

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“SIMULACIÓN DE UN ENLACE DE FIBRA ÓPTICA EN UNA RED
DE VIDEO VIGILANCIA”**

TESINA DE SEMINARIO

Previo a la obtención del Título de

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:

**JUAN DIEGO QUISHPI LUCERO
JONATHAN PAUL VILLAO MANCERO**

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2012

AGRADECIMIENTO

A **Dios** por darme el don de la vida.

A mis padres que confiaron en mí a pesar de todas las adversidades y por cada uno de sus consejos que estarán presentes en mi mente.

A mis hermanos que me brindaron su apoyo y ayuda incondicional.

Juan

En primer lugar a **Dios**, por el preciado obsequio de la vida. A mis padres por su apoyo, su paciencia, su confianza y por ser mi impulso en todo momento, a mis familiares, amigos y a todos quienes me animaron incluso en las peripecias.

Jonathan

DEDICATORIA

A **Dios** por la sabiduría que me ha dado.

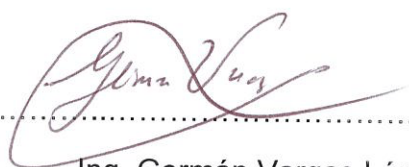
A mis padres que con su ejemplo, paciencia, perseverancia me motivo a seguir adelante.

Juan

A **DIOS** por brindarme la capacidad de vencer y superar con humildad, a mis padres y familiares que con sus consejos me alentaron y ayudaron para salir adelante, enseñándome con ejemplos soportar sin dejar de avanzar y así culminar con éxito esta etapa en mi vida.

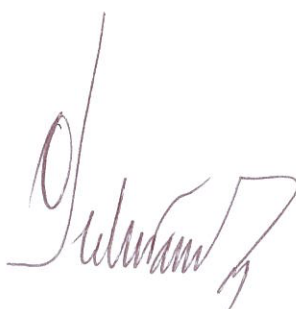
Jonathan

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Germán Vargas López

PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN



MSc. Pedro Vargas

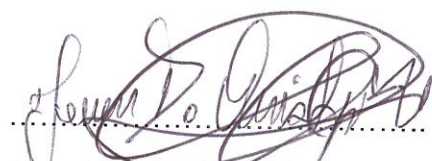
PROFESOR DELEGADO POR EL DECANO DE LA FACULTAD



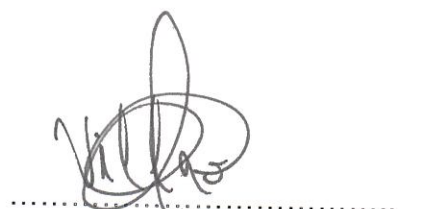
DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesina, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”.

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



Juan Diego Quishpi Lucero



Jonathan Paul Villao Mancero

RESUMEN

El presente proyecto simula enlaces de fibra óptica en una red de video vigilancia ubicada en la autoridad Portuaria Bolívar, basándonos en un trabajo que trata del Diseño de una red de fibra óptica para un sistema de video vigilancia [2] en donde se ubican 27 cámaras que permiten la vigilancia de las zonas más vulnerables del lugar.

En primera instancia sentaremos los conceptos de sistemas de video vigilancia y lo que encierra dicho tema, también conceptos de fibra óptica, tipos de fibra óptica y propiedades.

En la actualidad las industrias de las telecomunicaciones optan por medios de transmisión a grandes distancias, una alternativa para estos medios de transmisión tradicionales son: el cable coaxial, el cable de par trenzado y la comunicación inalámbrica. Pero éstos presentan problemas como el poco ancho de banda disponible para transmitir una imagen de video con alta calidad y baja velocidad de transmisión.

El cable coaxial y el cable de par trenzado presentan limitación de trabajo en distancia, con la fibra óptica se puede transmitir a grandes longitudes con un extenso ancho de banda y a alta velocidad.

La integración de algunos servicios de telecomunicaciones se consigue gracias a este medio; la fibra óptica permite que las redes sean escalables y adaptables a las nuevas tecnologías, obteniendo mayor ancho de banda, menos pérdidas en distancias, que para el diseño de un sistema de video vigilancia como el que en este proyecto se simula es de carácter importante.

Se utilizará en la simulación topología en estrella extendida de acuerdo a la ubicación de las cámaras, así se obtendrá los cálculos para ancho de banda y pérdidas en cada enlace.

Se desarrollará también un programa de simulación para simular cada enlace, usando el ambiente de programación en MATLAB, en el cual podemos obtener diferentes resultados como el ancho de banda, velocidad de transmisión, pérdidas, mediante los cuales se decidirá si los enlaces son adecuados para usarlos.

ABREVIATURAS

C Industria estándar de montaje de lentes, con medidas específicas.

CCTV Circuito cerrado de televisión.

CRNG CORNING

dB Decibeleles

ESQ Esquema

FBLNK FIBERLINK

Gbps Gigabit por segundo.

GE General Electric

ID Índice de Disponibilidad.

IEC Comisión Electrotécnica Internacional.

ISO Organización internacional de estandarización.

Km Kilómetros.

led Diodo emisor de luz

Mbps Megabit por segundo.

MHz Megahertz.

m	Metros
nm	Nano metros
OM2	Estándar del cable de fibra multimodo.
OPTL	OPTRAL
ps	Pico segundos
PTZ	Pan / Tilt / Zoom, movimientos horizontal, vertical y zoom de una cámara.
TIA	Asociación de Industrias de Telecomunicación.
um	Micrómetro.
UTP	Cable de par trenzado.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VI
ABREVIATURAS	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	X
INDICE DE TABLAS	XIV
INDICE DE FIGURAS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXII
CAPITULO 1	2
1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	2
1.1 TECNOLOGÍA DE RED PARA UN SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA.....	2
1.2 SISTEMAS DE VIDEO VIGILANCIA.....	2
1.3. IMPACTO DE LOS SISTEMAS DE VIDEOVIGILANCIA	4
1.4 REQUERIMIENTOS QUE SE IDENTIFICAN EN UNA RED DE VIDEOVIGILANCIA.....	5
1.4.1 FIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD	5
1.4.2 ESCALABILIDAD	7
1.5 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE VIDEO VIGILANCIA CON FIBRA ÓPTICA	7
1.6 DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE VIDEO VIGILANCIA CONFIBRA ÓPTICA	9

1.7	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA.....	9
1.8	FIBRA ÓPTICA	10
1.8.1	FIBRA MULTIMODO	11
1.8.2	FIBRA MONOMODO	11
1.9	PROPIEDADES DE LA FIBRA ÓPTICA	13
1.9.1	ATENUACIÓN.....	13
1.9.2	DISPERSIÓN CROMÁTICA	14
1.9.3	DISPERSIÓN POR MODO DE POLARIZACIÓN	15
1.10	CLASES DE FIBRAS USADAS EN IMPLANTACIÓN DE REDES ÓPTICAS	16
1.10.1	FIBRA DE DISPERSIÓN SIN CAMBIOS (DISPERSION-UNSHIFTED FIBER).....	17
1.10.2	FIBRA DE DISPERSIÓN CON CAMBIOS (DISPERSION-SHIFTED FIBER)	17
1.10.3	FIBRA CON DISPERSIÓN SIN CERO (NONZERO-DISPERSION FIBER)	18
1.11	COMPONENTES ÓPTICOS PASIVOS	18
1.11.1	EMPALMES ÓPTICOS	19
1.11.1.1	EMPALMES ÓPTICOS POR FUSIÓN	20
	FIGURA 1.4. EMPALME ÓPTICO POR FUSIÓN [22]	20
1.11.2	CONECTORES ÓPTICOS.....	21
1.11.2.1	PÉRDIDA DE ACOPLAMIENTO ENTRE TRANSMISOR Y FIBRA ÓPTICA	22
1.11.2.2	PÉRDIDA DE ACOPLAMIENTO ENTRE FIBRA ÓPTICA Y RECEPTOR.....	22
	CAPÍTULO 2	23
	2 ARQUITECTURA DE RED, COMPONENTES Y CÁLCULOS UTILIZADOS PARA LA SIMULACIÓN DE ENLACES DE FIBRA ÓPTICA EN LA RED DE VIDEO VIGILANCIA.....	23
2.1	ARQUITECTURA DE RED	24

2.1.1	CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO EN ESTRELLA	24
2.1.2	CONFIGURACIÓN ESTRELLA MÚLTIPLE	26
2.1.3	TOPOLOGÍA A USAR EN LA SIMULACIÓN.....	27
2.2	COMPONENTES A USAR EN LA SIMULACIÓN	28
2.2.1	FIBRA ÓPTICA A USAR EN LA SIMULACIÓN	30
2.2.2	EQUIPOS ÓPTICOS A USAR EN LA SIMULACIÓN	32
2.3	PARÁMETROS DE COMPONENTES Y CÁLCULOS PARA SIMULAR LOS ENLACES DE LA RED DE VIDEO VIGILANCIA	36
2.3.1	MARGEN DE SEGURIDAD	37
2.3.2	CÁLCULO DE PÉRDIDA TOTAL POR CONECTORES	37
2.3.3	CÁLCULO DE PÉRDIDA TOTAL POR EMPALMES.....	38
2.3.4	CÁLCULO DE PERDIDA POR LA FIBRA ÓPTICA.....	38
2.3.5	PRESUPUESTO DE PÉRDIDA DE ENLACE	39
2.3.6	TIEMPO DE SUBIDA DEL SISTEMA	39
2.3.7	TASA DE DATOS DEL SISTEMA	40
2.3.8	ANCHO DE BANDA ÓPTICO	41
2.3.9	ANCHO DE BANDA ELÉCTRICO	42
	CAPITULO 3.....	43
	3 DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE SIMULACION Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	43
3.1	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA.....	44
3.2	PORTADA DEL PROGRAMA.....	46
3.3	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	47

3.4	MAPEO Y SIMULACIÓN DE LOS ENLACES.....	48
3.4.1	MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L1.....	55
3.4.2	MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L2.....	60
3.4.3	MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L3.....	65
3.4.4	MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L4.....	70
3.4.5	MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L5.....	75
3.4.6	MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L6.....	80
3.4.7	MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L7.....	85
3.4.8	MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L8.....	90
3.4.9	MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L9.....	95
3.4.10	MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L11.....	100
3.4.11	MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L13.....	105
3.4.12	MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L14.....	110
3.5	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS EN LOS ENLACES.....	115
3.6	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE TASAS Y ANCHOS DE BANDA DE LOS ENLACES	120
	CONCLUSIONES	124
	RECOMENDACIONES.....	127
	ANEXOS.....	129
	BIBLIOGRAFÍA.....	168

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1.DIFERENTES DISPONIBILIDADES CON EL TIEMPO	6
TABLA 2.1.COMPONENTES Y LONGITUD DE CADA ENLACE	29
TABLA 2.2.CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA FIBRA ÓPTICA CORNING.....	30
TABLA 2.3.CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA FIBRA ÓPTICA OPTRAL.....	31
TABLA 2.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE TRANSMISORES Y RECEPTORES ÓPTICOS, FIBERLINK.	34
TABLA 2.5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE TRANSMISORES Y RECEPTORES ÓPTICOS, GENERAL ELECTRIC.	35
TABLA 3.1. DATOS PARA PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L1.....	57
TABLA 3.2. PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L1	57
TABLA 3.3. DATOS PARA PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L1.....	58
TABLA 3.4. PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L1	58
TABLA 3.5. DATOS PARA PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L2.....	62
TABLA 3.6. PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L2	62
TABLA 3.7. DATOS PARA PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L2.....	63

TABLA 3.8. PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L2	63
TABLA 3.9. DATOS PARA PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L3.....	67
TABLA 3.10. PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L3	67
TABLA 3.11. DATOS PARA PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L3.....	68
TABLA 3.12. PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L3 ..	68
TABLA 3.13. DATOS PARA PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L4.....	72
TABLA 3.14. PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L4	72
TABLA 3.15. DATOS PARA PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L4.....	73
TABLA 3.16. PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L4 ..	73
TABLA 3.17. DATOS PARA PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L5.....	77
TABLA 3.18. PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L5	77
TABLA 3.19. DATOS PARA PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L5.....	78
TABLA 3.20. PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L5 ..	78
TABLA 3.21. DATOS PARA PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L6.....	82
TABLA 3.22. PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L6	82

TABLA 3.23. DATOS PARA PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L6.....	83
TABLA 3.24. PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L6 ..	83
TABLA 3.25. DATOS PARA PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L7	87
TABLA 3.26. PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L7	87
TABLA 3.27. DATOS PARA PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L7.....	88
TABLA 3.28. PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L7 ..	88
TABLA 3.29. DATOS PARA PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L8.....	92
TABLA 3.30. PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L8	92
TABLA 3.31. DATOS PARA PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L8.....	93
TABLA 3.32. PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L8 ..	93
TABLA 3.33. DATOS PARA PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L9.....	97
TABLA 3.34. PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L9	97
TABLA 3.35. DATOS PARA PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L9.....	98
TABLA 3.36. PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L9 ..	98
TABLA 3.37. DATOS PARA PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L11.....	102

TABLA 3.38. PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L11	102
TABLA 3.39. DATOS PARA PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L11.....	103
TABLA 3.40. PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L11	103
TABLA 3.41. DATOS PARA PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L13.....	107
TABLA 3.42. PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L13	107
TABLA 3.43. DATOS PARA PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L13.....	108
TABLA 3.44. PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L13	108
TABLA 3.45. DATOS PARA PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L14.....	112
TABLA 3.46. PRESUPUESTO DE PÉRDIDAS DEL ENLACE L14	112
TABLA 3.47. DATOS PARA PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L14.....	113
TABLA 3.48. PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA DEL ENLACE L14	113
TABLA 3.49.RESULTADOS DE PÉRDIDAS EN FIBRA QUE DETERMINAN SI ES ADECUADA.....	117
TABLA 3.50.VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN Y ANCHO DE BANDA ELÉCTRICO Y ÓPTICO, ESQUEMA 1.	121

TABLA 3.51. VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN Y ANCHO DE BANDA ELÉCTRICO Y ÓPTICO, ESQUEMA 2.	122
---	-----

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1.SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA.....	3
FIGURA 1.2. ATENUACIÓN EN UNA FIBRA ÓPTICA.....	13
FIGURA 1.3. PROPAGACIÓN DE UN PULSO DESCOMPUESTO EN DOS MODOS DE POLARIZACIÓN.....	16
FIGURA 1.4. EMPALME ÓPTICO POR FUSIÓN	20
FIGURA 2.1.CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO EN ESTRELLA	25
FIGURA 2.2.CONFIGURACIÓN EN ESTRELLA MÚLTIPLE	26
FIGURA 2.3.TOPOLOGÍA FÍSICA DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA	28
FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA SIMULADOR	45
FIGURA 3.2 PORTADA DEL PROGRAMA SIMULADOR	46
FIGURA 3.3.DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA SIMULADOR.....	47
FIGURA 3.4.MAPA DE LA ZONA Y RECORRIDO DE LOS ENLACES	49
FIGURA 3.5.MAPA DE LA ZONA SECTORIZADO Y RECORRIDO DE LOS ENLACES	51
FIGURA 3.6. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA, ENLACE L1	55
FIGURA 3.7. SIMULACIÓN DE ENLACE L1	56
FIGURA 3.8. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA, ENLACE L2	60
FIGURA 3.9. SIMULACIÓN DE ENLACE L2	61

FIGURA 3.10. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA, ENLACE L3	65
FIGURA 3.11. SIMULACIÓN DE ENLACE L3	66
FIGURA 3.12. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA, ENLACE L4	70
FIGURA 3.13. SIMULACIÓN DE ENLACE L4	71
FIGURA 3.14. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA, ENLACES L5.....	75
FIGURA 3.15. SIMULACIÓN DE ENLACE L5	76
FIGURA 3.16. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA, ENLACE L6	80
FIGURA 3.17. SIMULACIÓN DE ENLACE L6	81
FIGURA 3.18. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA, ENLACE L7	85
FIGURA 3.19. SIMULACIÓN DE ENLACE L7	86
FIGURA 3.20. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA, ENLACE L8	90
FIGURA 3.21. SIMULACIÓN DE ENLACE L8	91
FIGURA 3.22. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA, ENLACE L9	95
FIGURA 3.23. SIMULACIÓN DE ENLACE L9	96
FIGURA 3.24. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA, ENLACE L11	100
FIGURA 3.25. SIMULACIÓN DE ENLACE L11	101
FIGURA 3.26. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA, ENLACE L13	105
FIGURA 3.27. SIMULACIÓN DE ENLACE L13	106

FIGURA 3.28. RECORRIDO DE LA FIBRA ÓPTICA, ENLACES L14	110
FIGURA 3.29. SIMULACIÓN DE ENLACE L14	111
FIGURA 3.30.RELACIÓN DE PÉRDIDA DE EQUIPO ÓPTICO Y ENLACES, ESQUEMA 1.....	118

INTRODUCCIÓN

Actualmente los sistemas de video vigilancia están en pleno desarrollo debido a los problemas de inseguridad de la Sociedad. Las soluciones de seguridad en bancos, aeropuertos, puertos marítimos, universidades y casinos son solo unos pocos ejemplos de uso de video vigilancia. Estos sitios son vulnerables a problemas de seguridad, por lo tanto un sistema de video vigilancia con buena calidad es necesario.

La calidad de un sistema depende en casi su totalidad de los componentes de dicho sistema, para este caso la calidad de un sistema de video vigilancia tiene más peso en la velocidad y recepción de las señales, lo cual depende del medio de transmisión y por lo que es necesario un estudio de ello para la selección de un buen medio.

La fibra óptica constituye un excelente medio de transmisión debido a sus numerosas ventajas sobre los otros medios, sin embargo existen distintos tipos de fibra para lo cual balanceando costos y características se hacen factibles para ciertas aplicaciones y que en la mayoría de los casos se hace uso de quipos de mediciones costosos o estudios de laboratorios para determinar la fibra a usar, pudiéndose por otro lado abaratar los factores tiempo y costo utilizando aplicaciones que basadas en información de

fabricantes, bases teóricas para cálculos, etc., simulen la fibra con una precisión equivalente a la de dichos equipos.

Existen programas que permiten realizar simulaciones de redes ópticas, por ejemplo el Software que se utilizará en este proyecto es el MATLAB de la compañía **MathWorks**.

MATLAB (abreviatura de *MATrix LABoratory*, "laboratorio de matrices") es un software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M), diseñado para estudiantes y profesionales de ingeniería permitiendo realizar diseños y simulaciones de comunicaciones ópticas para determinar su rendimiento con respecto a los diferentes parámetros y componentes del sistema en cuestión.

Entre sus prestaciones básicas se hallan: la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware. El paquete MATLAB dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones, a saber, Simulink (plataforma de simulación multidominio) y GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI). Además, se pueden ampliar las capacidades de MATLAB con las *cajas de herramientas (toolboxes)*; y las de Simulink con los *paquetes de bloques (blocksets)*.

Se usará GUIDE para la simulación del enlace de una red de sistema de video vigilancia y la transmisión de señales de video en tiempo real, utilizando como medio la fibra óptica.

Para la Simulación se empleará los datos del lugar y sitio del diseño que es la autoridad portuaria Puerto Bolívar, los mismos que fueron obtenidos en base a un trabajo anterior acerca de diseño de una red de fibra óptica para un sistema de video vigilancia, un estudio desarrollado por Luis Balladares y Joseph Pico.

Este documento está organizado de la siguiente manera, en el Capítulo 1 se tratarán los fundamentos teóricos de fibra óptica y fundamentos teóricos de lo concerniente a sistemas de video vigilancia. En el Capítulo 2 se trata sobre arquitectura de red para luego pasar a definir el escenario y la topología a usar para la simulación, así mismo se tratarán los componentes y los cálculos que son base de la simulación de los enlaces. En el Capítulo 3 se desarrollará un programa de simulación, lo cual es la clave para el proyecto y en el cual se tratará cada enlace de la red a simular, luego se procederá a evaluar los resultados obtenidos en dicha simulación. Finalmente se realizarán las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto.

CAPITULO 1

1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este primer capítulo, se establecen los fundamentos teóricos que servirán para el desarrollo de la investigación. Se empezará definiendo fundamentos teóricos que se usan para un sistema de video vigilancia y se continuará con conceptos básicos que nos permitirán entender que es un sistema de red, así mismo definiremos conceptos de fibra óptica para poder realizar, posteriormente, la simulación.

1.1 TECNOLOGÍA DE RED PARA UN SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA

Existen muchas redes de comunicaciones con distintas tecnologías, como lo son wireless, redes de cable coaxial, par trenzado, etc., que

se mencionaron anteriormente y las cuales tuvieron gran impacto ya que de ellas nacieron otras tecnologías para aumentar la eficiencia de las redes y por sus características hoy siguen en pleno uso, como lo es también la fibra óptica que es usada en muchos sistemas que requieren velocidades y capacidad mucho más de la que las tecnologías convencionales ofrecen debido a inmensas distancias, como lo son redes WAN, MAN, entre otras, y últimamente se integran los sistemas de video vigilancia los cuales también tienen dichas necesidades que la fibra satisface.

A continuación abordamos el tema de los sistemas de video vigilancia, que es el de interés para este proyecto.

1.2 SISTEMAS DE VIDEO VIGILANCIA

La video vigilancia consiste en instalar una cámara, sea ésta fija o móvil, con la finalidad de vigilar una cierta área.

Los Sistemas de video vigilancia son conocidos como circuito cerrado de televisión (CCTV), los cuales incluyen cámaras que envían señales de video a través de un medio de transmisión a una central de monitoreo, donde son observadas en tiempo real o

almacenadas en equipos de videograbación digital (DVR) como respaldos de eventos ocurridos.

Los sistemas de video vigilancia son muy sencillos de utilizar ya que se manejan de forma similar a un vídeo domestico [3].



Figura 1.1.Sistema de Video vigilancia [1]

En la figura 1.1 podemos apreciar un sistema de Video vigilancia común, la cámara capta una imagen que es enviada a través de un medio de transmisión (cable), para después ser grabada en un equipo de almacenamiento y observada en un monitor.

1.3. IMPACTO DE LOS SISTEMAS DE VIDEOVIGILANCIA

Hoy en día la seguridad es un tema de mucha importancia. La seguridad tanto de objetos como la humana a través del tiempo han tomado lugar entre las cuestiones de la tecnología y el avance junto a ellas, a tal punto de hablar de "ciudades seguras" [4] en las que se tiene un riguroso control de zonas que se alojan en ellas, donde la seguridad humana es de prioridad, así como también para ayuda en investigaciones de detectives, vigilancia de bancos, bodegas entre otros, y mas aun tomando como base hechos de terrorismo como el inolvidable atentado suscitado en Manhattan a las torres gemelas el 11 de septiembre del 2001, en el que hay abundante información acerca de este evento, como por ejemplo en la enciclopedia libre wikipedia. Es por esto y más como el auge de los sistemas de video vigilancia ante el incremento de la inseguridad ha ganado terreno.

El coste de tener una zona video vigilada es mucho menor que hace años, sumado al avance de la tecnología, la videovigilancia en conjunto con otros sistemas satisface necesidades que antes eran inimaginables.

1.4 REQUERIMIENTOS QUE SE IDENTIFICAN EN UNA RED DE VIDEOVIGILANCIA

El funcionamiento, la continua operación y la capacidad de crecimiento de una red están señalados por ciertos requerimientos que son: fiabilidad, disponibilidad, escalabilidad. Los mismos que varían según las exigencias o complejidades que demande el diseño y que a continuación se mencionan.

1.4.1 FIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD

La fiabilidad de un sistema [5] hace referencia a la probabilidad de que un sistema funcione o desarrolle alguna orden o función, basado en ciertas condiciones, restricciones específicas y durante un tiempo impuesto.

La disponibilidad [6] es una medida relativa a la preparación para la utilización de un sistema, mientras que la fiabilidad es una medida relativa a la su capacidad para mantenerse operativo en el tiempo.

El término disponibilidad [7] hace referencia a la probabilidad de que un servicio funcione adecuadamente en cualquier momento.

La disponibilidad es expresada con mayor frecuencia mediante índice de disponibilidad (un porcentaje) el cual se mide dividiendo el tiempo

en que el sistema está disponible para el tiempo total según lo dice la ecuación (1.1)

$$I.D = \frac{\text{tiempo que el sistema de Video vigilancia está disponible}}{\text{tiempo total de funcionamiento}} \times 100 \quad (1.1)$$

En telecomunicaciones, las redes tienen alta demanda en lo que es disponibilidad, por lo que tales índices son altos estando en el rango del 95% al 99.99%, en diferentes periodos de tiempo que pueden ser diario, semanal, mensual o anual, según lo especifica la tabla 1.1

Disponibilidad (% tiempo que la red trabaja)	Cantidad de tiempo en la que la red no trabaja (horas [h], minutos [m], o segundos [s] por periodo de tiempo)			
	Anual	Mensual	Semanal	Diario
95%	438 h	36.5 h	8.4 h	1.2 h
99.5%	43.8 h	3.7 h	50.5 m	7.2 m
99.95%	4.38 h	21.9 m	5.05 m	43.2 s
99.98%	1.75 h	8.75 m	2.0 m	17.3 s
99.99%	0.88 h	4.4 m	1.0 m	8.7 s

Tabla 1.1.Diferentes disponibilidades con el tiempo [2]

En la Tabla 1.1, un 95 % de disponibilidad significaría que el sistema estaría sin funcionar 1.2 horas por día, al contrario tener una disponibilidad del 99.99% significa que el sistema deja de trabajar durante 53 minutos en un año.

Tener un alto índice de disponibilidad, implica que el diseño del sistema de Video vigilancia debe contar con un medio de transmisión que garantice que el sistema siga funcionando ante una falla.

1.4.2 ESCALABILIDAD

Se puede definir la escalabilidad [8] como la capacidad que tiene un sistema para ser modificado sea en tamaño o configuración y ajustarse a dichos cambios.

En telecomunicaciones, una red escalable [9] puede expandirse rápidamente para admitir nuevos usuarios y aplicaciones sin afectar el rendimiento del servicio enviado a los usuarios actuales.

1.5 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE VIDEO VIGILANCIA CON FIBRA ÓPTICA

Un sistema de video vigilancia [3] sirve para muchas cosas, por ejemplo permite grabar las imágenes de las cámaras mientras no estamos, también permite ver en tiempo real lo que está haciendo cada uno, controlar las diferentes dependencias y rincones sin tener que movernos y tener una visión global de todas nuestras

instalaciones. La gran ventaja de tener grabaciones disponibles de todo lo que sucede, es que no tenemos que estar físicamente presente para poder ver las cosas. Cada vez que ocurre algún incidente, podemos revisar las grabaciones para comprobar por nosotros mismos que ha ocurrido. Los grabadores digitales suelen ser de 4, 8 o 16 cámaras por lo que podemos ver en una sola pantalla hasta 16 cámaras de forma simultánea. Sin embargo para gozar de tales ventajas y beneficios, se necesita muy aparte de buenos equipos grabadores y cámaras, el medio de transmisión, los cuales existen en diversas formas para transportar la información como por ejemplo cable par trenzado, cable coaxial, medio inalámbrico y fibra óptica. La fibra óptica [10] es el medio que tiene numerosas ventajas sobre los demás medios de transmisión, ya que ella permite llevar información a grandes distancias que los demás medios tienen limitada, con bajas pérdidas y sin distorsión porque que presenta inmunidad ante EMI (interferencia electromagnética), sumándose la ventaja de ofrecer alto ancho de banda, lo que se traduce en alta velocidad de transmisión, haciéndola el medio ideal para aplicaciones de esta índole que demandan tales ventajas ya mencionadas para así ofrecer un servicio de muy buena calidad.

1.6 DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE VIDEO VIGILANCIA CONFIBRA ÓPTICA

La principal desventaja de una red que usa este medio es su alto costo de instalación y prueba de funcionamiento, sin embargo debido a la calidad de este medio que hace posible muchas ventajas en gran parte, la inversión queda justificada.

1.7 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA

El sistema de video vigilancia es un sistema de comunicación por lo tanto está conformado por un emisor, un receptor y el medio de comunicación entre emisor y receptor que para éste caso es la fibra óptica. El funcionamiento [2] se lo describe de esta manera:

- La cámara envía la señal del vídeo al transmisor como potencia eléctrica.
- El transmisor transforma la potencia eléctrica en potencia óptica a través de haces de luz y los transmite a través del medio que en este caso es la fibra óptica.
- Los haces de luz llegan al receptor en forma de potencia óptica y éste transforma dicha potencia en potencia eléctrica, es decir en

señal de video, para ser visualizada mediante un monitor acoplado al receptor.

Cabe mencionar que depende mucho de tales elementos para que el sistema sea considerado de calidad.

1.8 FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica [11] es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente ya sea de vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. Este tipo de red de fibra permite proporcionar a los clientes una comunicación bidireccional de alta capacidad con acceso directo. Las redes de acceso local se diseñan utilizando un sistema de fibra óptica de alta velocidad, que permite prestar una amplia gama de servicios tanto analógicos como digitales. Las redes locales son capaces de proporcionar servicios de telefonía, Internet de banda ancha y televisión por cable. Existen dos tipos de fibra los cuales se usan en todas las redes ópticas implementadas el mundo, las cuales son las fibras multimodo y las fibras monomodo.

1.8.1 FIBRA MULTIMODO

El término multimodo [10] indica que pueden ser guiados muchos modos o rayos luminosos, cada uno de los cuales se propagan por caminos diferentes dentro de la fibra óptica. Este efecto produce lo que se llama dispersión y hace que el ancho de banda de los pulsos de luz dentro de esta fibra sea inferior al de las fibras monomodo. Sin embargo los dispositivos utilizados con las multimodo tienen un costo inferior. Este tipo de fibras son las preferidas para comunicaciones a pequeñas distancias, hasta los 10 Km.

1.8.2 FIBRA MONOMODO

El diámetro del núcleo de la fibra es muy pequeño y sólo permite la propagación de un único modo o rayo (fundamental), el cual se viaja directamente sin reflexión. Este efecto causa que su ancho de banda sea muy elevado, por lo que se utiliza para grandes distancias.

Esta fibra óptica es la de menor diámetro y solamente permite viajar al rayo óptico central. Es también más costosa pero permite mayores distancias de transmisión.

En las recomendaciones G.652, G.653, G.654 y G.655; la UIT-T hace una distinción de las fibras ópticas monomodo de acuerdo a su dispersión cromática que es la variación del índice de refracción de un

medio óptico con la longitud de onda. La recomendación G.652 [12] indica las características de un cable de fibra óptica monomodo. Su dispersión y longitud de corte no se desplazan de la región de longitud de onda de 1310 nm.

La recomendación G.653 [13] indica las características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado. La mínima dispersión cromática para este tipo de fibra se desplaza a la región de la longitud de onda de 1550 nm. La recomendación G.654 [14] indica las características de los cables de fibra óptica monomodo con longitud de corte desplazado. Esta recomendación describe una fibra monomodo cuya longitud de onda de dispersión nula está situada en torno a 1300 nm con corte desplazado y pérdida minimizados a una longitud de onda en torno a 1550 nm y que está optimizada para el uso en la región de 1500-1600 nm.

La recomendación G.655 [15] indica las características de un cable de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada no nula. Esta recomendación describe una fibra monomodo cuya dispersión cromática (valor absoluto) tiene que ser menor que algún valor diferente de cero en toda la gama de longitudes de onda de la utilización prevista.

1.9 PROPIEDADES DE LA FIBRA ÓPTICA

La recomendación G.650 [16] de la UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones) trata acerca de la definición y métodos de prueba de los parámetros pertinentes de las fibras ópticas. En esta encontramos la atenuación, la dispersión cromática y la dispersión por modo de polarización con sus respectivos métodos de medición.

1.9.1 ATENUACIÓN

Es la pérdida de potencia óptica en una fibra, y se mide en dB y dB/Km [17]. En la figura 1.2 se muestra el espectro de la curva de atenuación típica de una fibra óptica hecha de silicio [18].

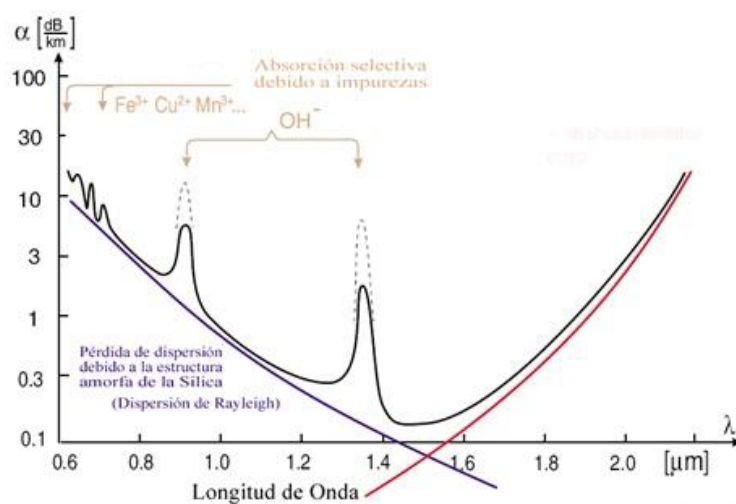


Figura 1.2. Atenuación en una fibra óptica [18]

La curva tiene tres características principales: una gran tendencia de atenuarse conforme se incrementa la longitud de onda (Dispersión Rayleigh); una atenuación en los picos de absorción asociados con el ionhidróxido (OH), y una tendencia por la atenuación para incrementar las longitudes de onda por arriba de los 1.6 μm , debidas a las pérdidas inducidas por la absorción del silicio. En forma general, a las pérdidas por atenuación también se las conoce como pérdidas por absorción. Como se ve también en la figura se presentan pérdidas por absorción ultravioleta que es provocada por electrones de valencia en el material de silicio del cual se fabrican las fibras.

1.9.2 DISPERSIÓN CROMÁTICA

Las fuentes de luz nunca son monocromáticas. La luz emitida por estas fuentes está constituida por la suma de diversas longitudes [19]. El índice de refracción del material que forma a la fibra varía con la longitud de onda, lo que da por resultado una velocidad de propagación diferente para cada longitud de onda. Si se inyecta luz de diversas longitudes en una dirección dada (modo especificado), esta luz se propaga a diferentes velocidades, según sea la longitud de onda, y si se descompone en función del tiempo, da como

resultado un retardo entre las diferentes longitudes de onda en el extremo de la fibra, aun cuando se hayan inyectado en el mismo instante.

En longitudes de onda donde la dispersión cromática es alta, los pulsos ópticos tienden a expandirse en el tiempo y provocar interferencia, lo cual puede producir una inaceptable velocidad del bit.

La dispersión cromática está formada por la suma de dos componentes:

- La dispersión inherente al material
- La dispersión originada por la estructura de la guía de onda.

Estos componentes pueden tener signos diferentes dependiendo del incremento o disminución de la velocidad de la luz con la longitud de onda.

1.9.3 DISPERSIÓN POR MODO DE POLARIZACIÓN

Polarización [20] es la propiedad de la luz la cual está relacionada con la dirección de sus vibraciones, el viaje de la luz en una fibra típica puede vibrar en uno o dos modos de polarización.

La figura 1.3 muestra los dos modos principales de una fibra asimétrica que es uniforme a lo largo de su longitud.

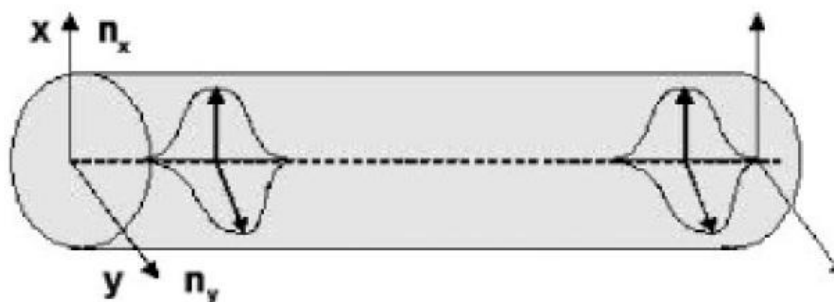


Figura 1.3. Propagación de un pulso descompuesto en dos modos de polarización [20]

El modo en el eje X es arbitrariamente etiquetado con un modo lento, mientras que en el eje Y es etiquetado en el modo rápido. La diferencia en los tiempos de arribo en los modos de dispersión por polarización (PMD), es típicamente medida en pico segundo (ps).

1.10 CLASES DE FIBRAS USADAS EN IMPLANTACIÓN DE REDES ÓPTICAS

Según las recomendaciones de ITU la cual se encarga de regular las características tanto ópticas como también de construcción, permite dar a conocer las clases de fibra ópticas destinadas para la

implementación de enlaces ópticos tanto de corta y larga distancias, las cuales benefician al usuario con ciertas características que permiten obtener valores altos de ancho de banda y tasas de datos.

Alguna de estas fibras ópticas son: de dispersión sin cambios, de dispersión con cambios y dispersión sin cero, las cuales se detallan a continuación.

1.10.1 FIBRA DE DISPERSIÓN SIN CAMBIOS (DISPERSION-UNSHIFTED FIBER)

Conocida como USF (UIT-T recomendación G.652) [21] presenta una dispersión, cromática en los 1310 nm nominales, algunas veces llamada “estándar” o fibra convencional (USF), es la fibra óptica más usada.

1.10.2 FIBRA DE DISPERSIÓN CON CAMBIOS (DISPERSION-SHIFTED FIBER)

Conocida como, DSF (UIT-T recomendación G.653) [21], en esta se relocaliza la mínima dispersión cromática de longitud de onda desde

1310 a 1550 nm. Alinea la región de la dispersión mínima cromática con la región mínima de pérdida óptica.

1.10.3 FIBRA CON DISPERSIÓN SIN CERO (NONZERO-DISPERSION FIBER)

Específicamente diseñada para el uso de las últimas generaciones de sistemas amplificados. NZDF (UIT-T recomendación G.655) [21] tiene una mínima y una máxima cantidad de dispersión cromática especificada sobre una porción de la tercera ventana de longitud de onda. NZDF es usada extensamente en largas redes submarinas y terrestres.

1.11 COMPONENTES ÓPTICOS PASIVOS

Un componente óptico pasivo se considera como un componente óptico sin electrónica activa, es decir que no hay conversión de energía eléctrica a energía óptica.

Ejemplos de estos componentes ópticos pasivos:

- Empalmes por fusión y mecánicos.
- Conectores ópticos.
- Splitters (divisores de potencia).

- Atenuadores ópticos.
- Filtros ópticos.
- Amplificadores de fibra óptica.
- Aisladores ópticos.

En el presente proyecto se usará empalmes por fusión y conectores, con patchs cords de fibra óptica.

1.11.1 EMPALMES ÓPTICOS

Los empalmes son elementos muy importantes en una red de fibra óptica, influye mucho no solo en la calidad de los enlaces sino también en la duración de los mismos. Un empalme es de alta calidad cuando la pérdida que se produce en él es mínima y su resistencia de tracción se acerca al nivel de prueba de la fibra.

Esta pérdida se puede presentar en varias partes del enlace y son provocadas por varios factores los cuales son: mala alineación lateral, mala alineación de separación, acabados imperfectos en la superficie de la fibra óptica y diferencias entre los núcleos o índices de refracción de la fibra óptica.

Para realizar empalmes se utilizan dos métodos, por fusión y mecánico, la elección de uno otro método depende de la calidad de

funcionamiento esperada y de consideraciones relativas a la instalación, mantenimiento y costos.

En este proyecto los diseñadores de la red usaron empalmes por fusión.

1.11.1.1 EMPALMES ÓPTICOS POR FUSIÓN

En la actualidad existen diferentes métodos para realizar empalmes por fusión, la fusión por arco eléctrico es el más utilizado para hacer empalmes fiables ya sean simples o en masa. Tal proceso se es hecho con maquinas empalmadoras construidas de manera específica como lo indica la figura 1.3.

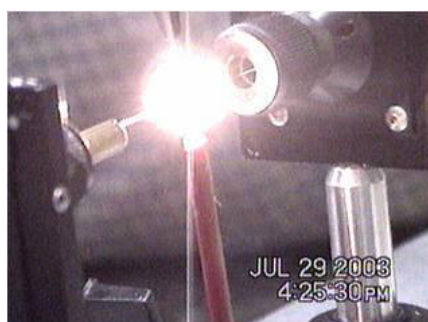


Figura 1.4. Empalme óptico por fusión [22]

1.11.2 CONECTORES ÓPTICOS

Los conectores ópticos [24] permiten unir los extremos de dos fibras ópticas. Dicha unión no es permanente, sino que puede abrirse y cerrarse varias veces. Los conectores ópticos son usados en puntos de red en los que se requiere flexibilidad en su configuración.

Pueden utilizarse en todo tipo de redes, en los puertos de entrada y salida de los sistemas de transmisión, así como para la conexión de equipos de prueba e instrumentación, para mantenimiento y monitoreo.

Los conectores ópticos presentan pérdida, este tipo de pérdida es causada por el procedimiento antes mencionado de unir extremos en las fibras por lo que es indispensable considerarlo en el análisis para presupuesto de pérdidas, la cual por lo general es de valor mayor que un empalme y por lo que se recomienda usarlos en menor cantidad. Los tipos de acoplamientos que generalmente se conocen es entre transmisor – fibra óptica y fibra óptica – receptor.

1.11.2.1 PÉRDIDA DE ACOPLAMIENTO ENTRE TRANSMISOR Y FIBRA ÓPTICA

Este tipo de pérdida causada por la incompatibilidad estructural de la superficie del transmisor (diodo LED o laser) con el núcleo de la fibra óptica, este tipo de pérdida es más alta cuando se utiliza una fuente de luz como el diodo LED en fibras monomodo, en cambio el láser al tener una estructura más pequeña que el núcleo de la fibra monomodo la pérdida se vuelve relativamente baja comparado con el diodo LED.

1.11.2.2 PÉRDIDA DE ACOPLAMIENTO ENTRE FIBRA ÓPTICA Y RECEPTOR

Debido a que la superficie que detecta la luz de los dispositivos receptores es más amplia que el núcleo de los dos tipos de fibra existentes (monomodo y multimodo) esta pérdida es muy pequeña.

CAPÍTULO 2

2 ARQUITECTURA DE RED, COMPONENTES Y CÁLCULOS UTILIZADOS PARA LA SIMULACIÓN DE ENLACES DE FIBRA ÓPTICA EN LA RED DE VIDEO VIGILANCIA

El presente capítulo muestra el escenario que se escogió para hacer la simulación de la red de video vigilancia así como la topología que dicha red usó, detalles de los parámetros de los componentes (fibra óptica, empalmes, conectores, transmisores y receptores) que forman parte de cada enlace en la red de video vigilancia a simularse los cuales permiten calcular y obtener resultados importantes en presupuestos de pérdidas y anchos de banda

tanto óptico como eléctrico en cada enlace, que son indicadores de si el enlace es el adecuado o no para cerrar cumpliendo los requerimientos de ancho de banda y velocidad, pérdidas, entre otros ya mencionados, ofreciendo así una demostrable calidad de trabajo en el escenario donde yace la red de video vigilancia.

2.1 ARQUITECTURA DE RED

La opción mas adecuada de una arquitectura de red, junto con el soporte físico de la planta óptica, debe proporcionar una infraestructura transparente que permita satisfacer las necesidades actuales y futuras y con ello se podrá introducir diferentes sistemas de transmisión conforme se modifiquen las necesidades. Todo esto se ve reflejado con la calidad de la red la cual impone condiciones tales como niveles de atenuación, pérdidas ópticas, dispersión, no linealidad, condiciones mecánicas y ambientales. Algunas arquitecturas conocidas son punto a punto en estrella y estrella múltiple.

2.1.1 CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO EN ESTRELLA

Esta arquitectura, como se muestra en la figura 2.1, utiliza al menos una fibra óptica del nodo principal al nodo secundario. Puede ser

usada para necesidades de grandes anchos de banda y seguridad, permitiendo llegar a mayores distancias debido a la baja pérdida en la fibra. Los diseños usan más las dos primeras ventanas ópticas 850nm y 1300nm.

Los enlaces punto a punto con transmisión multiplexada pueden fácilmente reemplazar al cable coaxial y par trenzado

Las principales ventajas de la transmisión punto a punto son:

- se reduce la cantidad de cables.
- Elimina problemas de interferencia causados por líneas a su alrededor.
- Ahorros en los costos de instalación, usando rutas donde hay cables eléctricos que impedirán colocar otros similares.
- Transmisión de datos en pruebas nucleares bajo tierra o superficie.

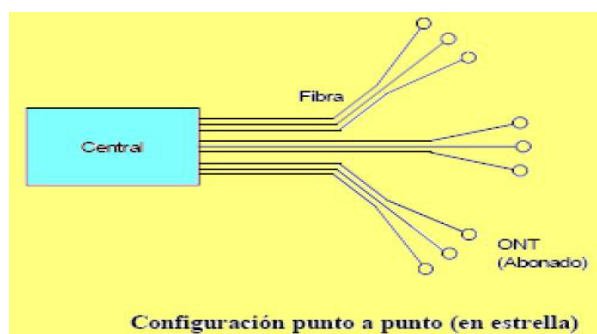


Figura2.1.Configuración punto a punto en estrella [4]

2.1.2 CONFIGURACIÓN ESTRELLA MÚLTIPLE

Se trata de una red que comparte la fibra entre varios abonados utilizando componentes activos electroópticos activos en la red.

Se utiliza alta multiplexación entre la central y el nodo distante, y puede utilizarse fibra multiplexada o especializada desde el desde el nodo distante hasta el ONT-Optical Network Terminal (terminal de la red óptica).

La actualización para prestar servicios de ancho de banda no es tan fácil como la configuración punto a punto. No obstante compartir la fibra desde el nodo distante hasta el abonado puede bastar para introducir fibra óptica que reemplace los cables de cobre en la planta de distribución local, antes de que se disponga de servicios de ancho de banda.

La figura 2.2 muestra una configuración en estrella múltiple.

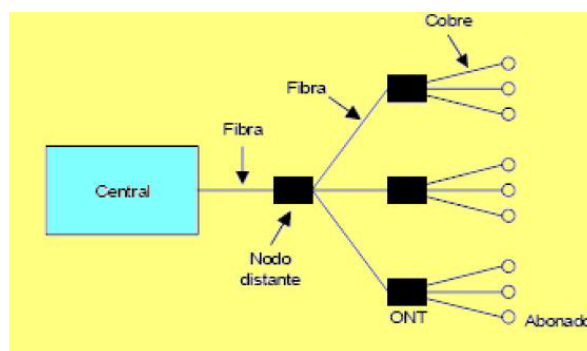


Figura 2.2.Configuración en estrella múltiple [4]

2.1.3 TOPOLOGÍA A USAR EN LA SIMULACIÓN

Para definir el escenario donde se desarrolla la simulación, se basó en un trabajo anterior llamado “Diseño de una red de fibra óptica para un sistema de video vigilancia”, cuyos autores son los señores Luis Balladares y Joseph Pico, en donde el lugar que se escogió para dicha red fue la autoridad portuaria Puerto Bolívar y en la cual se usan componentes analizados y elegidos previamente por los autores de la tesina mencionada y componentes elegidos también por nosotros en base a los de ellos, de los cuales se planea usar los valores de sus parámetros para lograr la simulación de cada enlace, manteniendo el escenario para esquemas diferentes basados en distintos fabricantes.

El escenario consta de 27 cámaras, los enlaces serán punto a punto, donde cada cámara envía su señal hasta la central a través del enlace de fibra óptica los cuales no son mayores a 1 km.

La topología física es en estrella extendida, como se muestra en la figura 2.3. A la consola, que es el nodo principal, llegan los enlaces partiendo de nodos secundarios llamados armarios. En los armarios se encuentran patch panels y los equipos ópticos, como lo muestra la figura 2.3

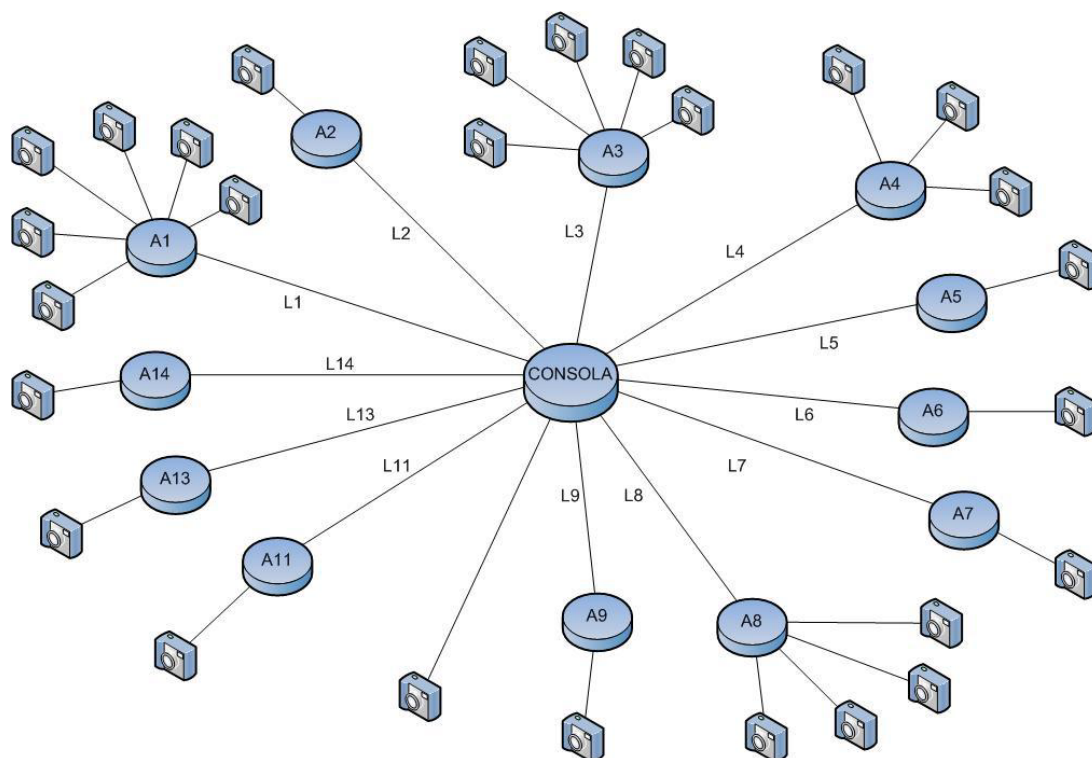


Figura 2.3. Topología física de la red de fibra óptica [2]

2.2 COMPONENTES A USAR EN LA SIMULACIÓN

A continuación se enlistan los componentes de los cuales está formada cada enlace de red según el esquema planteado para la simulación, basado en los la red diseñada de estudio anteriormente.

Cada esquema es uniforme, es decir todos los componentes usados para la implementación de esta red son de un solo fabricante

respectivamente, de los cuales hemos hecho uso de la mayor cantidad de información para la simulación de cada enlace.

El tipo de fibra óptica a usar es el mismo en todos los enlaces, la variación se aprecia en la cantidad de elementos utilizados y la longitud de cada enlace.

Enlaces	Distancia del enlace (m)	Número de conectores	Número de empalmes
L1	632,68	2	2
L2	776,63	3	4
L3	798,38	4	4
L4	476,14	4	4
L5	524,57	6	6
L6	684,89	5	6
L7	278,76	2	2
L8	169,11	2	2
L9	163,47	2	2
L11	804,33	2	3
L13	795,87	2	4
L14	948,05	1	4

Tabla 2.1.Componentes y longitud de cada enlace [2]

Con los componentes nombrados se obtuvieron resultados de pérdidas y tasas los cuales son analizados en el capítulo siguiente.

2.2.1 FIBRA ÓPTICA A USAR EN LA SIMULACIÓN

Se va a usar dos tipos de fibras, una fibra es de fabricante CORNING de tipo multimodo, la cual fue usada en el trabajo de los señores Luis Balladares y Josehp Pico que trata del diseño de una red de fibra óptica para un sistema de video vigilancia, esta fibra es de tipo OM2, que cumple con el estándar TIA/EIA 492AAAB A, y cuyos parámetros se hallan a continuación en la tabla 2.2, además de encontrarse la hoja de datos del fabricante en el anexo B.

Fabricante	Corning
Serie de la fibra	InfiniCor SXi+fiber
Tamaño de la fibra	50/125 um
Coeficiente de atenuación de la fibra	$\leq 2,3$ db/km a 850 nm $\leq 0,6$ db/km a 1300 nm
Ancho de banda-longitud	700 MHz-km a 850 nm 500 MHz-km a 1300 nm

Tabla 2.2. Características técnicas de la fibra óptica Corning [2]

La otra fibra que se va a usar es del fabricante OPTRAL tipo monomodo de salto de índice, la cual se basa en el estándar ITU, G652B, G652D y cuyos parámetros se hallan a continuación en la tabla 2.3, además de encontrarse la hoja del fabricante en el anexo B.

Fabricante	OPTRAL
Serie de la fibra	SMF – G652
Tamaño de la fibra	9/125 um
Coeficiente de atenuación de la fibra	< 0.35 dB/Km a 1310 nm

Tabla 2.3.Características técnicas de la fibra óptica Optral.

La fibra multimodo se la escogió debido a las distancias a cubrir las cuales son menores a 1 Km, además que con el ancho de banda ofrecido según el fabricante CORNING el cual tiende a 1 Gbps, lo cual ofrece una escalabilidad considerable al sistema.

La fibra monomodo se la utilizó debido a incrementar en mayor magnitud la calidad, a pesar que con fibra multimodo era suficiente, no está demás satisfacer los requerimientos del sistema con las ventajas de la fibra monomodo que a pesar de tener más coste que la fibra multimodo, supera a la fibra multimodo en calidad, reduciendo

mucho más las pérdidas de transmisión, multiplicando la velocidad y anchos de banda, tendiendo al sistema a una escalabilidad y estabilidad más cercana a la ideal, justificando así alguna inversión.

En algunos armarios se dispondrán de patch panel que facilitarán la conexión de las diferentes fibras, los empalmes serán de fusión y la fibra óptica será terminada usando pigtail [25], se utilizarán patch cord para la conexión hacia los equipos ópticos.

2.2.2 EQUIPOS ÓPTICOS A USAR EN LA SIMULACIÓN

Los equipos de transmisión y recepción óptica seleccionados son del fabricante FIBERLINK y del fabricante GE (General Electric).

Se escogió trabajar a una longitud de onda de 1310 nm debido a las bondades que representa sobre el ancho de banda y por ende al sistema según lo mencionado por los fabricantes de la fibra óptica ya visto anteriormente.

Dando una breve explicación de los equipos ópticos, éstos permiten transmitir la señal de video proveniente de las cámaras que se usaron las cuales son fijas y PTZ, multiplexan la señal para ser transmitida a través de la fibra. La señal de video proveniente de las cámaras digitales es analógica, un cable coaxial enlaza la conexión

entre la salida de la cámara y la entrada del equipo óptico. Los equipos ópticos usan para la transmisión de la señal un láser o un led y en el caso de la recepción un fotodetector.

Por cada equipo transmisor se tendrá un equipo receptor. De acuerdo al número de cámaras se determina el equipo transmisor a utilizar, es decir, de acuerdo a los canales que disponga el equipo óptico. Los equipos ópticos utilizan como emisor de luz un diodo laser o un diodo led, si se realiza transmisiones a largas distancias es recomendable utilizar un laser como emisor de luz, para distancias menores a 2 Km se puede utilizar un diodo led. Es muy importante definir la longitud de onda y el tipo de fibra a utilizar, con estos parámetros el fabricante nos garantiza una potencia máxima a cierta distancia.

A continuación se muestra una tabla con las características de los equipos ópticos que se usó para la simulación, de los cuales un fabricante, FIBERLINK, fue escogido en base al trabajo realizado por los señores Luis Balladares y Josehp Pico que trata del diseño de una red de fibra fibra óptica para un sistema de video vigilancia y en el cual se ha referenciado este proyecto.

Fabricante	FIBERLINK
Series	7030 (TX) / 7031 (RX) 3810 (TX) / 3811 (RX) 7040 (TX) / 7041 (RX)
Modos de fibra	Multimodo, para todas las series
Longitud de onda	1310 nm, para todas las series
Potencia óptica presupuestada	0 – 25 dB para 7030/7031 y para 7040/7041 0-10 dB para 3810/3811
Máxima distancia de transmisión	2 Km para 7030/7031 y para 7040/7041 4 Km para 3810/3811
Ancho de banda	7 MHz para 7030/7031 y para 7040/7041 8 MHz para 3810/3811
Número de canales de video	1 para 3810/3811 2 para 7030/7031 4 para 7040/7041
Tamaño de fibra	55.2/125 um para todas las series

Tabla 2.4. Características técnicas de transmisores y receptores ópticos, FIBERLINK. [2]

Fabricante	GENERAL ELECTRIC
Series	MFVSM1-TX/RX VT/VR 7200 VT/VR 7430
Modos de fibra	Monomodo, para todas las series
Longitud de onda	1310 nm, para todas las series
Potencia óptica presupuestada	18 dB para MFVSM1-TX/RX 20 dB para VT/VR 7200 17 dB para VT/VR 7430
Máxima distancia de transmisión	40 Km para MFVSM1-TX/RX 60 Km para VT/VR 7200 51 Km para VT/VR 7430
Ancho de banda	4.6 MHz para MFVSM1-TX/RX 6.5 MHz para VT/VR 7200 y para VT/VR 7430
Número de canales de video	1 para MFVSM1-TX/RX 2 para VT/VR 7200 4 para VT/VR 7430
Tamaño de fibra	9/125 um para todas las series

Tabla 2.5. Características técnicas de transmisores y receptores ópticos,
GENERAL ELECTRIC.

2.3 PARÁMETROS DE COMPONENTES Y CÁLCULOS PARA SIMULAR LOS ENLACES DE LA RED DE VIDEO VIGILANCIA

Los parámetros de los componentes usados para simular cada enlace pueden ser iguales o estar dentro de un rango ya que estos valores son dados por el fabricante, los mismos que a través de pruebas y estándares como por ejemplo ANSI/TIA/EIA-568-B.3 (que indica los requerimientos mínimos para componentes de fibra óptica utilizados en el cableado en ambientes de edificio, tales como cables, conectores, hardware de conexión, patch cords e instrumentos de prueba, y establece los tipos de fibra óptica reconocidos) dan dichos valores para ciertas condiciones.

Por cada enlace se calcula presupuesto de pérdidas y de ancho de banda. El presupuesto de pérdidas esta en función de la pérdida total en el enlace, lo cual a su vez depende de los siguientes parámetros: longitud del enlace, pérdidas por acoplamiento, pérdidas por empalmes, número de conectores, número de empalmes, coeficiente de atenuación de la fibra, margen de seguridad.

El presupuesto de ancho de banda está en función de: tiempo de subida del sistema, tasa de datos del sistema, ancho de banda óptico, ancho de banda eléctrico.

2.3.1 MARGEN DE SEGURIDAD

Este parámetro determinara el valor de pérdida que se deberá adicionar al enlace óptico para otros tipos de pérdidas futuras como lo es por envejecimiento, aparición de grietas superficiales, y otros factores que contribuyan a ellos en el enlace. El margen de seguridad suele tomarse un valor de 2 db para distancias menores a 20 Km.

2.3.2 CÁLCULO DE PÉRDIDA TOTAL POR CONECTORES

La pérdida de conectores en un enlace se calcula mediante el producto de la pérdida de los conectores (este valor por lo general es dado en las hojas de datos) y la cantidad total de conectores usados, es decir:

$$L_{conectores} = N_c * L_{conector} \quad (2.1)$$

Donde:

$L_{conectores}$: *pérdida total por conectores en db.*

N_c : *número de conectores.*

$L_{conector}$: *pérdida por un solo conector en db.*

2.3.3 CÁLCULO DE PÉRDIDA TOTAL POR EMPALMES

La pérdida causada por empalmes se calcula de la misma manera que el cálculo de pérdida por conectores, la pérdida por empalme es dada por el componente que hace el empalme.

$$L_{empalmes} = N_e * L_{empalme} \quad (2.2)$$

Donde:

L_{empalmes}: pérdida total por empalmes en db.

N_e: número de empalmes.

L_{empalme}: pérdida por un solo empalme en db.

2.3.4 CÁLCULO DE PERDIDA POR LA FIBRA ÓPTICA

Para el calcular la perdida de la fibra óptica dentro del análisis de presupuesto de enlace, se necesita el parámetro atenuación que provee el fabricante y la longitud de la fibra utilizada, para lo cual dicha pérdida se la calcula así:

$$L_{fibra} = \alpha * l \quad (2.3)$$

Donde:

L_{fibra}: Pérdida por la fibra óptica, en db.

α : coeficiente de atenuación de la fibra dado en dB/km.

l : longitud del enlace, en km.

Cabe recalcar que para la simulación se usó un coeficiente de atenuación de 0.4 dB/km, según recomendación del fabricante Corning y 0.35 dB/Km para la fibra del fabricante Optral.

2.3.5 PRESUPUESTO DE PÉRDIDA DE ENLACE

El cálculo de este factor indica las pérdidas permitidas desde el inicio del enlace hasta el final, considerando todos los componentes que se encuentren en el enlace incluido el mismo enlace.

2.3.6 TIEMPO DE SUBIDA DEL SISTEMA

El tiempo de subida del sistema proporciona el tiempo de respuesta que posee el enlace, lo cual permite saber cuánto es la velocidad total del enlace y depende de los parámetros de tiempos de subidas del emisor, de la fibra y del receptor de esta manera:

$$t_{sys} = \sqrt{t_{emisor}^2 + t_{fibra}^2 + t_{receptor}^2} \quad (2.4)$$

Donde:

T_{emisor} : tiempo de subida del emisor, el cual es un parámetro que especifica el fabricante.

T_{fibra} : tiempo de subida de la fibra, el cual a la vez depende de la dispersión de la misma, la misma que es un parámetro dado por el fabricante.

$T_{receptor}$: tiempo de subida del receptor, el cual es un parámetro que especifica el fabricante.

2.3.7 TASA DE DATOS DEL SISTEMA

La tasa de datos del sistema se la calcula dependiendo del tipo de pulso a transmitir como pulso RC, gaussiano, y también del tipo de señalización como RZ, NRZ, donde la señalización NRZ es más propensa a ISI (Interferencia Inter Simbólica) y cuya tasa es el doble de la tasa de la señalización RZ.

Para la simulación se asumió transmisión con pulsos gaussianos, por lo que la tasa de datos se la calcula de la siguiente manera:

$$B \approx \frac{0.25}{\sigma} \quad (2.5)$$

Donde:

$$\sigma = 0.425 \Delta_{\tau 1/2} \quad (2.6)$$

B: bit rate o tasa de datos, en Mbps.

$\Delta_{\tau 1/2}$: dispersión total en la fibra, en ns.

2.3.8 ANCHO DE BANDA ÓPTICO

Con el ancho de banda óptico se determina el ancho de banda de la fibra; la velocidad de transmisión nos permite conocer cuanta información se puede transmitir con el ancho de banda óptico disponible. El ancho de banda óptico se lo calcula de la siguiente manera:

$$f_{op} \approx 0.75 B \quad (2.7)$$

Donde:

F_{op} : ancho de banda óptico, en MHz.

B: bit rate, en Mbps.

2.3.9 ANCHO DE BANDA ELÉCTRICO

El ancho de banda eléctrico va a depender del tipo de pulso o señalización que se transmita, del ancho de banda eléctrico si el equipo óptico es adecuado para la red.

$$f_{elect} \approx 0.71 f_{op} \quad (2.8)$$

Donde:

F_{elect} : ancho de banda eléctrico, en MHz.

F_{op} : ancho de banda óptico, en MHz.

CAPITULO 3

3 DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE SIMULACION Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo muestra en detalle el desarrollo de una herramienta de simulación la cual fue de importancia en el proyecto ya que a través de ella se obtuvieron resultados que permiten concluir acerca de cada enlace de la red que se simuló.

Este programa fue hecho en la interfaz gráfica de matlab GUIDE, que es un entorno de programación visual que ofrece Matlab para poder realizar y ejecutar programas de Simulación a medida de forma simple, tiene las

características básicas de todos los programas visuales como Visual Basic o Visual C++.

En este entorno de interfaz gráfica se ha desarrollado la simulación de cada enlace de nuestro sistema de video vigilancia para lo cual fue necesario un código principal con extensión .m y el entorno grafico realizado en Guide con extensión .fig.

Estas dos partes fueron unidas a través de las subrutinas *callback* que es la que realiza la comunicación entre ambas.

3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA

El programa se realizó siguiendo la estructura de un diagrama de flujo quedando totalmente definido en partes como son: portada, descripción del programa, mapeo y simulación de cada enlace, los mismos que también serán detallados empezando por el diagrama de flujo general del programa mostrado a continuación en la figura 3.1.

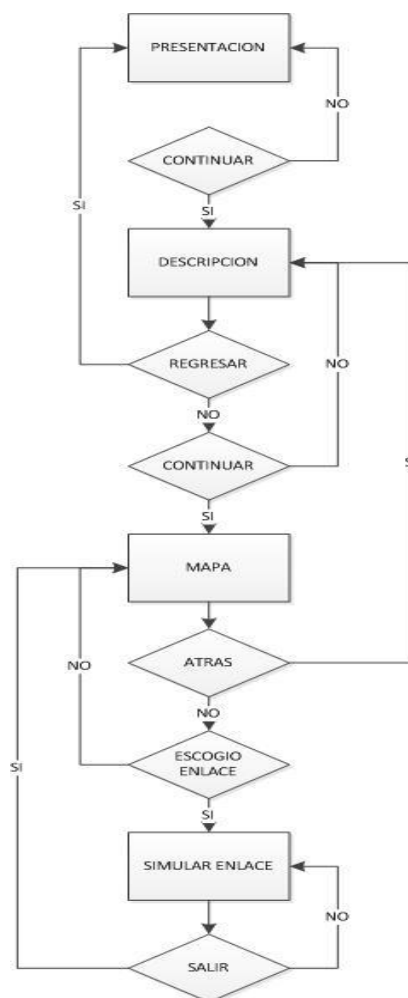


Figura 3.1Diagrama de flujo del programa simulador

El simulador inicia en su portada de presentación, la cual tiene la opción de continuar a la descripción del mismo.

En la descripción se da un breve resumen de lo que hace el simulador y también se tiene la opción de avanzar al mapeo de los enlaces o retroceder a la portada.

Estando en el mapeo de los enlaces se tiene las opciones de retroceder a la descripción y de simular cada enlace ubicándose sobre alguno, si se procede a simular aparecerá una ventana de simulación del enlace y en la misma se tiene la opción de retornar al mapa simplemente cerrando la ventana de simulación de tal enlace.

3.2 PORTADA DEL PROGRAMA

La portada es el inicio del programa, en la cual se muestra el título y los autores del simulador, como se puede observar en la figura 3.2.



Figura 3.2 Portada del programa simulador

La portada fue obtenida a partir del código que se puede observar en el anexo C.1

En dicho código, las líneas en verde son comentarios, la parte para que aparezca la portada está en la función

PRESENTACION_OpeningFnc dentro de la cual se colocan los ejes para insertar la imagen de fondo y también el texto del título y autores.

La parte para el botón continuar se encuentra en la función CONTINUAR, la cual mediante la pulsación de dicho botón llama a la rutina que contiene la descripción del programa.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

En la descripción del programa se describe de manera concreta lo que realiza el simulador, tal y como se muestra en la figura 3.3.

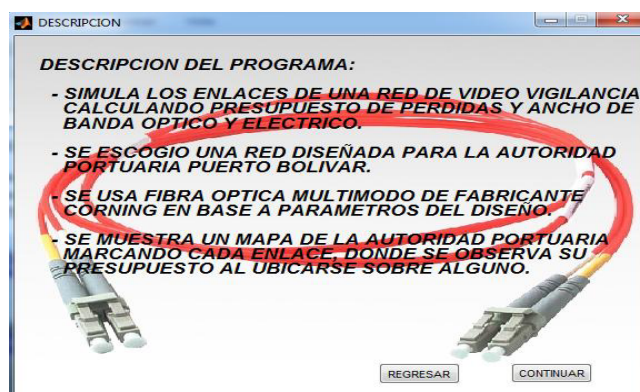


Figura 3.3. Descripción del programa simulador

Como se puede observar en la figura 3.3, se tiene la opción de regresar a la portada y la de continuar al mapeo de los enlaces.

El código que desarrolló la ventana de descripción se encuentra en el anexo C.2.

En el código, las líneas en verde son comentarios, la parte para que aparezca la presentación está en la función *DESCRIPCION_OpeningFnc* dentro de la cual se colocan los ejes para insertar la imagen de fondo y también el texto.

La parte para el botón continuar se encuentra en la función *CONTINUAR*, la cual mediante la pulsación de dicho botón llama a la rutina que contiene el mapeo de los enlaces.

La parte para el botón regresar se encuentra en la función *REGRESAR*, la cual mediante la pulsación de dicho botón retorna a la rutina de la portada.

3.4 MAPEO Y SIMULACIÓN DE LOS ENLACES

En el mapeo de los enlaces, se tiene el mapa de la autoridad portuaria Puerto Bolívar con el recorrido de cada enlace, tal y como se muestra en la figura 3.4.



Figura 3.4. Mapa de la zona y recorrido de los enlaces

En la figura 3.4, se observa cada enlace que es de color azul y su recorrido que inician en armarios y convergen en la consola, describiendo así la topología física en estrella extendida punto a punto, además de tener la opción de escoger dos esquemas de simulación los cuales se conforman de distintos fabricantes, distintos parámetros que repercuten mucho en los resultados, también cuenta con la opción regresar a la ventana de descripción a través del botón **ATRÁS**.

Por otro lado se observa también en la figura 3.4 la opción de ubicarse en cada enlace para su respectiva simulación, los cuales serán mostrados en subcapítulos.

El código que desarrolló la ventana del mapa se encuentra en el anexo C.3.

En el código, las líneas en verde son comentarios, la parte para que aparezca la presentación está en la función *MAPA_OpeningFnc* dentro de la cual se colocan los ejes para insertar la imagen de fondo y también el texto.

La parte para el botón *ATRAS* se encuentra en la función *ATRAS*, la cual mediante la pulsación de dicho botón retorna a la rutina de la descripción.

Se ha sectorizado el mapa general con el fin de apreciar detalladamente cada enlace, de donde nacen y su recorrido.

El mapa sectorizado se lo observa a continuación en la figura 3.5.

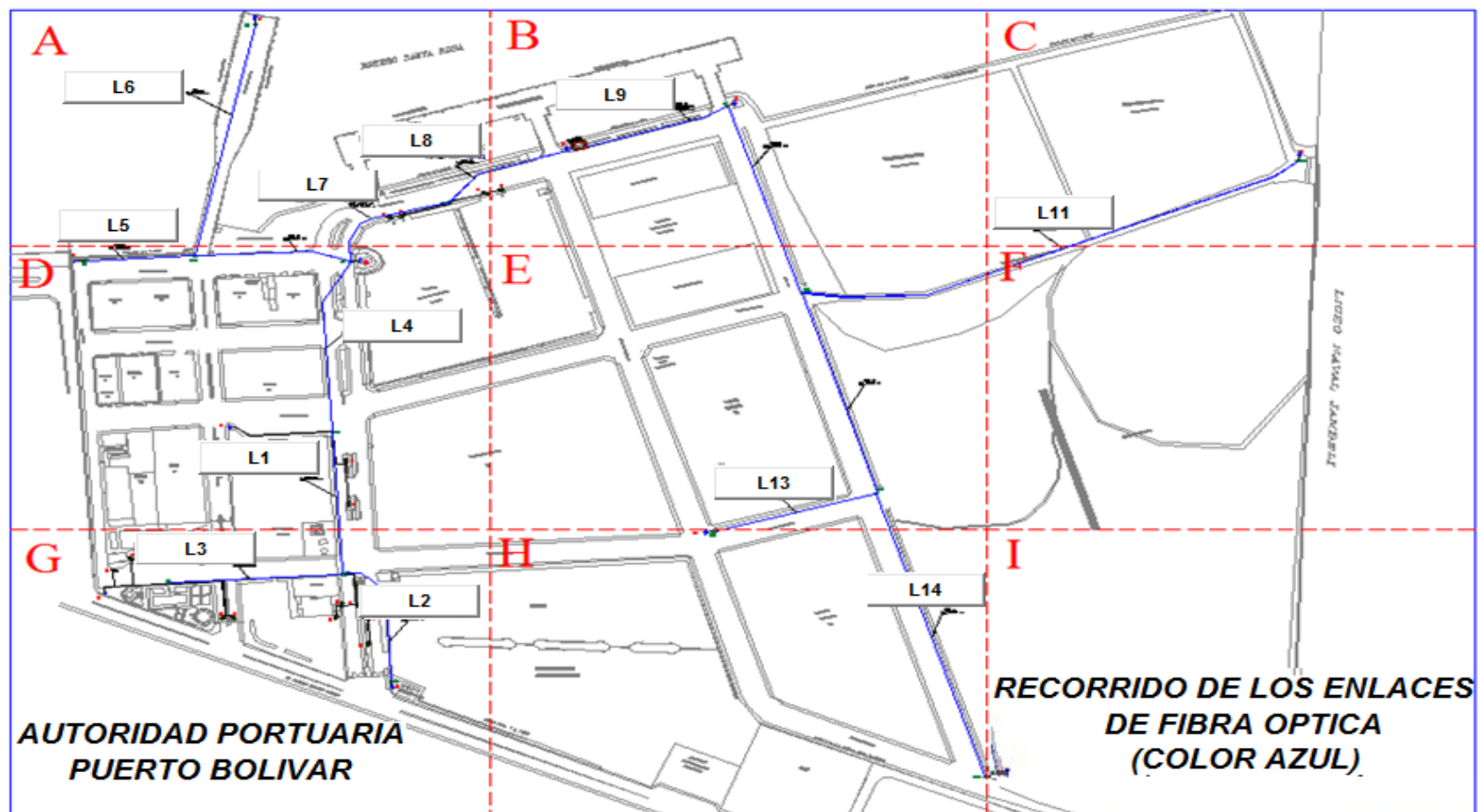


Figura 3.5. Mapa de la zona sectorizado y recorrido de los enlaces [2]

Como se observa se ha dividido en sectores A, B, C, D, E, F, G, H, I, los cuales son las distintas zonas que van a vigilar las cámaras de la red y de donde nacen los enlaces a la consola.

Para simular algún enlace x, se debe dar click en el botón Lx que se encuentra en la figura 3.5, lo cual llama a la función LX, que se encuentra en el código anexado en C.3, dicha función LX llevará a la rutina de simulación de ese enlace llamada ENLACEX, así también se escoge el esquema el cual por default es el que usaron los señores Luis Balladares y Joseph Pico en el trabajo en el que se basa este proyecto, diseño de una red de fibra óptica para un sistema de video vigilancia, que es la fibra óptica multimodo de fabricante Corning y los equipos ópticos de fabricante Fiberlink. Por ejemplo, para simular el enlace L1 se presiona el botón L1. Al presionar el botón L1 se ejecuta la correspondiente función llamada L1 que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace llamada *ENLACE1*.

A continuación se mostrará la simulación de cada enlace de fibra óptica que conforma la red de videovigilancia, para los cuales se usó de manera general un código que se encuentra en el anexo C.4 y es la rutina llamada *ENLACE*. Dicho código en general se considera importante para llevar a cabo la finalidad del presente proyecto lo

cual es la simulación de los enlaces de la red de video vigilancia y está conformado por tres partes, la primera abarca el presupuesto de pérdidas, la segunda parte se dedica al presupuesto de ancho de banda y la tercera parte a un bosquejo de la atenuación a lo largo del enlace en función de la longitud del mismo con la opción de ubicar los empalmes, que en conjunto se muestran en una sola ventana que es la simulación del enlace, ya sea de uno de los dos esquemas que se desee simular.

El código para hacer el presupuesto de pérdidas se encuentra anexado en C.4

El presupuesto de pérdidas se basa en datos que se ingresaron como lo son: distancia o longitud del enlace en km, coeficiente de atenuación de la fibra en dB/km , pérdida por conector en dB, número de conectores, pérdidas por empalme en db, número de empalmes, margen de seguridad para futuras pérdidas en db, pérdida máxima permitida por el emisor, que son variables que se declararon anteponiendo la palabra *global*, en donde ingresando los valores correspondientes y a través de las fórmulas correspondientes se realizan los cálculos respectivos y se obtienen resultados claves como son la pérdida total en el enlace y en comparación con el dato de la pérdida máxima, concluir si el enlace es el adecuado para usar.

El código para hacer el presupuesto de ancho de banda se encuentra anexado en C.4

El presupuesto de ancho de banda se basa en datos que se ingresaron como lo son: longitud de onda a usar en nm, ancho espectral en nm, parámetro de ancho de banda – longitud en MHz* km, concatenación para distancias menores a 1 km, datos que fueron de uso clave para ofrecer resultados como: dispersión total en la fibra en ms, bit rate en Mbps (asumiendo pulsos gaussianos), ancho de banda óptico en MHz, ancho de banda eléctrico en MHz y así a través de dichos resultados conocer la calidad del enlace.

El código para hacer el gráfico de atenuación - distancia con la opción de ubicar los empalmes para luego modifica el gráfico de atenuación – distancia de acuerdo a dicho cambio se encuentra anexado en C.4. Donde inicialmente los empalmes se ubicaron de manera equidistante.

3.4.1 MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L1

El enlace L1 se encuentra en el sector D, según la figura 3.6.

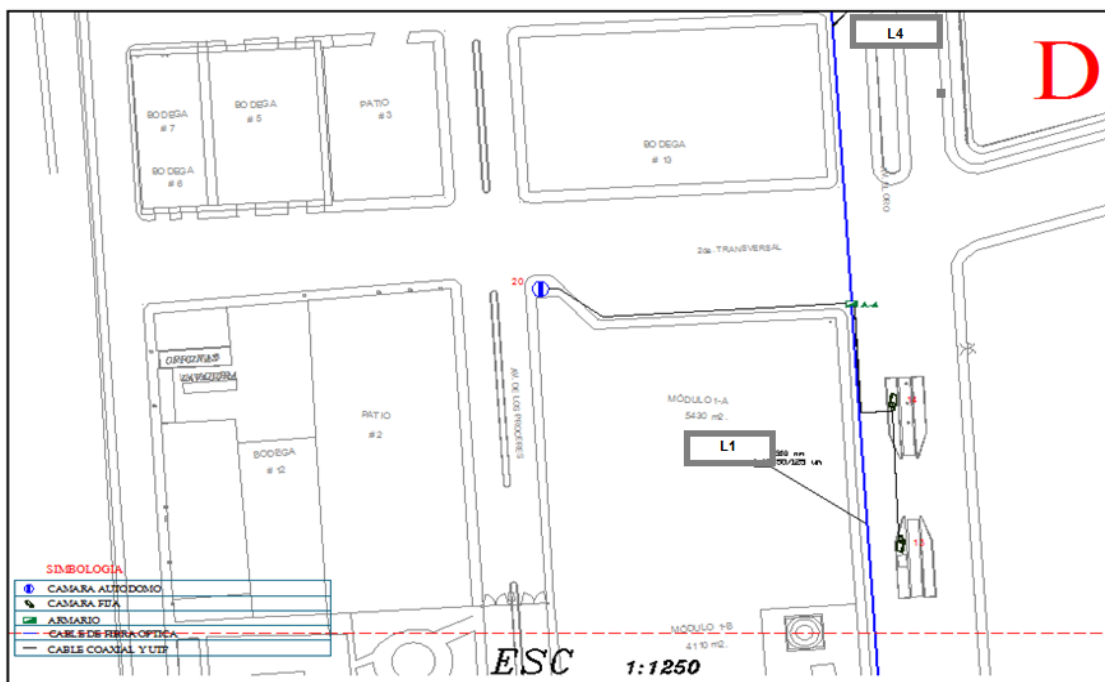


Figura 3.6. Recorrido de la fibra óptica, enlace L1 [2]

Para simular el enlace L1 se debe presionar el botón L1. Al presionarlo se ejecuta la correspondiente función llamada *L1* que se encuentra anexada en C.3, que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace que se basó en el código general ubicado en el anexo C.4 y ofrece la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 3.7, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en “x”.

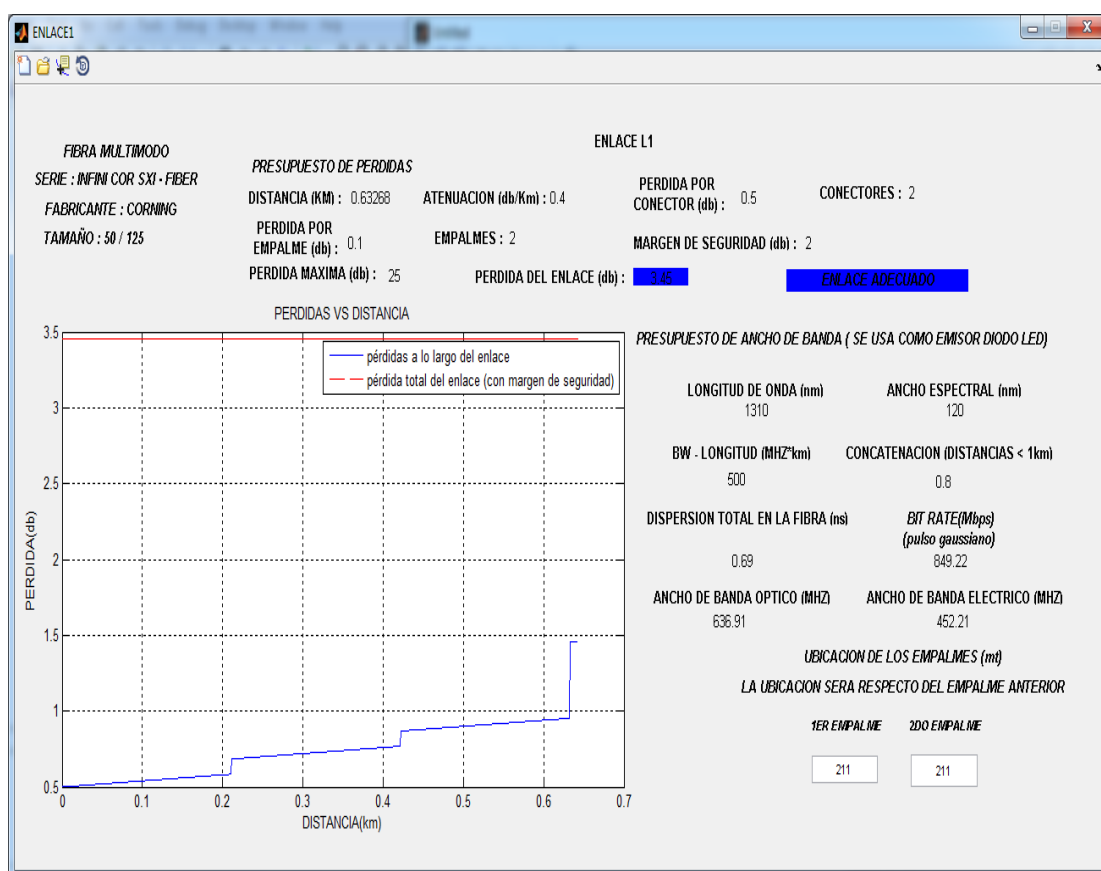


Figura 3.7. Simulación de enlace L1

Para obtener el presupuesto de pérdidas del enlace L1, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestran de manera resumida en la tabla 3.1 y tabla 3.2 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Coeficiente de atenuación (dB/km)		Número de conectores	Pérdida por conector (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida máxima (dB)	
	CRNG	OPTL						FBLNK	GE
632.68	0.4	0.35	2	0.5	2	0.1	2	25	20

Tabla 3.1. Datos para presupuesto de pérdidas del enlace L1

Resultados:

Pérdida en la fibra por distancia (dB)		Pérdidas por conectores (dB)	Pérdidas por empalmes (dB)	Pérdida total del enlace (dB)		¿Es útil la fibra para este enlace?
CRNG	OPTL			ESQ1	ESQ2	
0.25	0.22	1	0.2	3.45	3.42	Si

Tabla 3.2. Presupuesto de pérdidas del enlace L1

La pérdida total no supera el límite permitido por lo que se considera adecuado ya agregado el margen de seguridad para pérdidas futuras o pérdidas que no se consideraron pero que relativamente son pequeñas comparadas con las de los datos que se ingresaron, sin embargo hay que tener mucho cuidado en agregar conectores puesto que son los que presentan la mayor pérdida a tal punto que el

enlace podría superar el límite, es recomendable estar muy por debajo de dicho límite.

Para obtener el presupuesto de ancho de banda del enlace L1, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestra de manera resumida en la tabla 3.3 y tabla 3.4 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Longitud de onda (nm)	Ancho espectral (nm)	Anch de banda - Longitud (Mhz*Km)	Concatenación (distancias menores a 1 Km)
632.68	1310	120	500	0.8

Tabla 3.3. Datos para presupuesto de ancho de banda del enlace L1

Resultados:

Bit rate (asumiendo pulso gaussiano) (Mbps)		Ancho de banda óptico (Mhz)		Ancho de banda eléctrico (Mhz)	
ESQ1	ESQ2	ESQ1	ESQ2	ESQ1	ESQ2
849.22	2582.64	636.91	1936.98	452.21	1375.26

Tabla 3.4. Presupuesto de ancho de banda del enlace L1

Los resultados demuestran que la fibra óptica con los equipos ópticos usados permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho

de banda para el número de cámaras del enlace, por ejemplo el mayor número de cámaras es del enlace L1 con 6 cámaras, por lo que se necesita 42 MHz, según lo especifica el fabricante Fiberlink y 39 MHz según General Electric, y se dispone de 452.21 MHz con fibra multimodo Corning, mientras con fibra monomodo Optral se supera el GHz, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando esta fibra se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps por parte de la fibra multimodo que se utilizó, mientras que con fibra monomodo se supera el Gbps.

3.4.2 MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L2

El enlace L2 se encuentra en el sector D, según la figura 3.8.

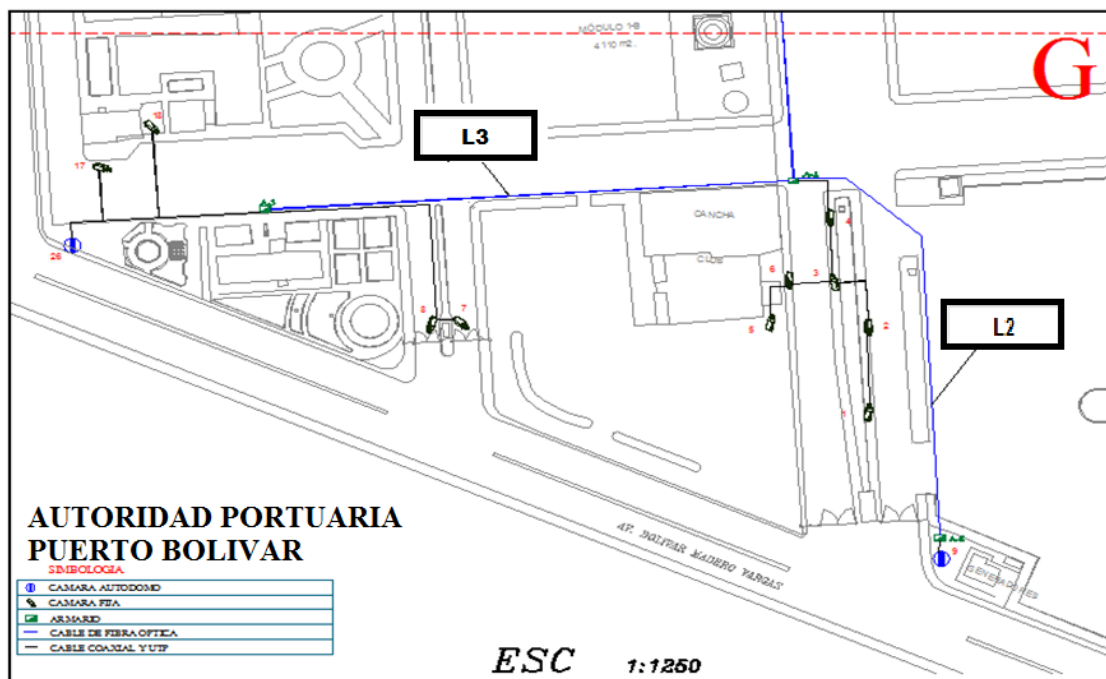


Figura 3.8. Recorrido de la fibra óptica, enlace L2 [2]

Para simular el enlace L2 se debe presionar el botón L2. Al presionarlo se ejecuta la correspondiente función llamada L2 que se encuentra anexada en C.3, que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace que se basó en el código general ubicado en el anexo C.4 y ofrece la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 3.9, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en “x”.

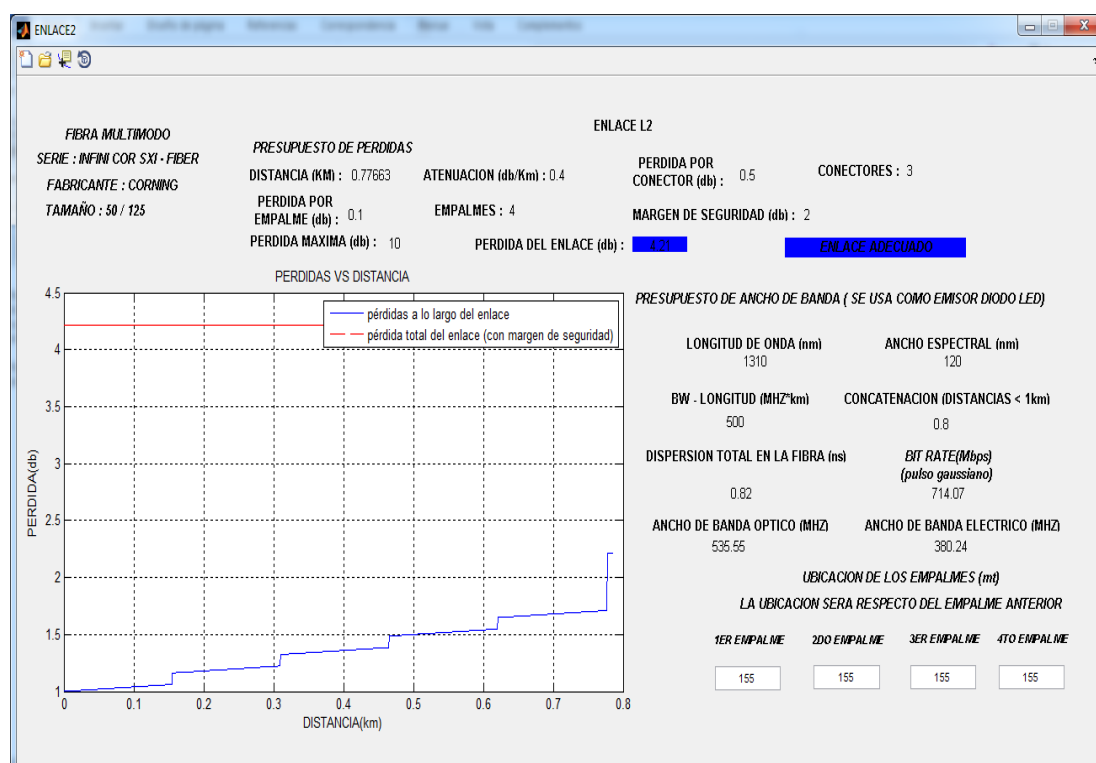


Figura 3.9. Simulación de enlace L2

Para obtener el presupuesto de pérdidas del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestran de manera resumida en la tabla 3.5 y tabla 3.6 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Coeficiente de atenuación (dB/km)		Número de conectores	Pérdida por conector (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida máxima (dB)	
	CRNG	OPTL						FBLNK	GE
776.63	0.4	0.35	3	0.5	4	0.1	2	10	20

Tabla 3.5. Datos para presupuesto de pérdidas del enlace L2

Resultados:

Pérdida en la fibra por distancia (dB)		Pérdidas por conectores (dB)	Pérdidas por empalmes (dB)	Pérdida total del enlace (dB)		¿Es útil la fibra para este enlace?
CRNG	OPTL			ESQ 1	ESQ 2	
0.31	0.27	1.5	0.2	4.21	4.17	Si

Tabla 3.6. Presupuesto de pérdidas del enlace L2

La pérdida total no supera el límite permitido por lo que se considera adecuado ya agregado el margen de seguridad para pérdidas futuras o pérdidas que no se consideraron pero que relativamente son pequeñas comparadas con las de los datos que se ingresaron, sin embargo hay que tener mucho cuidado en agregar conectores puesto que son los que presentan la mayor pérdida a tal punto que el

enlace podría superar el límite, es recomendable estar muy por debajo de dicho límite.

Para obtener el presupuesto de ancho de banda del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestra de manera resumida en la tabla 3.7 y tabla 3.8 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Longitud de onda (nm)	Ancho espectral (nm)	Anch de banda - Longitud (Mhz*Km)	Concatenación (distancias menores a 1 Km)
776.63	1310	120	500	0.8

Tabla 3.7. Datos para presupuesto de ancho de banda del enlace L2

Resultados:

Bit rate (asumiendo pulso gaussiano) (Mbps)		Ancho de banda óptico (Mhz)		Ancho de banda eléctrico (Mhz)	
ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2
714.07	2103.95	535.55	1577.96	380.24	1120.35

Tabla 3.8. Presupuesto de ancho de banda del enlace L2

Los resultados demuestran que la fibra óptica con el equipo óptico usado permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho

de banda para el número de cámaras del enlace, ya que, según el fabricante, el ancho que se requiere es menor a 42Mhz con FIBERLINK y menor a 39 MHz con General Electric,y se dispone de 380.24 MHz en el esquema 1 y 1.12 GHz en el esquema 2, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando esta fibra se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps con fibra multimodo que se usó, mientras que con monomodo se supera el Gbps.

3.4.3 MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L3

El enlace L3 se encuentra en el sector G, según la figura 3.10.

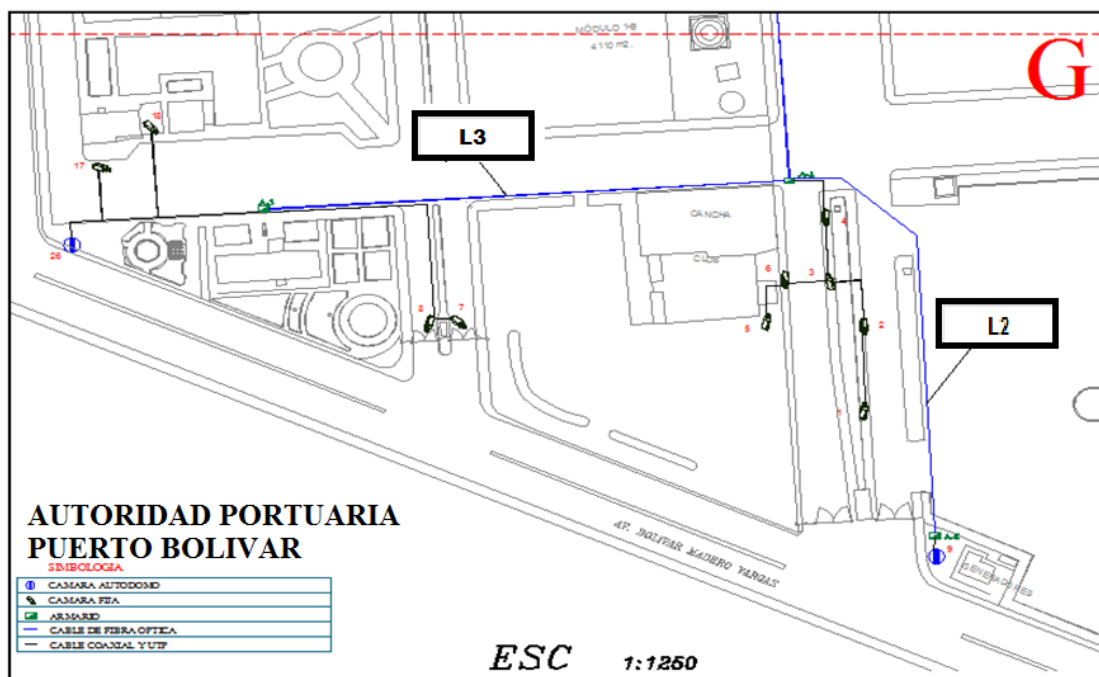


Figura 3.10. Recorrido de la fibra óptica, enlace L3 [2]

Para simular el enlace L3 se debe presionar el botón L3. Al presionarlo se ejecuta la correspondiente función llamada L3 que se encuentra anexada en C.3, que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace que se basó en el código general ubicado en el anexo C.4 y ofrece la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 3.11, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en “x”.

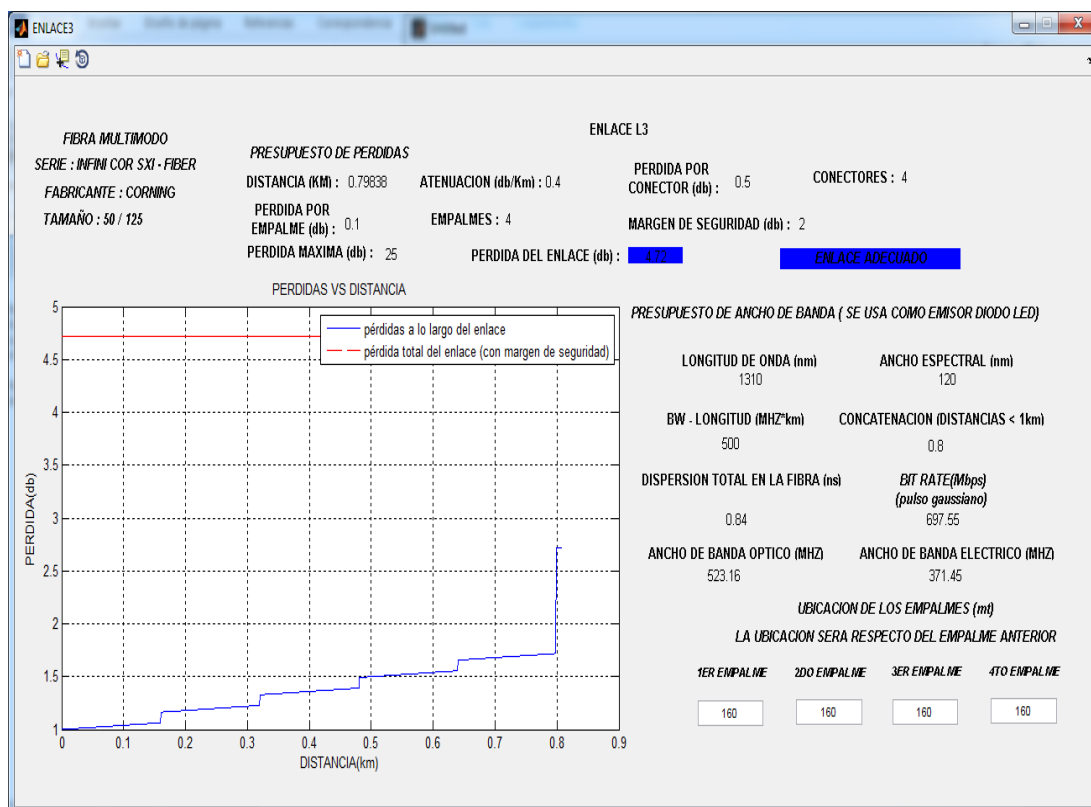


Figura 3.11. Simulación de enlace L3

Para obtener el presupuesto de pérdidas del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestran de manera resumida en la tabla 3.9 y tabla 3.10 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Coeficiente de atenuación (dB/km)		Número de conectores	Pérdida por conector (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida máxima (dB)	
	CRNG	OPTL						FBLNK	GE
798.38	0.4	0.35	4	0.5	4	0.1	2	25	18

Tabla 3.9. Datos para presupuesto de pérdidas del enlace L3

Resultados:

Pérdida en la fibra por distancia (dB)		Pérdidas por conectores (dB)	Pérdidas por empalmes (dB)	Pérdida total del enlace (dB)		¿Es útil la fibra para este enlace?
CRN	OPTL			ESQ 1	ESQ 2	
0.32	0.28	2	0.2	4.72	4.68	Si

Tabla 3.10. Presupuesto de pérdidas del enlace L3

La pérdida total no supera el límite permitido por lo que se considera adecuado ya agregado el margen de seguridad para pérdidas futuras o pérdidas que no se consideraron pero que relativamente son pequeñas comparadas con las de los datos que se ingresaron, sin embargo hay que tener mucho cuidado en agregar conectores puesto que son los que presentan la mayor pérdida a tal punto que el

enlace podría superar el límite, es recomendable estar muy por debajo de dicho límite.

Para obtener el presupuesto de ancho de banda del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestra de manera resumida en la tabla 3.11 y tabla 3.12 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Longitud de onda (nm)	Ancho espectral (nm)	Anch de banda - Longitud (Mhz*Km)	Concatenación (distancias menores a 1 Km)
798.38	1310	120	500	0.8

Tabla 3.11. Datos para presupuesto de ancho de banda del enlace L3

Resultados:

Bit rate (asumiendo pulso gaussiano) (Mbps)		Ancho de banda óptico (Mhz)		Ancho de banda eléctrico (Mhz)	
ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2
697.55	2046.63	523.16	1534.97	371.45	1089.93

Tabla 3.12. Presupuesto de ancho de banda del enlace L3

Los resultados demuestran que la fibra óptica con el equipo óptico usado permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho de banda para el número de cámaras del enlace, ya que, según el fabricante, el ancho que se requiere es menor a 42Mhz según FIBERLINK y menor a 39 MHZ según General Electric, y se dispone de 371.45 MHz en el esquema 1 y 1.01 GHz en el esquema 2, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando esta fibra multimodo de Corning se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps mientras que con la fibra monomodo de Optral se supera el Gbps.

3.4.4 MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L4

El enlace L4 se encuentra en el sector D, según la figura 3.12.

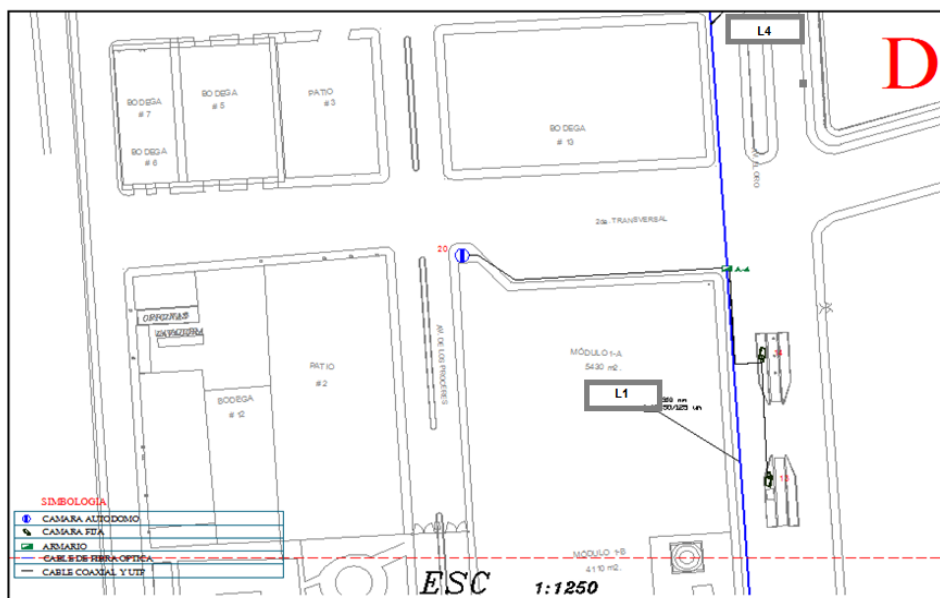


Figura 3.12. Recorrido de la fibra óptica, enlace L4[2]

Para simular el enlace L4 se debe presionar el botón L4. Al presionarlo se ejecuta la correspondiente función llamada *L4* que se encuentra anexada en C.3, que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace que se basó en el código general ubicado en el anexo C.4 y ofrece la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 3.13, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en “x”.

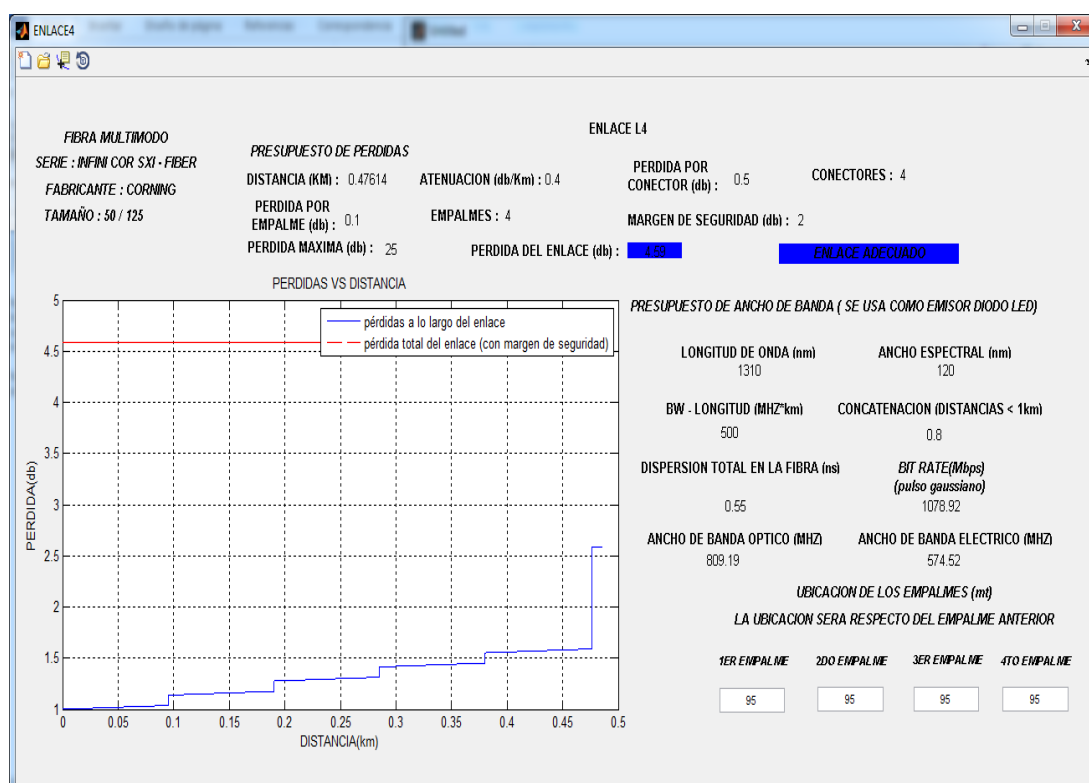


Figura 3.13. Simulación de enlace L4

Para obtener el presupuesto de pérdidas del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestran de manera resumida en la tabla 3.13 y tabla 3.14 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Coeficiente de atenuación (dB/km)		Número de conectores	Pérdida por conector (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida máxima(dB)	
	CRNG	OPTL						FBLNK	GE
476.14	0.4	0.35	4	0.5	4	0.1	2	25	17

Tabla 3.13. Datos para presupuesto de pérdidas del enlace L4

Resultados:

Pérdida en la fibra por distancia (dB)		Pérdidas por conectores (dB)	Pérdidas por empalmes (dB)	Pérdida total del enlace (dB)		¿Es útil la fibra para este enlace?
CRNG	OPTL			ESQ 1	ESQ 2	
0.19	0.17	2	0.2	4.59	4.57	Si

Tabla 3.14. Presupuesto de pérdidas del enlace L4

La pérdida total no supera el límite permitido por lo que se considera adecuado ya agregado el margen de seguridad para pérdidas futuras o pérdidas que no se consideraron pero que relativamente son pequeñas comparadas con las de los datos que se ingresaron, sin embargo hay que tener mucho cuidado en agregar conectores puesto que son los que presentan la mayor pérdida a tal punto que el

enlace podría superar el límite, es recomendable estar muy por debajo de dicho límite.

Para obtener el presupuesto de ancho de banda del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestra de manera resumida en la tabla 3.15 y tabla 3.16 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Longitud de onda (nm)	Ancho espectral (nm)	Anch de banda - Longitud (Mhz*Km)	Concatenación (distancias menores a 1 Km)
476.14	1310	120	500	0.8

Tabla 3.15. Datos para presupuesto de ancho de banda del enlace L4

Resultados:

Bit rate (asumiendo pulso gaussiano) (Mbps)		Ancho de banda óptico (Mhz)		Ancho de banda eléctrico (Mhz)	
ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2
1078.92	3431.79	809.19	2573.80	574.52	1827.40

Tabla 3.16. Presupuesto de ancho de banda del enlace L4

Los resultados demuestran que la fibra óptica con el equipo óptico usado permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho

de banda para el número de cámaras del enlace, ya que, según el fabricante, el ancho que se requiere es menor a 42MHz con FIBERLINK y menor a 39 MHz con General Electric, y se dispone de 574.52 MHz para el esquema 1 y 1.83 GHz para el esquema 2, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando esta fibra multimodo de fabricante Corning se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps mientras que usando fibra monomodo de fabricante Optral se supera el Gbps.

3.4.5 MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L5

El enlace L5 se encuentra en el sector A, según la figura 3.14.

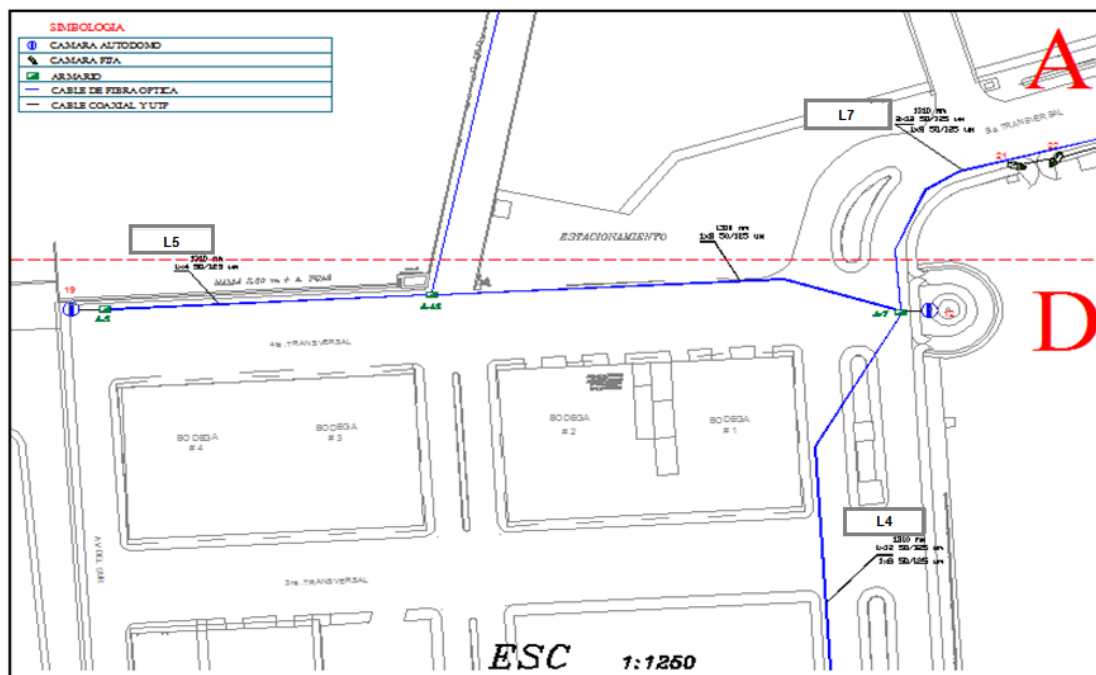


Figura 3.14. Recorrido de la fibra óptica, enlaces L5 [2]

Para simular el enlace L5 se debe presionar el botón L5. Al presionarlo se ejecuta la correspondiente función llamada L5 que se encuentra anexada en C.3, que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace que se basó en el código general ubicado en el anexo C.4 y ofrece la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 3.15, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en “x”.

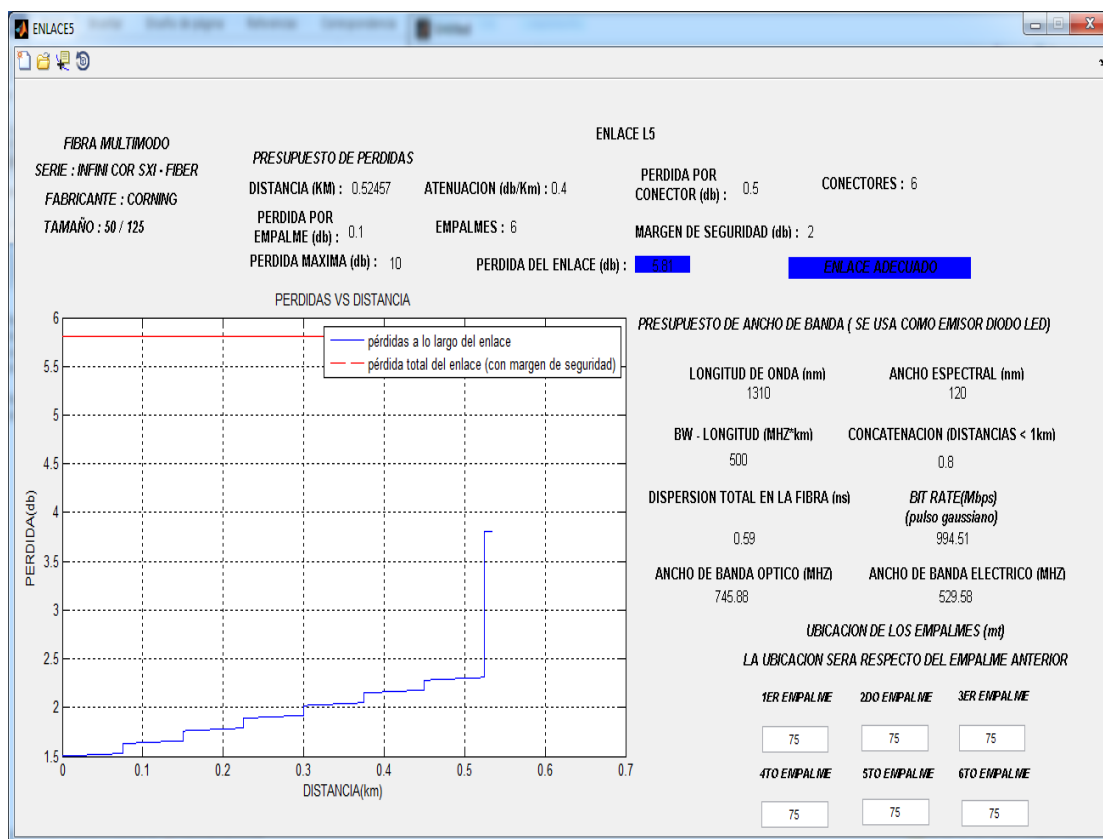


Figura 3.15. Simulación de enlace L5

Para obtener el presupuesto de pérdidas del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestran de manera resumida en la tabla 3.17 y tabla 3.18 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Coeficiente de atenuación (dB/km)		Número de conectores	Pérdida por conector (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida máxima(dB)	
	CRNG	OPTL						FBLNK	GE
524.57	0.4	0.35	6	0.5	6	0.1	2	10	18

Tabla 3.17. Datos para presupuesto de pérdidas del enlace L5

Resultados:

Pérdida en la fibra por distancia (dB)		Pérdidas por conectores (dB)	Pérdidas por empalmes (dB)	Pérdida total del enlace (dB)		¿Es útil la fibra para este enlace?
CRNG	OPT			ESQ 1	ESQ 2	
0.21	0.18	3	0.6	5.81	5.78	Si

Tabla 3.18. Presupuesto de pérdidas del enlace L5

La pérdida total no supera el límite permitido por lo que se considera adecuado ya agregado el margen de seguridad para pérdidas futuras o pérdidas que no se consideraron pero que relativamente son pequeñas comparadas con las de los datos que se ingresaron, sin embargo hay que tener mucho cuidado en agregar conectores puesto que son los que presentan la mayor pérdida a tal punto que el

enlace podría superar el límite, es recomendable estar muy por debajo de dicho límite.

Para obtener el presupuesto de ancho de banda del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestra de manera resumida en la tabla 3.19 y tabla 3.20 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Longitud de onda (nm)	Ancho espectral (nm)	Anch de banda - Longitud (Mhz*Km)	Concatenación (distancias menores a 1 Km)
524.57	1310	120	500	0.8

Tabla 3.19. Datos para presupuesto de ancho de banda del enlace L5

Resultados:

Bit rate (asumiendo pulso gaussiano) (Mbps)		Ancho de banda óptico (Mhz)		Ancho de banda eléctrico (Mhz)	
ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2
994.51	3114.91	745.88	2336.18	529.58	1658.69

Tabla 3.20. Presupuesto de ancho de banda del enlace L5

Los resultados demuestran que la fibra óptica con el equipo óptico usado permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho

de banda para el número de cámaras del enlace, ya que, según el fabricante, el ancho de banda que se requiere es menor a 42MHz con FIBERLINK y menor a 39 MHz con General Electric, y se dispone de 529.58 MHz con el esquema 1 y 1.66 GHz con el esquema 2, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando esta fibra multimodo de fabricante Corning se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps mientras que con fibra monomodo de fabricante Optral se supera el Gbps.

3.4.6 MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L6

El enlace L6 se encuentra en el sector A, según la figura 3.16.

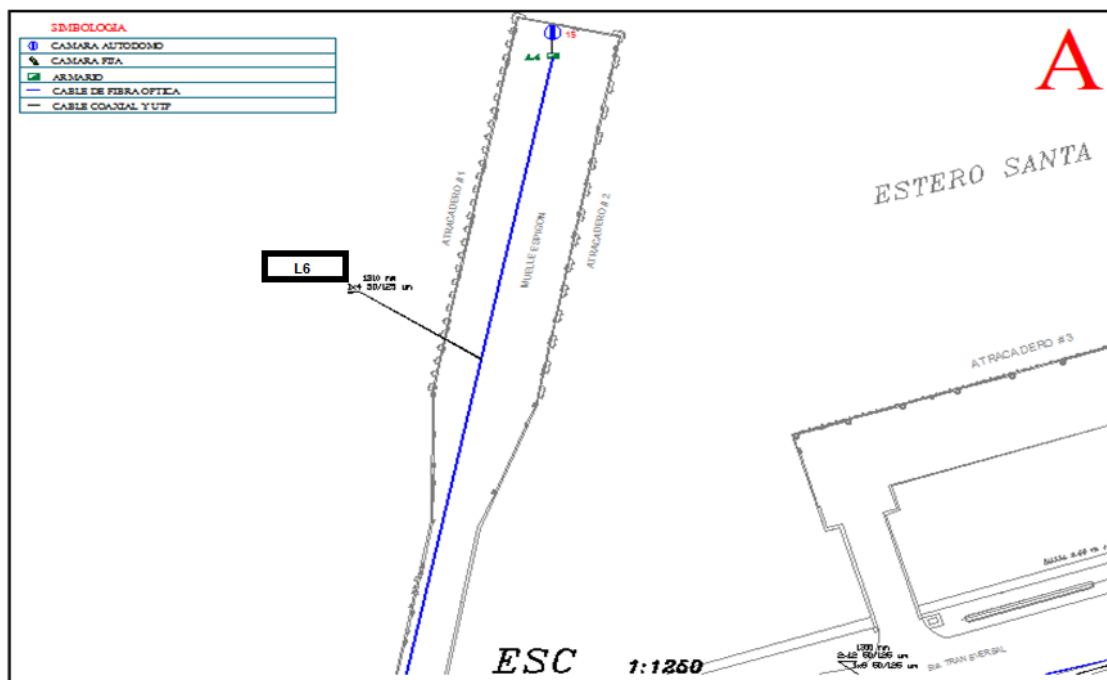


Figura 3.16. Recorrido de la fibra óptica, enlace L6 [2]

Para simular el enlace L6 se debe presionar el botón L6. Al presionarlo se ejecuta la correspondiente función llamada L6 que se encuentra anexada en C.3, que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace que se basó en el código general ubicado en el anexo C.4 y ofrece la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 3.17, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en “x”.

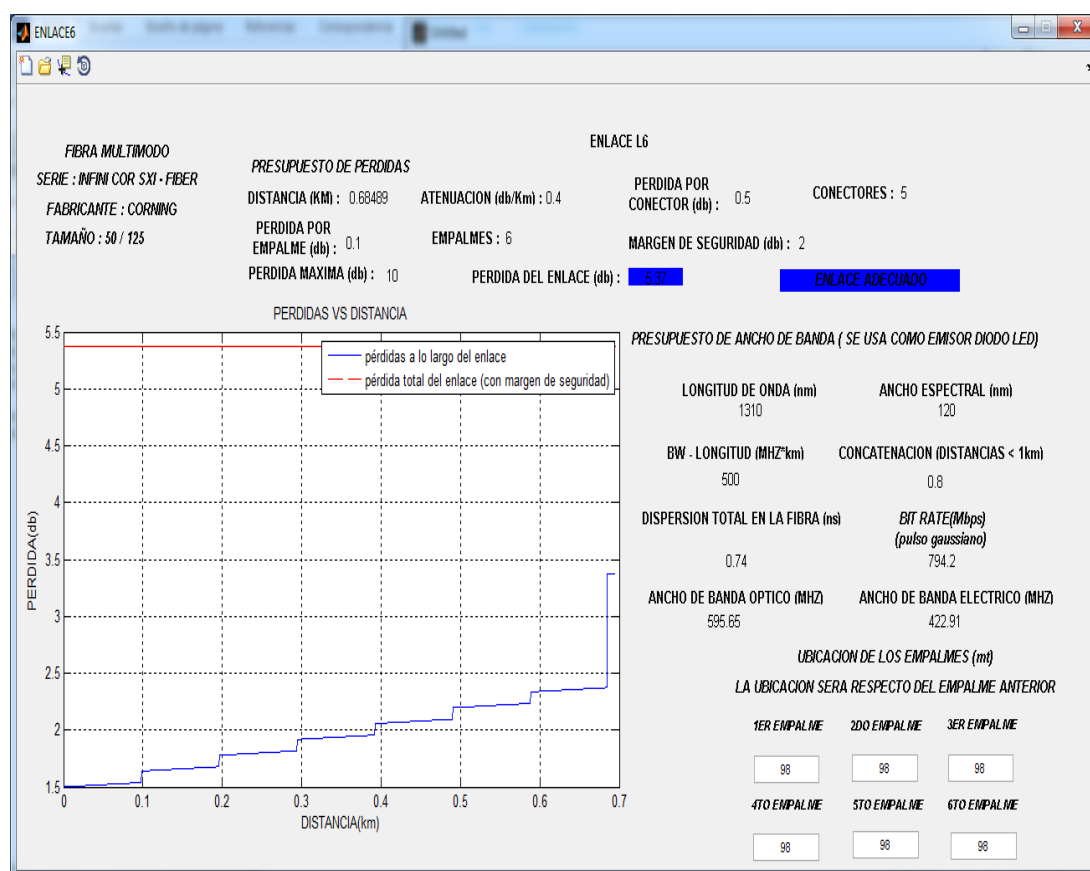


Figura 3.17. Simulación de enlace L6

Para obtener el presupuesto de pérdidas del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestran de manera resumida en la tabla 3.21 y tabla 3.22 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Coeficiente de atenuación (dB/km)		Número de conectores	Pérdida por conector (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida máxima (dB)	
	CRNG	OPTL						FBLNK	GE
684.89	0.4	0.35	5	0.5	6	0.1	2	10	18

Tabla 3.21. Datos para presupuesto de pérdidas del enlace L6

Resultados:

Pérdida en la fibra por distancia (dB)		Pérdidas por conectores (dB)	Pérdidas por empalmes (dB)	Pérdida total del enlace (dB)		¿Es útil la fibra para este enlace?
CRNG	OPTL			ESQ 1	ESQ 2	
0.27	0.24	2.5	0.6	5.37	5.34	Si

Tabla 3.22. Presupuesto de pérdidas del enlace L6

La pérdida total no supera el límite permitido por lo que se considera adecuado ya agregado el margen de seguridad para pérdidas futuras o pérdidas que no se consideraron pero que relativamente son pequeñas comparadas con las de los datos que se ingresaron, sin embargo hay que tener mucho cuidado en agregar conectores puesto que son los que presentan la mayor pérdida a tal punto que el

enlace podría superar el límite, es recomendable estar muy por debajo de dicho límite.

Para obtener el presupuesto de ancho de banda del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestra de manera resumida en la tabla 3.23 y tabla 3.24 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Longitud de onda (nm)	Ancho espectral (nm)	Anch de banda - Longitud (Mhz*Km)	Concatenación (distancias menores a 1 Km)
684.89	1310	120	500	0.8

Tabla 3.23. Datos para presupuesto de ancho de banda del enlace L6

Resultados:

Bit rate (asumiendo pulso gaussiano) (Mbps)		Ancho de banda óptico (Mhz)		Ancho de banda eléctrico (Mhz)	
ESQUEMA 1 ESQUEMA 2		ESQUEMA 1 ESQUEMA 2		ESQUEMA 1 ESQUEMA 2	
794.2	2385.77	595.65	1789.32	422.91	1270.42

Tabla 3.24. Presupuesto de ancho de banda del enlace L6

Los resultados demuestran que la fibra óptica con el equipo óptico usado permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho

de banda para el número de cámaras del enlace, ya que, según el fabricante, el ancho de banda que se requiere es menor a 42MHz con Fiberlink y menor a 39 MHz con General Electric, y se dispone de 422.91 MHz con el esquema 1 y 1.27 GHz con el esquema 2, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando esta fibra multimodo de fabricante Corning se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps mientras que con fibra monomodo de fabricante Optral se supera el Gbps.

3.4.7 MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L7

El enlace L7 se encuentra en el sector A, según la figura 3.18.

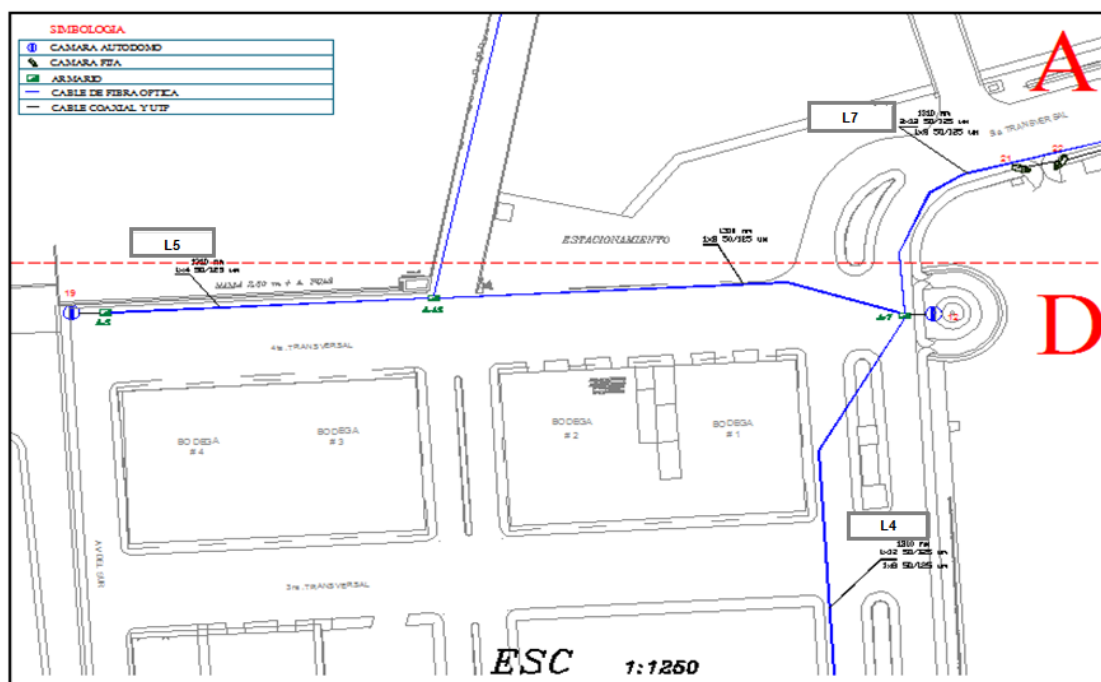


Figura 3.18. Recorrido de la fibra óptica, enlace L7 [2]

Para simular el enlace L7 se debe presionar el botón L7. Al presionarlo se ejecuta la correspondiente función llamada L7 que se encuentra anexada en C.3, que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace que se basó en el código general ubicado en el anexo C.4 y ofrece la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 3.19, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en “x”.

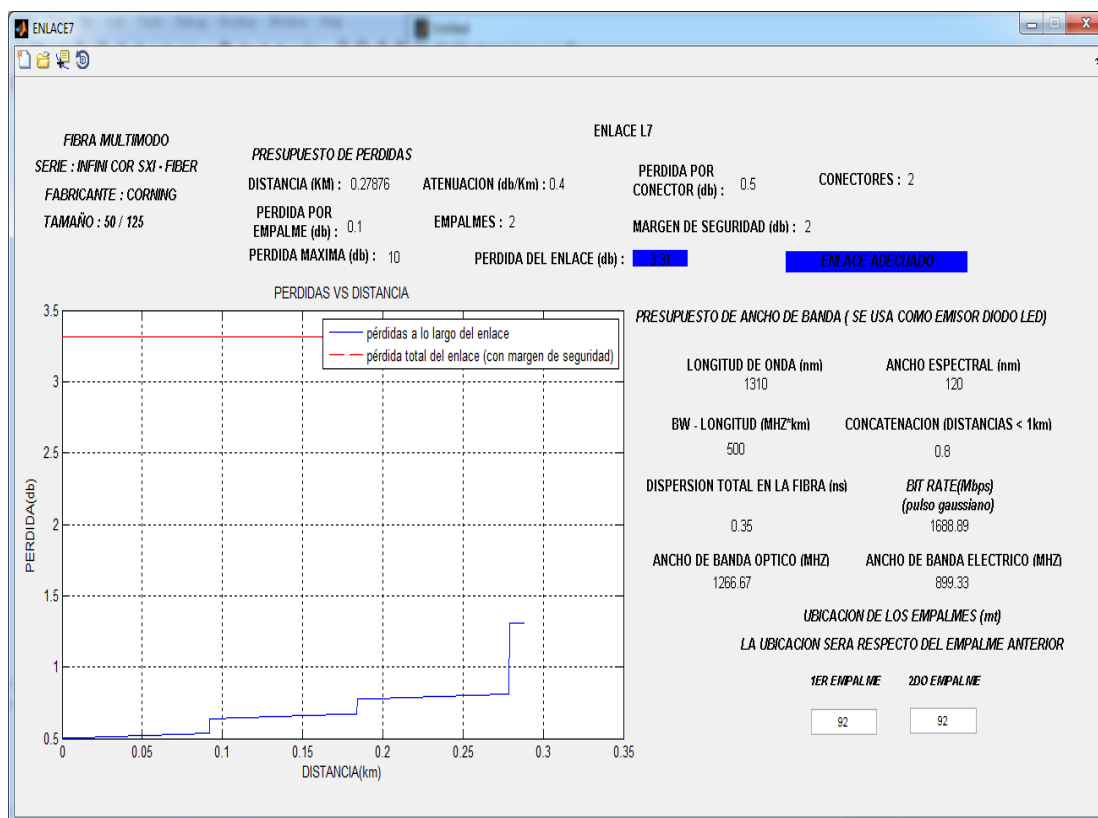


Figura 3.19. Simulación de enlace L7

Para obtener el presupuesto de pérdidas del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestran de manera resumida en la tabla 3.25 y tabla 3.26 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Coeficiente de atenuación (dB/km)		Número de conectores	Pérdida por conector (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida máxima(dB)	
	CRNG	OPTL						FBLNK	GE
278.76	0.4	0.35	2	0.5	2	0.1	2	10	18

Tabla 3.25. Datos para presupuesto de pérdidas del enlace L7

Resultados:

Pérdida en la fibra por distancia (dB)		Pérdidas por conectores (dB)	Pérdidas por empalmes (dB)	Pérdida total del enlace (dB)		¿Es útil la fibra para este enlace?
CRNG	OPTL			ESQ 1	ESQ 2	
0.11	0.10	1	0.2	3.31	3.30	Si

Tabla 3.26. Presupuesto de pérdidas del enlace L7

La pérdida total no supera el límite permitido por lo que se considera adecuado ya agregado el margen de seguridad para pérdidas futuras o pérdidas que no se consideraron pero que relativamente son pequeñas comparadas con las de los datos que se ingresaron, sin embargo hay que tener mucho cuidado en agregar conectores puesto que son los que presentan la mayor pérdida a tal punto que el

enlace podría superar el límite, es recomendable estar muy por debajo de dicho límite.

Para obtener el presupuesto de ancho de banda del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestra de manera resumida en la tabla 3.27 y tabla 3.28 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Longitud de onda (nm)	Ancho espectral (nm)	Anch de banda - Longitud (Mhz*Km)	Concatenación (distancias menores a 1 Km)
278.76	1310	120	500	0.8

Tabla 3.27. Datos para presupuesto de ancho de banda del enlace L7

Resultados:

Bit rate (asumiendo pulso gaussiano) (Mbps)		Ancho de banda óptico (Mhz)		Ancho de banda eléctrico (Mhz)	
ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2
1688.89	5861.63	1266.67	4396.22	899.33	3121.32

Tabla 3.28. Presupuesto de ancho de banda del enlace L7

Los resultados demuestran que la fibra óptica con el equipo óptico usado permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho

de banda para el número de cámaras del enlace, ya que, según el fabricante, el ancho de banda que se requiere es menor a 42Mhz (con FIBERLINK) y menor a 39 MHZ (con General Electric) y se dispone de 899.33 MHz en el esquema 1 y 3.12 GHz en el esquema 2, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando esta fibra multimodo de fabricante Corning se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps mientras que con fibra monomodo de fabricante Optral se supera el Gbps.

3.4.8 MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L8

El enlace L8 se encuentra en el sector A-B, según la figura 3.20.

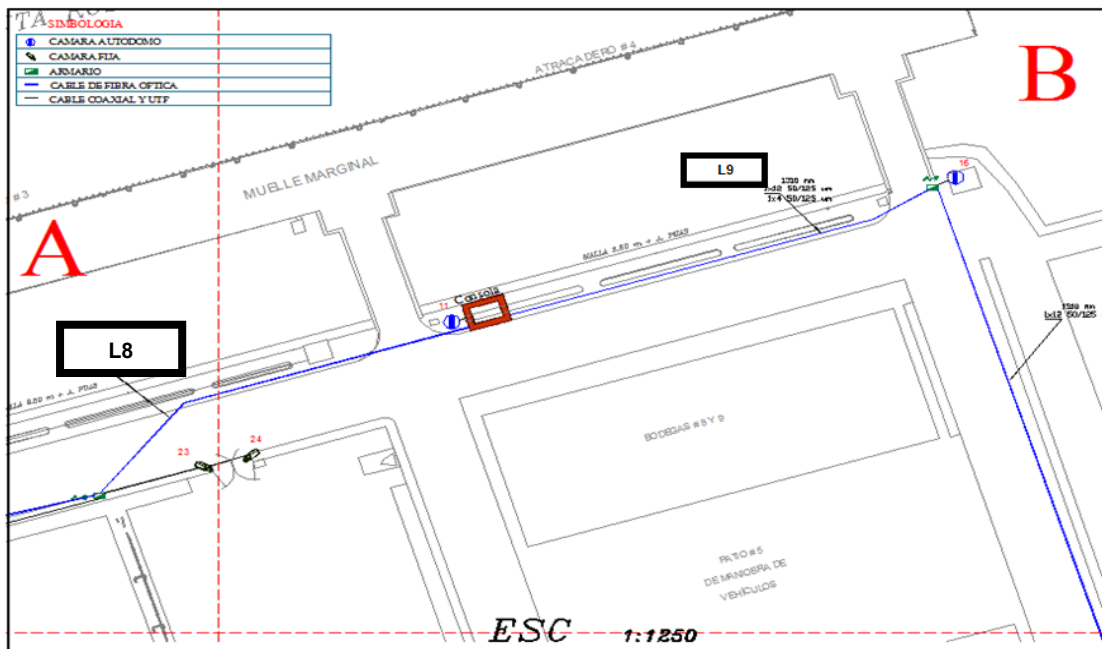


Figura 3.20. Recorrido de la fibra óptica, enlace L8 [2]

Para simular el enlace L8 se debe presionar el botón L8. Al presionarlo se ejecuta la correspondiente función llamada *L8* que se encuentra anexada en C.3, que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace que se basó en el código general ubicado en el anexo C.4 y ofrece la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 3.21, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en “x”.

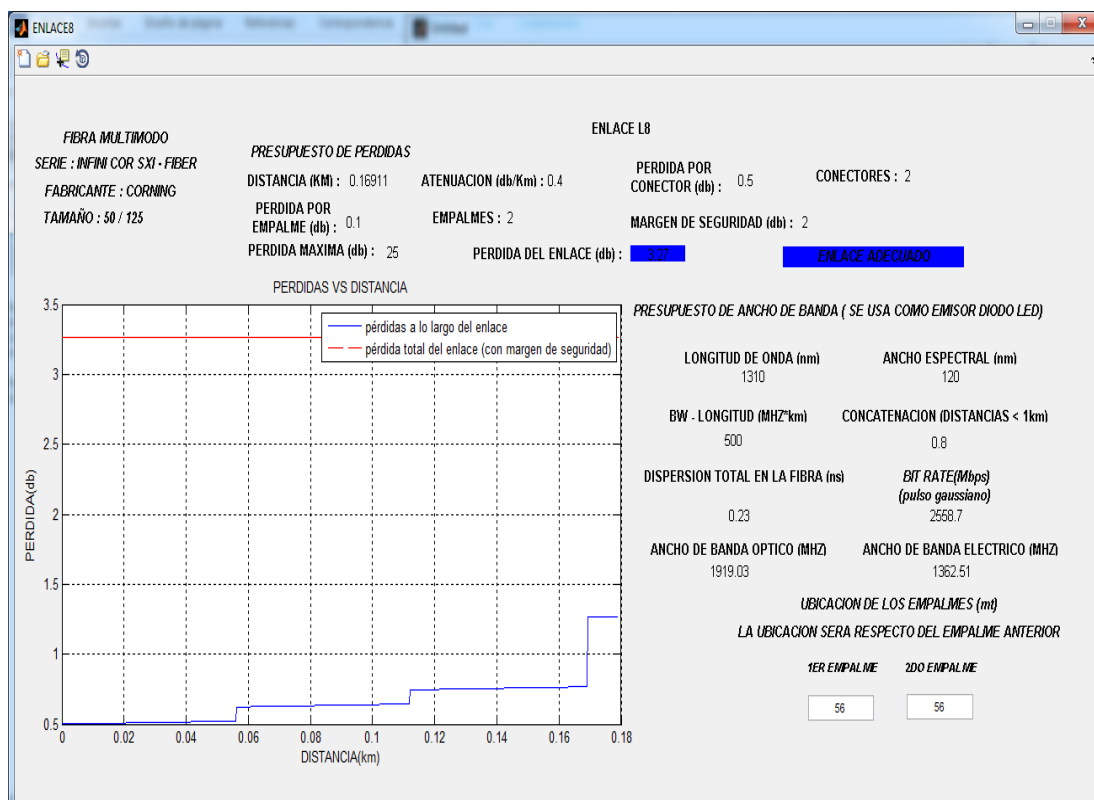


Figura 3.21. Simulación de enlace L8

Para obtener el presupuesto de pérdidas del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestran de manera resumida en la tabla 3.29 y tabla 3.30 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Coeficiente de atenuación (dB/km)		Número de conectores	Pérdida por conector (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida máxima(dB)	
	CRNG	OPTL						FBLNK	GE
169.11	0.4	0.35	2	0.5	2	0.1	2	10	17

Tabla 3.29. Datos para presupuesto de pérdidas del enlace L8

Resultados:

Pérdida en la fibra por distancia (dB)		Pérdidas por conectores (dB)	Pérdidas por empalmes (dB)	Pérdida total del enlace (dB)		¿Es útil la fibra para este enlace?
CRNG	OPTL			ESQ 1	ESQ 2	
0.07	0.06	1	0.2	3.27	3.26	Si

Tabla 3.30. Presupuesto de pérdidas del enlace L8

La pérdida total no supera el límite permitido por lo que se considera adecuado ya agregado el margen de seguridad para pérdidas futuras o pérdidas que no se consideraron pero que relativamente son pequeñas comparadas con las de los datos que se ingresaron, sin embargo hay que tener mucho cuidado en agregar conectores puesto que son los que presentan la mayor pérdida a tal punto que el

enlace podría superar el límite, es recomendable estar muy por debajo de dicho límite.

Para obtener el presupuesto de ancho de banda del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestra de manera resumida en la tabla 3.31 y tabla 3.32 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Longitud de onda (nm)	Ancho espectral (nm)	Anch de banda - Longitud (Mhz*Km)	Concatenación (distancias menores a 1 Km)
169.11	1310	120	500	0.8

Tabla 3.31. Datos para presupuesto de ancho de banda del enlace L8

Resultados:

Bit rate (asumiendo pulso gaussiano) (Mbps)		Ancho de banda óptico (Mhz)		Ancho de banda eléctrico (Mhz)	
ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2
2558.7	9662.27	1919.03	7246.70	1362.51	5145.16

Tabla 3.32. Presupuesto de ancho de banda del enlace L8

Los resultados demuestran que la fibra óptica con el equipo óptico usado permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho

de banda para el número de cámaras del enlace, ya que, según los fabricantes, el ancho de banda que se requiere es menor a 42MHz con FIBERLINK y menor a 39 MHz con General Electric, y se dispone de 1362.51 MHz en el esquema 1 y 5.15 GHz en el esquema 2, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando esta fibra multimodo de fabricante Fiberlink se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps mientras que con fibra monomodo se supera el Gbps.

3.4.9 MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L9

El enlace L9 se encuentra en el sector B, según la figura 3.22.

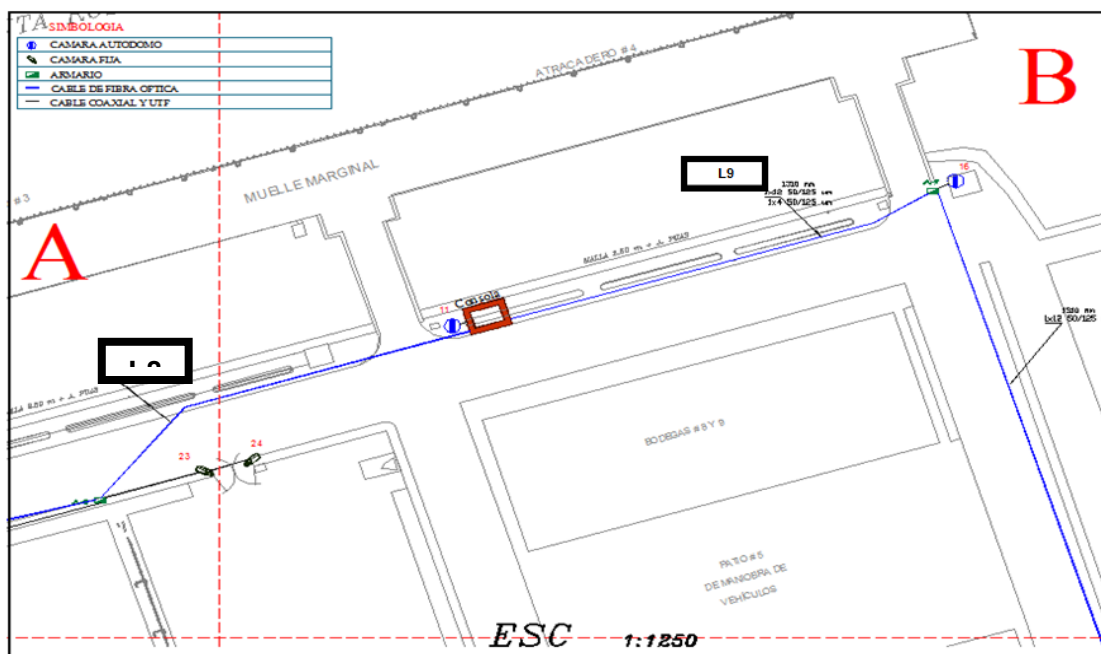


Figura 3.22. Recorrido de la fibra óptica, enlace L9 [2]

Para simular el enlace L9 se debe presionar el botón L9. Al presionarlo se ejecuta la correspondiente función llamada L9 que se encuentra anexada en C.3, que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace que se basó en el código general ubicado en el anexo C.4 y ofrece la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 3.23, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en “x”.

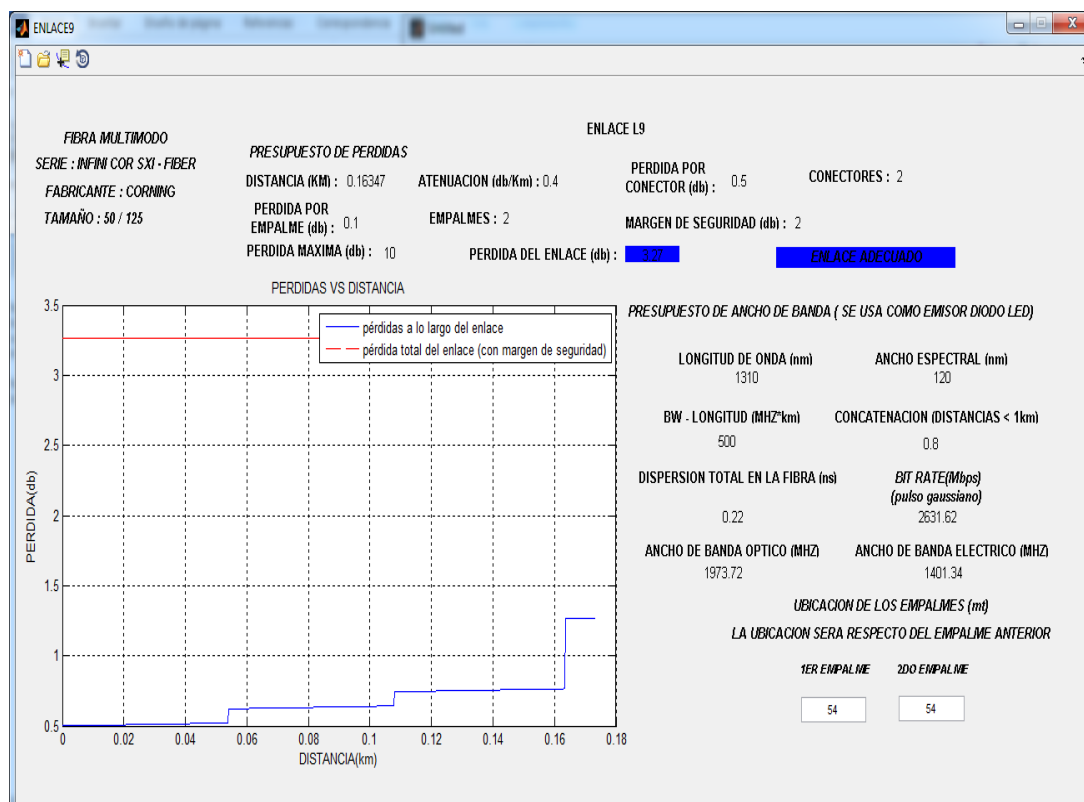


Figura 3.23. Simulación de enlace L9

Para obtener el presupuesto de pérdidas del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestran de manera resumida en la tabla 3.33 y tabla 3.34 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Coeficiente de atenuación (dB/km)		Número de conectores	Pérdida por conector (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida máxima (dB)	
	CRNG	OPTL						FBLNK	GE
163.47	0.4	0.35	2	0.5	2	0.1	2	10	18

Tabla 3.33. Datos para presupuesto de pérdidas del enlace L9

Resultados:

Pérdida en la fibra por distancia (dB)		Pérdidas por conectores (dB)	Pérdidas por empalmes (dB)	Pérdida total del enlace (dB)		¿Es útil la fibra para este enlace?
CRNG	OPTL			ESQ 1	ESQ 2	
0.07	0.06	1	0.2	3.27	3.26	Si

Tabla 3.34. Presupuesto de pérdidas del enlace L9

La pérdida total no supera el límite permitido por lo que se considera adecuado ya agregado el margen de seguridad para pérdidas futuras o pérdidas que no se consideraron pero que relativamente son pequeñas comparadas con las de los datos que se ingresaron, sin embargo hay que tener mucho cuidado en agregar conectores puesto que son los que presentan la mayor pérdida a tal punto que el

enlace podría superar el límite, es recomendable estar muy por debajo de dicho límite.

Para obtener el presupuesto de ancho de banda del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestra de manera resumida en la tabla 3.35 y tabla 3.36 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Longitud de onda (nm)	Ancho espectral (nm)	Ancho de banda - Longitud (Mhz*Km)	Concatenación (distancias menores a 1 Km)
163.47	1310	120	500	0.8

Tabla 3.35. Datos para presupuesto de ancho de banda del enlace L9

Resultados:

Bit rate (asumiendo pulso gaussiano) (Mbps)		Ancho de banda óptico (Mhz)		Ancho de banda eléctrico (Mhz)	
ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2
2631.62	9995.64	1973.72	7496.73	1401.34	5322.68

Tabla 3.36. Presupuesto de ancho de banda del enlace L9

Los resultados demuestran que la fibra óptica con el equipo óptico usado permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho

de banda para el número de cámaras del enlace, ya que, según los fabricantes, el ancho de banda que se requiere es menor a 42 MHz con Fiberlink y menor a 39 MHz con General Electric, y se dispone de 1401.34 MHz en el esquema 1 y 5.32 GHz en el esquema 2, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando esta fibra multimodo de fabricante Corning se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps mientras que con fibra monomodo de fabricante Optral se supera el Gbps.

3.4.10 MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L11

El enlace L11 se encuentra en el sector C, según la figura 3.24.

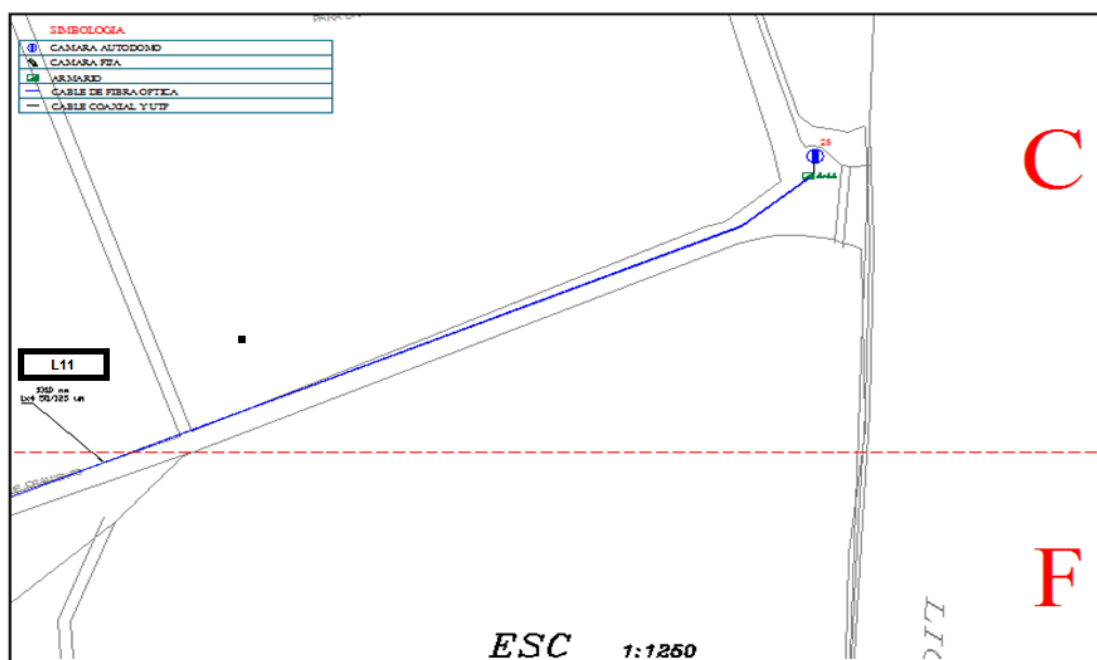


Figura 3.24. Recorrido de la fibra óptica, enlace L11 [2]

Para simular el enlace L11 se debe presionar el botón L11. Al presionarlo se ejecuta la correspondiente función llamada *L11* que se encuentra anexada en C.3, que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace que se basó en el código general ubicado en el anexo C.4 y ofrece la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 3.25, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en “x”.

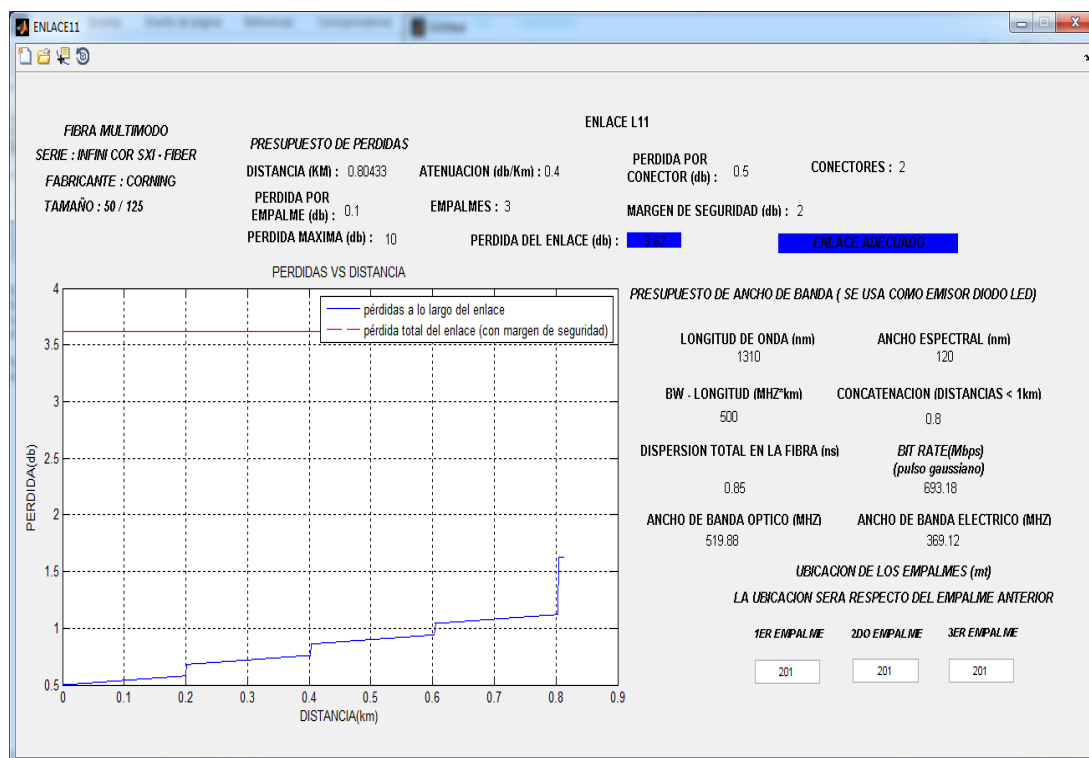


Figura 3.25. Simulación de enlace L11

Para obtener el presupuesto de pérdidas del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestran de manera resumida en la tabla 3.37 y tabla 3.38 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Coeficiente de atenuación (dB/km)		Número de conectores	Pérdida por conector (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida máxima(dB)	
	CRNG	OPTL						FBLNK	GE
804.33	0.4	0.35	2	0.5	3	0.1	2	10	18

Tabla 3.37. Datos para presupuesto de pérdidas del enlace L11

Resultados:

Pérdida en la fibra por distancia (dB)		Pérdidas por conectores (dB)	Pérdidas por empalmes (dB)	Pérdida total del enlace (dB)		¿Es útil la fibra para este enlace?
CRNG	OPTL			ESQ 1	ESQ 2	
0.32	0.28	1	0.3	3.62	3.58	Si

Tabla 3.38. Presupuesto de pérdidas del enlace L11

La pérdida total no supera el límite permitido por lo que se considera adecuado ya agregado el margen de seguridad para pérdidas futuras o pérdidas que no se consideraron pero que relativamente son pequeñas comparadas con las de los datos que se ingresaron, sin embargo hay que tener mucho cuidado en agregar conectores puesto que son los que presentan la mayor pérdida a tal punto que el

enlace podría superar el límite, es recomendable estar muy por debajo de dicho límite.

Para obtener el presupuesto de ancho de banda del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestra de manera resumida en la tabla 3.39 y tabla 3.40 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Longitud de onda (nm)	Ancho espectral (nm)	Ancho de banda - Longitud (Mhz*Km)	Concatenación (distancias menores a 1 Km)
804.33	1310	120	500	0.8

Tabla 3.39. Datos para presupuesto de ancho de banda del enlace L11

Resultados:

Bit rate (asumiendo pulso gaussiano) (Mbps)		Ancho de banda óptico (Mhz)		Ancho de banda eléctrico (Mhz)	
ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2
693.18	2031.49	519.88	1523.62	369.12	1081.77

Tabla 3.40. Presupuesto de ancho de banda del enlace L11

Los resultados demuestran que la fibra óptica con los equipos ópticos usados permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho

de banda para el número de cámaras del enlace, ya que, según los fabricantes, el ancho de banda que se requiere es menor a 42Mhz con Fiberlink y menor a 39 MHz con General Electric y se dispone de 369.12 MHz en el esquema 1 y 1.08 GHz en el esquema 2, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando esta fibra multimodo de fabricante Corning se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps mientras que con fibra monomodo de fabricante Optral se supera el Gbps.

3.4.11 MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L13

El enlace L13 se encuentra en el sector E, según la figura 3.26.

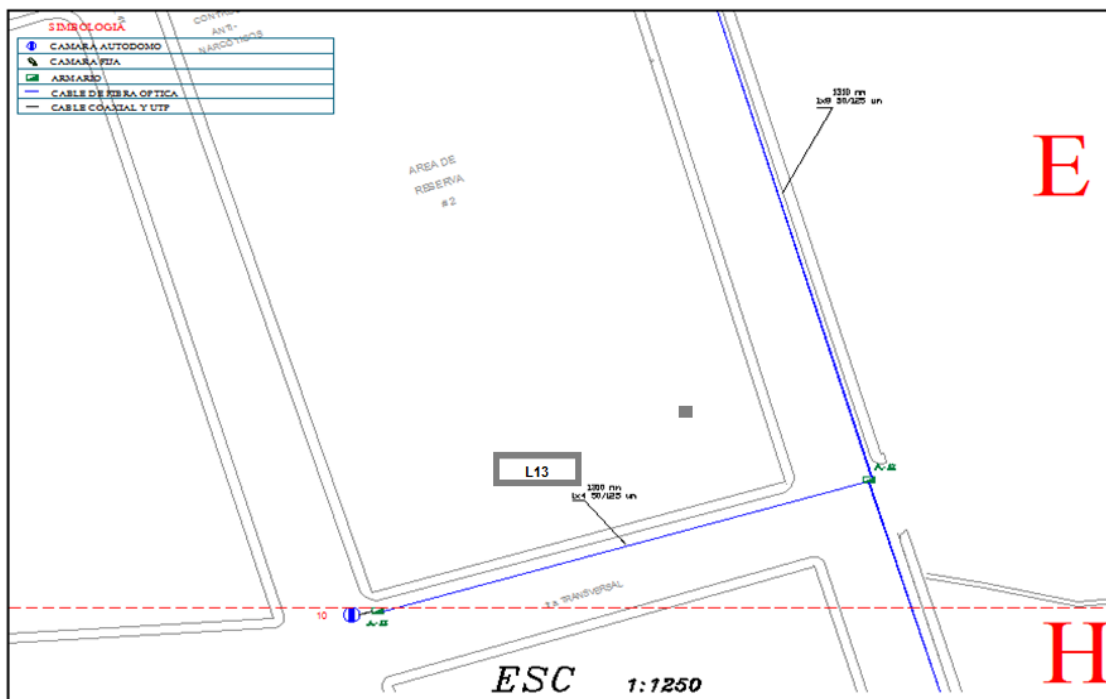


Figura 3.26. Recorrido de la fibra óptica, enlace L13 [2]

Para simular el enlace L13 se debe presionar el botón L13. Al presionarlo se ejecuta la correspondiente función llamada *L13* que se encuentra anexada en C.3, que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace que se basó en el código general ubicado en el anexo C.4 y ofrece la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 3.27, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en “x”.

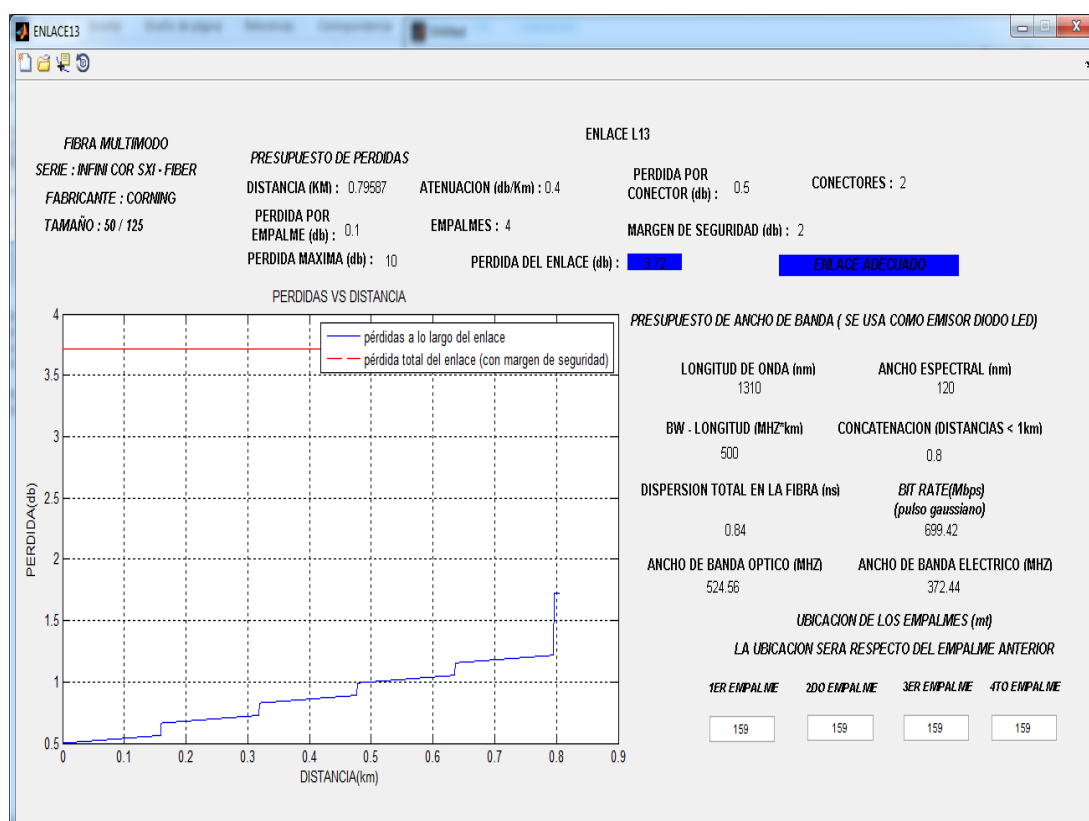


Figura 3.27. Simulación de enlace L13

Para obtener el presupuesto de pérdidas del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestran de manera resumida en la tabla 3.41 y tabla 3.42 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Coeficiente de atenuación (dB/km)		Número de conectores	Pérdida por conector (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida máxima(dB)	
	CRNG	OPTL						FBLNK	GE
795.87	0.4	0.35	2	0.5	4	0.1	2	10	18

Tabla 3.41. Datos para presupuesto de pérdidas del enlace L13

Resultados:

Pérdida en la fibra por distancia (dB)		Pérdidas por conectores (dB)	Pérdidas por empalmes (dB)	Pérdida total del enlace (dB)		¿Es útil la fibra para este enlace?
CRNG	OPTL			ESQ 1	ESQ 2	
0.32	0.28	1	0.4	3.72	3.68	Si

Tabla 3.42. Presupuesto de pérdidas del enlace L13

La pérdida total no supera el límite permitido por lo que se considera adecuado ya agregado el margen de seguridad para pérdidas futuras o pérdidas que no se consideraron pero que relativamente son pequeñas comparadas con las de los datos que se ingresaron, sin embargo hay que tener mucho cuidado en agregar conectores puesto que son los que presentan la mayor pérdida a tal punto que el

enlace podría superar el límite, es recomendable estar muy por debajo de dicho límite.

Para obtener el presupuesto de ancho de banda del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestra de manera resumida en la tabla 3.39 y tabla 3.40 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Longitud de onda (nm)	Ancho espectral (nm)	Ancho de banda - Longitud (Mhz*Km)	Concatenación (distancias menores a 1 Km)
795.87	1310	120	500	0.8

Tabla 3.43. Datos para presupuesto de ancho de banda del enlace L13

Resultados:

Bit rate (asumiendo pulso gaussiano) (Mbps)		Ancho de banda óptico (Mhz)		Ancho de banda eléctrico (Mhz)	
ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2
699.42	2053.08	524.56	1539.81	372.44	1093.27

Tabla 3.44. Presupuesto de ancho de banda del enlace L13

Los resultados demuestran que la fibra óptica con los equipos ópticos usados permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho

de banda para el número de cámaras del enlace, ya que, según los fabricantes, el ancho de banda que se requiere es menor a 42Mhz con Fiberlink y menor a 39 MHz con General Electric, y se dispone de 372.44 MHz, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando esta fibra multimodo de fabricante Corning se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps mientras que con fibra monomodo de fabricante Optral se supera el Gbps.

3.4.12 MAPEO Y SIMULACIÓN DEL ENLACE L14

El enlace L14 se encuentra en el sector H, según la figura 3.28.

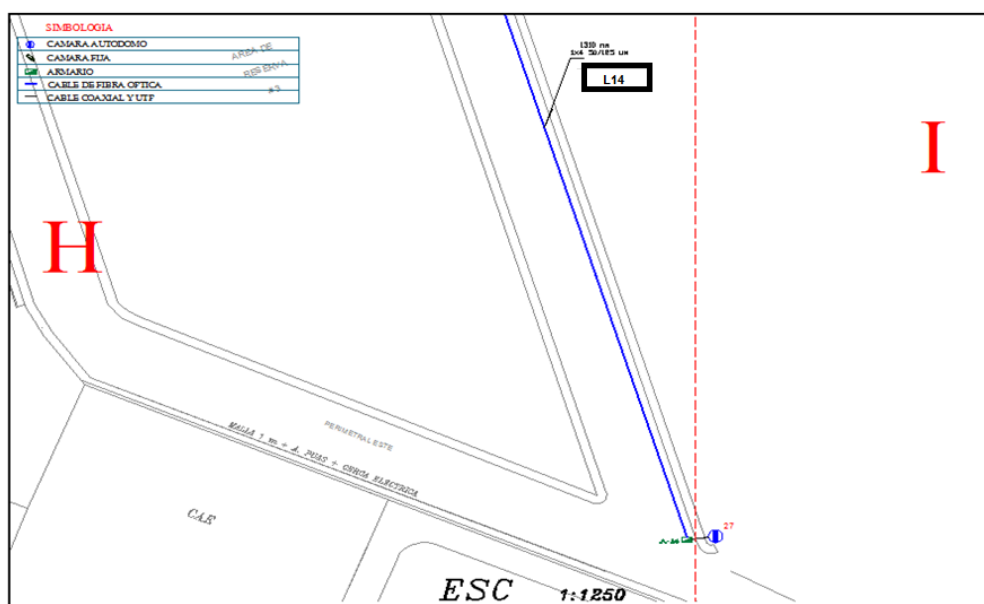


Figura 3.28. Recorrido de la fibra óptica, enlaces L14 [2]

Para simular el enlace L14 se debe presionar el botón L14. Al presionarlo se ejecuta la correspondiente función llamada *L14* que se encuentra anexada en C.3, que a la vez invoca a la rutina de la simulación de dicho enlace que se basó en el código general ubicado en el anexo C.4 y ofrece la ventana de simulación del enlace como lo muestra la figura 3.29, donde se puede retornar al mapeo cerrándola con click en “x”.

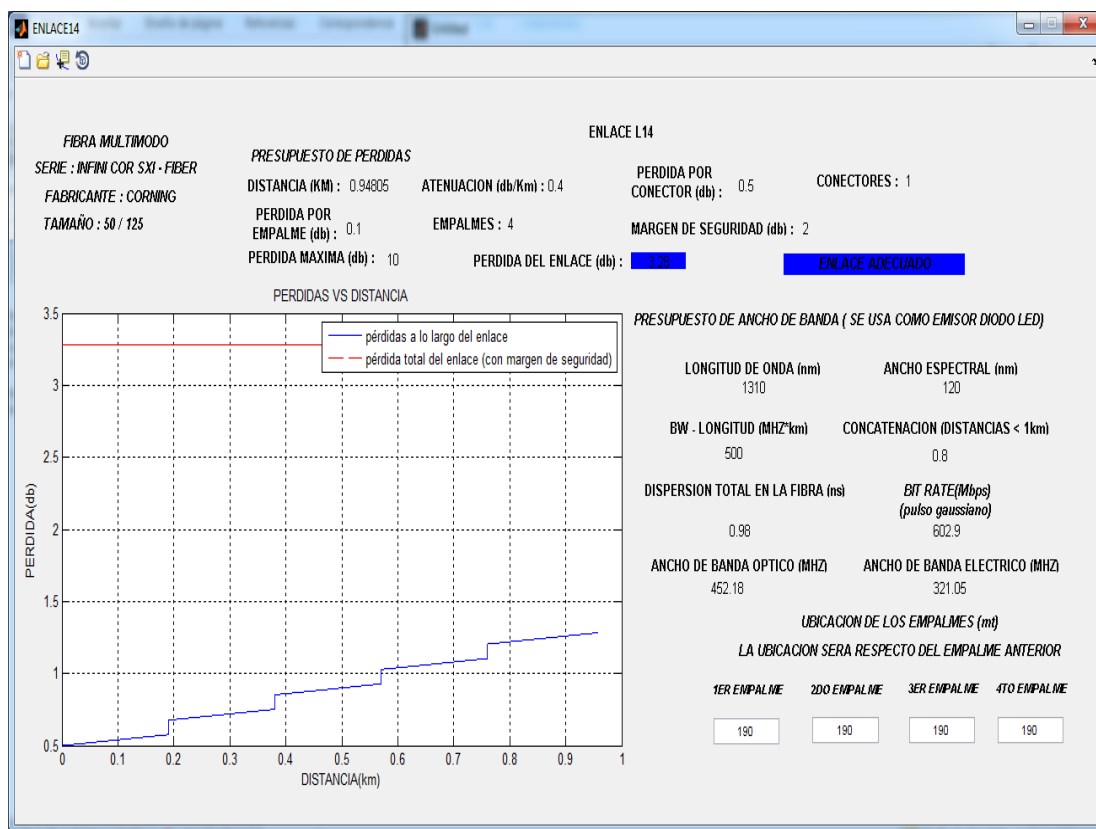


Figura 3.29. Simulación de enlace L14

Para obtener el presupuesto de pérdidas del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestran de manera resumida en la tabla 3.45 y tabla 3.46 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Coeficiente de atenuación (dB/km)		Número de conectores	Pérdida por conector (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida máxima(dB)	
	CRNG	OPTL						FBLNK	GE
984.05	0.4	0.35	1	0.5	4	0.1	2	10	18

Tabla 3.45. Datos para presupuesto de pérdidas del enlace L14

Resultados:

Pérdida en la fibra por distancia (dB)	Pérdidas por conectores (dB)	Pérdidas por empalmes (dB)	Pérdida total del enlace (dB)	Es útil la fibra para este enlace?
0.38	0.5	0.4	3.28	Si

Tabla 3.46. Presupuesto de pérdidas del enlace L14

La pérdida total no supera el límite permitido por lo que se considera adecuado ya agregado el margen de seguridad para pérdidas futuras o pérdidas que no se consideraron pero que relativamente son pequeñas comparadas con las de los datos que se ingresaron, sin embargo hay que tener mucho cuidado en agregar conectores puesto que son los que presentan la mayor pérdida a tal punto que el enlace podría superar el límite, es recomendable estar muy por debajo de dicho límite.

Para obtener el presupuesto de ancho de banda del enlace, se ingresaron los siguientes datos al programa y se obtuvieron los resultados como se muestra de manera resumida en la tabla 3.47 y tabla 3.48 a continuación:

Datos:

Distancia del enlace (m)	Longitud de onda (nm)	Ancho espectral (nm)	Anch de banda - Longitud (Mhz*Km)	Concatenación (distancias menores a 1 Km)
948.05	1310	120	500	0.8

Tabla 3.47. Datos para presupuesto de ancho de banda del enlace L14

Resultados:

Bit rate (asumiendo pulso gaussiano) (Mbps)		Ancho de banda óptico (Mhz)		Ancho de banda eléctrico (Mhz)	
ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2	ESQ 1	ESQ 2
602.9	1660.30	452.18	1245.23	321.05	884.11

Tabla 3.48. Presupuesto de ancho de banda del enlace L14

Los resultados demuestran que la fibra óptica con el equipo óptico usado permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho de banda para el número de cámaras del enlace, ya que, según los fabricantes, el ancho que se requiere es menor a 42Mhz por parte

de Fiberlink y menor a 39 MHz de parte de General Electric, y se dispone de 321.05 MHz, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando esta fibra multimodo de fabricante Corning se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps, mientras que con fibra monomodo de fabricante Optral se supera el Gbps.

3.5 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS EN LOS ENLACES

Los resultados que ofreció el simulador para el presupuesto de pérdidas fueron:

- Pérdidas por conectores en base al número de conectores y pérdida por unidad de conector.
- Pérdidas por empalmes en base al número de empalmes y pérdida por unidad de empalme.
- Pérdidas en la fibra por distancia, en base a la longitud del enlace y el coeficiente de atenuación.
- Pérdida total de cada enlace, incluyendo el margen de seguridad el cual se lo ajusto a un valor de 2 db tal como se suele tomar para distancias menores a 2 km.

La decisión del enlace adecuado se basó en la pérdida máxima que dio el fabricante del equipo óptico para distintas distancias.

A continuación se muestra una tabla que resume los resultados del presupuesto de pérdidas en cada enlace.

Enlaces	Distancia del enlace (m)	Pérdida en la fibra por distancia (dB)		Número de conectores	Pérdida por conectores (dB)	Número de empalmes	Pérdida por empalme (dB)	Margen óptico (dB)	Pérdida total del enlace (dB)		Pérdida máxima (dB)		¿Es útil la fibra para este enlace?
		CRNG	OPTL						ESQ 1	ESQ 2	FBLNK	GE	
L1	632,68	0,25	0.22	2	1	2	0,2	2	3,45	3.42	25	20	Si
L2	776,63	0,31	0.27	3	1,5	4	0,4	2	4,21	4.17	10	20	Si
L3	798,38	0,32	0.28	4	2	4	0,4	2	4,72	4.68	25	18	Si
L4	476,14	0,19	0.17	4	2	4	0,4	2	4,59	4.57	25	17	Si
L5	524,57	0,21	0.18	6	3	6	0,6	2	5,81	5.78	10	18	Si
L6	684,89	0,27	0.24	5	2,5	6	0,6	2	5,37	5.34	10	18	Si

L7	278,76	0,11	0.10	2	1	2	0,2	2	3,31	3.30	10	18	Si
L8	169,11	0,07	0.06	2	1	2	0,2	2	3,27	3.26	25	17	Si
L9	163,47	0,07	0.06	2	1	2	0,2	2	3,27	3.26	10	18	Si
L11	804,33	0,32	0.28	2	1	3	0,3	2	3,62	3.58	10	18	Si
L13	795,87	0,32	0.28	2	1	4	0,4	2	3,72	3.68	10	18	Si
L14	948,05	0,38	0.34	1	0,5	4	0,4	2	3,28	3.24	10	18	Si

Tabla 3.49. Resultados de pérdidas en fibra que determinan si es adecuada

El cálculo de las pérdidas que se presentan en los diferentes enlaces del diseño nos permite determinar si la señal de video que llega al receptor tiene la suficiente energía como para ser detectada, se determina si la fibra que se está usando afecta a la potencia de transmisión a través de su longitud, empalmes y conectores.

Se puede apreciar también a través de un cuadro comparativo las pérdidas en cada enlace respecto a las máximas permitidas en cada enlace dependiendo del equipo óptico transmisor.

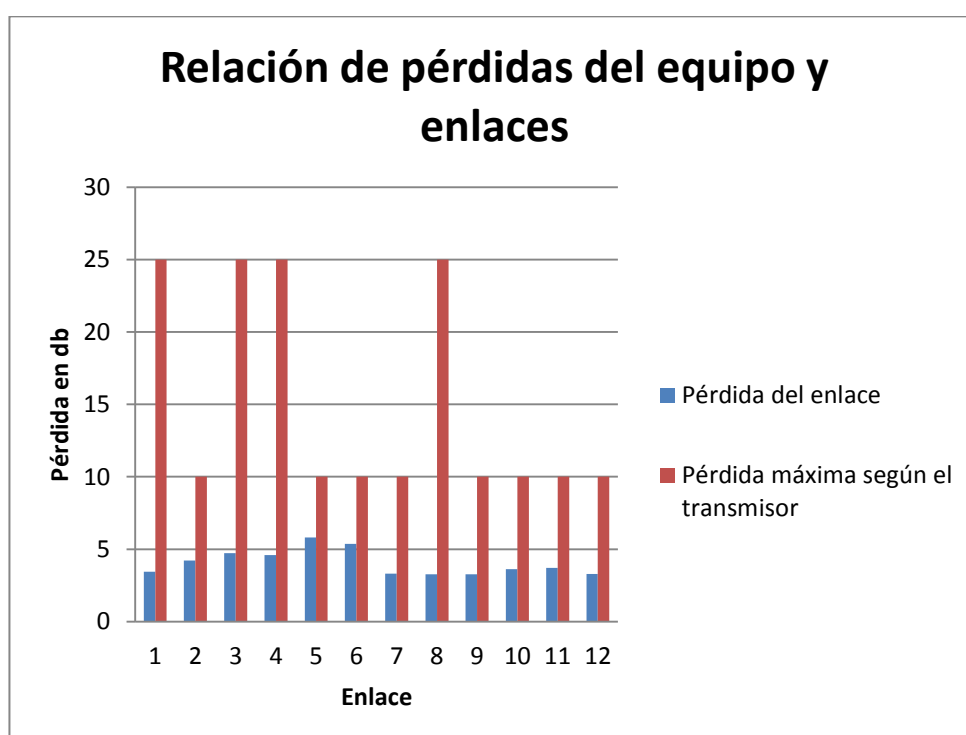


Figura 3.30. Relación de pérdida de equipo óptico y enlaces, esquema 1.

Podemos observar que en todos los enlaces del esquema 1, según el gráfico, las pérdidas obtenidas con relación a las pérdidas logradas por el equipo transmisor a la longitud de onda de 1310 nm son bajas, si se hiciera una comparación en porcentaje diríamos que en la mayoría de los enlaces la pérdidas no superan el 37% de las máximas permitidas para el funcionamiento del equipo transmisor en cada enlace, en los enlaces donde se han utilizado cámaras PTZ los transmisores ópticos permiten menos margen de pérdidas, estos enlaces deben usar el menor número de conectores y empalmes.

Se puede observar también que cada enlace es adecuado para ser usado con la cantidad de componentes usados en la simulación, dando una reserva de pérdidas de más de 60% antes de llegar al límite permitido, para el caso futuro de crecimiento de la red y otras factores que adicionen pérdidas.

En el esquema 2 las pérdidas son más bajas que en el esquema 1 según el tipo de fibra usado, por lo cual, haciendo una analogía con el gráfico, se tiene un margen de reserva más amplio que el del esquema 1.

3.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE TASAS Y ANCHOS DE BANDA DE LOS ENLACES

Los resultados que ofreció el simulador para el presupuesto de tasas y ancho de banda fueron:

- Dispersión total en la fibra, que depende de la dispersión modal y la dispersión cromática las que a su vez dependen de parámetros tales como: longitud del enlace, longitud de onda a la que se trabaja, ancho espectral, coeficiente de concatenación que para este caso fue de 0.8, parámetro ancho de banda – longitud que lo da el fabricante de la fibra.
- Tasa de datos o bit rate, que se lo calculó asumiendo transmisión de pulsos gaussianos.
- Ancho de banda óptico, que depende de la tasa de datos.
- Ancho de banda eléctrico, que depende del ancho de banda óptico.

A continuación se presentan unas tablas que resumen los presupuestos de tasa de datos, Ancho de banda óptico y eléctrico en cada enlace, para cada esquema simulado.

Enlaces	Distancia del enlace (m)	Velocidad o tasa de transmisión (Mbps)	Ancho de Banda Óptico (MHz)	Ancho de Banda Eléctrico (MHz)	Número de cámaras
L1	632,68	806,45	604,84	429,43	6
L2	776,63	674,10	505,58	358,96	1
L3	798,38	657,90	493,43	350,33	5
L4	476,14	1026,70	770,03	546,72	3
L5	524,57	947,00	710,25	504,28	1
L6	684,89	753,01	564,76	400,98	1
L7	278,76	1612,90	1209,68	858,87	1
L8	169,11	2475,20	1856,40	1318,04	4
L9	163,47	2535,50	1901,63	1350,15	1
L11	804,33	654,45	490,84	348,49	1
L13	795,87	659,63	494,72	351,25	1
L14	948,05	565,61	424,21	301,19	1

Tabla 3.50. Velocidad de transmisión y ancho de banda eléctrico y óptico, esquema 1.

Enlaces	Distancia del enlace (m)	Velocidad o tasa de transmisión (Mbps)	Ancho de Banda Óptico (MHz)	Ancho de Banda Eléctrico (MHz)	Número de cámaras
L1	632,68	2582,64	1936,98	1375,26	6
L2	776,63	2103,95	1577,96	1120,35	1
L3	798,38	2046,63	1534,97	1089,83	5
L4	476,14	3431,74	2573,80	1827,40	3
L5	524,57	3114,91	2336,18	1658,69	1
L6	684,89	2385,77	1789,32	1270,42	1
L7	278,76	5861,63	4396,22	3121,32	1
L8	169,11	9662,27	7246,70	5145,16	4
L9	163,47	9995,64	7496,73	5322,68	1
L11	804,33	2031,49	1523,62	1081,77	1
L13	795,87	2053,08	1539,81	1093,27	1
L14	948,05	1660,30	1245,23	884,11	1

Tabla 3.51. Velocidad de transmisión y ancho de banda eléctrico y óptico, esquema 2.

Los resultados en las tablas demuestran que la fibra óptica con el equipo óptico usado permite alcanzar altas velocidades. Se tiene suficiente ancho de banda para el número de cámaras en cada enlace, por ejemplo para el enlace L1 con 6 cámaras se necesita 42 MHz, según lo especifica el fabricante en el esquema 1, Fiberlink, y 39 MHz según el fabricante en el esquema 2, General Electric, y se

dispone de 451,03 MHz en el esquema 1 y 1.38 GHz en el esquema 2, con este ancho de banda se podría aumentar el número de cámaras en este enlace sin problemas. Cabe mencionar que para distancias menores a 550 metros, usando solo fibra multimodo como la del fabricante Corning se puede alcanzar hasta velocidades de 1 Gbps.

CONCLUSIONES

- 1) El desarrollo de este proyecto ofrece una manera de visualizar los componentes fundamentales en una red de video vigilancia como lo son los enlaces que la conforman y sus características, sin tener que recurrir a búsquedas de archivos donde se encuentre tal información. Cabe mencionar que gracias a la documentación del diseño en donde se encontró información necesaria fue posible llevar a cabo éste proyecto.
- 2) La implementación del programa aplicativo de simulación, en la interfaz gráfica de matlab GUIDE, fue indispensable en la mayor parte

para alcanzar el objetivo del proyecto, sentándose en bases teóricas e información mencionada anteriormente, el cual es una herramienta cuyos resultados se aproximan mucho a los de algún equipo de medición, lo cual no hace necesaria una inversión en ellos e incluso puede evitar la visita al escenario para inspecciones.

3) Del diseño del sistema de video vigilancia, se pudo corroborar a través de la simulación de cada enlace su calidad y lo factible de los componentes usados en ellos como lo son empalmes, conectores y la fibra óptica Corning con la que se obtiene un ancho de banda superior al que se logra usando los medios de transmisión tradicionales como el cable de par trenzado y cable coaxial. El ancho de banda de cada enlace supera los 360 MHz, según los datos del fabricante de los equipos ópticos para este caso el mayor ancho de banda que se requirió fue de 42 MHz para el enlace 1 en el esquema 1 con fibra multimodo y de 39 MHz en el esquema 2 con fibra monomodo, por lo que se dispone de suficiente capacidad para las 27 cámaras usadas en el diseño y para futuras ampliaciones.

4) Las pérdidas obtenidas para los diferentes enlaces, tienen un margen razonable. Cabe recalcar que los conectores son los que aportan con la mayor pérdida, por lo que es aconsejable cuando se realiza un

diseño con fibra óptica considerar el menor número de conectores y empalmes, para esto es importante la terminación del cable de fibra óptica.

- 5) En vista de que usando los dos esquemas, la simulación indicó que todos los enlaces son útiles. Cabe recalcar que la modificación de los componentes tiene un impacto significativo en los resultados e influye en lo esperado. Por ejemplo si se aumentan componentes pasivos y la distancia del enlace, se tendrían mayores pérdidas, menos ventana de reserva y menor ancho de banda, lo que puede peligrar en no tener un enlace adecuado. Por otro lado reduciendo tales componentes e incluso distancias, las pérdidas también se reducen y el ancho de banda mejora junto al enlace.

RECOMENDACIONES

- 1) A pesar que el proyecto entre otras cosas demuestra mediante la simulación que la red es escalable en ambos esquemas, hay que tener muy en cuenta no superar los límites puestos por cada equipo óptico en cada enlace cuando se desee expandir la red, debiendo tener una estimación de cuanto puede ser lo máximo ya que en ello entran aparte de cámaras (que consumen más ancho de banda), empalmes y conectores que modifican los resultados en la simulación.

- 2) El margen de pérdidas también se puede reducir de manera significativa con fibras que tengan coeficiente de atenuación muy bajo, como por el ejemplo el usado en el esquema 2 con fibra monomodo ya que con ello la limitación de conectores, empalmes y longitud de enlace se acorta y la calidad aumenta. Sin embargo, no solo basta con querer componentes de dicha características sino que también hay que hacer hincapié en el ofrecimiento de información por parte de fabricantes, de la cual se carece en muchos casos y no permite hacer cálculos con datos reales sino con asunciones que en ocasiones pueden conllevar a graves consecuencias por los resultados obtenidos.

- 3) El entorno del simulador se presta a mejoras y a cambios en caso de ser necesarios a futuro puesto que la escalabilidad de la red tiende a requerirlo, como puede ser cambios en la topología, en los equipos ópticos, entre otros, lo que sugeriría una modificación del programa para nuevos cálculos y resultados o también para un entorno más amigable en lo visual y manejo.

ANEXOS

ANEXO A

CÁLCULOS CON FIBRA ÓPTICA

A.1. Cálculo de pérdidas del diseño de red de Fibra Óptica.

Para el cálculo [23], se consideran las pérdidas producidas por la longitud de fibra, los conectores y los empalmes usados en los diferentes enlaces, se considera además un margen de pérdida.

La longitud de onda con la que se trabaja es de 1310 nm, el fabricante Corning especifica que trabajando en esta ventana óptica tenemos una pérdida por Km de distancia de 0,4 dB mientras que el fabricante Optral especifica una pérdida de 0.35 dB/Km, la pérdida por conectores es de 0,5 db y por empalme es de 0,1 db.

Cálculo de pérdida para el enlace L1:

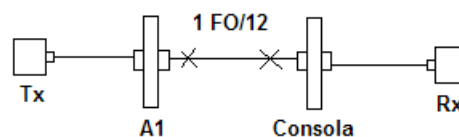


Figura G.1. Enlace L1

En el enlace L1 se tiene 2 conectores y 2 empalmes, los conectores del Tx y Rx, no son tomados en cuenta para el cálculo de las pérdidas.

Pérdidas por longitud de fibra, según ecuación 2.3: L_{fibra}

$$L_{fibra} = \alpha * l$$

$$l = 0.63268 \text{ Km}$$

Con fabricante Corning de esquema 1:

$$\alpha = 0.4 \text{ dB/Km}$$

$$L_{fibra} = 0.4 * 0.63268$$

$$L_{fibra} = 0.25 \text{ dB}$$

Con fabricante Optral de esquema 2:

$$\alpha = 0.35 \text{ dB/Km}$$

$$L_{fibra} = 0.35 * 0.63268$$

$$L_{fibra} = 0.22 \text{ dB}$$

Pérdida por conectores, según ecuación 2.1: $L_{conectores}$

$$L_{conectores} = N_C * L_{conector}$$

$$N_C = 2$$

$$L_{conector} = 0.5 \text{ dB}$$

$$L_{conectores} = 2 * 0.5$$

$$L_{conectores} = 1 \text{ dB}$$

Pérdida por empalmes, según ecuación 2.2: $L_{empalmes}$

$$L_{empalmes} = N_e * L_{empalme}$$

$$N_e = 2$$

$$L_{empalme} = 0.1 \text{ dB}$$

$$L_{empalmes} = 2 * 0.1$$

$$L_{empalmes} = 0.2 \text{ dB}$$

Margen óptico

Otras pérdidas que pueden presentarse en el enlace 2 db

$$L_{TOTAL} = L_{fibra} + L_{conectores} + L_{empalmes} + \text{Margen óptico}$$

Para fibra multimodo:

$$L_{TOTAL-MM} = 0.25 + 1 + 0.2 + 2$$

$$L_{TOTAL-MM} = 3.45 \text{ dB}$$

Utilizando una fibra 50/125 um para un enlace de 632,68 metros se tiene una pérdida de 3,45 dB.

Para fibra monomodo:

$$L_{TOTAL-SM} = 0.22 + 1 + 0.2 + 2$$

$$L_{TOTAL-SM} = 3.42 \text{ dB}$$

Utilizando fibra monomodo 9/125 um para un enlace de 632.68 metros se tiene una pérdida de 3.42 dB

A.2. Cálculo de velocidad de transmisión, ancho de banda eléctrico y óptico.

Para este cálculo se considera el tipo de fibra usada, en nuestro proyecto se están usando dos fibras para dos esquemas distintos, la primera es de fabricante CORNING InfiniCor SXi+fiber, esta es una fibra multimodo 50/125 um, la otra es Optral, esta fibra es monomodo de 9/125 um, y se trabaja a una longitud de onda de 1310 nm. El equipo óptico que se utiliza es del fabricante FIBERLINK para el esquema 1 y de fabricante General Electric para el segundo esquema, el transmisor usa

como emisor de luz un diodo led de 1310 nm, el linewidth del pulso es de 120 nm, el coeficiente de concatenación usado para distancias menores a 1 Km es de 0,8.

A continuación realizamos el cálculo del coeficiente de dispersión, utilizando los siguientes datos:

L (longitud del enlace L1): 0,63268 Km

$\Delta\lambda$ (linewidth del pulso del diodo led): 120 nm

λ (longitud de onda de trabajo del sistema): 1310 nm

b (ancho de banda por longitud de fibra): 500 MHz x Km

γ (coeficiente de concatenación): 0,8

S_0 (pendiente dispersión cero): 0.101 ps/nm² - Km

λ_0 (longitud de onda dispersión es cero):

$$1300 \text{ nm} \leq \lambda_0 \leq 1320 \text{ nm}$$

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left(\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right)$$

Puesto que se está trabajando a 1310 nm, dentro de la región de cero dispersión, se tiene que $\lambda = \lambda_0 = 1310 \text{ nm}$

Por lo tanto:

$$D(\lambda = 1310) = 0$$

El cálculo de la dispersión modal, para la fibra multimodo, se lo realiza así:

$$\Delta\tau_{1/2_{modal}} = \frac{441}{b * L^{-\gamma}}$$

$$\Delta\tau_{1/2_{modal}} = \frac{441}{500 * 0.63268^{-0.8}}$$

$$\Delta\tau_{1/2_{modal}} = 0.61 \text{ ns}$$

La dispersión modal queda en nanosegundos (ns).

La fibra monomodo carece de dispersión modal, ya que solo un modo ingresa a la fibra.

El cálculo de la dispersión cromática, en la fibra multimodo, se lo realiza así:

$$\Delta\tau_{1/2_{cromática}} = \Delta\lambda L \sqrt{D(\lambda)^2 + S_0^2 \frac{\Delta\lambda^2}{8}}$$

$$\Delta\tau_{1/2_{cromática}} = (120) (0.63268) \sqrt{0 + 0.101^2 \frac{120^2}{8}}$$

$$\Delta\tau_{1/2_{cromática}} = 0.324 \text{ ns}$$

Cuando trabajamos con longitudes de onda no cercanas a λ_0 , la dispersión cromática será:

$$\Delta_{\tau 1/2 \text{ cromática}} = \Delta \lambda L |D(\lambda)|$$

Para la fibra monomodo, en este caso el coeficiente de dispersión cromática lo da el fabricante y es igual a 3 ps/nm-Km

La dispersión total de la fibra, en ns, es:

$$\Delta_{\tau 1/2 \text{ total}} = \sqrt{\Delta_{\tau 1/2 \text{ modal}}^2 + \Delta_{\tau 1/2 \text{ cromática}}^2}$$

Para la fibra multimodo, ya que existe dispersión modal:

$$\Delta_{\tau 1/2 \text{ total}} = \sqrt{0.61^2 + 0.324^2}$$

$$\Delta_{\tau 1/2 \text{ total}} = 0.69 \text{ ns}$$

Para fibra monomodo, la dispersión total es igual a la dispersión cromática ya que no existe dispersión modal, por lo tanto la dispersión total queda:

$$\Delta_{\tau 1/2 \text{ total monomodo}} = 3 * \Delta \lambda * L$$

$$\Delta_{\tau 1/2 \text{ total monomodo}} = 3 * 120 * 0.63$$

$$\Delta_{\tau 1/2} \text{ total}_{monomodo} = 0.23 \text{ ns}$$

En el diseño de la red se asumió transmisión con pulsos gaussianos, por lo tanto:

$$\sigma = 0.425 \Delta_{\tau 1/2} \text{ total}$$

Para fibra multimodo:

$$\sigma_{mm} = 0.425 (0.69)$$

$$\sigma_{mm} = 0.293 \text{ ns}$$

Para fibra monomodo:

$$\sigma_{sm} = 0.425 (0.23)$$

$$\sigma_{sm} = 0.1 \text{ ns}$$

El bit rate, en Mbps, es:

$$B \approx \frac{0.25}{\sigma}$$

Para fibra multimodo:

$$B_{mm} \approx \frac{0.25}{\sigma_{mm}}$$

$$B_{mm} \approx \frac{0.25}{0.293}$$

$$B_{mm} \approx 847 \text{ Mbps}$$

Para fibra monomodo;

$$B_{sm} \approx \frac{0.25}{\sigma_{sm}}$$

$$B_{sm} \approx \frac{0.25}{0.1}$$

$$B_{sm} \approx 2500 \text{ MHz}$$

Ancho de banda óptico en Mhz:

$$f_{op} \approx 0.75 B$$

Para fibra mulitmodo:

$$f_{op-mm} \approx 0.75 B_{mm}$$

$$f_{op-mm} \approx 0.75 (847)$$

$$f_{op-mm} \approx 635.25 \text{ MHz}$$

Para fibra monomodo:

$$f_{op-sm} \approx 0.75 B_{sm}$$

$$f_{op-sm} \approx 0.75 (2500)$$

$$f_{op-sm} \approx 1936.98 \text{ MHz}$$

Ancho de banda eléctrico en Mhz:

$$f_{elect} \approx 0.71 f_{op}$$

Para fibra multimodo:

$$f_{elect-mm} \approx 0.71 f_{op-mm}$$

$$f_{elect-mm} \approx 0.71 (635.25)$$

$$f_{elect-mm} \approx 451.03 \text{ MHz}$$

Para fibra monomodo:

$$f_{elect-sm} \approx 0.71 f_{op-sm}$$

$$f_{elect-sm} \approx 0.71 (1936.98)$$

$$f_{elect-sm} \approx 1375.26 \text{ MHz}$$

ANEXO B

**HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS OPTICOS,
CABLE Y FIBRA USADOS EN EL DISEÑO DE LA RED Y
TAMBIEN COMO INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA
SIMULACIÓN DE CADA ENLACE**



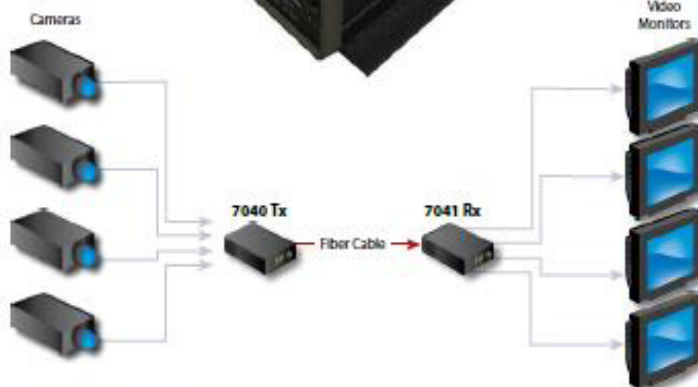
7040 Composite Video Series

Four channels of uncompressed composite video transmitted digitally over one fiber



Ideal Applications:

Security, Surveillance, Casinos,
Remote Video Production



Signal	Channels	Direction
Video	4	→

Features

- Transmits over one multimode or single mode fiber at 850, 1310 or 1550 nm
- No adjustments; pure digital processing and transmission
- 7 MHz video bandwidth per channel
- Video channel is compatible with NTSC, PAL or SECAM video standards
- Indicator LEDs monitor signals and power
- Wide range power supply allows operation from low voltage AC and DC sources
- System consists of transmitter and receiver unit; card or box version. Each end, plus power supply, must be purchased separately.
- Card version fills two slots in 6000A card cage

Ordering Information

Part Number	Description	Fiber Cores
7040-Bxy	Transmitter, Box Version	1
7040-Cxy	Transmitter, Card Version	1
7041-Bxy	Receiver, Box Version	1
7041-Cxy	Receiver, Card Version	1
PDPS-1-pp	Power Supply	

Power Supply Suffix Codes (pp) for AC Line Cord:

NA - North America AU - Australia EU - Europe
JP - Japan UK - United Kingdom

Part Number Suffix Codes:

x: 1 850 nm Multimode y: S ST Connector
3 1310 nm Multimode F FCPC Connector
7 1310 nm Single Mode
9 1550 nm Single Mode

Sales



CSI Communications
Specialties, Inc.

631-273-0404 | commspecial.com
info@commspecial.com

Video Specifications	
Number of channels	4
Frequency Response	7 MHz (-3 dB)
Differential Gain	1%
Differential Phase	0.5°
Signal-to-Noise Ratio	62 dB (CCIR weighted)
Video Connectors	BNC
General Specifications	
LED Indicators	Power; Video Present (per channel); Alarm LED (card version only)
Power Requirements*	9-24 volts AC or DC, 6 watts
Operating Temperature Range	-35° to +74° C
Optical Connectors	ST or FCPC
Operating Wavelength	850, 1310 or 1550 nm
Physical Size	6.5 W x 1.15 H x 8 L (inches) 165 W x 29 H x 203 L (mm)
Weight	approx. 1 lb.; 0.45 kg
Slots Filled in 6000A Card Cage	2

* For operation from 95-250VAC, 50/60Hz, a PDPS-1 plug-in adapter is required.

About CSI

Communications Specialties, Inc. (CSI) is an award-winning manufacturer of Pro A/V products for the distribution, conversion or transmission of television and computer video signals, including fiber optic transmission systems, scan converters and video scalars. The company was founded in 1983 by veterans of the broadcast industry. Since then, CSI has managed to consistently design innovative products that are used worldwide by Fortune 500 Companies in a variety of markets such as Broadcast/Professional A/V, Videoconferencing, Education, Home Theater, Security, ITS, Industrial Monitoring, and more!

The **Fiberlink®** line offers an extensive and affordable family of fiber optic transmission systems for the Professional A/V marketplace and includes several ground-breaking products for the transmission of high-resolution RGB signals. Systems for point-to-point and point-to-multipoint signal distribution make these products highly desirable for any Pro A/V architecture. New products are constantly being designed and developed and you can get the latest information at commspecial.com

Also from CSI: Scan Do® Scan Converters and Deuce® Video Scalars

tribluid per:  T +34 976 572 279 • F +34 976 573 673 • www.tecco.net



7040 Composite Video Series



Operating Loss Budget & Maximum Usable Distance*

Wavelength	Loss(dB)	Distance (km)
850 MM	0-20	0-75
1310 MM	0-25	0-2
1310 SM	0-23	0-55
1550 SM	0-25	0-80

SM = Single Mode Fiber

MM = MultiMode Fiber

*Distance specifications are only approximate and are not guaranteed. Operating loss budget must not be exceeded.

Want to learn more about fiber?

Log on to commspecial.com for fiber related resources written for Pro A/V Professionals by Pro A/V Professionals!



Backed by a 30-day satisfaction guarantee and a three-year limited warranty on parts and labor. See website for terms and conditions.

Sales



UPDATED 3/14/2008

All specifications subject to change without notice. © 2008
Fiberlink and the starburst logo are registered trademarks of Communications Specialties, Inc. CSI and the triangle design are trademarks of Communications Specialties, Inc.





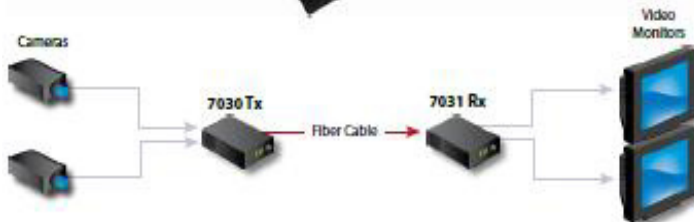
7030 Composite Video Series

Two channels of uncompressed composite video transmitted digitally over one fiber



Ideal Applications:

Security, Surveillance, Casinos,
Remote Video Production



Signal	Channels	Direction
Video	2	→

Features

Transmits over one multimode or single mode fiber at 850, 1310 or 1550 nm

No adjustments; pure digital processing and transmission

7 MHz video bandwidth per channel

Video channel is compatible with NTSC, PAL or SECAM video standards

Indicator LEDs monitor signals and power

Wide range power supply allows operation from low voltage AC and DC sources

System consists of transmitter and receiver unit; card or box version. Each end, plus power supply, must be purchased separately.

Card version fills one slot in 6000A card cage

Ordering Information

Part Number	Description	Fiber Cores
7030-Byz	Transmitter, Box Version	1
7030-Cyz	Transmitter, Card Version	1
7031-Byz	Receiver, Box Version	1
7031-Cyz	Receiver, Card Version	1
PDPS-1-pp	Power Supply	

Power Supply Suffix Codes (pp) for AC Line Cord:

NA - North America AU - Australia EU - Europe
JP - Japan UK - United Kingdom

Part Number Suffix Codes:

y:	1	850 nm Multimode	z:	S	ST Connector
	3	1310 nm Multimode		F	FCPC Connector
	7	1310 nm Single Mode			
	9	1550 nm Single Mode			

Sales



CSI Communications
Specialties, Inc.
631-273-0404 | commspecial.com
info@commspecial.com

Video Specifications	
Number of channels	2
Frequency Response	7 MHz (-3 dB)
Differential Gain	1%
Differential Phase	0.5°
Signal-to-Noise Ratio	62 dB (CCIR weighted)
General Specifications	
LED Indicators	Power; Video Present (per channel); Alarm LED (card version only)
Power Requirements*	9-24 volts AC or DC, 6 watts
Operating Temperature Range	-35° to +74° C
Optical Connectors	ST or FCPC
Operating Wavelength	850, 1310 or 1550 nm
Physical Size	6.5 W x 1.15 H x 8 L (inches) 165 W x 29 H x 203 L (mm)
Weight	approx. 1 lb.; 0.45 kg
Slots Filled in 6000A Card Cage	1

*For operation from 0-20VAC, 50/60Hz, a POPS-1 plug-in adapter is required.

About CSI

Communications Specialties, Inc. (CSI) is an award-winning manufacturer of Pro A/V products for the distribution, conversion or transmission of television and computer video signals, including fiber optic transmission systems, scan converters and video scalars. The company was founded in 1983 by veterans of the broadcast industry. Since then, CSI has managed to consistently design innovative products that are used worldwide by Fortune 500 Companies in a variety of markets such as Broadcast/Professional A/V, Video Conferencing, Education, Home Theater, Security, ITS, Industrial Monitoring, and more!

The **Fiberlink®** line offers an extensive and affordable family of fiber optic transmission systems for the Professional A/V marketplace and includes several ground-breaking products for the transmission of high-resolution RGB signals. Systems for point-to-point and point-to-multipoint signal distribution make these products highly desirable for any Pro A/V architecture. New products are constantly being designed and developed and you can get the latest information at commspecial.com

Also from CSI: Scan Do® Scan Converters and Deuce® Video Scalars



7030 Composite-Video Series



Operating Loss Budget & Maximum Usable Distance*

Wavelength	Loss(dB)	Distance (km)
850 MM	0-20	0-.75
1310 MM	0-25	0-2
1310 SM	0-23	0-55
1550 SM	0-25	0-80

SM = Single Mode Fiber

MM = MultiMode Fiber

* Distance specifications are only approximate and are not guaranteed. Operating loss budget must not be exceeded.

Want to learn more about fiber?

Log on to commspecial.com for fiber related resources written for Pro A/V Professionals by Pro A/V Professionals!



Backed by a 30-day satisfaction guarantee and a three-year limited warranty on parts and labor. See website for terms and conditions.

Sales



CSI Communications Specialties, Inc.
631-273-0404 | commspecial.com
info@commspecial.com

UPDATED 2/6/2009

All specifications subject to change without notice. © 2009
Fiberlink and the starburst logo are registered trademarks of
Communications Specialties, Inc. CSI and the triangle designs
are trademarks of Communications Specialties, Inc.





3800 Composite Video Series

Composite video and bidirectional data transmitted digitally over one or two fibers

Ideal Applications:

Security, Casinos



Signal	Channels	Direction
Video	1	→
Data	1	↔

Features

Transmits over multimode or single mode fiber at 850, 1310 or 1550 nm using one or two fibers

No adjustments; pure digital processing and transmission

8 MHz video bandwidth

Video channel is compatible with NTSC, PAL or SECAM video standards

Bidirectional data channel supports RS-232, RS-422 and RS-485 protocols for use with most PTZ systems. Transmitter and receiver may be configured differently

Built-in diagnostic LEDs for video signal, data signal and power

Wide range power supply allows operation from low voltage AC and DC sources

System consists of transmitter and receiver unit; card or box version. Each end, plus power supply, must be purchased separately

Card version fills one slot in 6000A card cage

Ordering Information

Part Number	Description	Fiber Cores
3810-Bxy	Transmitter, Box Version	1
3810-Cxy	Transmitter, Card Version	1
3811-Bxy	Receiver, Box Version	1
3811-Cxy	Receiver, Card Version	1
3820-Bxy	Transmitter, Box Version	2
3820-Cxy	Transmitter, Card Version	2
3821-Bxy	Receiver, Box Version	2
3821-Cxy	Receiver, Card Version	2
PDPS-1-pp	Power Supply	

Power Supply Suffix Codes (pp) for AC Line Cord:

NA - North America	AU - Australia	EU - Europe
JP - Japan	UK - United Kingdom	

Part Number Suffix Codes:

x:	1	850 nm Multimode	y:	S	ST Connector
	3	1310 nm Multimode		F	FCPC Connector
	7	1310 nm Single Mode			
	9	1550 nm Single Mode			

Sales



CSI Communications Specialties, Inc.

631-273-0404 | commspecial.com
info@commspecial.com

Video Specifications	
Frequency Response	8 MHz (-3 dB)
Input/Output Impedance	75 Ohms
Normal Input/Output Voltage	1V p-p nom., 1.1V p-p max.
Differential Gain	1.5 %
Differential Phase	1.0° typical
Signal-to-Noise Ratio	60 dB CCIR weighted typical
Video Connectors	BNC
Data Specifications	
Data Bandwidth	115 Kb/sec, max.
Control Format	RS-232, RS-422, RS-485 (2-wire and 4-wire), switch selectable
Protocols	NRZ, NRZI, RZ, Manchester, Bi-phase
Data Connectors	Terminal Block
General Specifications	
Operating Wavelength	850, 1310 and 1550 nm
Number of Fibers	1 or 2
Signal Connectors	Optical: ST and FCPC;
Operating Temperature	-35° to +74° C
Relative Humidity	10% - 90% (non-condensing)
Operating Power*	9-24 volts AC or DC, 5 watts
Physical Size	1.2 H x 5 W x 7 D (inches) 30 H x 127 W x 178 D (mm)
Weight	approx. 1 lb.; 0.45 kg
Slots Filled in 6000A Card Cage	1

* For operation from 95-250VAC, 50/60Hz, a POPS-1 plug-in adapter is required

Want to learn more about fiber?

Log on to commspecial.com for fiber related resources written for Pro A/V Professionals by Pro A/V Professionals!



Operating Loss Budget & Maximum Usable Distance*

Wavelength	Loss(dB)	Distance (km)
<i>One Fiber Version</i>		
1310 MM	0-10	0-4
1310 SM	0-19	0-45
1550 SM	11-26	40-65
<i>Two Fiber Version</i>		
850 MM	0-16	0-2
1310 MM	0-15	0-15
1310 SM	0-20	0-50
1550 SM	11-28	35-90

sm = Single Mode Fiber
mm = MultiMode Fiber

* Distance specifications are only approximate and are not guaranteed. Operating loss budget must not be exceeded.



Backed by a 30-day satisfaction guarantee and a three-year limited warranty on parts and labor. See website for terms and conditions.

Sales



CSI Communications Specialties, Inc.
631-273-0404 | commspecial.com
info@commspecial.com

UPDATED 2/6/2008
All specifications subject to change without notice. © 2008
Fiberlink and the starburst logo are registered trademarks of
Communications Specialties, Inc. CSI and the triangle designs
are trademarks of Communications Specialties, Inc.



Fiber Transmission Products (8-Bit) Single-Channel Video Transmitter/Receiver

Overview

The video and data series fiber transmission products (Micro Type) deliver optical transmission of 8-Bit PCM coded video through one fiber either in multi-mode or single-mode for convenience and flexibility. Adjustment and maintenance free, these modules are universally compatible with major CCTV camera manufacturers and support data interface.

The unit's unique modular design for in field configuration also accommodates installation and system growth and delivers long operating distances of up to 60 Km. The Micro Type products feature robust construction well suited for harsh environments and are available in wall mount configuration. Plug-and-Play design ensures ease of installation requiring no electrical or optical adjustments.

Standard Features

Video

- Non-compressed 8-Bit Digitally Encoded Video Transmission
- Support NTSC & PAL video systems
- No video degradation over max. operating distance

LEDs

- LED Indicators on the front and rear of the unit for the convenience of observation

Single-Channel Video

(8-Bit) Transmitter/ Receiver



Specifications

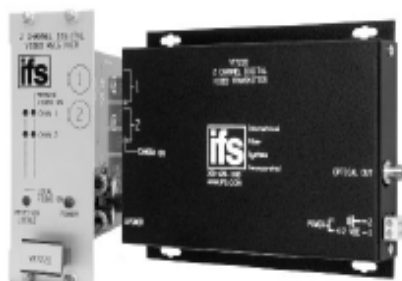
Video		
Number of Channels	1	
Color Systems	NTSC	PAL
I/O Impedance	75 Ohm	75 Ohm
I/O Composite Video Level	1Vp-p ± 5.5 IRE	700mVp-p ± 40 IRE
Sync Amplitude	40± 4 IRE	300± 30 IRE
Burst Amplitude	40± 4 IRE	300± 30 IRE
Bandwidth	≥4.6MHz	≥5.8MHz
Differential Gain	<2%	<2%
Differential Phase	<1 Degree Typical	<1 Degree Typical
SNR-CCIR weighted	≥ 53dB	≥ 53dB
Tilt	<1 %	<1 %
K-factor	1%	1.5%
Signal Indication (Video Presence/ Absence)	Green/Red LED lit	Green/Red LED lit
Input/output Connectors	BNC	BNC
Optical		
Wavelength	1310	
Number of Fiber	1	
Tx Output Power:		
Single Mode (40Km)	1310nm	-9dBm± 3 dBm
Multi-mode (4Km)	1310nm	-7dBm ± 3 dBm
Optical Budget:		
Multi-mode (62.5µm/125µm)	12dB	
Single-mode (9µm/125µm)	18dB (wavelength in 1310nm)	
Single-mode (9µm/125µm) Long Haul	25dB (wavelength in 1310nm)	
Transmission Distance:		
Multi-Mode (Limited by Fiber Bandwidth)	4Km	
Single-Mode	40Km	
Single-Mode (Long Haul)	60Km	
Fiber Connector (Standard Supply)	ST	
Mechanical		
Dimensions or Module H x W x D in mm	70 x 107 x 23.6	
Shipping weight	0.20 kg	
Environmental		
MTBF	>100,000 hours	
Operating Temperature	-40° C to +75° C	
Storage Temperature	-40° C to +85° C	
Relative Humidity	0 to 95% non-condensing	
Power Requirement		
Supply Voltage	12V DC (Standalone: derived from an external adaptor via the 2-pin connector at rear of the module. Rack chassis: derived from the chassis PSU via the 30-pin connector at rear of the module.)	
Card Protection	Poly Fuse (1 A)	
Current Consumption	Max. 500mA	



PRODUCT SPECIFICATION

2-CHANNEL DIGITAL VIDEO MULTIPLEXER

VT/VR7200 SERIES



DESCRIPTION

The IFS VT/VR7200 series multiplexers simultaneously transmits two channels of video over one optical fiber utilizing 8-bit digital encoding for the high-quality video transmission. These products exceed EIA RS-250C for Medium-Haul Video Transmission performance requirement. The modules are universally compatible with major CCTV camera manufacturers. Plug-and-play design ensures ease of installation requiring no electrical or optical adjustments. The modules incorporate Power, Receiver Locked and Video Presence Status indicating LED's to monitor proper system operation. The modules are available in either stand-alone or rack mount versions.

APPLICATION EXAMPLES

- CCTV

FEATURES

- 8-Bit Digitally Encoded Video Transmission Transmits 2 Real-Time Color Video Signals
- Exceeds RS-250C Medium-Haul Transmission Performance Standard Directly Compatible with All NTSC, PAL, or SECAM CCTV Camera Systems
- LED Status Indicators Provide Indication of Critical Operating Parameters
- Tested and Certified by an Independent Testing Laboratory for Full Compliance with the Environmental Requirements (Ambient Operating Temperature, Mechanical Shock, Vibration, Humidity with Condensation, High-Line/Low-Line Voltage Conditions and Transient Voltage Protection) of NEMA TS-1/TS-2 and the Caltrans Specification for Traffic Signal Control Equipment.
- Solid-State Current Limiters on All Power Lines Provide Equipment Protection
- Exceeds NEMA TS-1/TS-2 and Caltrans Traffic Signal Control Equipment
- Compatible with Major CCTV Camera Manufacturers
- No In-field Electrical or Optical Adjustments Required
- Hot-Swappable Rack Modules
- Automatic Resettable Fuses on all Power Lines
- Comprehensive Lifetime Warranty



Available at:
www.ifs.com

- A & E Specifications, (CSI)
- AutoCAD Drawings
- Operation Manuals
- Technical Bulletins

ORDERING INFORMATION

	PART NUMBER	DESCRIPTION	FIBERS REQUIRED	OPTICAL PWR BUDGET	MAX. DISTANCE*
MULTIMODE 62.5/125µm**	VT7220	2 Channel Video Transmitter (1310 nm)	1	10 dB	1.2 miles (2 km)
	VR7220	2 Channel Video Receiver (1310 nm)			
SINGLEMODE 9/125µm	VT7230	2 Channel Video Transmitter (1310 nm)	1	20 dB	38 miles (60 km)
	VR7230	2 Channel Video Receiver (1310 nm)			
ACCESSORIES*	PS-12VDC 12 Volt DC Plug-in Power Supply (Included)				
	PS-12VDC-230 12 Volt DC Plug-in Power Supply, 230 VAC Input (Included if specified at time of order)				
OPTIONS	Add "-R3" to Model Number for R3 Rack Mount - No Charge (Requires R3 Rack purchased separately)				
	Add "-C" for Conformally Coated Printed Circuit Boards (Extra charge, consult factory)				
	Add "-SC" for SC connector (Single-mode equipment only)				
	Add "-FC" to model number for FC Optical Connector (Single-mode equipment only)				
	Add "-HP" for High Power Transmitter				

* Optical transmission distance is limited to optical loss of the fiber and any additional loss introduced by connectors, splices and patch panels. Distance can also be limited by fiber bandwidth. ** For 50/125 Fiber, subtract 4 dB from Optical Power Budget. * This product may be used with 62.5µm graded index multimode fiber having a maximum run length of 2 km and/or a maximum optical loss of 10 dB.

* All accessories are third party manufactured.



TECHNICAL SPECIFICATION

2-CHANNEL DIGITAL VIDEO MULTIPLEXER

VT/VR7200 SERIES

SPECIFICATIONS

VIDEO

Video Input:	1 volt pk-pk (75 ohms)
# Input/Output Channels:	2
Bandwidth (minimum):	10 Hz - 6.5 MHz
Differential Gain:	<2%
Differential Phase:	<0.7°
TRE:	<1%
Signal-to-Noise Ratio (SNR):	60 dB @ maximum Optical Loss Budget

OPTICAL EMITTER

Laser Diode

WAVELENGTH

1310 nm, Multimode
1310 nm, Singlemode

NUMBER OF FIBERS

1

LED INDICATORS

VT Transmitted Data Transceiver Unit:
- Video Input Sync Presence for Each Video Channel
- Video Input overload for Each Video Channel
- Operating Power

VR Received Data Transceiver Unit:
- Video Output Sync Presence for Each Video Channel
- Video Output overload for Each Video Channel
- Optical Center Detect/Link-Lock
- Operating Power

CONNECTORS

Optical:	ST, SC or FC
Power:	Terminal Block with Screw Clamps
Video:	BNC (Gold Plated Center-Pin)

ELECTRICAL & MECHANICAL

Power:	
Surface Mount:	12 VDC @ 500 mA (Surface Mount)
Rack:	From Rack
Number of Rack Slots:	2
Current Protection:	Automatic Resettable Solid-State Current Limiters
Circuit Board:	Meets IPC Standard
Size (in./cm.) (LxWxH):	
Surface Mount VT:	7.0 x 4.9 x 1.0 in., 17.8 x 12.5 x 5.1 cm
All Others:	7.7 x 5.0 x 2.0 in., 19.6 x 12.7 x 7.6 cm
Shipping Weight:	< 2 lbs./0.9 kg

ENVIRONMENTAL

MTBF:	> 100,000 hours
Operating Temp:	-40° C to +74° C
Storage Temp:	-40° C to +85° C
Relative Humidity:	0% to 95% (non-condensing)†

† May be extended to condensation conditions by adding suffix "-C" to model number for conformal coating.

AGENCY COMPLIANCE

FCC PART 15 COMPLIANT



MADE IN THE USA

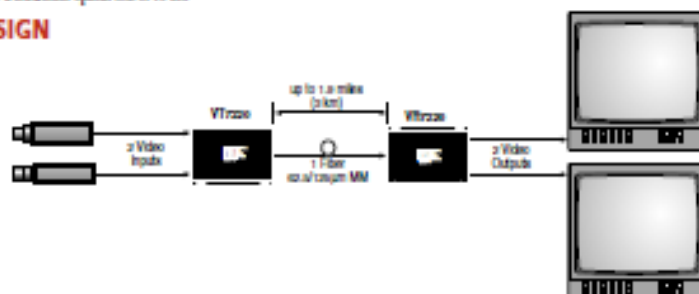
Complies with FDA Performance Standard for Laser Products, Title 21, Code of Federal Regulations, Subchapter J

OPTICAL POWER BUDGET

FIBER	WAVELENGTH	TRANSMITTER	RECEIVER	OPTICAL PWR BUDGET	MAX. DISTANCE*
		MODEL	MODEL		
Multimode 62.5/125µm**	1310 nm	VT7220	VR7220	10 dB	1.2 miles (2 km)*
Singlemode 9/125µm		VT7230	VR7230	20 dB	38 miles (60 km)

* Optical transmission distance is limited to optical loss of the fiber and any additional loss introduced by connectors, splices and patch panels. Distance can also be limited by fiber bandwidth. ** For 80/125 Fiber, subtract 4 dB from Optical Power Budget. * This product may be used with 62.5µm graded index multimode fiber having a maximum run length of 2 km and/or a maximum optical loss of 16 dB.

SYSTEM DESIGN



TEL (203)426-1180 ■ FAX (203)426-3326 ■ www.ifs.com ■ sales@ifs.com
16 Commerce Road ■ Newtown, CT 06470

Due to our continued effort to advance technology, product specifications are subject to change without notice.

09/09/04

Overview

The IFS VT/VR7400 series multiplexers simultaneously transmit four channels of video over one optical fiber utilizing 8-bit digital encoding for high-quality video transmission. State-of-the-art 8-bit digital encoding and decoding for high-quality video transmission that exceeds the requirements of EIA RS-250C for Medium-Haul Video Transmission. These environmentally hardened units are ideal for use in unconditioned roadside or out-of-plant installations. These units are completely transparent to and universally compatible with any NTSC, PAL, or SECAM CCTV camera system. Plug-and-play design ensures ease of installation and no electrical or optical adjustments are ever required. LED indicators are provided for rapidly ascertaining equipment operating status, and these units are available in either stand-alone or rack mount configurations.

Application Examples

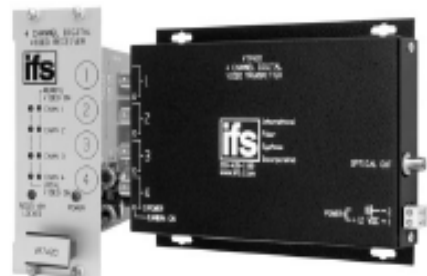
- High-Performance CCTV (Fixed Video)

Standard Features

- 8-Bit Digitally Encoded Video Transmission Transmits 4 Real-Time Color Video Signals on One Optical Fiber
- Exceeds All Requirements for RS-250C Medium-Haul Transmission: Extremely High Video Performance
- Exceptionally Low Video Distortion with Zero Performance Variation vs. Optical Path Loss
- Ideally Suited to Networks Requiring Multiple Physical Layers Where Video Degradation May be a Problem
- Compatible with all NTSC, PAL, or SECAM CCTV Camera Systems
- Wide Optical Dynamic Range: Optical Attenuators are Never Required
- NTCIP Compatible
- Tested and Certified by an Independent Testing Laboratory for Full Compliance with the Environmental Requirements (Ambient Operating Temperature, Mechanical Shock, Vibration, Humidity with Condensation, High-Line/Low-Line Voltage Conditions and Transient Voltage Protection) of NEMA TS-1/TS-2 and the Caltrans Specification for Traffic Signal Control Equipment.
- Robust Design Ensures Extremely High Reliability in Unconditioned Out-of-Plant Environments
- LED Status Indicators Provide Rapid Indication of Critical Operating Parameters
- Solid-State Current Limiters on All Power Lines Provide Equipment Protection
- Comprehensive Lifetime Warranty

4-Channel Digitally Encoded Video Multiplexer

Simultaneously transmits
four channels of video over
one optical fiber utilizing
8-bit digital encoding for
high quality video.



GE Security

North America
T 888-GE-SECURITY
888-437-3287
F 505-691-7566
E sales@ge.com

Asia
T 852-2907-8100
F 852-2142-5063

Australia and New Zealand
T 613-9239-1200
F 613-9239-1299

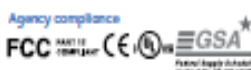
Europe
T 44-113-258-1668
F 44-113-255-8121

Latin America
T 305-593-4301
F 305-593-4300

geosecurity.com/na

Specifications subject to
change without notice.

© 2008 General Electric Company
All Rights Reserved



Made in the USA
Complies with FDA Performance
Standard for Laser Products, Title 21,
Code of Federal Regulations, Subchapter J

Specifications

Video	
Video Input:	1 volt pk-pk 75 ohms
Input/Output Channels:	4
Bandwidth:	10 Hz - 6.5 MHz
Differential Gain:	<2%
Differential Phase:	<0.2°
Tilt:	<1%
Signal-to-Noise Ratio (SNR):	60 dB @ Maximum Optical Power Loss
Wavelength	1310 nm Multimode 1310/1550 nm Single Mode
Optical emitter	Laser Diode (all models)
Number of fibers	1
Connectors	
Optical:	ST, SC or FC (see ordering information)
Power:	Terminal Block with Screw Clamps
Video:	BNC (Gold Plated Center-Pin)
Electrical & Mechanical	
Power:	+12 VDC @ 500 mA
Surface Mount:	From Rack
Rack:	2
Number of Rack Slots:	2
Current Protection:	Automatic Resettable Solid-State Current Limiters
Circuit Board:	Meets IPC Standard
Size (in/cm) (LxWxH):	7.0 x 4.9 x 1.0 in., 17.8 x 12.5 x 2.5 cm
Surface Mount:	7.7 x 5.0 x 2.0 in., 19.6 x 12.7 x 5.0 cm
Rack Mount:	
Shipping Weight:	< 2 lbs/0.9 kg
Environmental	
MTBF:	> 100,000 hours
Operating Temp:	-40° C to +74° C
Storage Temp:	-40° C to +85° C
Relative Humidity:	0% to 95% (non-condensing)

†May be extended to condensation conditions by adding suffix '-C' to model number for conformal coating.

*NOTE: All optical terminations need to be epoxy polished with a minimum back reflection of -30 dB.

Ordering Information[†]

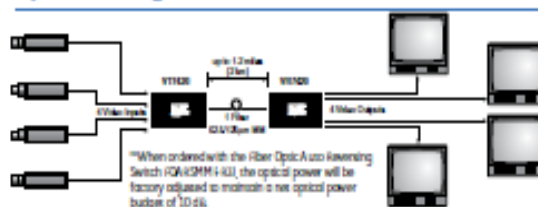
	Part Number	Description	Fibers Required	Optical Pwr. Budget	Max. Distance*
Multimode 62.5/125µm**	VT7420	4 Channel Video Transmitter (1310 nm)	1	18 dB	1.2 miles (2 km)**
	VR7420	4 Channel Video Receiver (1310 nm)			
	VT7430	4 Channel Video Transmitter (1310 nm)	1	17 dB 23 dB	31 miles (51 km) 43 miles (69 km)
	VR7430	4 Channel Video Receiver (1310 nm)			
Single Mode 9/125µm	VT7450	4 Channel Video Transmitter (1550 nm)	1	17 dB 24 dB	42 miles (68 km) 60 miles (96 km)
	VR7450	4 Channel Video Receiver (1550 nm)			
	VT7450-HP***	4 Channel Video Transmitter (1550 nm)	1	24 dB	60 miles (96 km)
	VR7450	4 Channel Video Receiver (1550 nm)			
Accessories†	PS-12VDC 12 Volt DC Plug-In Power Supply (Included) PS-12VDC-230 12 Volt DC Plug-In Power Supply, 230 VAC Input (Included if specified at time of order)				
Options	Add '40' to Model Number for RJ Rack Mount - No Charge (Requires RJ Rack purchased separately) Add '1C' to Model Number for Conformally Coated Printed Circuit Boards (No charge, consult factory) Add '1SC' to Model Number for SC Connector (Single Mode equipment only) Add '1FC' to Model Number for FC Optical Connector (Single Mode equipment only)				

* Optical transmission distance is limited to optical loss of the fiber and any additional loss introduced by connectors, splices, and patch panels. Distance can also be limited by fiber bandwidth. ** For 62.5/125 µm fiber, subtract 3 dB from Optical Power Budget. All accessories are third-party manufactured.

*** This product may be used with 62.5µm graded index multimode fiber having a maximum run length of 2 km and/or a maximum optical loss of 10 dB.

**** VT7450-HP requires a minimum of 3 dB loss to operate.

System Design



Optical Specifications

Bandwidth	High Performance EMB*	Legacy Performance EMB**	
	(MHz•km) 850 nm Only	(MHz•km) 850 nm	1300 nm
Corning Optical Fiber			
InfiniCor eSX+ fiber	4700	3500	500
InfiniCor SX+ fiber	2000	1500	500
InfiniCor SXi fiber	850	700	500

*Ensured via minEMB, per TIA/EIA 455-220A and IEC 60793-1-49, for *high performance laser-based* systems (up to 10 Gb/s).

**OFL BW, per TIA/EIA 455-204 and IEC 60793-1-41, for *legacy and LED-based* systems (typically up to 100 Mb/s).

Attenuation

Wavelength (nm)	Maximum Value (dB/km)
850	≤ 2.3
1300	≤ 0.6

No point discontinuity greater than 0.2 dB.

Attenuation at 1380 nm does not exceed the attenuation at 1300 nm by more than 3.0 dB/km.

Induced attenuation from 100 turns around a 75 mm mandrel shall be ≤ 0.5 dB at 850 nm and 1300 nm.

Numerical Aperture

0.200 ± 0.015

Dimensional Specifications

Glass Geometry		Coating Geometry	
Core Diameter	50.0 ± 2.5 μm	Coating Diameter	242 ± 5 μm
Cladding Diameter	125.0 ± 2.0 μm	Coating-Cladding Concentricity	< 12 μm
Core-Clad Concentricity	≤ 1.5 μm		
Cladding Non-Circularity	≤ 1.0%		
Core Non-Circularity	≤ .5%		

Environmental Specifications

Environmental Test	Test Condition	Induced Attenuation 850 and 1300 nm (dB/km)
Temperature Dependence	-60°C to +85°C	≤ 0.10
Temperature Humidity Cycling	-10°C to +85°C and 4% to 98% RH	≤ 0.10
Water Immersion	23°C ± 2°C	≤ 0.20
Heat Aging	85°C ± 2°C	≤ 0.20
Damp Heat	85°C at 85% RH	≤ 0.20

Operating Temperature Range: -60°C to +85°C

Mechanical Specifications

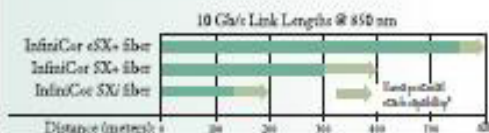
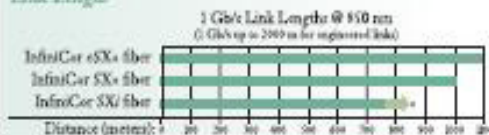
Proof Test	Length
The entire fiber length is subjected to a tensile stress ≥ 100 kpsi (0.7 GN/m ²)*.	Fiber lengths available up to 17.6 km/spool.

*Higher proof test levels available.

Performance Characterizations

Characterized parameters are typical values.

Link Length



*Note: All optical link length estimates are provided by Corning subject to testing delays.

Link Lengths as characterized in IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet) and IEEE 802.3ae (10 Gigabit Ethernet) for InfiniCor product-specific bandwidth metrics and standards compliant components. 1 Gb/s and 10 Gb/s link lengths shown for InfiniCor eSX+ fiber and 1 Gb/s link lengths shown for InfiniCor SX+ fiber systems require cable attenuation ≤ 3.0 dB/km and total connector loss ≤ 1.0 dB.

Refractive Index Difference 1%

Effective Group Index of Refraction (N_{eff})
850 nm: 1.481
1300 nm: 1.476

N_{eff} was empirically derived to the third decimal place using a specific commercially available OTDR.

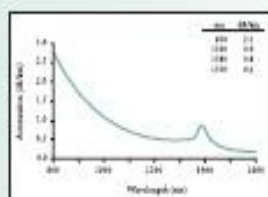
Fatigue Resistance Parameter (n_f) 20

Coating Strip Force
Dry: 0.6 lbs. (2.7N)
Wet, 14 days in 23°C water soak:
0.6 lbs. (2.7N)

Rayleigh Backscatter Coefficient (for 1 ns Pulse Width)
850 nm: -68 dB
1300 nm: -76 dB

Chromatic Dispersion
Zero Dispersion Wavelength (λ_0): 1300 nm $\pm$ 1320 nm
Zero Dispersion Slope (S_0): ≤ 0.101 ps/(nm²•km)

Spectral Attenuation (Typical Fiber)



Formulas

Dispersion

$$\text{Dispersion} = D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \text{ ps/(nm} \cdot \text{km)},$$

for 750 nm $\leq \lambda \leq$ 1450 nm.

λ = Operating Wavelength

Cladding Non-Circularity

$$\text{Cladding Non-Circularity} = \left[1 - \frac{\text{Min. Cladding Diameter}}{\text{Max. Cladding Diameter}} \right] \times 100$$

Corning Incorporated
www.corning.com/opticalfiber

One Riverfront Plaza
Corning, NY 14831
U.S.A.

Ph: 607-248-2000

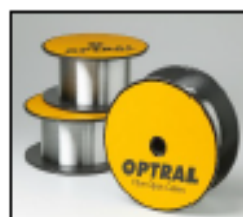
Fx: 607-248-2200

Email: opticalfiber@corning.com

Corning and InfiniCor are registered trademarks of Corning Incorporated, Corning, N.Y.

Any warranty of any nature relating to any Corning optical fiber is only contained in the written agreement between Corning Incorporated and the direct purchaser of such fiber.

©2010, Corning Incorporated

OPTRAL**SM10****FIBRA ÓPTICA MONOMODO SMF – G652**

Fibras ópticas monomodo de salto de índice. Estas fibras están optimizadas para su uso en la longitud de onda de 1310 nm. Adecuadas en aplicaciones de redes metropolitanas, de acceso, cableados estructurados y CATV.

Estas fibras cumplen con IEC 60793-2-50, UIT G.652B, G.652D, Telcordia GR-20-CORE, ANSI/CEA S-87-640.

Todas las especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso. Consultar a Optral las actualizaciones.

PROPIEDADES GEOMÉTRICAS / MECÁNICAS	VALOR
No circularidad núcleo	$\leq 6 \%$
Error concentricidad núcleo / revestimiento	$\leq 1 \mu\text{m}$
Diámetro revestimiento	$125 \pm 1 \mu\text{m}$
No circularidad revestimiento	$\leq 1 \%$
Diámetro recubrimiento primario	$245 \pm 10 \mu\text{m}$
No circularidad recubrimiento primario	$\leq 6 \%$
Error concentricidad recubrimiento primario	$\leq 12.5 \mu\text{m}$
Proof Test	$\geq 8.8 \text{ N} / \geq 1 \% / \geq 100 \text{ Kpsi}$

PROPIEDADES ÓPTICAS		G.652.B	G.652.D
Diámetro Campo Modal (μm)	1310 nm	9.2 ± 0.4	9.2 ± 0.4
	1550 nm	10.3 ± 0.5	10.3 ± 0.5
Coeficiente Atenuación (dB/Km)	1310 nm	≤ 0.35	≤ 0.35
	1383 nm	---	≤ 0.35
	1550 nm	≤ 0.24	≤ 0.24
	1525 – 1575 nm	---	---
Dispersión Cromática (ps/nm.Km)	1285 – 1330 nm	≤ 3	≤ 3
	1550 nm	≤ 18	≤ 18
	1530 – 1565 nm	–	–
	1565 – 1625 nm	–	–
Longitud Onda Cero Dispersión (nm)		1300 - 1322	1300 - 1322
Pendiente Dispersión Cero (ps / nm ² Km)		≤ 0.092	≤ 0.092
Índice Refracción	1310 nm	1.467	1.467
	1550 nm	1.468	1.468
Longitud Onda Corte (nm)	Cableado	≤ 1280	≤ 1280
PMD (ps / (ps/nm.Km) Valor Enlace)	1550 nm	< 0.1	< 0.1

Propiedades conforme a UIT-T G.652, IEC 60793-2-50, ISO/IEC 11801, EN 50173, Telcordia GR-20-CORE y ANSI/CEA S-87-640.

Loose Tube Dual Jacket Dual Armored Cable

Product Construction:

Fiber:

- 2-144 fibers
- Loose tube gel-filled
- Color-coding per TIA/EIA 598B

Central Strength Member:

- Epoxy/glass rod

Inner Jacket:

- Black UV- and moisture-resistant polyethylene (PE)

1st Armor:

- 0.006" corrugated coated steel tape

Middle Jacket:

- Black UV- and moisture-resistant polyethylene (PE)

2nd Armor:

- 0.006" corrugated coated steel tape

Outer Jacket:

- Black UV- and moisture-resistant polyethylene (PE)
- Sequential footage markings*

Features:

- Loose tube gel-filled construction for superior fiber protection
- UV- and moisture-resistant design
- Rodent-resistant construction
- Dry Water Block cable core for ease of handling

Performance:

- Temperature:
 - Storage -40°C (-40°F) to +75°C (+167°F)
 - Operating -40°C (-40°F) to +70°C (+158°F)
- Minimum Bend Radius:
 - 20 X OD—Installation
 - 10 X OD—In-Service
- Maximum Crush Resistance:
 - 125 lbs/in (220 N/cm)

Applications:

- Interbuilding voice or data communication backbones
- Installed in ducts, underground conduits, aerial/flushed or direct buried

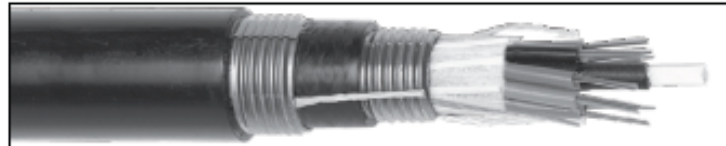
Compliance:

- ANSI/TIA/EIA 568B.3
- ICEA S-87-640
- Rural Utilities Service (RUS) 7 CFR 1755.900 (REA PE-90)
- GR-20 Verified
- RoHS Compliant Directive 2002/95/EC

Options:

- Gel-free tube versions also available, use "-DT suffix" (XX0124M1F-DT)
- Alternate 6-fiber per tube available upon request

*Sequential meter markings available upon request

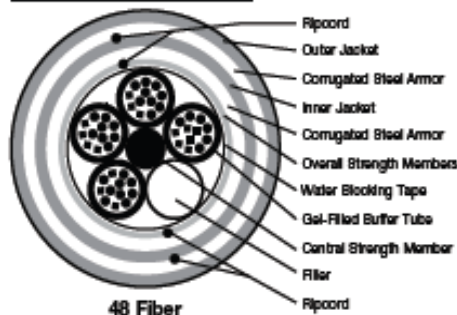


CATALOG NUMBER	FIBER COUNT	NO. OF LOOSE TUBES	NOMINAL CABLE DIAMETER		NOMINAL CABLE WEIGHT		MAXIMUM TENSILE LOAD			
			IN	mm	LBS/1000'	kg/km	INSTALLATION		IN-SERVICE	
XX0024H1S-DWB	2	5	0.66	16.8	188	280	600	2700	180	800
XX0044H1S-DWB	4	5	0.66	16.8	188	280	600	2700	180	800
XX0064H1S-DWB	6	5	0.66	16.8	188	280	600	2700	180	800
XX0084H1S-DWB	8	5	0.66	16.8	188	280	600	2700	180	800
XX0124H1S-DWB	12	5	0.66	16.8	188	280	600	2700	180	800
XX0184H1S-DWB	18	5	0.66	16.8	188	280	600	2700	180	800
XX0244H1S-DWB	24	5	0.66	16.8	188	280	600	2700	180	800
XX0364H1S-DWB	36	5	0.66	16.8	188	280	600	2700	180	800
XX0484H1S-DWB	48	5	0.66	16.8	188	280	600	2700	180	800
XX0604H1S-DWB	60	5	0.66	16.8	188	280	600	2700	180	800
XX0724H1S-DWB	72	6	0.72	18.3	217	324	600	2700	180	800
XX0964H1S-DWB	96	8	0.79	20.0	247	368	600	2700	180	800
XX1204H1S-DWB	120	10	0.86	21.9	292	435	600	2700	180	800
XX1444H1S-DWB	144	12	0.94	23.8	338	505	600	2700	180	800

XX denotes glass type.

A complete listing of NextGen® Brand glass types is specified on page 3 of this catalog.

Typical Cross-Section



48 Fiber

Hybrid designs (containing singlemode and multimode fiber) and composite designs (containing copper conductors) are also available.

For complete listing of all fiber counts offered, please contact your General Cable sales representative.

Factory-installed eyelet option for quick cable-pull setups available.

Ordering Part Number Example

CG0124H1S-DWB

62.5 mm multimode, 12 fibers, DJ dual armored

Please see pages 4 and 5 for a complete guide on part number selection and ordering information.



ANEXO C

CÓDIGOS USADOS EN LA SIMULACIÓN

C.1 Código de la portada

```
function varargout = PRESENTACION(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
'gui_OpeningFcn', @PRESENTACION_OpeningFcn, ...
'gui_OutputFcn',  @PRESENTACION_OutputFcn, ...
'gui_LayoutFcn',  [] , ...
'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before PRESENTACION is made visible.
function PRESENTACION_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject      handle to figure
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin     command line arguments to PRESENTACION (see VARARGIN)
scrsz = get(0,'ScreenSize');

%colocamos ejes en la figura
axes('Units','Normalized',...
'Position',[0 0 1 1]);

%Colocar Imagen de fondo
[x,map]=imread('PUERTO.jpg','jpg');
image(x),colormap(map),axis off,hold on

text(50,30,'SIMULACION DE ENLACE DE FIBRA
OPTICA','Fontname','Arial','FontSize',18,'Fontangle','Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
    text(120,70,'EN UNA RED DE VIDEO
VIGILANCIA','Fontname','Arial','FontSize',18,'Fontangle','Oblique',
...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
    text(20,600,'JUAN
QUISHPI','Fontname','Arial','FontSize',18,'Fontangle','Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
```

```

        text(20,640,'JONATHAN
VILLAO','Fontname','Arial','Fontsize',18,'Fontangle','Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);

% Choose default command line output for PRESENTACION
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes PRESENTACION wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Executes on button press in CONTINUAR.
function CONTINUAR_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles.CONTINUAR,'Callback',clear all, close all, clc, DESCRIPCION;

```

C.2 Código de la descripción

```

function varargout = DESCRIPCION(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
'gui_OpeningFcn', @DESCRIPCION_OpeningFcn, ...
'gui_OutputFcn',  @DESCRIPCION_OutputFcn, ...
'gui_LayoutFcn',  [] , ...
'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before DESCRIPCION is made visible.
function DESCRIPCION_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject      handle to figure
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin     command line arguments to DESCRIPCION (see VARARGIN)

        axes('Units','Normalized',...
'Position',[0 0 1 1]);

```

```

%Colocar Imagen de fondo
[x,map]=imread('CFO.jpg','jpg');
image(x),colormap(map),axis off,hold on

text(20,40,'DESCRIPCION DEL PROGRAMA:
','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
    text(30,80,'- SIMULA LOS ENLACES DE UNA RED DE VIDEO
VIGILANCIA','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique',
...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
    text(30,100,'    CALCULANDO PRESUPUESTO DE PERDIDAS Y ANCHO
DE','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
    text(30,120,'    BANDA OPTICO Y
ELECTRICO.','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique',
...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
    text(30,160,'- SE ESCOGIO UNA RED DISEÑADA PARA LA
AUTORIDAD','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique',
...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
    text(30,180,'    PORTUARIA PUERTO
BOLIVAR.','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique',
...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
    text(30,220,'- SE USA FIBRA OPTICA MULTIMODO DE
FABRICANTE','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique',
...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
    text(30,240,'    CORNING EN BASE A PARAMETROS DEL
DISEÑO.','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
    text(30,280,'- SE MUESTRA UN MAPA DE LA AUTORIDAD
PORTUARIA','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique',
...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
    text(30,300,'    MARCANDO CADA ENLACE, DONDE SE OBSERVA
SU','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
    text(30,320,'    PRESUPUESTO AL UBICARSE SOBRE
ALGUNO.','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);

% Choose default command line output for DESCRIPCION
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes DESCRIPCION wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

```



```

% --- Executes on button press in CONTINUAR.
function CONTINUAR_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to CONTINUAR (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in REGRESAR.
function REGRESAR_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to REGRESAR (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
handles.REGRESAR, 'Callback', clear all, close all, clc, PRESENTACION;

```

C.3 Código del mapeo de los enlaces

```

function varargout = MAPA(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
'gui_OpeningFcn', @MAPA_OpeningFcn, ...
'gui_OutputFcn',  @MAPA_OutputFcn, ...
'gui_LayoutFcn',  [] , ...
'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before MAPA is made visible.
function MAPA_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject      handle to figure
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin     command line arguments to MAPA (see VARARGIN)
scrsz = get(0, 'ScreenSize');

%colocamos ejes en la figura
axes('Units','Normalized',...
'Position',[0 0 1 1]);

%Colocar Imagen de fondo

```

```

[x,map]=imread('MAPA.jpg','jpg');
image(x),colormap(map),axis off,hold on

text(20,480,'AUTORIDAD
PORTUARIA','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique',
...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
text(50,500,'PUERTO
BOLIVAR','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);

text(280,30,'CONSOLA','Fontname','Arial','FontSize',10,'Fontangle','
Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
text(555,450,'RECORRIDO DE LOS
ENLACES','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
text(620,470,'DE FIBRA
OPTICA','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);
text(635,490,'(COLOR
AZUL)','Fontname','Arial','FontSize',14,'Fontangle','Oblique', ...
'Fontweight','Bold','color',[0 0 0]);

% Choose default command line output for MAPA
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --- Executes on button press in ATRAS.
function ATRAS_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to ATRAS (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
handles.ATRAS,'Callback',clear all, close all, clc, DESCRIPCION;

% --- Executes on button press in L1.
function L1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to L1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENLACE1;

% --- Executes on button press in L2.
function L2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to L2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENLACE2;

% --- Executes on button press in L3.
function L3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to L3 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENLACE3;
% --- Executes on button press in L4.
function L4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to L4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENLACE4;
% --- Executes on button press in L5.
function L5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to L5 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENLACE5;
% --- Executes on button press in L6.
function L6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to L6 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENLACE6;
% --- Executes on button press in L7.
function L7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to L7 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENLACE7;
% --- Executes on button press in L8.
function L8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to L8 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENLACE8;
% --- Executes on button press in L9.
function L9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to L9 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENLACE9;
% --- Executes on button press in L11.
function L11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to L11 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENLACE11;
% --- Executes on button press in L13.
function L13_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to L13 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENLACE13;
% --- Executes on button press in L14.
function L14_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to L14 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENLACE14;

```

C.4 Código general en el cual se asienta la simulación de cualquier enlace de la red de videovigilancia

Código para el presupuesto de pérdidas

```

% --- Executes just before ENLACE1 is made visible.
function ENLACE1_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject     handle to figure
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin    command line arguments to ENLACE1 (see VARARGIN)

global nc;
global lc;
global ne;
global le;
global coeficiente;
global distancia;
global ms;
global perdida_max;
global perdida_enlace;
global lambda;
global linewidth;
global bl;
global concatenacion;
global dtotal;
global bitrate;
global foptico;
global felectrico;

%PRESUPUESTO DE PERDIDAS
lc=0.5;
le=0.1;
coeficiente=0.4;
ms=2;
set(handles.NENLACE,'String','ENLACE L1');
distancia=0.63268; %en km
nc=2;
ne=2;
perdida_max=25;
perdida_enlace=nc*lc+ne*le+distancia*coeficiente+ms;

```

```

set(handles.DATO_DISTANCIA, 'String', distancia);
set(handles.DATO_ATENUACION, 'String', coeficiente);
set(handles.DATO_LC, 'String', lc);
set(handles.DATO_CONECTORES, 'String', nc);
set(handles.DATO_LE, 'String', le);
set(handles.DATO_EMPALMES, 'String', ne);
set(handles.DATO_MS, 'String', ms);
set(handles.DATO_LMAXIMA, 'String', perdida_max);
if (perdida_enlace>perdida_max)
set(handles.DATO_LENLAKE, 'BackgroundColor', [1 0
0], 'String', perdida_enlace);
set(handles.DECISION, 'BackgroundColor', [1 0 0], 'String', 'ENLACE NO
ADECUADO');
else
set(handles.DATO_LENLAKE, 'BackgroundColor', [0 0
1], 'String', roundn(perdida_enlace,-2));
set(handles.DECISION, 'BackgroundColor', [0 0 1], 'String', 'ENLACE
ADECUADO');
end

```

Código para el presupuesto de ancho de banda

```

%PRESUPUESTO DE ANCHO DE BANDA
lambda=1310; %nm
linewidth=120; %nm
bl=500; %MHZ-KM
concatenacion=0.8; %<1km
%Para hallar la dispersión total
s0=0.101e-3; %ns/nm^2-km --> pendiente de cero dispersión
%1300 nm<longitud de onda de cero dispersión(lambda_0)<1320 nm
%D(coeficiente de dispersion cromatica)
%D=[(s0^2)/4][lambda-(lambda_0^4/lambda^3)]
%ya que se trabaja a lambda=1310 nm, se cae en la zona de cero
dispersion,
%es decir lambda=lambda_0
dmodal=441*(distancia^concatenacion)./bl; %nseg
%
dcrom=linewidth*distancia*sqrt((d^2)+(s0^2)*(linewidth^2)/sqrt(8));
pero
% d=0 por lo tanto la ecuación se reduce
dcrom=(linewidth^2)*distancia*s0/sqrt(8);
dtotal= sqrt(dmodal^2 + dcrom^2); %nseg
bitrate=0.25e3/(0.425*dtotal); %Mhz
foptico=0.75*bitrate;
felectrico=0.71*foptico;
set(handles.DATO_LAMBDA, 'String', lambda);
set(handles.DATO_LW, 'String', linewidth);
set(handles.DATO_BWL, 'String', bl);
set(handles.DATO_CONCATENACION, 'String', concatenacion);
set(handles.DATO_DTOTAL, 'String', roundn(dttotal,-2));

```

```

set(handles.DATO_TASA, 'String', roundn(bitrate, -2));
set(handles.DATO_BWOPTICO, 'String', roundn(foptico, -2));
set(handles.DATO_BWELECTRICO, 'String', roundn(felectrico, -2));

```

Código para el bosquejo de atenuación - distancia

```

%GRAFICO DE PERDIDAS A LO LARGO DEL ENLACE EN DB
x=linspace(0,distancia+0.01,1000);
disemp1=str2double(get(handles.DIS_EMP_1, 'String'))/1000;% de metros
pasado a kilometros
disemp2=disemp1 + str2double(get(handles.DIS_EMP_2, 'String'))/1000;
loss1=(lc+coeficiente*x).*(x>=0 & x<=disemp1);
loss2=(lc+le+coeficiente*x).*(x>=disemp1 & x<=disemp2);
loss3=(lc+ne*le+coeficiente*x).*(x>=disemp2 & x<=distancia);
loss4=(perdida_enlace-ms).*(x>=distancia & x<=length(x));
loss_total= loss1+loss2+loss3+loss4;
%GRAFICO
axes(handles.axes1);
plot(x,loss_total,x,perdida_enlace, 'r--');
xlabel('DISTANCIA (km)');
ylabel('PERDIDA (db)');
title('PERDIDAS VS DISTANCIA');
legend('pérdidas a lo largo del enlace' , 'pérdida total del enlace
(con margen de seguridad)');
grid;

```

Código para el ingreso de la ubicación de algún empalme del enlace y modificación de la gráfica luego de la modificación

```

function DIS_EMP_1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject      handle to DIS_EMP_1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of DIS_EMP_1 as text
% str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of DIS_EMP_1 as
a double
global lc;
global ne;
global le;
global coeficiente;
global distancia;
global perdida_enlace;
global ms;

```

```

if((str2double(get(hObject,'String'))+str2double(get(handles.DIS_EMP_2,'String')))/1000 > distancia)
set(hObject,'String',0);
    errordlg({'LA UBICACION ESTA FUERA DEL ENLACE'},'Error');
return;
else
    x=linspace(0,distancia+0.01,1000);
    disemp1=str2double(get(hObject,'String'))/1000;% de metros
    pasado a kilometros
    disemp2=disemp1 + str2double(get(handles.DIS_EMP_2,'String'))/1000;
    loss1=(lc+coeficiente*x).*(x>=0 & x<=disemp1);
    loss2=(lc+le+coeficiente*x).*(x>=disemp1 & x<=disemp2);
    loss3=(lc+ne*le+coeficiente*x).*(x>=disemp2 & x<=distancia);
    loss4=(perdida_enlace-ms).*(x>=distancia & x<=length(x));
    loss_total= loss1+loss2+loss3+loss4;
    %GRAFICO
    axes(handles.axes1);
    plot(x,loss_total,x,perdida_enlace,'r--');
    %text((min(x)+max(x))/2,(2*perdida_enlace+ms)/2,'MARGEN DE
    SEGURIDAD');
    xlabel('DISTANCIA(km)');
    ylabel('PERDIDA(db)');
    title('PERDIDAS VS DISTANCIA');
    legend('pérdidas a lo largo del enlace' , 'pérdida total del
    enlace (con margen de seguridad)');
    grid;
end;

```

BIBLIOGRAFÍA

[1] INDEXA, Sistemas de Video vigilancia,

<http://www.indexaingenieria.com/?op=proyectos>, fecha de consulta

Enero 2012.

[2] Joseph Pico – Luis Balladares, Diseño de una red de fibra óptica para un sistema de video vigilancia, Joseph Pico – Luis Balladares, fecha de consulta Octubre 2011.

[3] Superinventos, SISTEMAS DE VIDEOVIGILANCIA,

http://www.superinventos.com/sistemas_videovigilancia.htm, fecha de

consulta enero de 2012.

[4] El mundo al instante, ASI SERÁ LA SEGURIDAD EN LAS CIUDADES DEL FUTURO,

<http://www.elmundoalinstante.com/contenido/tecnologia/asi-sera-la-seguridad-en-las-ciudades-del-futuro/>, fecha de consulta febrero de

2012.

[5] Wikipedia, FIABILIDAD DE SISTEMAS,

http://es.wikipedia.org/wiki/Fiabilidad_de_sistemas, fecha de consulta,

fecha de consulta febrero de 2012.

[6] José María Morales Vásquez, DISEÑANDO SISTEMAS DE ALTA
DISPONIBILIDADY TOLERANTES A FALLOS,

<http://pics.unlugarenelmundo.es/hechoencasa/dise%C3%B1ando%20>

[sistemas%20de%20alta%20disponibilidad%20y%20tolerantes%20a%](http://pics.unlugarenelmundo.es/hechoencasa/dise%C3%B1ando%20sistemas%20de%20alta%20disponibilidad%20y%20tolerantes%20a%20a%20fallos.pdf)

[20a%20fallos.pdf](http://pics.unlugarenelmundo.es/hechoencasa/dise%C3%B1ando%20sistemas%20de%20alta%20disponibilidad%20y%20tolerantes%20a%20a%20fallos.pdf), fecha de consulta febrero de 2012.

[7] Kioskea, INTRODUCCION A LA ALTA DISPONIBILIDAD,

<http://es.kioskea.net/contents/surete-fonctionnement/haute->

[disponibilite.php3](http://es.kioskea.net/contents/surete-fonctionnement/haute-disponibilite.php3), fecha de consulta febrero de 2012.

[8] Architects site, LA ESCALABILIDAD,

<http://www.arghys.com/construcciones/escalabilidad.html>, fecha de

consulta marzo de 2012.

[9] Cisco Networking Academy, ARQUITECTURA DE RED, CCNA1

Capítulo 1, fecha de consultamarzo de 2012.

[10] Grupo Promael, FIBRA OPTICA, www.grupopromael.com, fecha de consulta marzo de 2012.

[11] Ecured, FIBRA OPTICA, http://www.ecured.cu/index.php/Fibra_%C3%B3ptica, fecha de consulta marzo de 2012.

[12] ITU-T, G.652 CARACTERÍSTICAS Y CABLES OPTICOS MONOMODO, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/es>, 09/2009.

[13] ITU – T, G.653: CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES Y FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO CON DISPERSIÓN DESPLAZADA, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.653/es>, 07/2010.

[14] ITU-T, G.654: CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO CON CORTE DESPLAZADO, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.654/es>, 07/2010.

[15] ITU-T, G.655: CARACTERÍSTICAS DE FIBRAS Y CABLES ÓPTICOS MONOMODO CON DISPERSIÓN DESPLAZADA NO NULA, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.655/es>, 11/2009.

[16] ITU – T, G.650: CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.650/es>, 03/93.

[17] Sergio Schnitzler, ATENUACION EN F.O., <http://www.yio.com.ar/fo/atenuacion.html>, fecha de consulta abril 2012.

[18] La Fibra Optica Peru, ATENUACION DE LAS FIBRAS OPTICAS, <http://lafibraoptica peru.com/la-atenuacion-de-la-fibra-optica/>, fecha de consulta abril 2012.

[19] Buenas Tareas, DISPERSION CROMATICA, <http://www.buenastareas.com/ensayos/Dispersion-Cromatica/2676077.html>, fecha de consulta mayo de 2012.

[20] Fajardo Gutiérrez, Cristian Xavier, ESTUDIO DE MIGRACIÓN A UNA TECNOLOGÍA IP DE LA RED ACTUAL DE TRANSMISIÓN DE LA CNT S.A. PROVINCIA DEL CAÑAR, <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/33?mode=full>, 15-07-2009, págs. 149-150.

[21] Politécnico Colombiano Jaime Isaiza Cadavid, TIPOS DE FIBRA OPTICA, <http://andresredes.tripod.com/FOPTICA.html>, fecha de consulta mayo 2012.

[22] Fiber Optic Association, Inc, Cable Plant Link Loss Budget Analysis, <http://www.thefoa.org/tech/lossbudg.htm>, fecha de consulta mayo de 2012.

[23] Textos científicos, CALCULO DE ENLACE DE FIBRA OPTICA, <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/calculo-enlace>, fecha de consulta mayo de 2012

[24] Al sur tecnologías, FIBRA OPTICA, <http://www.alsurtecnologias.com.ar/fibra-optica.php>, fecha de consulta mayo de 2012

[25] Center Cable, PIGTAILS DE FIBRA OPTICA, <http://www.centercable.com/news/publi/FO/FichaPigtails.pdf>, fecha de consulta mayo de 2012.