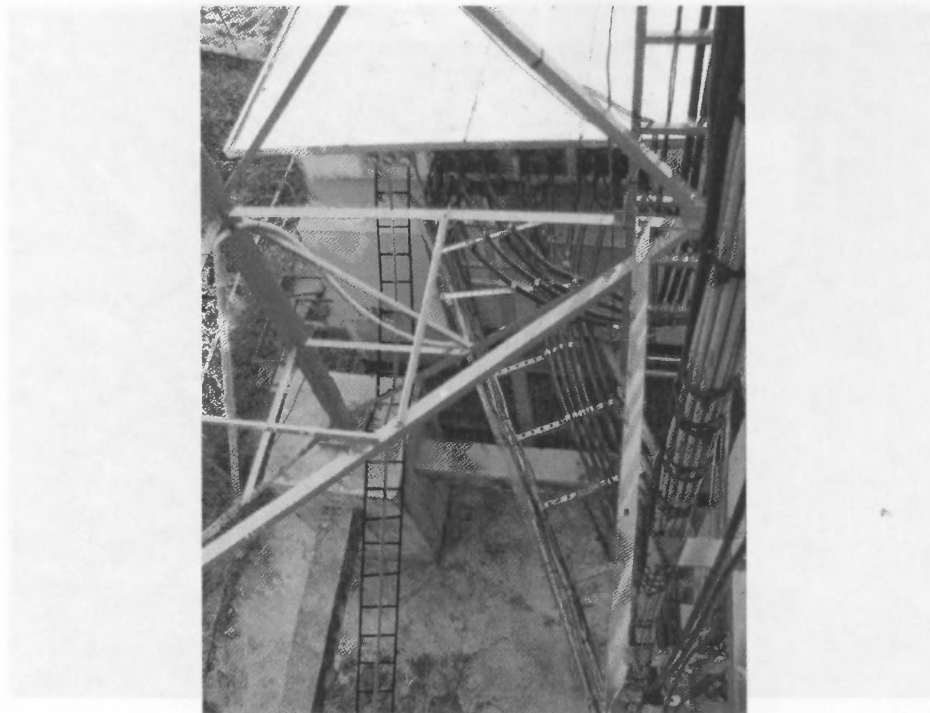


Foto 9. Descripción del acceso del escenario número 2.



Ocumare 1

Ubicación: Calle Don Bosco, Barrio El Rodeo, Municipio Lander, Edo. Miranda.

Coordenadas geográficas: 10° 07' 10.5'' N / 66° 46' 56.4'' W

Descripción del acceso y terminación del cableado:

La fibra óptica llegara al recinto de IFX NETWORKS a través de un tendido eléctrico existente que pasa por la calle Don Bosco ubicada en la parte frontal de dicho recinto. Para que la fibra llegue hasta las adyacencias del shelter es necesario hacer la instalación de un nuevo poste (Ver fotos 1 y 2), una vez que la fibra llegue hasta este poste se pasa por la escalerilla existente mediante la fabricación de un arreglo. El acceso de la fibra al shelter se realizara a través de una (1) boca pasacable libre (Ver foto 3). En el interior del shelter existe suficiente espacio en uno de los racks para la instalación de los equipos (Ver foto 4).

Observaciones:

- El shelter posee una (1) bocas pasacable disponible.
- Espacio disponible en uno (1) de los racks existentes para la colocación de equipos.

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Instalación de un poste nuevo
- Instalación del arreglo para la escalerilla (escalerilla que llega hasta las bocas pasa cable en la parte exterior del shelter).

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Memoria Fotográfica:

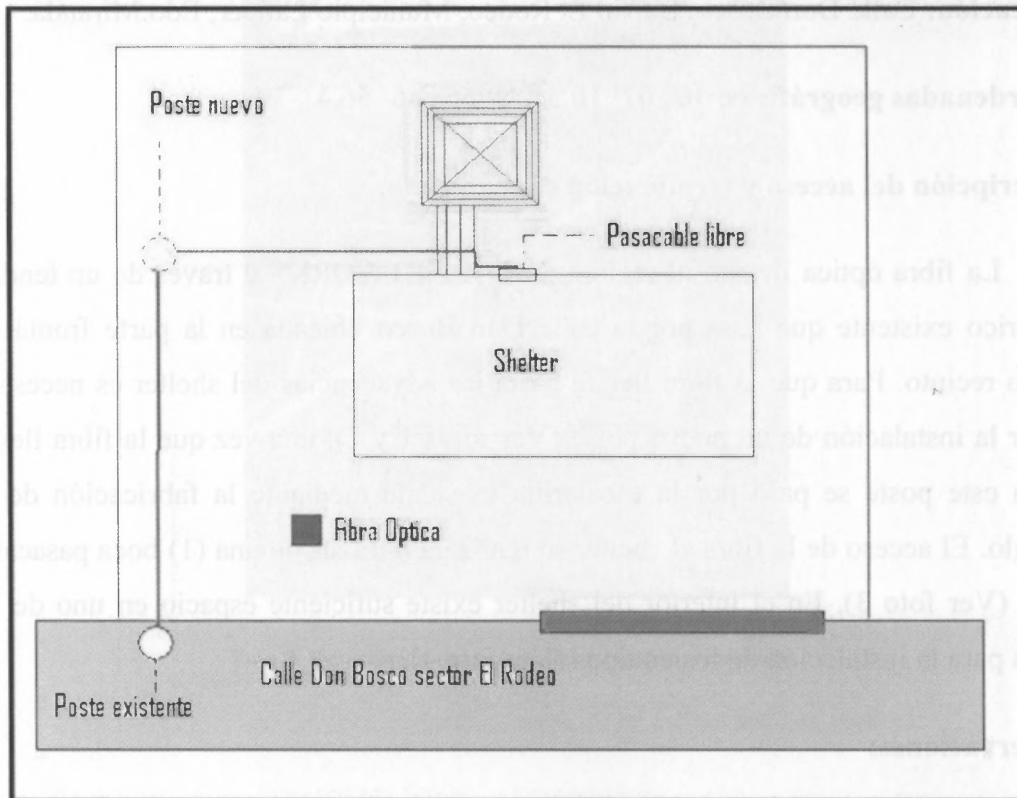


Foto 1. Plano aproximado del recinto

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 2. Poste nuevo

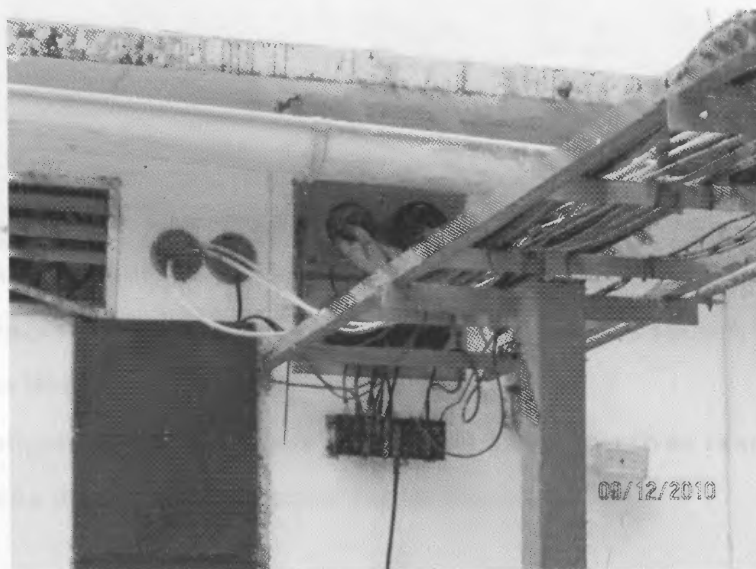


Foto 3. Escalerilla y boca pasacable libre

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

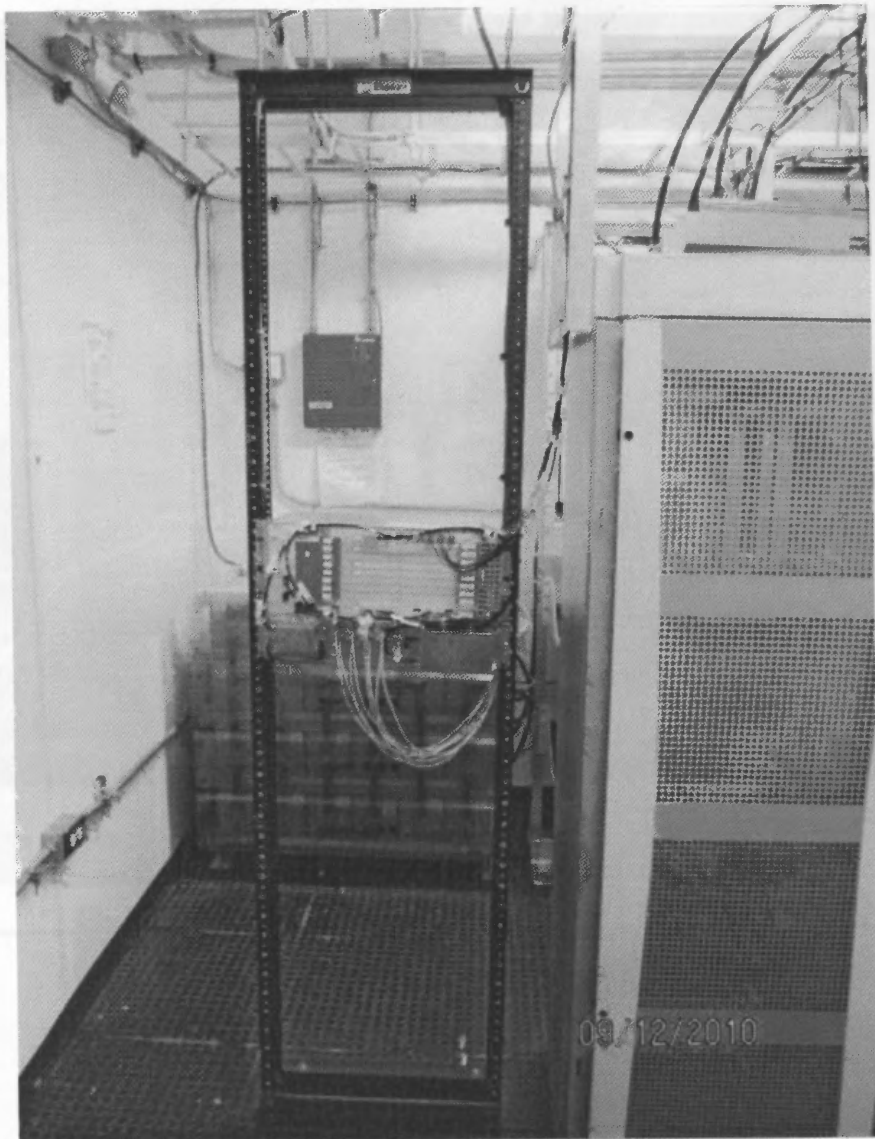


Foto 4. Rack disponible

San Juan de los Morros I

Ubicación: Torre de TV Llano. Sector Mirador Teobaldo Mieres. San Juan de los Morros

Coordenadas geográficas: 09° 54'14.6''N / 67° 21'38'' W

Descripción del acceso y terminación del cableado:

El cable de fibra óptica llegara hasta el terreno donde está ubicada la antena mediante el tendido de corriente existente, una vez ubicado en el poste más cercano a la entrada del terreno; dicho cable deberá pasar por ductos subterráneos previamente construidos hasta llegar al recinto donde está ubicado el shelter (aproximadamente 100 metros) (ver foto 1).

Se deberá construir una nueva tanquilla y nuevos ductos (aproximadamente 8 metros de bancada) dentro del recinto para que el cable pueda llegar hasta el shelter a través de estos (ver foto 2). Sera necesaria la instalación de nuevas bocas pasacable y una tubería (aproximadamente 3 metros) que parta desde el suelo para llevar la fibra hasta el interior del shelter (ver foto 2), una vez dentro existe la disponibilidad suficiente en los racks para la colocación de los equipos (ver foto 3).

Observaciones:

- **No hay boca pasa cable disponible.**
- **Las líneas de corriente entran al terreno de manera subterránea y no hay ductos libres.**
- **Es obligatorio hacer ductos nuevos con sus respectivas tanquillas ya que el dueño del terreno no quiere cables aéreos.**

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

- Construcción e instalación de nuevas tanquillas y ductos para llevar la fibra desde la entrada del terreno hasta el shelter (aproximadamente 110 m).

Memoria Fotográfica:

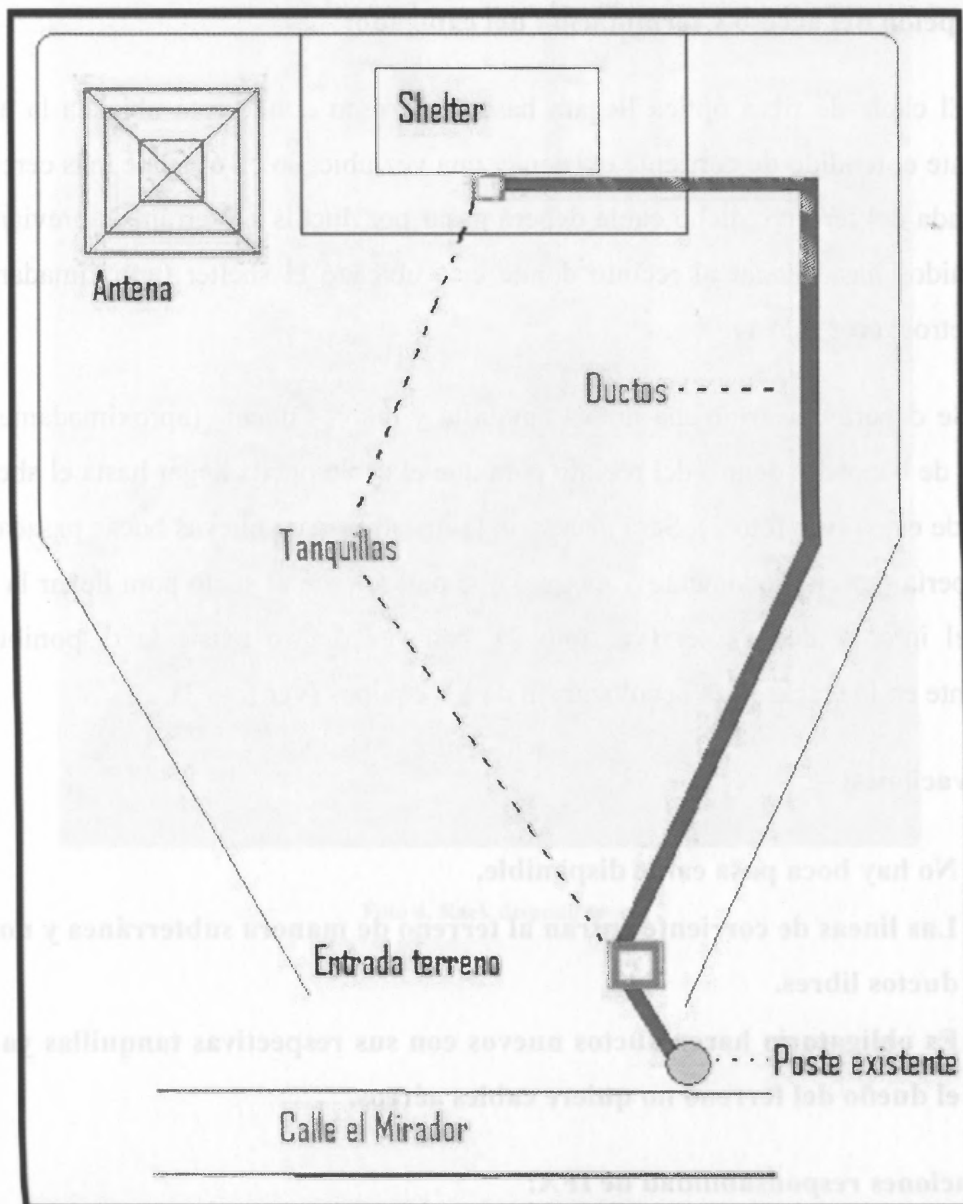


Foto 1. Plano aproximado del recinto

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 2. Nueva tanquilla y ductos

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

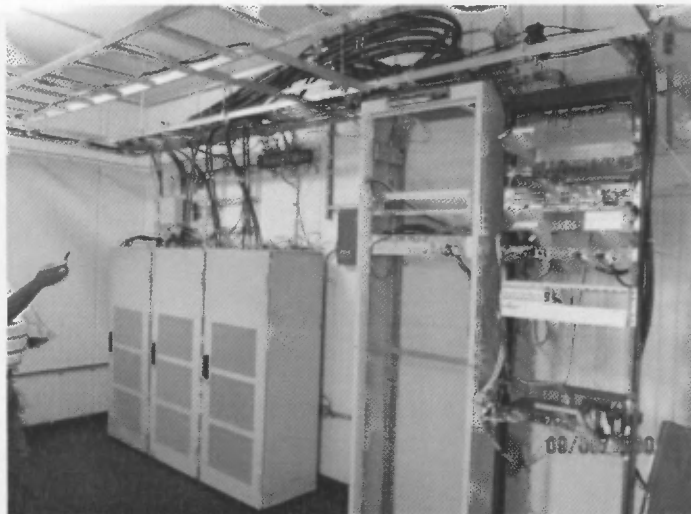


Foto 3. Rack disponible

UC Maracay

Ubicación: Terreno en instalaciones de Cablecentro. Calle Ruiz Pineda N° 22. Sector La Morita, Maracay, estado Aragua.

Coordenadas geográficas: 10°12'53.59"N / 67°32'58.55"O (Datum WGS 84)

Descripción del acceso y terminación del cableado:

Desde el poste de alta tensión ubicado frente al terreno donde se encuentra la estación, se sugiere conducir la fibra a través de la ductería de la electricidad (ver foto 1) y la misma será recibida en la caja del tablero eléctrico (ver foto 2). Posteriormente a través de una ductería liqui tied de 1" de diámetro se guiará la fibra debajo del rack outdoor (ver foto 3).

Materiales Requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

- 2 potes de sellador para tuberías
- 2 metros de tubería liqui tied 1"
- 1 conector Bx de 1"

Observaciones:

- No existe espacio disponible para rack nuevo, hay un rack con espacio disponible (ver foto 4)
- Solicitar permiso de trabajo ya que estaremos trabajando dentro de un terreno que no pertenece a IFX Networks excepto el recinto donde está la torre
- En caso de que se decida utilizar la ductería eléctrica para llevar el cable de fibra hasta el shelter, se deberá prever un corte de alimentación eléctrica de la calle por un período aproximado de 45 minutos. Esto por razones de seguridad

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Acceso al rack outdoor que IFX Networks seleccione como disponible. En la foto número 4 se muestra un rack con espacio disponible
- Definir el rack a utilizar

Memoria Fotográfica:



Foto 1. Recorrido de la tubería eléctrica existente a utilizar.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 2. Detalle recorrido de tubería eléctrica ya dentro de la estación.

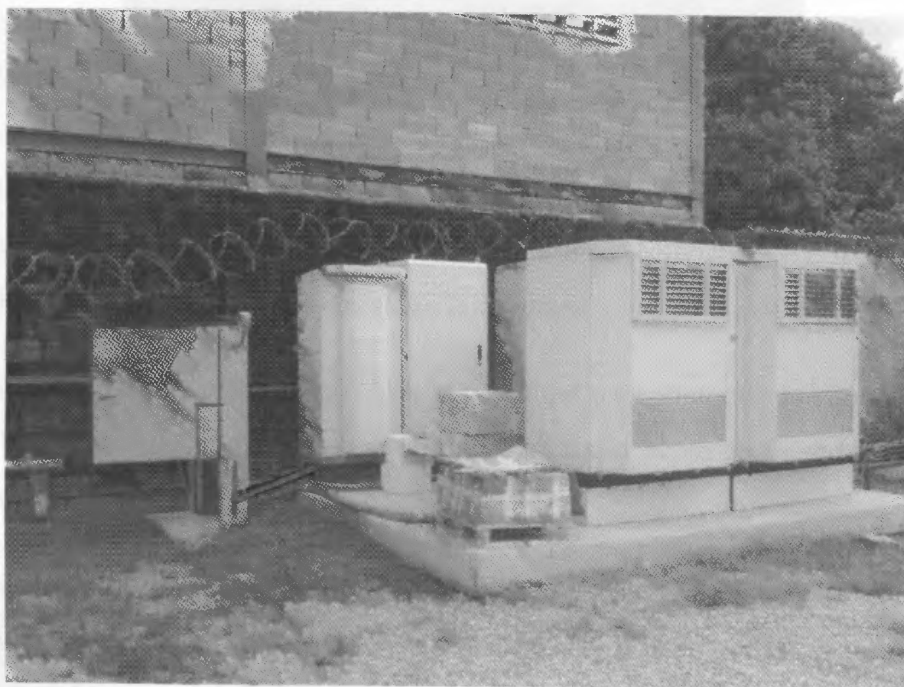


Foto 3. Acceso al rack.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 4. Espacio en Rack.

Valencia Sur I

Ubicación: Clínica Las Palmas, Avenida Aranzazu, 46-501, Parcela 03, Lote 34, Sector 1, Ruíz Pineda II, Valencia, estado Carabobo.

Coordenadas geográficas: 10° 8'25.30" N / 68° 0'57.50" O (Datum WGS 84)

Descripción del acceso y terminación del cableado:

En esta estación se plantean tres escenarios distintos para el acceso al recinto.

En el escenario uno se plantea recibir el cable de fibra óptica desde el poste de alta tensión y a través de una tubería a instalar adosada a la pared del terreno adyacente de la misma manera que la de Movistar que se muestra en el diagrama 1. Se sugiere hacer una canalización subterránea rompiendo la calle privada que atraviesa, desde la pared del terreno hasta el sitio donde están ubicados los equipos. Se deben intervenir 12 m de calle (ver línea azul del diagrama 1).

El escenario dos consiste en recibir la fibra desde el poste de alta tensión y a través de una tubería nueva adosada a la pared del terreno de la misma manera que la de Movistar que se muestra en el diagrama 2. Se sugiere utilizar una de las dos canalizaciones existentes para acceder al recinto. Una de ellas está en uso y la otra está libre. Estas canalizaciones aparentemente son de Movistar (ver foto 2) y IFX Networks debe verificar la posibilidad de utilizarlas.

En el Escenario tres el cruce entre la pared del terreno donde se adosa la tubería y el sitio donde están ubicados los equipos, se haría aéreo instalando dos postes nuevos (ver diagrama 3).

Respecto a la entrada de la fibra al shelter, se sugiere instalar una escalerilla bordeando el área de ascenso a la torre. La fibra será guiada por la escalerilla nueva hacia la pared trasera del shelter (ver fotos 4 y 5) e ingresará al mismo a través de una de las 4 bocas pasacables libres que posee el shelter. Una vez dentro del shelter el

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

cable será conducido a través de la escalerilla interna hacia el rack con espacio disponible (ver foto 6).

Materiales Requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

1. Escenario 1

- a. 4 cajas de paso de 60 x 60 cm
- b. 33 tubos de 2" galvanizado
- c. 66 perfiles de 1 ½"
- d. 66 abrazaderas de 2" para el perfil anterior
- e. 172 ramplugs de hierro
- f. Materiales para construir 12 m de canalización subterránea

2. Escenario 2

- a. 4 cajas de paso de 60 x 60 cm
- b. 33 tubos de 2" galvanizados
- c. 66 perfiles de 1 ½"
- d. 66 abrazaderas de 2" para el perfil anterior
- e. 172 ramplugs de hierro

3. Escenario 3

- a. 2 postes nuevos

Observaciones:

- **El Shelter tiene 4 bocas pasacables libres**
- **En el escenario 1 es necesario solicitarle al Sr. José Acosta dueño del terreno donde esta ubicada la estación Valencia Sur I, el permiso para intervenir la calle. Se habló previamente con él y dijo no tener problema alguno**
- **En el escenario 2 se debe verificar a quien pertenecen las canalizaciones y en caso de ser seleccionado este escenario, solicitar la permisología correspondiente para poder utilizarlas**
- **No hay espacio disponible para un rack nuevo, pero hay un rack con espacio dentro del shelter**

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Llevar la fibra a través del método correspondiente al escenario escogido hasta dentro del recinto de IFX Networks
- Instalar la escalerilla de 4 m para ingresar el cable de fibra al shelter

Memoria Fotográfica:



Diagrama 1. Escenario 1. Construir ducto subterráneo atravesando calle privada

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

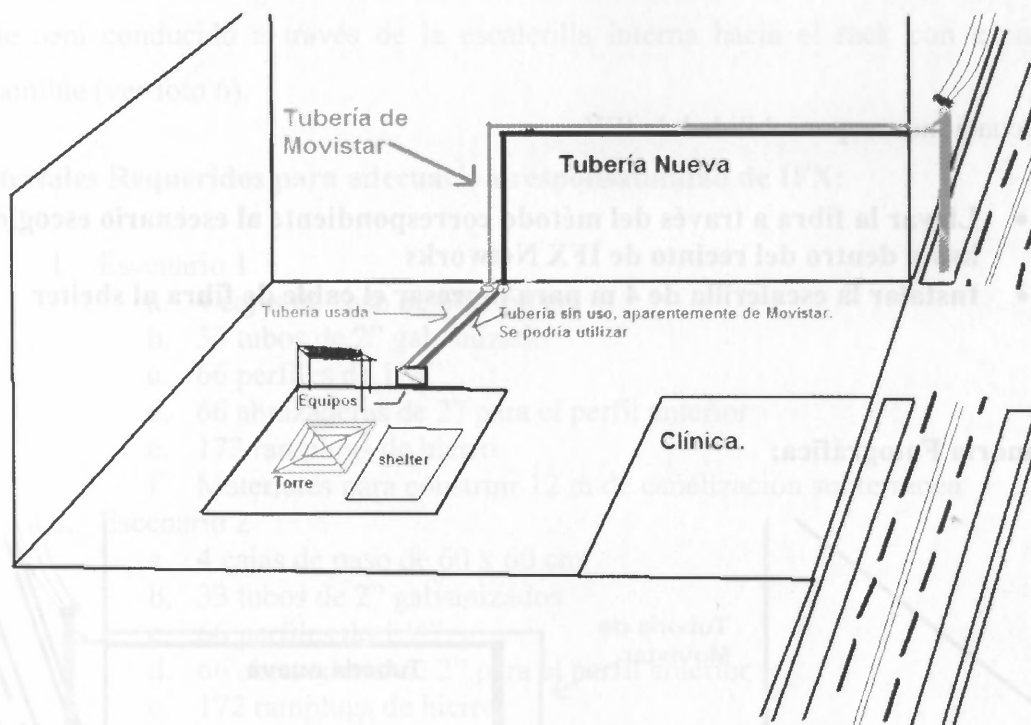


Diagrama 2. Escenario 2. Uso de ducto subterráneo existente

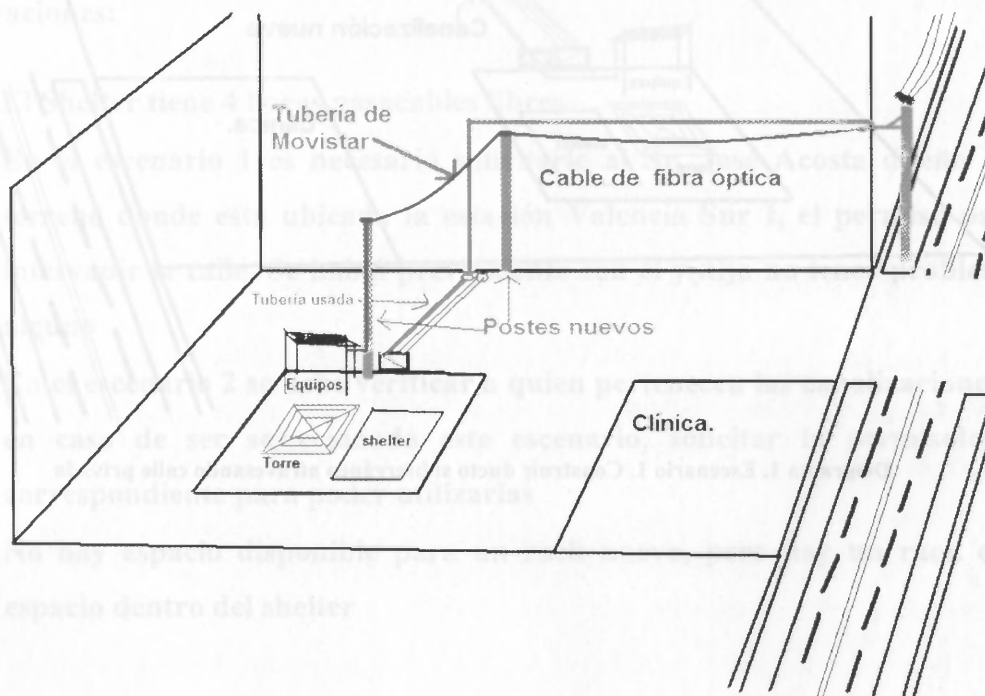


Diagrama 3. Escenario 3.

**DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN
EL TRAMO CARACAS - VALENCIA**



Foto 4. Detalle de la escalerilla para ingresar al shelter.

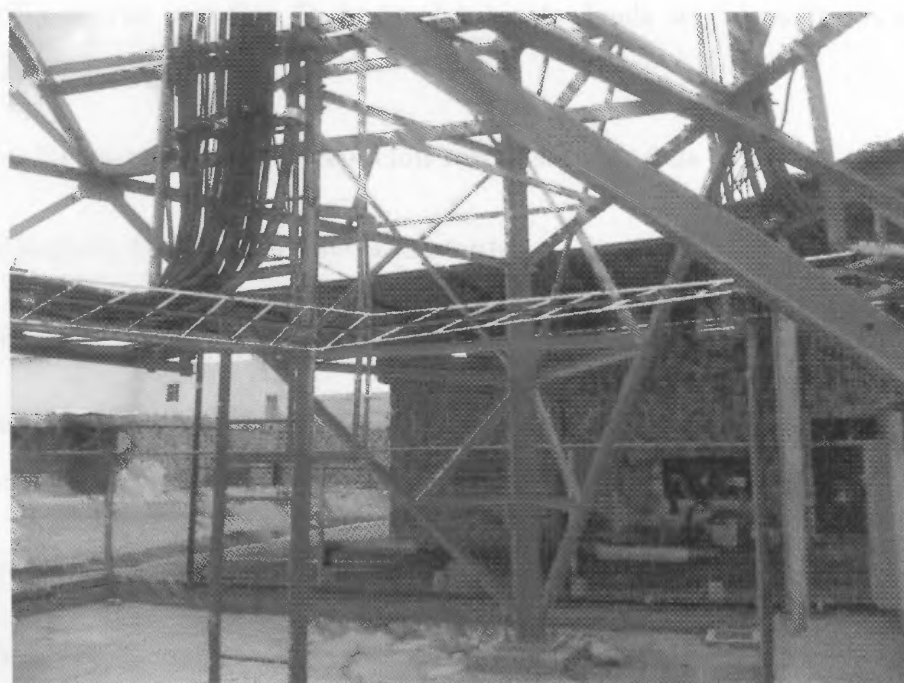


Foto 5. Detalle de la unión de la escalerilla que recibe la fibra desde los equipos outdoor hasta el shelter.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

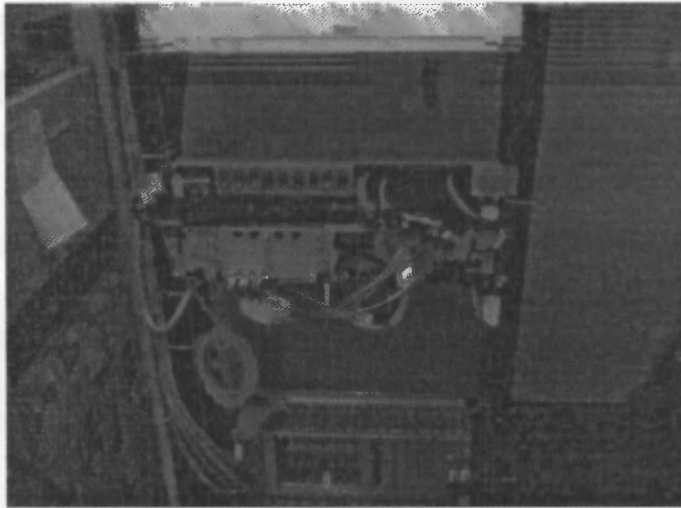


Foto 6. Espacio disponible en rack dentro del shelter.



Victoria III

Ubicación: Terreno dentro de la Hacienda La Quebrada, lado Oeste, La Victoria, Estado Aragua.

Coordenadas geográficas: 10° 12' 36,89"N / 67° 21' 41,62"O

Descripción del acceso y terminación del cableado:

El tendido de la fibra óptica llega hasta la puerta de la estación a través de la posteadura de alta tensión. El cable se baja por la misma ductería existente utilizada para la alimentación eléctrica de la estación, hasta una caja de paso. De aquí se sigue el tendido a través de la ductería de 1 ½ " que va adosada a la pared de la estación hasta una tanquilla al lado del shelter. El ingreso es por la parte inferior del shelter.

Una vez dentro del shelter, se sugiere que el cable de fibra óptica siga la ruta de la escalerilla interna (ver foto 2), hasta el gabinete donde se colocarán los equipos (ver foto 3).

Materiales Requeridos para adecuación responsabilidad de IFX:

- Se sugiere utilizar la ductería existente.

Observaciones:

- Se deberá prever un corte de alimentación eléctrica de la calle por un período aproximado de 45 minutos. Esto por razones de seguridad

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Conducción del cable de fibra óptica por la tubería eléctrica hasta el rack.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

- Asignar el espacio para la colocación del rack o el espacio en el rack existente.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Memoria Fotográfica:



Foto 1. Poste de alta tensión frente a estación



Foto 2. Tendido de la fibra por la escalerilla existente hacia el gabinete.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA



Foto 3. Gabinete con espacio disponible para colocación de equipos.



Foto 4. Instalación de la fibra óptica en el gabinete.

Villa de Cura

Ubicación: Fundación J. Zannini. Carretera Villa de Cura-San Francisco de Asís.
Sector Los Colorados, Villa de Cura, estado Aragua.

Coordenadas geográficas: **10°2'30.68" N / 67°29'56.94" O (Datum WGS 84)**

Descripción del acceso y terminación del cableado:

Del poste de alta tensión ubicado al lado de la estación de IFX Networks, se sugiere tender la fibra directo a la torre (ver foto 1) y bajarla a través de abrazaderas a una escalerilla nueva que se debe instalar para guiar el cable hasta la pared posterior del shelter (ver fotos 2 y 3). Este shelter no posee bocas pasacables disponibles por lo que se debe construir una.

La escalerilla se dirige directo a la pared del shelter bordeando a la torre hasta encontrarse con una escalerilla paralela a la ya existente. Una vez dentro del shelter el cable se sitúa casi justo sobre el rack existente.

Materiales Requeridos para adecuación responsabilidad de IFX

- 8 m de escalerilla
- 1 boca pasacable
- 2 potes sellador de ductos

Observaciones:

- Esta estación no tiene bocas pasacables libres.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

Adecuaciones responsabilidad de IFX:

- Ingresar la fibra al terreno de IFX Networks y bajarla por la torre hasta la escalerilla nueva.
- Instalar escalerilla desde la pata más cercana al poste de alta tensión hasta el shelter.
- Construir boca pasa cable

Memoria Fotográfica:



Foto 1. Poste de alta tensión que recibe la fibra. La fibra tendida hasta la torre y conducida hacia la escalerilla nueva.

DISEÑO DE LA INGENIERÍA FÍSICA Y LÓGICA DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL TRAMO CARACAS - VALENCIA

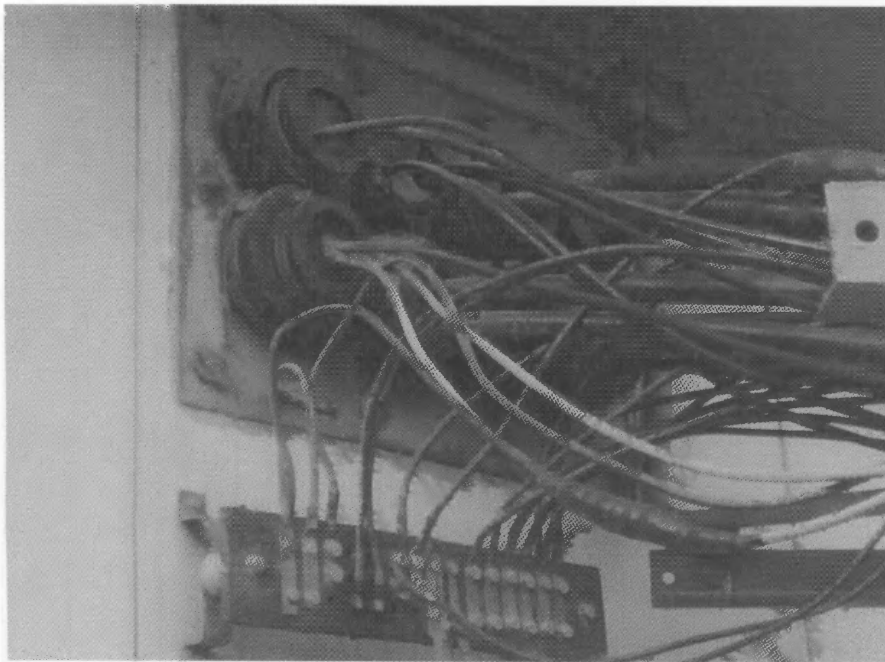


Foto 4. Detalle de boca pasacables. No hay espacios libres.

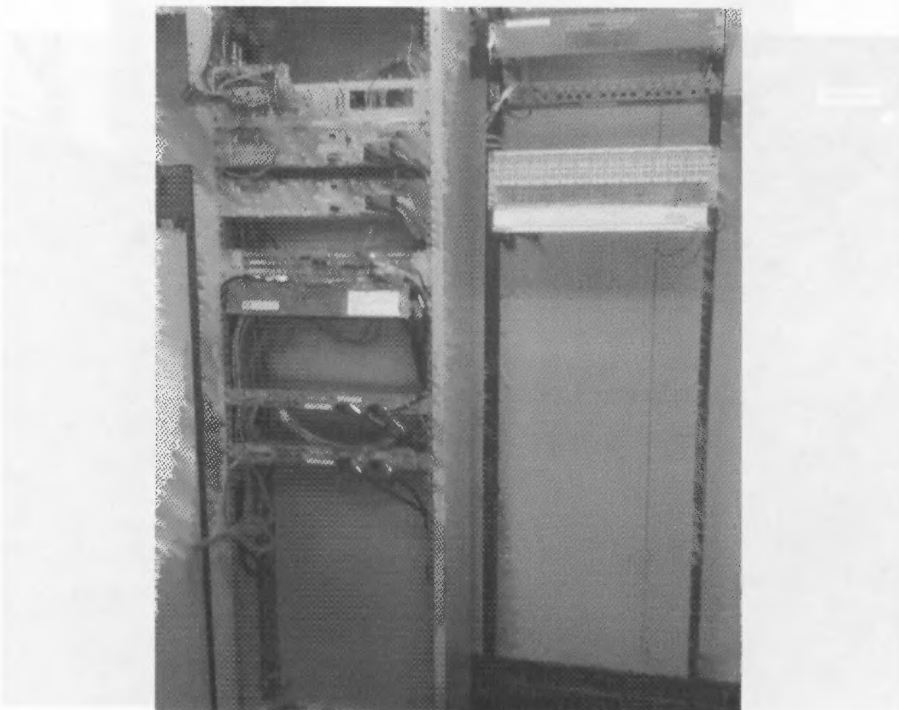


Foto 5. Espacio en dos racks dentro del shelter.