



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES

**“ESTUDIO Y DISEÑO DEL TRAMO BUCAY – PALLATANGA – CAJABAMBA PARA
CERRAR EL ANILLO ÓPTICO PROVINCIAL DE CHIMBORAZO BASADO EN EL
ESTÁNDAR G.655 PARA LA CNT-EP”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES

Presentado por:

JUAN CARLOS RAMÍREZ BONILLA

DARWIN ROLANDO CHIMBO FERNÁNDEZ

RIOBAMBA-ECUADOR

- 2013 -

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Gustavo Machado, por ser mi amigo y mentor en el campo de la electrónica, gracias a su ejemplo de esfuerzo, perseverancia, y sinceridad fui capaz de cumplir muchas metas en mi vida; al Ing. Walter Villaerés, por ser mi guía y tutor en el área de las Telecomunicaciones; al Ing. Santiago Cisneros, excelente maestro y eje fundamental en el desarrollo de nuestro proyecto de Tesis; al Ingeniero Wilson Baldeón, nuestro Director de Tesis, gracias a sus sabios consejos de su amplia experiencia en el campo educativo, nos brindó todo su apoyo incondicional para la culminación de esta meta.

A Dios, a mis padres y a todos mis amigos.

Juan Carlos

A Dios por haberme dado el conocimiento y la fuerza necesaria para terminar con éxito una de mis metas trazadas. A toda mi familia: en especial a mis padres por haberme guiado por el camino del bien inculcándome valores y principios, haciendo de mí la persona que soy hoy.

Por brindarme su amor y cariño, por estar pendiente de mí siempre y así poder estudiar sin ninguna preocupación.

A mis hermanos por comprenderme y darme ánimo en todo momento. Al Ing. Santiago Cisneros excelente docente y amigo por habernos dado las pautas necesarias para poder desarrollar nuestro Tesis. Al Ing. Wilson Baldeón nuestro Director de Tesis por su colaboración y apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto.

Darwin

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes

**DECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

.....

.....

Ing. Wilson Baldeón

**DIRECTOR DE ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

.....

.....

Ing. Wilson Baldeón

DIRECTOR DE TESIS

.....

.....

Ing. Franklin Moreno

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

Tlgo. Carlos Rodríguez

DIR.DPTO. DOCUMENTACIÓN

.....

.....

NOTA DE LA TESIS.....

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

“Nosotros, Juan Carlos Ramírez Bonilla y Darwin Rolando Chimbo Fernández, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la ESCUELA SUPEROR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”.

Juan Carlos Ramírez Bonilla

Darwin Rolando Chimbo Fernández

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AAL	ATM Adaptation Layer (Nivel de adaptación ATM)
ADM	Add and Drop Multiplexer (Multiplexor de extracción-inserción)
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de abonado digital asimétrica)
ADSS	All Dielectric Self-supported (cables ópticos auto- sustentados totalmente dieléctricos)
AM	Amplitud Modulada
AMG	Access Media Gateway (Puerta de Enlace de Acceso al Medio)
ANSI	American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estándares)
APD	Avalanche Photodiode (Foto Diodo Avalancha)
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona)
CNT-EP	Corporación Nacional de Telecomunicaciones – Empresa Pública
CWDM	Multiplexación por división aproximada en longitud de onda (coarse wavelength division multiplexing).
DGD	Differential Group Delay (Retado Diferencial de Grupo)
DOMSAT	Domestic Satellite (Satélite Doméstico)
DTH	Direct to Home (Directo al hogar)
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por división en longitud de onda densa)
DXC	DIGITAL CROSS-CONNECT (Sistema Digital de Conexión Cruzada)
EIA	Electronics Industry Association (Asociación de la Industria de Electrónica)
ESCON	Enterprise Systems Connection (Conexión de Sistemas Empresariales)
FDDI	Fiber Distributed Data Interface (Interfaz de Datos Distribuida por Fibra)
FDM	Frequency Division Multiplexing (Multiplexación por División de Frecuencia)

FM	Frecuencia Modulada
FO	Fibra Óptica
G.SHDSL	Single-pair High-speed Digital Subscriber Line (Línea digital de abonado de un solo par de alta velocidad)
GPON	Red Óptica Pasiva con capacidad Gigabit
GSR	Gigabit Switch Router (Enrutador de conmutación con capacidad Gigabit)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)
IP	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
ISO	International Standards Organization (Organización de Estándares Internacionales)
ISP	Internet Service Provider (Proveedor de Servicios de Internet)
ITU	International Telecommunications Union (Unión Internacional de telecomunicaciones)
LAN	Local Area Network (Red de Área Local)
LED	Light Emissor Diode (Diodo Emisor de Luz)
LER	Label Edge Router (Enrutador de Borde de Etiquetas)
LSP	Label Switched Path (Camino Conmutado de Etiquetas)
LSR	Label Switch Router (Enrutador de Conmutación de Etiquetas)
MPLS	Multi Protocol Label Switching (Conmutación Multi-Protocolo mediante Etiquetas)
NGN	Next Generation Network, Red de Siguiete Generación
NZDS	Non Zero Dispersion Shifted
OAN	Optical Access Network (Red de Acceso Óptico)
ODF	Optical Distribution Frame (Distribuidor de Fibra Óptica)
ODN	Optical Distribution Network
OLT	Optical Line Termination
ONU	Optical Network Unit
OSI	Open System Interconnection (Interconexión de Sistemas Abiertos)

PCM	Pulse Code Modulation (Modulación por Pulsos Codificados)
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Plesiócrona)
PIN	Positivo - Intrínseco - Negativo
PMD	Polarization Mode Dispersion (Dispersión por modo de polarización)
PMDQ	Statistical Parameter for PMD link (Parámetro estadístico para enlaces de tipo PMD)
PN	Unión Positivo - Negativo
PON	Passive Optic Network (Red Óptica pasiva)
PP	Poste Proyectoado
PPP	Point to Point Protocol (Protocolo Punto a Punto)
QoS	Quality of Service (Calidad de Servicio)
Rb	Régimen Binario
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
SDH	Jerarquía digital síncrona (synchronous digital hierarchy)
SMDS	Switched Multi-megabit Data Service, o "servicio de conmutación de datos de varios megabits
STM	Synchronous Transport Module (Módulo de Transporte Síncrono)
TBD	To Be Determined (Por determinar)
TDM	Time Division Multiplexing (Multiplexación por División de Tiempo)
TIA	Telecommunications Industry Association (Asociación de la Industria de Telecomunicaciones)
TSR	Terabit Switch Router (Router de Conmutación con capacidad Terabit)
TvIP	Televisión IP
UWDM	Ultradense Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por división en longitud de onda ultradense)
VPN	Virtual Private network (Red Privada Virtual)
WAN	Wide Área Network (Red de Área Extensa)
WDM	Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por división en longitud de onda)

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICES

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I	- 24 -
MARCO REFERENCIAL.....	- 24 -
1.1. ANTECEDENTES.....	- 24 -
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS.....	- 26 -
1.3. OBJETIVOS	- 27 -
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	- 27 -
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	- 28 -
1.4. IDENTIFICACIÓN DE LA CORPORACIÓN.....	- 28 -
1.4.1. ENTIDAD RESPONSABLE.....	- 28 -
1.4.2. ANTECEDENTES DE LA CORPORACIÓN.....	- 28 -
1.4.3. MISIÓN.....	- 29 -
1.4.4. VISIÓN	- 29 -
CAPÍTULO II	- 30 -
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	- 30 -
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	- 30 -
2.1.1. DEFINICIÓN DE FIBRA ÓPTICA.....	- 30 -
2.1.2. SISTEMA ÓPTICO DE COMUNICACIONES.....	- 31 -
2.1.3. ESTRUCTURA FÍSICA DE LA FIBRA ÓPTICA	- 31 -
2.1.4. PRINCIPIO DE TRANSMISIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA.....	- 33 -
2.1.5. ANCHO DE BANDA	- 34 -
2.1.6. APERTURA NUMÉRICA	- 34 -
2.1.7. TIPOS DE FIBRAS ÓPTICAS.....	- 35 -
2.1.7.1. FIBRA MONOMODO DE ÍNDICE ESCALONADO.....	- 36 -
2.1.7.2. FIBRA MULTIMODO	- 36 -

2.1.7.2.1.	FIBRA MULTIMODO DE ÍNDICE ESCALONADO	- 36 -
2.1.7.2.2.	FIBRA MULTIMODO DE ÍNDICE GRADUAL	- 37 -
2.2.	PARAMETROS DE TRASMISION	- 38 -
2.2.1.	ATENUACION	- 38 -
2.2.1.1.	PÉRDIDAS INTRÍNSECAS	- 38 -
2.2.1.1.1.	PÉRDIDAS POR ABSORCIÓN	- 38 -
2.2.1.1.2.	SCATTERING RAYLEIGH	- 39 -
2.2.1.2.	PERDIDAS EXTRÍNSECAS.....	- 40 -
2.2.1.2.1.	PERDIDAS POR CURVATURA.....	- 40 -
2.2.1.2.2.	PÉRDIDAS POR MICROCURVATURAS.....	- 40 -
2.2.1.2.3.	PERDIDAS POR EMPALME Y CONEXIÓN	- 41 -
2.2.2.	DISPERSIÓN	- 42 -
2.2.2.1.	DISPERSIÓN CROMÁTICA.....	- 42 -
2.2.2.2.	DISPERSIÓN MODAL	- 43 -
2.2.2.3.	DISPERSIÓN POR MODO DE POLARIZACIÓN.....	- 43 -
2.3.	FUENTES Y DETECTORES ÓPTICOS	- 44 -
2.3.1.	FUENTES OPTICAS	- 44 -
2.3.1.1.	DIODO EMISOR DE LUZ (LED)	- 44 -
2.3.1.2.	DIODOS LÁSER.....	- 45 -
2.3.2.	DETECTORES ÓPTICOS	- 45 -
2.3.2.1.	FOTODIODO PIN	- 46 -
2.3.2.2.	DIODO APD.....	- 46 -
2.4.	CONECTORES.....	- 46 -
2.5.	REDES DE SIGUIENTE GENERACIÓN.....	- 48 -
2.5.1.	DEFINICIÓN DE NGN	- 48 -
2.5.2.	CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LAS NGN	- 49 -
2.5.3.	ELEMENTOS DE UNA RED PON.....	- 50 -
2.5.4.	REDES GPON	- 50 -
2.5.4.1.	OBJETIVOS DE LAS REDES GPON	- 51 -
2.6.	TECNOLOGÍAS DE ACCESO	- 52 -
2.6.1.	ATM.....	- 52 -
2.6.1.1.	USO ACTUAL	- 53 -
2.6.1.2.	NIVELES DE ATM.....	- 53 -

2.6.2.	MPLS	- 54 -
2.6.2.1.	FUNCIONAMIENTO DE MPLS	- 54 -
2.6.2.2.	COMPONENTES DE UNA RED MPLS	- 55 -
2.6.2.3.	CONMUTACIÓN IP DE MPLS	- 56 -
2.6.2.4.	APLICACIONES DE MPLS	- 56 -
2.7.	JERARQUÍAS DIGITALES	- 57 -
2.7.1.	JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA	- 57 -
2.7.1.1.	JERARQUÍAS EUROPEAS, NORTEAMERICANA Y JAPONESA	- 58 -
2.7.2.	JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA	- 58 -
2.7.2.1.	TRAMA STM-1	- 59 -
2.7.2.2.	LONGITUDES DE ONDA DE FUNCIONAMIENTO	- 60 -
2.7.2.3.	ELEMENTOS DE RED DE TRANSPORTE EN SDH	- 61 -
2.7.2.3.1.	REGENERADORES INTERMEDIOS O IRS (INTERMEDIATE REGENERATORS)	- 62 -
2.7.2.3.2.	MULTIPLEXORES TERMINALES O TMS (TERMINAL MULTIPLEXERS)	- 62 -
2.7.2.3.3.	MULTIPLEXORES DE INSERCIÓN Y EXTRACCIÓN O ADMS (ADD AND DROP MULTIPLEXERS)	- 62 -
2.7.2.3.4.	DISTRIBUIDORES MULTIPLEXORES O DXC (DIGITAL CROSS-CONNECT)	- 62 -
2.7.2.4.	APLICACIONES SDH	- 62 -
2.8.	TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN	- 63 -
2.8.1.	MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA FDM	- 63 -
2.8.1.1.	PROCESOS EN FDM	- 63 -
2.8.1.2.	APLICACIONES DE FDM	- 65 -
2.8.2.	MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO TDM	- 65 -
2.8.2.1.	TDM SÍNCRONA	- 66 -
2.8.2.2.	TDM ASÍNCRONA	- 66 -
2.8.3.	MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA WDM	- 67 -
2.8.3.1.	SISTEMAS WDM	- 67 -
2.8.3.2.	TIPOS DE SISTEMAS WDM	- 68 -
2.9.	VENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA	- 69 -
2.10.	DESVENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA	- 69 -
	CAPÍTULO III	- 70 -

ESTANDARES PARA FIBRA ÓPTICA	- 70 -
3.1. ORGANISMOS:.....	- 70 -
3.1.1. ANSI (American National Standards Institute).....	- 70 -
3.1.2. EIA (Electronics Industry Association)	- 70 -
3.1.3. TIA (Telecommunications Industry Association).....	- 70 -
3.1.4. ISO (International Standards Organization)	- 71 -
3.1.5. IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y de Electrónica).....	- 71 -
3.2. NORMATIVA PARA FIBRA ÓPTICA	- 71 -
3.2.1. ESTÁNDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1.....	- 71 -
3.2.2. ESTÁNDAR IEEE 802.3ae.....	- 71 -
3.2.3. ESTÁNDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3	- 72 -
3.3. RECOMENDACIONES ITU-T.....	- 72 -
3.4. ITU-T G.655	- 73 -
3.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA	- 73 -
3.4.1.1. DIÁMETRO DEL CAMPO MODAL.....	- 74 -
3.4.1.2. DIÁMETRO DEL REVESTIMIENTO	- 74 -
3.4.1.3. ERROR DE CONCENTRICIDAD DEL CAMPO MODAL.....	- 74 -
3.4.1.4. NO CIRCULARIDAD.....	- 74 -
3.4.1.4.1. NO CIRCULARIDAD DEL CAMPO MODAL.....	- 74 -
3.4.1.4.2. NO CIRCULARIDAD DEL REVESTIMIENTO	- 74 -
3.4.1.5. LONGITUD DE ONDA DE CORTE	- 74 -
3.4.1.6. PÉRDIDA POR MACROFLEXIONES.....	- 76 -
3.4.1.7. PROPIEDADES MATERIALES DE LA FIBRA.....	- 76 -
3.4.1.7.1. MATERIALES DE LA FIBRA.....	- 76 -
3.4.1.7.2. MATERIALES PROTECTORES.....	- 77 -
3.4.1.7.3. NIVEL DE PRUEBA DE RESISTENCIA MECÁNICA.....	- 77 -
3.4.1.8. PERFIL DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN	- 77 -
3.4.1.9. UNIFORMIDAD LONGITUDINAL DE LA DISPERSIÓN CROMÁTICA ..	- 77 -
3.4.1.10. COEFICIENTE DE DISPERSIÓN CROMÁTICA	- 77 -
3.4.1.10.1. FORMA DE ESPECIFICACIÓN ORIGINAL	- 77 -
3.4.1.10.2. Especificación basada en un par de curvas limitantes	- 78 -
3.4.2. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE.....	- 78 -
3.4.2.1. COEFICIENTE DE ATENUACIÓN	- 78 -

3.4.2.2.	COEFICIENTE DE DISPERSIÓN POR MODO DE POLARIZACIÓN (PMD)...	79 -
CAPÍTULO IV - 80 -		
DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA..... - 80 -		
4.1.	ALTERNATIVAS DE ENLACES	80 -
4.2.	METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA	80 -
4.3.	FIBRA ÓPTICA PARA ENLACES	81 -
4.3.1.	TIPOS DE CABLE PARA ENLACES DE FIBRA ÓPTICA.....	81 -
4.3.1.1.	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA ...	82 -
4.4.	CRITERIOS DE DISEÑO	82 -
4.4.1.	CANALIZADA INTERURBANA	82 -
4.4.2.	AÉREO.....	83 -
4.4.3.	MIXTO	83 -
4.5.	TENDIDO DE CABLE.....	83 -
4.5.1.	ASPECTOS GENERALES	83 -
4.5.2.	TENDIDO CANALIZADO	83 -
4.5.2.1.	MATERIALES.....	84 -
4.5.2.1.1.	IDENTIFICADOR DEL ENLACE:	84 -
4.5.2.1.2.	TAPONES DE ANCLAJE Y SELLADO.....	84 -
4.5.2.2.	TENDIDO PARA CANALIZACIÓN INTERURBANA.....	85 -
4.5.3.	TENDIDO AÉREO	86 -
4.5.3.1.	POSTE PROYECTADO	86 -
4.5.3.2.	RETENIDAS	86 -
4.5.3.3.	SUBIDA A POSTE.....	87 -
4.5.3.4.	HERRAJES.....	87 -
4.5.3.4.1.	HERRAJES PARA CABLE AUTOSOPORTADO FIGURA 8	87 -
4.5.3.4.1.1.	HERRAJE TERMINAL (TIPO A).....	87 -
4.5.3.4.1.2.	HERRAJE DE PASO (TIPO B).....	88 -
4.5.3.4.2.	HERRAJES PARA CABLE ADSS.....	88 -
4.5.3.4.2.1.	PREFORMADOS DE RETENCIÓN O TERMINALES	88 -
4.5.3.4.2.2.	HERRAJES DE PASO O SUSPENSION	89 -
4.6.	EMPALMES.....	90 -

4.6.1.	PÉRDIDAS MÁXIMAS EN LOS EMPALMES	- 90 -
4.6.2.	TIPOS DE EMPALMES.....	- 90 -
4.6.2.1.	EMPALMES CANALIZADOS (UIT-T. L35)	- 90 -
4.6.2.2.	EMPALMES AÉREOS.....	- 90 -
4.6.3.	MANGAS DE EMPALMES.....	- 91 -
4.7.	RESERVA DE CABLE.....	- 91 -
4.8.	RESERVA DE FIBRA.....	- 92 -
4.9.	DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA ODF.....	- 92 -
CAPÍTULO V		- 94 -
DISEÑO DE LOS ENLACES ÓPTICOS PARA CERRAR EL ANILLO MATRIZ		- 94 -
5.1.	RUTAS.....	- 94 -
5.2.	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.....	- 98 -
5.2.1.	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE TELEFONÍA	- 98 -
5.2.1.1.	ÍNDICES DE CRECIMIENTO DE ABONADOS DE TELEFONÍA FIJA.....	- 99 -
5.2.1.2.	DEMANDA FUTURA DE ABONADOS DE TELEFONÍA FIJA	- 100 -
5.2.2.	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE INTERNET.....	- 108 -
5.2.2.1.	ÍNDICES DE CRECIMIENTO ABONADOS DE INTERNET FIJO	- 108 -
5.2.2.2.	DEMANDA FUTURA DE ABONADOS DE INTERNET FIJO.....	- 109 -
5.2.2.3.	DEMANDA FUTURA DE ABONADOS DE INTERNET	- 109 -
5.2.3.	DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO	- 116 -
5.3.	CÁLCULO DE PARÁMETROS DEL ENLACE.....	- 119 -
5.3.1.	ATENUACIÓN	- 119 -
5.3.2.	NÚMERO DE EMPALMES Y MARGEN DE SEGURIDAD	- 120 -
5.3.3.	DISTANCIA MÁXIMA	- 120 -
5.3.4.	ANCHO DE BANDA	- 121 -
5.4.	TOPOLOGÍA DE LA RED	- 123 -
5.5.	SIMULACIÓN DE LOS ENLACES.....	- 124 -
5.5.1.	PARÁMETROS	- 125 -
5.5.2.	SIMULACIÓN ENLACE BUCAY – PALLATANGA	- 131 -
5.5.3.	SIMULACIÓN ENLACE PALLATANGA - CAJABAMBA.....	- 134 -
5.6.	RESULTADOS	- 136 -
5.7.	PLANIMETRÍA DE LOS ENLACES	- 137 -
5.7.1.	PLANIMETRÍA ENLACE BUCAY – PALLATANGA.....	- 137 -

5.7.2.	PLANIMETRÍA ENLACE PALLATANGA - CAJABAMBA	- 139 -
5.8.	SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS	- 141 -
5.8.1.	ADM	- 141 -
CAPÍTULO VI		- 142 -
ESTUDIO ECONÓMICO		- 142 -
6.1.	TAMAÑO DE LA MUESTRA	- 142 -
6.2.	RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS	- 144 -
6.3.	INVERSIONES.....	- 153 -
6.3.1.	CRITERIOS PARA EL CÁLCULO	- 153 -
6.3.2.	VOLÚMENES DE OBRA.....	- 154 -
6.3.2.1.	VOLUMEN DE OBRA BUCAY – PALLATANGA	- 154 -
6.3.2.2.	VOLUMEN DE OBRA PALLATANGA – CAJABAMBA.....	- 156 -
6.3.3.	INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO.....	- 158 -
6.4.	FINANCIAMIENTO.....	- 158 -
6.5.	EGRESOS E INGRESOS.....	- 159 -
6.5.1.	EGRESOS.....	- 159 -
6.5.1.1.	PRESUPUESTO DE COSTO DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS ENLACES.....	- 159 -
6.5.1.2.	COSTOS ADMINISTRATIVOS	- 161 -
6.5.1.3.	CAPITAL DE OPERACIÓN.....	- 163 -
6.5.2.	INGRESOS.....	- 165 -
6.5.2.1.	PRESUPUESTO DE INGRESOS DE TELEFONÍA FIJA.....	- 165 -
6.5.2.2.	PRESUPUESTO DE INGRESOS DE INTERNET FIJO	- 165 -
6.6.	ESTADOS FINANCIEROS	- 166 -
6.6.1.	ESTADO DE RESULTADOS	- 166 -
6.7.	EVALUACIÓN DEL PROYECTO	- 168 -
6.7.1.	FLUJOS DE CAJA.....	- 168 -
6.7.2.	FLUJO DE CAJA NETO.....	- 168 -
6.7.3.	VALOR PRESENTE NETO	- 168 -
6.7.4.	TASA INTERNA DE RETORNO TIR.....	- 169 -
6.7.5.	RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C).....	- 170 -
6.7.6.	PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	- 170 -
CONCLUSIONES		

RECOMENDACIONES

RESÚMEN

SUMMARY

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1. Esquema Básico de un Sistema de Comunicaciones Óptico.....	- 31 -
Fig II.2. Componentes de un cable de fibra óptico en la actualidad.....	- 32 -
Fig II.3. Principio de reflexión total.....	- 33 -
Fig II.4. Apertura numérica y reflexión total.....	- 34 -
Fig II.5. Sección de una Fibra Óptica.....	- 35 -
Fig II.6. Haz de Luz en Fibra Monomodo.....	- 36 -
Fig II.7. Perfil del Índice de Refracción.....	- 37 -
Fig II.8. Reducción de dispersión.....	- 37 -
Fig II.9. Atenuación vs Longitud de Onda.....	- 38 -
Fig II.10. Pérdida por Absorción.....	- 39 -
Fig II.11. Pérdida por Scattering.....	- 40 -
Fig II.12. Pérdida por Curvatura.....	- 40 -
Fig II.13. Pérdida por Microcurvatura.....	- 41 -
Fig II.14. Desplazamiento entre los ejes del núcleo.....	- 41 -
Fig. II.15. Desplazamiento de los ángulos entre los núcleos.....	- 42 -
Fig. II.16. Distintos modos recorren caminos con distinta longitud.....	- 43 -
Fig. II.17. Dispersión por polarización de modo en una fibra monomodo asimétrica.....	- 44 -
Fig. II.18. Ancho Espectral del Diodo Led.....	- 45 -
Fig. II.19. Flujo de Electrones.....	- 46 -
Fig. II.20. Conector ST.....	- 47 -
Fig. II.21. Conector SC.....	- 47 -
Fig. II.22. Conector FC.....	- 47 -
Fig. II.23. Conector LC.....	- 48 -
Fig. II.24. Conector FDDI.....	- 48 -
Fig. II.25. Conector ESCON.....	- 48 -
Fig. II.26. Diagrama ATM.....	- 52 -
Fig. II.27. Niveles de ATM.....	- 54 -
Fig. II.28. Funcionamiento de MPLS.....	- 55 -
Fig. II.29. Componentes de una Red MPLS.....	- 55 -
Fig. II.30. Conmutación IP de MPLS.....	- 56 -
Fig. II.31. Aplicaciones de MPLS.....	- 56 -

Fig. II.32. Niveles de PDH.	- 57 -
Fig. II.33. Estructura de la Trama STM-1	- 60 -
Fig. II.34. Funcionamiento MS-DP Ring	- 61 -
Fig. II.35. Proceso de Multiplexación	- 64 -
Fig. II.36. Proceso de Demultiplexación.....	- 64 -
Fig. II.37. Multiplexación por División de Tiempo TDM	- 65 -
Fig. II.38. Sincronización de Tramas	- 66 -
Fig. II.39. TDM Asíncrona.....	- 66 -
Fig. II.40. Elementos de un Sistema WDM	- 67 -
Fig. II.41. Sistema DWDM.....	- 68 -
Fig. IV.1. Descripción de un Triducto	- 84 -
Fig. IV.2. Manguera Corrugada	- 84 -
Fig. IV.3. Detalle del Tendido Aéreo	- 86 -
Fig. IV.4. Herraje Terminal.....	- 87 -
Fig. IV.5. Herraje de Paso	- 88 -
Fig. IV.6. Retenciones o Amarres para Cable de Fibra Óptica ADSS	- 89 -
Fig. IV.7. Preformados de Retención o Terminales	- 89 -
Fig. IV.8. Herrajes de Paso o Suspensión	- 90 -
Fig. IV.9. Manguera para Empalme de Fibra Óptica.....	- 91 -
Fig. IV.10. ODF para RACK	- 93 -
Fig. IV.11. ODF Mural	- 93 -
Fig. V.1. Ruta Bucay- Pallatanga-Cajabamba	94
Fig. V.2. Enlaces de Fibra Óptica Instalados y Proyectados.....	- 95 -
Fig. V.3. Atenuación Vs Longitud de Onda en la Ventana de Operación de 1550 nm.....	- 97 -
Fig. V.4. Dispersión Vs Longitud de Onda en la Ventana de Operación de 1550 nm.....	- 97 -
Fig. V.5. Proyección de Abonados de telefonía Fija en Bucay en los próximos diez años	- 103 -
-	
Fig. V.6. Proyección de Abonados de telefonía Fija en Pallatanga en los próximos diez años	- 105 -
Fig. V.7. Proyección de Abonados de telefonía Fija en Cajabamba en los próximos diez años	- 107 -
Fig. V.8. Proyección de Abonados de Internet Fijo para Bucay en los próximos diez años	- 111 -

Fig. V.9. Proyección de Abonados de Internet Fijo para Pallatanga en los próximos diez años.....	- 113 -
Fig. V.10. Proyección de Abonados de Internet Fijo para Cajabamba en los próximos diez años.....	- 115 -
Fig. V.11. Topología Física del enlace Bucay-Pallatanga -Cajabamba.....	- 124 -
Fig. V.12. Configuración de la tasa de bit en el generador pseudoaleatorio	- 126 -
Fig. V.13. Configuración del generador psedudoaleatorio de bits	- 126 -
Fig. V.14. Configuración del generador de pulsos NRZ.....	- 127 -
Fig. V.15. Configuración de la frecuencia de muestreo	- 127 -
Fig. V.16. Configuración de la frecuencia del emisor óptico.....	- 127 -
Fig. V.17. Configuración del modulador.....	- 128 -
Fig. V.18. Configuración Principal de la fibra óptica	- 128 -
Fig. V.19. Configuración de Dispersión de la fibra óptica.....	- 129 -
Fig. V.20. Configuración PMD de la fibra óptica	- 129 -
Fig. V.21. Configuración de los empalmes de fibra óptica.....	- 130 -
Fig. V.22. Simulación del enlace Bucay-Pallatanga	- 131 -
Fig. V.23. Espectro de RF en el transmisor	- 132 -
Fig. V.24. Potencia en el Transmisor	- 132 -
Fig. V.25. Espectro óptico de 1550 nm en el transmisor	- 132 -
Fig. V.26. Sensibilidad recibida en el receptor	- 133 -
Fig. V.27. Espectro óptico de 1550 nm en el receptor	- 133 -
Fig. V.28. Espectro del RF en el receptor	- 133 -
Fig. V.29. Simulación del enlace Pallatanga - Cajabamba	- 134 -
Fig. V.30. RF en el transmisor	- 135 -
Fig. V.31. Potencia en el transmisor	- 135 -
Fig. V.32. Espectro de salida del transmisor.....	- 135 -
Fig. V.33. Sensibilidad recibida en el receptor	- 136 -
Fig. V.34. Espectro a la entrada del receptor.....	- 136 -
Fig. V.35. Planimetría del Enlace Bucay - Pallatanga	- 137 -
Fig. V.36. ODF Central Pallatanga	- 138 -
Fig. V.37. Canalización Fusión y Cambio a Tendido Aéreo.....	- 138 -
Fig. V.38. Reserva de Fibra Óptica.....	- 138 -
Fig. V.39. Fusión de fibra óptica a los 5000m de la bobina	- 139 -

Fig. V.40. ODF Central Cajabamba	- 139 -
Fig. V.41. Planimetría del Enlace Pallatanga - Cajabamba.....	- 140 -
Fig. V.42. Central Bucay.....	- 140 -
Fig. V.43. ODF Central Pallatanga	- 141 -
Fig. VI.1. Personas que poseen el servicio de telefonía fija en Bucay	- 144 -
Fig. VI.2. Personas que poseen el servicio de telefonía fija en Pallatanga.....	- 145 -
Fig. VI.3. Personas que poseen el servicio de telefonía fija en Cajabamba.....	- 145 -
Fig. VI.4. Personas que poseen el servicio de telefonía fija por parte de la CNT en Bucay	- 146 -
Fig. VI.5. Personas que poseen el servicio de telefonía fija por parte de la CNT en Pallatanga	- 146 -
Fig. VI.6. Personas que poseen el servicio de telefonía fija por parte de la CNT en Cajabamba.....	- 146 -
Fig. VI.7. Tipo de tarifa al cual pertenece cada abonado en Bucay	- 147 -
Fig. VI.8. Tipo de tarifa al cual pertenece cada abonado en Pallatanga.....	- 147 -
Fig. VI.9. Tipo de tarifa al cual pertenece cada abonado en Cajabamba.....	- 148 -
Fig. VI.10. Personas que cuentan con el servicio de internet en Bucay.....	- 149 -
Fig. VI.11. Personas que cuentan con el servicio de internet en Pallatanga	- 149 -
Fig. VI.12. Personas que cuentan con el servicio de internet en Cajabamba	- 149 -
Fig. VI.13. Personas que cuentan con el servicio de internet por parte de la CNT en Bucay..	- 150 -
Fig. VI.14. Personas que cuentan con el servicio de internet por parte de la CNT en Pallatanga.....	- 150 -
Fig. VI.15. Personas que cuentan con el servicio de internet por parte de la CNT en Cajabamba.....	- 150 -
Fig. VI.16. Nivel de satisfacción por el servicio de telefonía fija en Bucay	- 151 -
Fig. VI.17. Nivel de satisfacción por el servicio de telefonía fija en Pallatanga.....	- 151 -
Fig. VI.18. Nivel de satisfacción por el servicio de telefonía fija en Cajabamba.....	- 151 -
Fig. VI.19. Nivel de satisfacción por el servicio de internet en Bucay	- 152 -
Fig. VI.20. Nivel de satisfacción por el servicio de internet en Pallatanga	- 152 -
Fig. VI.21. Nivel de satisfacción por el servicio de internet en Cajabamba.....	- 152 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I. Tipos de Fibra según el Modo	- 35 -
Tabla II.II. Niveles de Potencia	- 51 -
Tabla II.III. Niveles de Potencia	- 51 -
Tabla II.IV. Niveles PDH Europeos	- 58 -
Tabla II.V. Comparación de Niveles PDH Norteamericanos, Europeos y Japoneses	- 58 -
Tabla III.I. Atributos de la fibra y atributos del cable según el estándar G.655	- 75 -
Tabla IV.I. Cables de FO para enlaces	- 81 -
Tabla IV.II. Aspectos Generales de cables para la red de acceso y la red troncal	- 82 -
Tabla IV.III. Tipos de tapones para anclaje y sellado de un ducto	- 85 -
Tabla IV.IV. Especificaciones para el tendido de fibra óptica en canalización interurbana ..	- 85 -
Tabla IV.V. Distancias entre Cables y Postes	- 86 -
Tabla IV.VI. Tipos de Tendidos y Reservas	- 92 -
Tabla V.I. Tipos de Tendidos y Reservas	- 95 -
Tabla V.II. Cantidad total de abonados de telefonía fija desde el 2012 al presente	- 99 -
Tabla V.III. Capacidad actual de las Centrales telefónicas	- 101 -
Tabla V.IV. Proyección de Abonados de telefonía Fija en Bucay en los próximos diez años .	- 103 -
Tabla V.V. Proyección de Abonados de telefonía Fija en Pallatanga en los próximos diez años	- 105 -
Tabla V.VI. Proyección de Abonados de Telefonía Fija en Cajabamba en los próximos diez años	- 107 -
Tabla V.VII. Cantidad total de Abonados del el 2010 al presente	- 108 -
Tabla V.VIII. Proyección de Abonados de Internet Fijo para Bucay en los próximos diez años	- 111 -
Tabla V.IX. Proyección de Abonados de Internet Fijo para Pallatanga en los próximos diez años	- 113 -
Tabla V.X. Proyección de Abonados de Internet Fijo para Cajabamba en los próximos diez años	- 115 -
Tabla V.XI. Canales requeridos para transmisión de voz	- 118 -
Tabla V.XII. Proyección de Abonados para Pallatanga en los próximos diez años	- 118 -
Tabla V.XIII. Potencia Calculada y Recibida	- 136 -
Tabla VI.I. Porcentaje de Abonados correspondiente a cada encuesta	- 143 -

Tabla VI.II. Volumen de Obra (Unidad de Planta) Bucay - Pallatanga.....	154
Tabla VI.III. Volumen de Obra (Canalización) Bucay - Pallatanga.....	155
Tabla VI.IV. Volumen de Obra (Redes de Acceso) Bucay - Pallatanga.....	155
Tabla VI.V. Volumen de Obra (Unidad de Planta) Pallatanga – Cajabamba.....	156
Tabla VI.VI. Volumen de Obra (Canalización) Pallatanga – Cajabamba.....	157
Tabla VI.VII. Volumen de Obra (Redes de Acceso) Pallatanga – Cajabamba.....	157
Tabla VI.VIII. Inversión Inicial.....	- 158 -
Tabla VI.IX. Costos de Instalación y Mantenimiento del Proyecto.....	- 160 -
Tabla VI.X. Costos Administrativos.....	- 162 -
Tabla VI.XI. Capital de Operación.....	- 164 -
Tabla VI.XII. Proyección de Ingresos de Telefonía Fija del año cero al año diez.....	- 165 -
Tabla VI.XIII. Proyección de Ingresos de Internet Fijo del año cero al año diez.....	- 165 -
Tabla VI.XIV. Estado de Resultados.....	- 167 -
Tabla VI.XV. Flujo de Caja.....	- 168 -
Tabla VI.XVI. Flujo de Caja Neto.....	- 168 -
Tabla VI.XVII. Valor Presente Neto.....	- 169 -
Tabla VI.XVIII. TIR.....	- 169 -
Tabla VI.XIX. Relación B/C.....	- 170 -
Tabla VI.XX. PRI.....	- 171 -

INTRODUCCIÓN

La Fibra Óptica es una de las tecnologías más avanzadas dentro de los medios de transmisión de información. Ha revolucionado los procesos de las telecomunicaciones debido a su alta velocidad de transmisión y baja tendencia a interferencias.

La Fibra Óptica es un filamento delgado y flexible de vidrio plástico con índice de refracción alto, constituido de material dieléctrico (sin conductividad), es capaz de transmitir datos con muy pocas pérdidas incluso con curvaturas del material. Está conformada por dos cilindros concéntricos, el interior llamado núcleo y el exterior llamado revestimiento que cubre el contorno.

A diferencia de los cables de cobre que necesitan repetidores cada dos kilómetros, los sistemas de fibra óptica se pueden instalar tramos sin repetidores de hasta 100 km aproximadamente, lo que lo hace más económico y de fácil mantenimiento.

En sus inicios la fibra óptica se utilizaba para transmitir imágenes en endoscopios médicos, después se empezó a utilizar filamentos mucho más delgados (del grueso del cabello) ya que su luz puede llegar a lugares que de otra forma serían inaccesibles.

También se propuso el uso de fibras de vidrio en lugar de electricidad y conductores metálicos, para la transmisión de mensajes telefónicos. Para obtener fibras de tales características, se hizo muchas investigaciones, ya que en sus inicios presentaban pérdidas en el orden de 100 dB/Km, baja capacidad de transporte y alta fragilidad mecánica(1).

Actualmente existen fibras ópticas con atenuaciones de hasta 1 dB por kilómetro, mucho menor a las de los conductores de cobre.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

El uso de fibra óptica en telecomunicaciones, específicamente en redes de área extendida se ha convertido en algo común en los últimos años, a tal punto que su uso se ha incrementado en forma constante en los sistemas de comunicación de datos de alto tráfico. La capacidad de manejo de grandes cantidades de datos, el evitar el ruido asociado y el aislamiento eléctrico son solo pocas de las características hacen que la tecnología de la fibra óptica sea ideal para usarse en redes de telecomunicaciones(2).

La mayoría de fibras son utilizadas para conexiones punto a punto. Los anillos ópticos se usan como circuitos matrices de telecomunicaciones, evitando las limitaciones de los sistemas tradicionales de cobre, enlaces satelitales y microondas, al mismo tiempo que aseguran grandes tasas de transmisión de datos minimizando la interferencia eléctrica.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones es propietaria de la red de fibra óptica más grande a nivel nacional, con más de 10.000 Km de fibra óptica instalada en todo el territorio Ecuatoriano.

La Red de Transporte de la CNT posee tecnología de última generación con IP/MPLS TE y DWDM, utilizada en los países más desarrollados, lo cual da garantía de calidad de servicio.

La Red de Acceso está en capacidad de brindar todas las soluciones de telecomunicaciones que sus clientes requieren, posibilitando alcanzar alta capacidad, alta calidad e incrementando la eficiencia de su empresa.

Los Beneficios para clientes de CNT al usar tecnología de última generación en todos aplicada en todos los servicios, garantiza el desarrollo óptimo de las telecomunicaciones en el Ecuador, lo que es un avance importante para nuestra sociedad.

A nivel nacional existen diversos enlaces que cubren la necesidad de tráfico para cada población a la cual brindan sus servicios, satisfaciendo los requerimientos de cada una de estas. Los respectivos cálculos de ingeniería de tráfico para obtener el flujo de datos y los recursos físicos de la red, tiene como objetivo equilibrar de forma óptima la utilización de los mismos.

En la provincia de Chimborazo se han instalado enlaces de fibra óptica, entre los que se puede citar AMG SAN ANTONIO - CENTRAL CUBIJÍES, CENTRAL GUANO - REPETIDORA LA MIRA, cuyas expectativas han cubierto de manera óptima las perspectivas de la empresa, en base a estándares de la ITU. Estos enlaces ópticos poseen tecnología SDH.

La infraestructura de la red nacional actualmente está cubierta de anillos de fibra que está reemplazando a la red digital de telefonía tradicional de pares de cobre, dando los resultados esperados en cuanto a la demanda de servicios de telecomunicaciones. Las proyecciones de futuras demandas no se ven afectadas gracias a la gran capacidad de los canales de fibra con capacidad Gigabit, capaces de soportar tráfico de voz, internet, video e implementación de servicios de nueva generación como es la TvIP.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

En los últimos años, las telecomunicaciones han evolucionado aceleradamente de tal forma que hoy representa unos de los pilares más importantes que soporta el desarrollo económico, cultural y educativo de los países. Dentro de los grandes cambios que se dieron en esta evolución tecnológica, se encuentran: la sustitución de cables de cobre por fibra óptica, el reemplazo de centrales analógicas por digitales, el Internet como generador de tipos de servicios, a través de la convergencia de las plataformas de telecomunicaciones y la apertura de los mercados.

La construcción de la sociedad del Buen Vivir considera el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para profundizar en el goce de los derechos y promover la justicia en todas sus dimensiones. En consecuencia, la acción estatal en los próximos años deberá concentrarse en tres aspectos fundamentales: conectividad, dotación de hardware; y el uso de las TIC para la Revolución Educativa. El énfasis en tales aspectos implicará el apareamiento de externalidades positivas relacionadas con el mejoramiento de servicios gubernamentales y la dinamización del aparato productivo (1).

El Estado debe asegurar que la infraestructura para conectividad y telecomunicaciones cubra todo el territorio nacional, de modo que las TIC estén al alcance de toda la población de manera equitativa (1).

He aquí el motivo por el cual solicitamos a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones Agencia Chimborazo, se nos permita realizar el diseño del tramo Bucay – Pallatanga – Cajabamba, para ampliar nuestros conocimientos de las redes de ópticas de telecomunicaciones, cuyo auge está tomando forma en nuestro país para cumplir la metas del gobierno ecuatoriano en lo concerniente al Sumak Kawsay ya que cada vez es mayor la demanda de nuevos servicios y de mayor calidad, abasteciendo de tecnología actual a todas las poblaciones del Ecuador.

El diseño de la red anterior en base a cables de cobre estaba muy limitada por su poca capacidad ancho de banda de canal, inclusive el enlace entre la Central Bucay y la Central Pallatanga era tipo satelital con canales dedicados de voz, a través de servicio DOMSAT, sin abastecer la demanda de Internet. Desde el año 2012, se implementó un enlace vía microonda desde la central Riobamba hasta Pallatanga de 40Mbps¹.

La tecnología GPON (redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit) de redes de siguiente generación que se está implementando por la CNT en el país, deben converger en todo el territorio nacional, por lo cual es necesaria la pronta acción para la migración total hacia las comunicaciones IP².

En la actualidad la CNT no posee un anillo de comunicación óptico concluido para la provincia de Chimborazo. La empresa está a cargo de la implementación del enlace Cumandá - Alausí, brindándonos la posibilidad de realizar el estudio y diseño para la porción restante de anillo.

Con la implementación de un anillo fibra óptica basado en estándares internacionales, como son los recomendados por la ITU, con los cuales trabaja la CNT-EP, se podrá brindar un mejor servicio a todas las poblaciones de la provincia que deseemos interconectar, basta con montar enlaces ópticos desde los nodos principales a las poblaciones que lo requieran, e incluso poder brindar servicios agregados para futuras demandas y necesidades de los habitantes³.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar y diseñar el tramo Bucay – Pallatanga – Cajabamba para cerrar el anillo óptico provincial de Chimborazo basado en el Estándar G.655 para la CNT-EP.

¹ Datos del departamento de Transmisiones CNT

² Datos del departamento de Diseño de Accesos CNT

³ Datos del departamento de Diseño de Accesos CNT

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar las características de la fibra óptica, para realizar diseño de enlaces ópticos.
- Estudiar las tecnologías de transporte de datos, para determinar opción más adecuada para el diseño.
- Realizar un levantamiento de la información de la capacidad instalada por la CNT-EP Agencia Chimborazo, para crear el enlace óptico.
- Analizar los estándares de fibra óptica recomendados para el diseño de planta externa.
- Realizar un estudio de la demanda de servicios de telecomunicaciones en las Centrales inmersas en el diseño.
- Realizar el cálculo estimado de ingresos promedio en cada Central en estudio, para conocer una proyección real de facturación por parte de la CNT-EP.
- Diseñar el enlace Bucay – Pallatanga – Cajabamba con los datos obtenidos.
- Comprobar los resultados obtenidos en los cálculos de presupuesto de enlace mediante una simulación.
- Realizar un estudio de factibilidad técnica y económica del diseño propuesto.

1.4. IDENTIFICACIÓN DE LA CORPORACIÓN

1.4.1. ENTIDAD RESPONSABLE

CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP)

1.4.2. ANTECEDENTES DE LA CORPORACIÓN (22)

Con la finalidad de brindar un mejor servicio a todos los ecuatorianos, y conectar a todo el país con redes de telecomunicaciones, nace, el 30 de octubre del 2008, la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, CNT S.A, resultado de la fusión de las extintas Andinatel S.A. y Pacifictel S.A.; sin embargo, luego de un poco más de un año, el 14 de enero del 2010, la CNT S.A., se convierte

en empresa pública, y pasa a ser, desde ese momento, la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT-EP, empresa líder en el mercado de las telecomunicaciones del Ecuador.

Posteriormente, el 30 de julio del 2010, se oficializó la fusión de la Corporación con la empresa de telefonía móvil ALEGRO, lo que permite potenciar la cartera de productos, enfocando los esfuerzos empresariales en el empaquetamiento de servicios y en convergencia de tecnologías, en beneficio de la comunidad y de nuestros clientes.

1.4.3. MISIÓN

“Unimos a todos los ecuatorianos integrando nuestro país al mundo, mediante la provisión de soluciones de telecomunicaciones innovadoras, con talento humano comprometido y calidad de servicio de clase mundial.”

1.4.4. VISIÓN

“Ser la empresa líder de telecomunicaciones del país, por la excelencia en su gestión, el valor agregado que ofrece a sus clientes y el servicio a la sociedad, que sea orgullo de los ecuatorianos.”

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA FIBRA ÓPTICA

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

2.1.1. DEFINICIÓN DE FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es un medio de transmisión muy usado en las redes de datos, por el que viajan datos en forma de pulsos de luz. Se propaga por el núcleo de la fibra con un ángulo límite de refracción total, Gobernado por la ley de Snell

Los hilos de fibra óptica son filamentos de vidrio o plástico de un espesor entre 10 y 300 micrones. Transportan mensajes en forma de haces de luz, Llevan mensajes en forma de haces de luz viajan de un extremo a otro, (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción. Las fibras ópticas se pueden usar, tanto en redes LAN, como en grandes redes geográficas tipo WAN (como enlaces de fibra óptica para empresas de telefonía).

El principio de transmisión de luz por fibra óptica se basa en la reflexión interna total, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa con un índice de

refracción mucho menor; las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra óptica y el recubrimiento.

2.1.2. SISTEMA ÓPTICO DE COMUNICACIONES

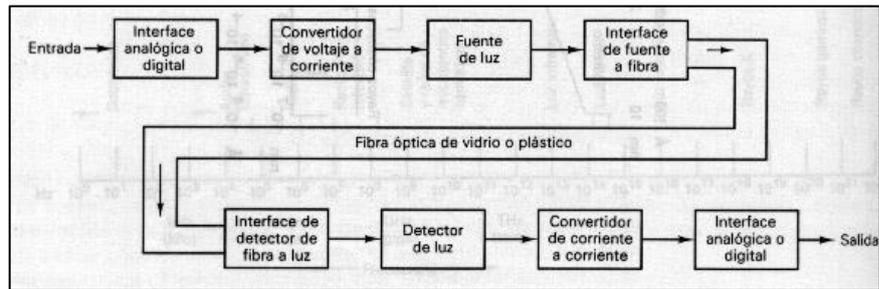


Figura II.1. Esquema Básico de un Sistema de Comunicaciones Óptico
Fuente: http://html.rincondelvago.com/fibra-optica_24.html

La mayoría de sistemas ópticos de alta capacidad transmiten información digital (en forma de 0 y 1) modulando la amplitud de una onda portadora. De esta forma, los bits quedan representados por la presencia o no de luz en el instante de detección. Un bit 1 se representa por un pulso en el intervalo de tiempo asignado; el bit 0 se representa por la ausencia de pulsos en el intervalo. La velocidad de transmisión de un sistema en Gbps.

Los sistemas de comunicación modernos operan a tasas $B > 10^{12}$ bit/s (1 Tb/s). Los sistemas ópticos transmiten información por modulación de amplitud. Sin embargo, en los últimos años, ha ganado campo la modulación por fase, modulando la fase de una onda portadora. Este tipo de modulación ha sido empleado en sistemas de comunicación por radio, dando la facilidad de ampliar la distancia de alcance y mayor resistencia a degradaciones no lineales de información.

2.1.3. ESTRUCTURA FISICA DE LA FIBRA ÓPTICA

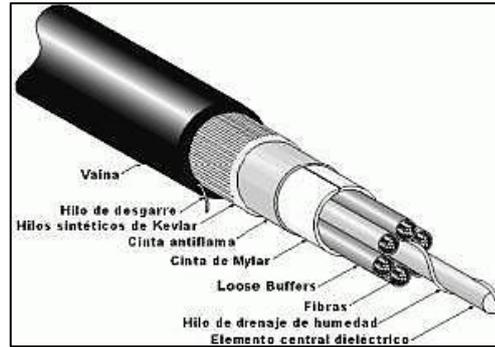


Fig II.2. Componentes de un cable de fibra óptica en la actualidad
Fuente: <http://tecnicredes.blogspot.com/2009/06/fibra-optica-1.html>

Una fibra óptica en la actualidad está conformada principalmente de:

- **Elemento central dieléctrico:** elemento central no disponible en todos los tipos de fibra óptica, es un filamento que no conduce la electricidad (dieléctrico), que brinda consistencia al cable entre otras cosas.
- **Hilo de drenaje de humedad:** permite que la humedad salga a través de éste, permitiendo que el resto salga de componentes estén libres de humedad.
- **Fibras:** es el medio por dónde se transmite la información. Puede ser de silicio o plástico muy procesado. La pureza del material es lo que permite conocer si es buen transmisor o no. Una simple impureza puede desviar el haz de luz, haciendo que este se pierda o no llegue a destino.
- **Loose Buffers:** tubo pequeño que recubre la fibra óptica, a veces contiene un gel que sirve para que los rayos de luz no se dispersen hacia afuera de la fibra.
- **Cinta de Mylar:** capa de poliéster fina que cumple el rol de aislante.
- **Cinta antillama:** cobertor que sirve para proteger al cable del calor y las llamas.
- **Hilos sintéticos de Kevlar:** brinda consistencia y protección del cable, además soporta el estiramiento de sus hilos.
- **Hilo de desgarre:** son hilos que ayudan a dar más consistencia del cable.
- **Vaina:** capa superior del cable que provee aislamiento y consistencia al conjunto que tiene en su interior.

2.1.4. PRINCIPIO DE TRANSMISION DE LA FIBRA OPTICA.

La operación de la fibra óptica se basa en el principio de reflexión interna total (Figura II.3.) basado en el efecto de la luz que viaja desde el aire hacia el agua. Cuando la luz llega a la superficie del agua con un ángulo de incidencia θ menor que el ángulo crítico θ_c , se desplaza dentro del agua, cambiando de dirección en el límite entre el este y el aire (refracción). Cuando un haz de luz llega a la superficie del agua con un ángulo mayor que el ángulo crítico, la luz se refleja en la superficie del agua. El índice de refracción, se representa por el símbolo n . Este índice, también llamado índice refractivo, es la proporción entre la velocidad de luz en el vacío (c) y su velocidad en un medio específico (v).

$$n=c/v$$

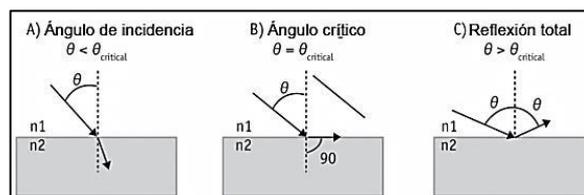


Fig II.3. Principio de reflexión total

Fuente: <http://tecnicredes.blogspot.com/2009/06/fibra-optica-1.html>

El índice de refracción para el núcleo es aproximadamente 1,47 mientras que el índice de refracción para el revestimiento es aproximadamente 1,45.

Al introducirse la luz en el extremo de fibra desde el interior de este cono, está sujeta a la reflexión total y viaja por el núcleo (Fig II.4). La noción de la formación de este cono se relaciona con el término de apertura numérica. La luz que llegue al extremo de la fibra fuera de este cono se refractará en el revestimiento cuando se encuentre con el límite entre el núcleo y el revestimiento; y no permanece dentro del núcleo.

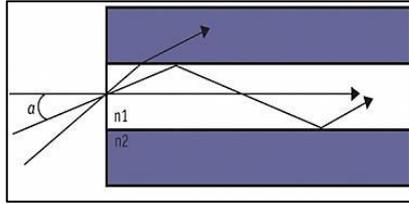


Fig II.4. Apertura numérica y reflexión total

Fuente: <http://www.fibraopticahoy.com/cableado-de-fibra-optica-para-comunicaciones-de-datos-1%C2%AA-parte>

2.1.5. ANCHO DE BANDA

Para señales analógicas, el ancho de banda es la longitud del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal medida en Hz, mientras que en señales digitales el ancho de banda es la medida de datos y recursos de comunicación disponible o consumida expresados en bps.

El ancho de banda de una fibra óptica está limitado por los mecanismos de dispersión que distorsionan la señal óptica y limitan la capacidad de transmisión ya que los pulsos se distorsionan y se ensanchan, solapándose unos con otros y haciéndose indistinguibles para el equipo receptor.

2.1.6. APERTURA NUMÉRICA

La apertura numérica denota el ángulo máximo de incidencia, $\alpha_{\text{máx}}$ con el cual toda la luz incidente se propaga por el interior de la fibra sin que se produzca refracción, solo hay rayo reflejado.

El concepto de apertura numérica describe la potencia colectora de luz de la fibra y para calcular la eficiencia de acoplo fuente/fibra. Se define como:

$$NA = \text{sen}_{\text{máx}} = \sqrt{n_n^2 - n_r^2}$$

Donde $\alpha_{\text{máx}}$ representa el máximo ángulo de aceptación y n_n es el índice de refracción del núcleo y n_r es el índice de refracción del revestimiento.

La apertura numérica debe ser grande para un mejor aprovechamiento de la fuente luminosa.

La figura II.5 representa una fibra óptica en la que inciden distintos rayos de luz. El rayo R1 incide en la fibra con un ángulo igual al ángulo de aceptación. Para ángulos mayores, caso del R3, el rayo escapa de la fibra óptica.

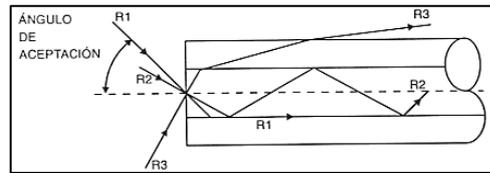


Fig II.5. Sección de una Fibra Óptica

Fuente: http://www.itlilaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/OPTOPDF7_archivos/UNIDAD7TEMA2.PDF

Debido a que el núcleo posee un índice de refracción superior al del revestimiento, la luz transmitida se mantiene y propaga a través del núcleo, siempre que se verifique que $\alpha_{\text{incidencia}} \leq \alpha_{\text{máx}}$.

Las ondas luminosas deben entrar en la fibra dentro de un cierto ángulo, llamado ángulo de aceptación. Cualquier onda que entre según un ángulo mayor escapará a través del revestimiento. Este ángulo define la apertura numérica NA.

2.1.7. TIPOS DE FIBRAS OPTICA

En la actualidad existen dos tipos de fibras ópticas, que se clasifican según el modo de propagación.

En la Tabla II.I se muestran los tipos de fibra según el modo.

Tabla II.I. Tipos de Fibra según el Modo

	ÍNDICE ESCALONADO		ÍNDICE GRADUAL
	F. MONOMODO	F. MULTIMODO	F. MULTIMODO
Perfil del índice refractivo y nodo de propagación			
Diámetro del núcleo	5 a 10 μm	50 a 85 μm	50 a 85 μm
Diámetro de la	125 μm	125 μm	1565 μm

Cubierta			
Ancho de banda	Más de 10 GHz	10 50 MHz x Km	Cientos de MHz x Km a varios GHz x Km

Fuente: http://dc229.4shared.com/doc/x_Xmgfkk/preview.html

2.1.7.1. FIBRA MONOMODO DE ÍNDICE ESCALONADO

La fibra monomodo ofrece mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. La figura II.6 indica que sólo se pueden transmitir haces que tienen una trayectoria que sigue la dirección de la fibra, de ahí el nombre de "monomodo". Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces es fibra monomodo es de índice escalonado.

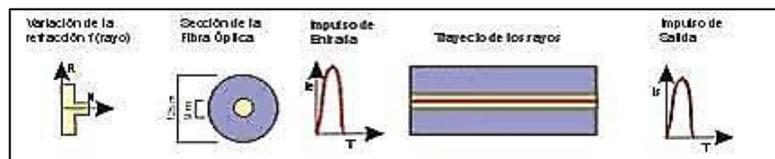


Fig II.6. Haz de Luz en Fibra Monomodo

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos12/fibra/fibra.shtml>

2.1.7.2. FIBRA MULTIMODO

2.1.7.2.1. FIBRA MULTIMODO DE ÍNDICE ESCALONADO

Las fibras multimodo de índice escalonado tienen una atenuación de 30 dB/km en vidrio, o 100 dB/km en plástico. Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz por kilómetro. En este tipo de fibras, el núcleo lo constituye un material uniforme con un índice de refracción muy superior al de la cubierta.

En estos tipos de fibra viajan varios haces ópticos, reflejándose a diferentes ángulos, como muestra la figura II.7.

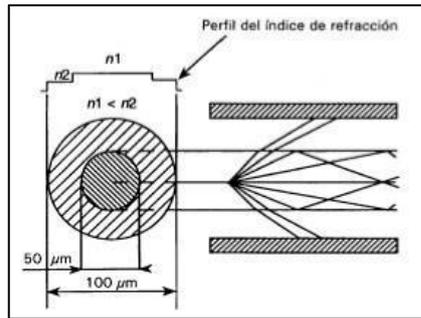


Fig II.7. Perfil del Índice de Refracción
Fuente: http://html.rincondelvago.com/fibra-optica_11.html

2.1.7.2.2. FIBRA MULTIMODO DE ÍNDICE GRADUAL.

Las fibras multimodo de índice de gradual tienen una banda de paso que llega hasta 500 MHz por kilómetro. Su funcionamiento está basado en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y se reduce cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los haces luminosos se enfocan hacia el eje de la fibra, como se puede ver en la figura II.8. Estas fibras permiten la reducción de la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

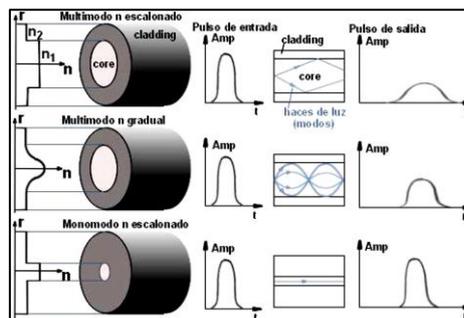


Fig II.8. Reducción de dispersión
Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos12/fibra/fibra.shtml>

La fibra multimodo de índice gradual tiene un tamaño 62,5/125 mm, también se pueden encontrar otros tipos de fibras, como son: 100/140 mm, 50/125 mm.

2.2. PARAMETROS DE TRASMISION.

2.2.1. ATENUACION.

La atenuación se define como la disminución de la potencia lumínica en función de la distancia (expresada en dB). Los valores de atenuación varían de acuerdo a la longitud de onda, esto valores son llamados ventanas de transmisión, y se sitúan en las zonas de 800-900nm, 1200-1300nm y 1500-1600nm (figura II.9)(3).

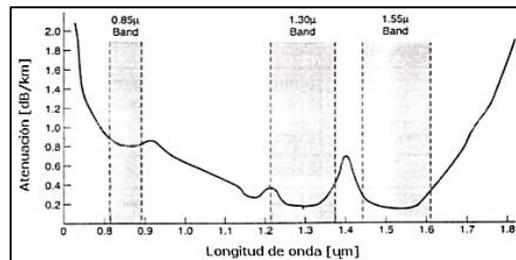


Fig II.9. Atenuación vs Longitud de Onda

Fuente: <http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/8518/3/T10859CAP3.pdf>

En la siguiente ecuación se observa cómo se calcula la pérdida en una fibra óptica.

$$P(\lambda) = 10 \log \frac{P_A}{P_B} = \alpha(\lambda) \cdot L$$

Donde $\alpha(\lambda)$ se conoce como el coeficiente de atenuación y se define como la atenuación por unidad de longitud, generalmente en km.

Los principales tipos de pérdidas por atenuación son: pérdidas intrínsecas y pérdidas extrínsecas.

2.2.1.1. PÉRDIDAS INTRÍNSECAS

2.2.1.1.1. PÉRDIDAS POR ABSORCIÓN

Las pérdidas por absorción se producen por factores intrínsecos en los cuales se absorben la luz y la transforman en calor. Hay tres factores que contribuyen a este tipo de pérdidas:

- **Absorción Ultravioleta.-** se produce por la interacción entre los fotones que viajan por la fibra óptica y las moléculas que componen el núcleo. Se considera casi despreciable desde los 1000nm.
- **Absorción Infrarroja.-** se origina por las vibraciones de átomos de Silicio y Oxígeno, creciendo exponencialmente con la longitud de onda, no siendo apreciable hasta los 1400nm.
- **Absorción por Resonancia de Iones.-** Es causada por los iones OH, se produce por una deficiente eliminación del agua en la fibra durante el proceso de fabricación.

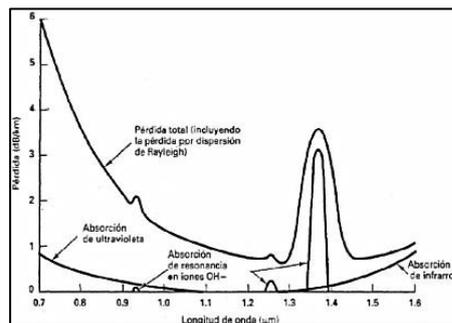


Fig II.10. Pérdida por Absorción.

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4019/1/CD-3789.pdf>

2.2.1.1.2. SCATTERING RAYLEIGH.

Fenómeno de dispersión que se produce cuando la luz halla en su camino partículas extrañas al medio, cuyo diámetro es mucho mayor que la longitud de onda de la señal. La difracción que resulta por este fenómeno absorbe parte de la energía de la señal y produce una pérdida de energía que disminuye exponencialmente proporcionalmente a la longitud de onda.

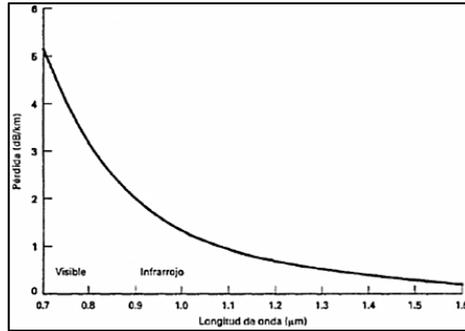


Fig II.11. Pérdida por Scattering.

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4019/1/CD-3789.pdf>

Este tipo de pérdidas son las de mayor influencia para longitudes de onda desde los 400 a 1100 nm.

2.2.1.2. PERDIDAS EXTRÍNSECAS.

2.2.1.2.1. PERDIDAS POR CURVATURA.

Cuando se somete una fibra a una curvatura por bobinado, se origina una atenuación adicional, ya que la luz se refleja en algunos puntos con ángulos diferentes a los iniciales y perdiéndose el principio de reflexión total.

Esta atenuación varía exponencialmente con el radio de curvatura, pero este es despreciable hasta pasar la curvatura crítica. Esta curvatura crítica es de diez a doce veces el diámetro exterior del cable.

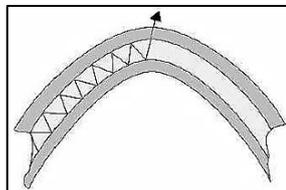


Fig II.12. Pérdida por Curvatura.

Fuente: <http://www.yio.com.ar/fibras-opticas/atenuacion-fibras-opticas-potencia-otdr.php>

2.2.1.2.2. PÉRDIDAS POR MICROCURVATURAS

Los defectos en los procesos de fabricación que provocan las llamadas pérdidas por microcurvaturas son irregularidades entre el núcleo y el revestimiento, las fluctuaciones de diámetro (error de elipticidad) y fundamentalmente el error de concentricidad.

Estas pérdidas afectan a toda la banda de información y varían muy poco con la longitud de onda.

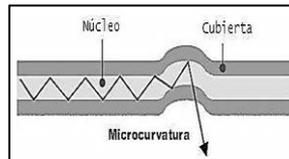


Fig II.13. Pérdida por Microcurvatura.

Fuente: <http://www.yio.com.ar/fibras-opticas/atenuacion-fibras-opticas-potencia-otdr.php>

2.2.1.2.3. PERDIDAS POR EMPALME Y CONEXIÓN

La pérdida por empalme se produce por la diferencia entre los núcleos y los ángulos entre dos fibras empalmadas, tal como se muestra en las figuras II.14 y II.15.

Los empalmes mecánicos tienen por lo general mayores pérdidas (0,1 dB a 1 dB). Los empalmes por fusión tienen pérdidas más bajas (menores a 0,1 dB). Este tipo de pérdidas se atribuyen a algunos factores, tales como un mal corte, el desalineamiento de los núcleos de las fibras, burbujas de aire, etc.(4)

Las pérdidas debido a los conectores están en el rango que va desde 0,3 dB a 1,5 dB, dependiendo del tipo de conector utilizado.(3)

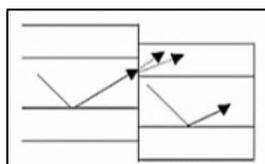


Fig II.14. Desplazamiento entre los ejes del núcleo.

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4019/1/CD-3789.pdf>

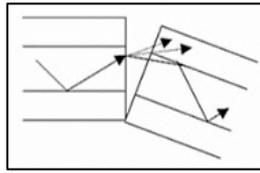


Fig. II.15. Desplazamiento de los ángulos entre los núcleos.
Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4019/1/CD-3789.pdf>

2.2.2. DISPERSIÓN

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

La dispersión conlleva reducción del ancho de banda, ya que al ensancharse los pulsos, se limita la tasa de transmisión. La dispersión se caracteriza por el parámetro $D(\text{ps}/\text{nm}\cdot\text{km})$, que indica el ensanchamiento del pulso. Este ensanchamiento crece con la longitud recorrida y con el ancho espectral de la fuente óptica.

Las características mecánicas, geométricas y de transmisión de las fibras de dispersión desplazada no nula NZDS (Non Zero Dispersión Shifted) reposan en la recomendación **ITU-T G.655**. Estas fibras están diseñadas para transmitir en la tercera ventana con bajos valores de dispersión, entre 1530nm y 1565 nm(14).

Existen varios tipos de dispersión, entre ellas: dispersión modal, dispersión por polarización de modo, dispersión cromática.

2.2.2.1. DISPERSIÓN CROMÁTICA

La dispersión cromática se presenta por dos motivos:

- **Dispersión del material:** es el principal causante de la dispersión. Las componentes de distinta frecuencia, viajan a velocidades diferentes por el silicio, ya que el índice de refracción del silicio, material usado para fabricar las fibras ópticas, depende de la frecuencia.
- **Dispersión por guía de onda:** se origina porque la propagación de la luz en una guía de onda depende de la longitud de onda así como de las dimensiones de la guía. La distribución de la luz entre el núcleo y el cladding cambia con la longitud de onda. El cambio de la distribución de la luz afecta la velocidad de transmisión de la luz a través de la fibra.

2.2.2.2. DISPERSIÓN MODAL

La dispersión modal aparece debido a que los distintos modos de una fibra óptica tienen distintas velocidades de grupo. Se puede deducir al mirar la diferencia que de caminos recorre la luz por la fibra según el modo al que se acople.

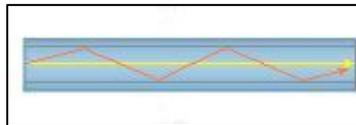


Fig. II.16. Distintos modos recorren caminos con distinta longitud
Fuente: http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1_5_1.htm

Este efecto puede solucionarse empleando fibras monomodo, de índice gradual, entre otras soluciones.

2.2.2.3. DISPERSIÓN POR MODO DE POLARIZACIÓN

Cuando una fibra monomodo no es perfectamente circular, la velocidad de propagación de cada polarización es distinta, produciéndose dispersión por polarización del modo PMD (figura II.17).

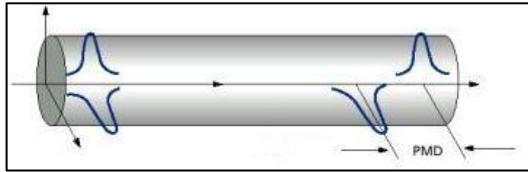


Fig. II.17. Dispersión por polarización de modo en una fibra monomodo asimétrica
Fuente: http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1_5_1.htm

En general la PMD varía con la longitud, actualmente en las fibras este valor está en el orden de $0.1\text{ps}/\text{km}^{1/2}$.(14)

2.3. FUENTES Y DETECTORES ÓPTICOS

2.3.1. FUENTES OPTICAS

Las fuentes ópticas son componentes activos en un sistema de comunicaciones por fibra óptica, cuya función es convertir la energía eléctrica en energía óptica, de manera eficiente de tal modo que permita que la salida de luz sea efectivamente inyectada dentro de la fibra óptica.

Las fuentes ópticas emiten luz dentro de un rango de longitudes de onda. En el rango de longitudes de onda que emiten las fuentes ópticas se encuentran las denominadas ventanas ópticas y son:

- 1^{era} Ventana: $\lambda = 850 \text{ nm}$.
- 2^{da} Ventana: $\lambda = 1310 \text{ nm}$.
- 3^{era} Ventana: $\lambda = 1550 \text{ nm}$.
- 4^{ta} Ventana: $\lambda = 1625 \text{ nm}$.
- 5^{ta} Ventana: $\lambda = 1470 \text{ nm}$.

2.3.1.1. DIODO EMISOR DE LUZ (LED)

Es un dispositivo de unión PN que emite luz cuando se polariza correctamente. El LED no es perfecto, la luz que emite genera más de una longitud de onda.

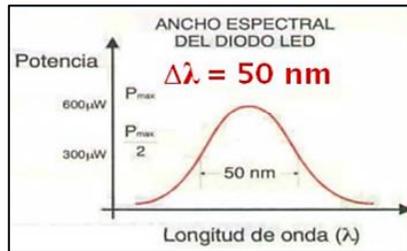


Fig. II.18. Ancho Espectral del Diodo Led

Fuente: http://www.coimbraweb.com/documentos/opticas/8.6_led_laser.pdf

El diodo LED es capaz de generar niveles de potencia de 10 a 50 μW (-15 a -30 dBm). También hay LEDs con potencia de salida de 600 a 2500 μW .

Debido los niveles de baja intensidad, y la velocidad de cambio no es muy rápida, los transmisores tipo LED se utilizan sólo para distancias cortas y transmisiones de baja velocidad.

2.3.1.2. DIODOS LÁSER

El transmisor láser consta de un medio activo capaz de generar un haz láser. El haz emitido por un diodo láser es monocromático, direccional y coherente.

- **Monocromático.**- De una sola longitud de onda. En realidad, de un ancho espectral bastante estrecho.
- **Direccional.**- Patrón de radiación contenido en una región angular pequeña, haciendo el acople con fibras monomodo más fácil y eficiente.
- **Coherente.**- Todas las ondas individuales están en fase una con otra en cada punto.

Los transmisores láser generan potencias de salida desde pocos mW hasta llegar al W. Se utilizan para distancias largas y transmisiones de alta velocidad, del orden de cientos de Gbps.

2.3.2. DETECTORES ÓPTICOS

Los detectores obtienen una corriente a partir de la luz modulada incidente, dicha corriente es proporcional a la potencia recibida, y por tanto, a la forma de onda de la señal moduladora.

2.3.2.1. FOTODIODO PIN

Es un diodo de unión PN de Silicio, es sensible a la luz, polarizado inversamente.

La sensibilidad de un fotodiodo aumenta y su tiempo de respuesta disminuye si se le añade una capa sin impureza o intrínseca (I) entre las capas P y N

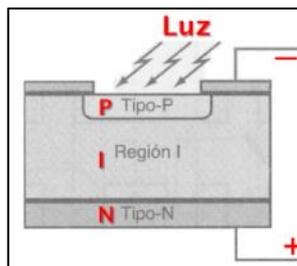


Fig. II.19. Flujo de Electrones

Fuente: http://www.coimbraweb.com/documentos/opticas/8.6_led_laser.pdf

2.3.2.2. DIODO APD

Es el más rápido y sensible, más caro y de circuitería complicada. Igual que el fotodiodo, el APD se polariza en forma inversa. Es de Germanio.

2.4. CONECTORES

Son los elementos encargados de conectar las líneas de fibra a un elemento, sea en un transmisor o un receptor. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que se puede destacar los siguientes:

- **ST:** (marca registrada de AT&T) es el conector más popular para las redes multimodo. Los conectores ST/SC/FC/FDDI/ESCON tienen el mismo diámetro de férula de 2.5 mm, por lo que pueden ser acoplados utilizando adaptadores híbridos.



Fig. II.20. Conector ST

Fuente: <http://fibraoptica.com/informacion-tecnica/identificacion-de-conectores>

- **SC:** Es un conector de broche, también con férula de 2.5 mm. Se utiliza ampliamente por su buen performance. Conector estandarizado en TIA-568-A. Se conecta con un simple movimiento de inserción que sujeta el conector.



Fig. II.21. Conector SC

Fuente: <http://fibraoptica.com/informacion-tecnica/identificacion-de-conectores>

- **FC:** Uno de los conectores monomodo más populares durante muchos años. Utiliza una férula de 2.5 mm. Ha sido reemplazado por los SCs y los LCs.



Fig. II.22. Conector FC

Fuente: <http://fibraoptica.com/informacion-tecnica/identificacion-de-conectores>

- **LC:** es un conector que utiliza una férula de 1.25 mm de cerámica, de la mitad del tamaño que el SC. De buen desempeño, altamente favorecido para uso monomodo.



Fig. II.23. Conector LC

Fuente: <http://fibraoptica.com/informacion-tecnica/identificacion-de-conectores>

- **FDDI – ESCON:** Son apropiados para sus redes específicas. Debido a que ambos utilizan férulas de 2.5 mm, pueden ser acoplados a los conectores SC o ST con adaptadores para este tipo de conectores.



Fig. II.24. Conector FDDI

Fuente: <http://fibraoptica.com/informacion-tecnica/identificacion-de-conectores>



Fig. II.25. Conector ESCON

Fuente: <http://fibraoptica.com/informacion-tecnica/identificacion-de-conectores>

2.5. REDES DE SIGUIENTE GENERACIÓN

2.5.1. DEFINICIÓN DE NGN

Al momento de definir una Red de Siguiete Generación, existen muchos factores a tomar según los diferentes organismos rectores de las Telecomunicaciones. Se debe considerar datos, Internet y VOZ.

Para la ITU (Internacional Telecommunication Union), NGN es una red de paquetes capaz de proveer servicios de telecomunicaciones y capaz de hacer uso de múltiples tecnologías de banda ancha y ofrecer diferentes niveles de QoS, y en el cual las funciones relacionadas con el servicio son independientes de las tecnologías de transporte. Esto habilita el acceso a los usuarios a redes y proveedores y servicios de su gusto. Soporta movilidad generalizada, la cual permitirá provisión de servicios ubicuos a los usuarios.

2.5.2. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LAS NGN

Se consideran las siguientes características en una red NGN:

- Convergencia de los servicios de voz, video y datos sobre la misma infraestructura de red.
- Interfaces abiertas y protocolos estándares.
- Conmutación de paquetes mediante protocolos IPv4/IPv6, con soporte MPLS.
- QoS para los servicios de voz debe tener niveles de calidad de la red tradicional.
- Transferencia de archivos sencillos hasta servicios de multimedia.
- Soporte de acceso alámbrico e inalámbrico con un ancho de banda mucho mayor que el actual.
- Dispone de escalabilidad, fiabilidad, disponibilidad y seguridad.

Para ser considerada una Red de Siguiete Generación debe cumplir las siguientes consideraciones:

- Los sistemas de transmisión deben ser de última generación, basados en tecnologías ópticas WDM.
- Los elementos de conmutación deben ser de tipos GSR (Gigabit Switch Router) o TSR (Terabit Switch Router).
- Deben disponer de políticas de seguridad a nivel de red y de usuarios.
- Deben disponer de políticas de QoS que sean operativas.

- Desarrollar una estructura de red escalable.
- Disponer de un sistema de respaldo de información que abarque toda la infraestructura física de la red.
- Garantizar el funcionamiento permanente de los equipos.

2.5.3. ELEMENTOS DE UNA RED PON

Los elementos esenciales de las redes PON son:

- **Red Óptica de Acceso** (OAN, Optical Access Network), se la considera como el conjunto de enlaces de acceso que coinciden con iguales interfaces del lado de la red admitidos por los sistemas de transmisión de tipo óptico.
- **Red de Distribución Óptica** (ODN, Optical Distribution Network), brinda la comunicación entre un OLT y el usuario y viceversa.
- **Terminación de Línea Óptica** (OLT, Optical Line Termination), una OLT brinda la interfaz de red entre la OAN y que permite la conexión a una o varias ODN.
- **Splitter** (Divisor Óptico Pasivo), es el dispositivo que retransmite la señal óptica sin necesidad de alimentación externa multiplexando y/o demultiplexando la señal.
- **Unidad de Red Óptica** (ONU, Optical Network Unit), se define como el elemento que actúa como vínculo entre el usuario y la OAN, conectada a la ODN.

De manera sencilla, estos elementos trabajan de la siguiente forma: la OLT es la interface entre la red PON y el backbone de la red, mientras que la ONT genera la interfaz de servicio al usuario final.

2.5.4. REDES GPON

Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit, GPON, es el más actual miembro de esta familia, establecido en el 2004 con la creación de las recomendaciones ITU-T G.984.X.

Permite manejar amplios márgenes de ancho de banda para prestar servicios a nivel comercial y residencial, mejorando sus prestaciones en el transporte de servicios IP1 y con una nueva capa de transporte diferente, el envío de la señal en forma ascendente y descendente con rangos de 1.25Gbps y 2.5Gbps para el primer caso y de 2.5Gbps para el segundo ya sea de forma simétrica o asimétrica llegando bajo ciertas configuraciones a entregar hasta 100Mbps por usuario(3).

2.5.4.1. OBJETIVOS DE LAS REDES GPON

El estándar GPON es una solución de acceso de alta capacidad para servicios tripleplay(voz, vídeo y datos). Tal vez una de las características más importantes sea el alcance que pueden soportar, máximo de 20 Km, aunque el estándar se ha preparado para que pueda llegar hasta los 60 km(14).

➤ Niveles de potencia y alcance.

El estándar GPON define diferentes tipos de láseres expresados en dBm:

Para el OLT se exponen los siguientes valores

Tabla II.II. Niveles de Potencia

TIPO	POTENCIA MEDIA MÍNIMA(dBm)
A	-4
B+	+1
C	+5

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/GPON>

Para el ONT se exponen los siguientes valores

Tabla II.III. Niveles de Potencia

TIPO	SENSIBILIDAD MÍNIMA DEL RECEPTOR (dBm)
A	-25
B+	-27
C	-26

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/GPON>

➤ **Velocidad Binaria**

- **Sentido descendente.** La velocidad binaria nominal de la señal OLT a ONU es 1244.16Mbps ó 2488.32Mbps.
- **Sentido ascendente.** La velocidad binaria nominal de la señal ONU a OLT es 155.52, 622.08, 1244.16 ó 2488.32Mbps.

El uso del estándar GPON tiene muchas ventajas sobre otro tipo de redes que también usan fibra óptica entre las más importantes se citan:

- Su rango de alcance mínimo 20Km entre el proveedor y el cliente final.
- Se reduce la cantidad de tendido de fibra óptica.
- Se manejan elevados niveles de ancho de banda para sus servicios.
- No exige la necesidad de implementar elementos activos en la red.
- Velocidades de transmisión desde 155Mbps, 622Mbps, 1.25Gbps o 2.5Gbps.

2.6. TECNOLOGÍAS DE ACCESO

2.6.1. ATM

El modo de transferencia asíncrona ATM es una red de conmutación de paquetes basada en circuitos virtuales que envía paquetes (celdas ATM) de longitud fija a través de LAN o WAN, en lugar de paquetes de longitud variable utilizados en otras tecnologías.

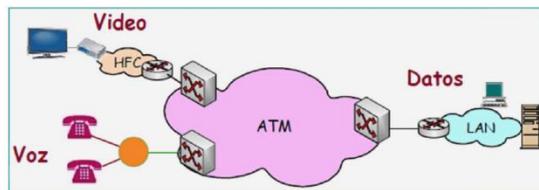


Fig. II.26. Diagrama ATM

Fuente: http://www.coimbraweb.com/documentos/telecom/9.6_atm.pdf

Concebida para transmitir voz, video y datos. Publicada por la UIT-T (Rec. I.121).

Antes que aparezca IP, fue recomendado por la UIT-T como la tecnología para la futura red de banda ancha, como la autopista de la superautopista de la información.

2.6.1.1. USO ACTUAL

- Red troncal (backbone) para ISP.
- Conexiones de video punto a punto y multipunto.
- Conexiones de voz para telefonía celular.
- Emulación de circuitos E1 sobre la red ATM.
- Soporte a redes de acceso basadas en ADSL.

Desapercibida para el usuario final. Útil para los Operadores. ATM permite integrar el tráfico de distintas aplicaciones de una manera flexible (redes multiservicio).

Antes de ATM, las comunicaciones se basaban en conmutación de tramas y redes de tramas. Diferentes protocolos utilizan tramas de diferentes tamaños, lo que hace el tráfico impredecible.

La mezcla de los pequeños paquetes de voz y video con el tráfico convencional de datos, crea retardos inaceptables y hace que los enlaces de paquetes compartidos no se puedan utilizar para voz y video, cuya solución son las redes basadas en celdas.

2.6.1.2. NIVELES DE ATM

La funcionalidad de ATM se corresponde al nivel físico y parte del nivel de enlace del modelo OSI. El modelo ATM está compuesto por 3 niveles: AAL, ATM y físico.

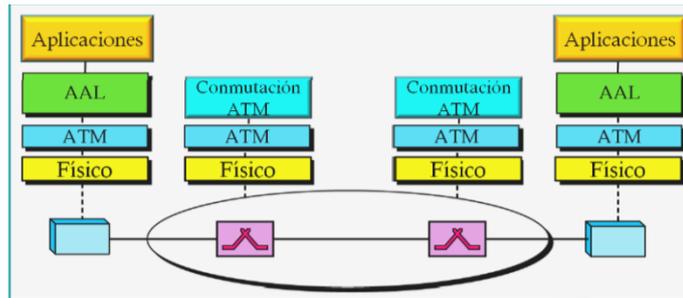


Fig. II.27. Niveles de ATM

Fuente: http://www.coimbraweb.com/documentos/telecom/9.6_atm.pdf

- **Aplicaciones.** Son los niveles que residen sobre AAL. Aceptan los datos de usuario, los clasifican en paquetes, y los pasan a la AAL.
- **AAL.** Nivel de adaptación ATM. Responsable de convertir los datos de aplicaciones a celdas ATM de 48 bytes. Detecta celdas erróneas y perdidas. Controla el flujo y la temporización.
- **Nivel ATM.** Responsable del transporte de celdas a través de la red. Toma los datos que van a ser enviados y añade la información de cabecera de 5 bytes que asegura el envío de la celda por la conexión correcta.
- **Nivel Físico.** Responsable de convertir las celdas al formato óptico o eléctrico apropiado. Define las características ópticas o eléctricas y las interfaces de red.

2.6.2. MPLS

Es una evolución de numerosas tecnologías propietarias de conmutación de etiquetas, estas técnicas se conocieron como conmutación IP o conmutación multinivel. Todas ellas condujeron a la adopción del actual estándar.

2.6.2.1. FUNCIONAMIENTO DE MPLS

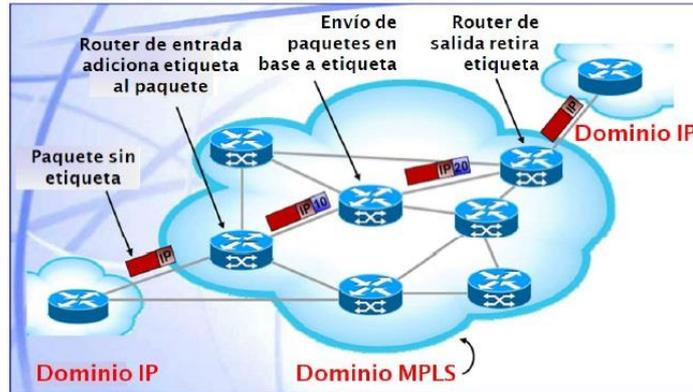


Fig. II.28. Funcionamiento de MPLS

Fuente: http://www.coimbraweb.com/documentos/telecom/9.8_mpls.pdf

El paquete IP se clasifica al entrar a la red MPLS y se le añade una etiqueta. En la nube MPLS, el paquete no vuelve a ser clasificado, y conmuta simplemente por etiqueta.

2.6.2.2. COMPONENTES DE UNA RED MPLS

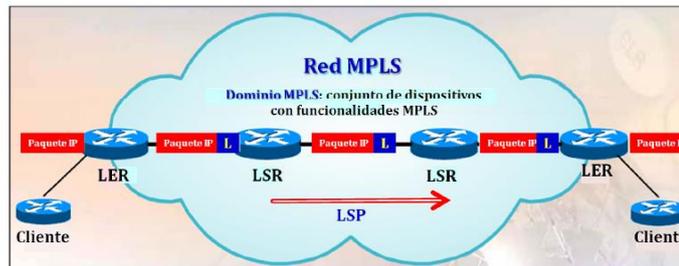


Fig. II.29. Componentes de una Red MPLS

Fuente: http://www.coimbraweb.com/documentos/telecom/9.8_mpls.pdf

- **Label Edge Router.**- Router de borde. Añade/retira etiquetas.
- **Label Switch Router.**- Router de conmutación de etiquetas.
- **Label Switched Path.**- Camino virtual. Es la sucesión de LSR que el paquete atraviesa para llegar a destino.
- **Etiqueta.**- Se permite incorporar más de una etiqueta al paquete. Los routers LSR conmutan el paquete en base a la etiqueta que está en el tope del conjunto (Label stack).

Puede ser usada en cualquier medio: Ethernet, PPP, Frame Relay, ATM, etc.

2.6.2.3. CONMUTACIÓN IP DE MPLS

La conmutación IP de MPLS se basa en los siguientes principios:

- Separación de los componentes de control (routing) y de envío (forwarding)).
- El mecanismo de envío de paquetes se realiza a través de la conmutación de etiquetas.

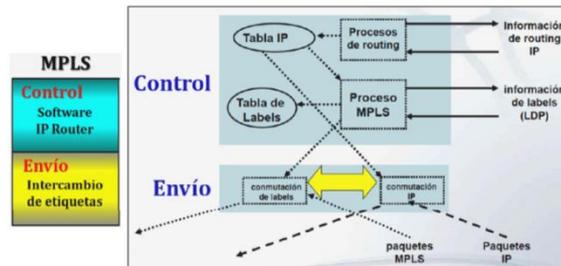


Fig. II.30. Conmutación IP de MPLS

Fuente: http://www.coimbraweb.com/documentos/telecom/9.8_mpls.pdf

2.6.2.4. APLICACIONES DE MPLS

La potencialidad de MPLS consiste en que ha dado origen a una serie de aplicaciones como ingeniería de tráfico, manejo de clase de servicio y redes privadas virtuales (VPN), que hacen del concepto de convergencia una realidad.

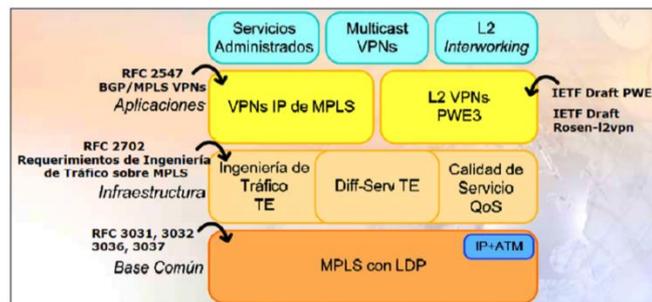


Fig. II.31. Aplicaciones de MPLS

Fuente: http://www.coimbraweb.com/documentos/telecom/9.8_mpls.pdf

2.7. JERARQUÍAS DIGITALES

2.7.1. JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA

La Jerarquía Digital Plesiócrona, conocida como PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), es una tecnología usada en telecomunicación tradicionalmente para telefonía que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio (ya sea cable coaxial, radio o microondas) usando técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales de transmisión. También puede enviarse sobre fibra óptica, aunque no está diseñado para ello por lo que se suele usar en este caso SDH (Synchronous Digital Hierarchy)(7).

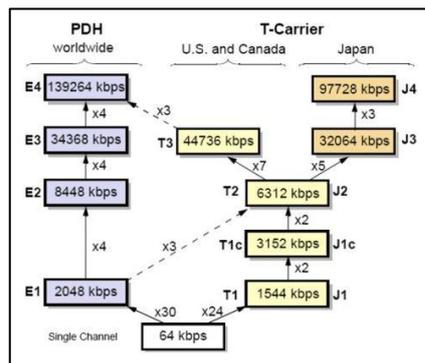


Fig. II.32. Niveles de PDH.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_Digital_Plesi%C3%B3crona

La jerarquía usada en Latinoamérica es la misma de Europa que agrupa 30+2 canales de 64Kbps para obtener 2048 Kbps (E1). Luego multiplexado por 4 sucesivamente se obtiene jerarquías de nivel superior con las velocidades de 8 Mbit/s (E2), 34 Mbps (E3) y 139 Mbps (E4).

La tecnología PDH, permite la transmisión de flujos de datos que, nominalmente, están funcionando a la misma velocidad (bit rate), pero permitiendo una cierta variación alrededor de la velocidad nominal gracias a la forma en la que se construyen las tramas.

2.7.1.1. JERARQUÍAS EUROPEAS, NORTEAMERICANA Y JAPONESA

Existen tres jerarquías PDH: la europea, la norteamericana y la japonesa. La europea usa la trama descrita en la norma G.732 de la UIT-T mientras que la norteamericana y la japonesa se basan en la trama descrita en G.733. Al ser tramas diferentes habrá casos en los que para poder unir dos enlaces que usan diferente norma haya que adaptar uno al otro, en este caso siempre se convertirá la trama al usado por la jerarquía europea.

En el sistema europeo, se tiene hasta cinco jerarquías, como se puede observar en la tabla II.IV:

Tabla II.IV. Niveles PDH Europeos

JERARQUÍA	VELOCIDAD	CANALES	TRAMA
E1	2048 Kbit/s	30	256 bits = 125us
E2	8448 Kbit/s	120	848 bits = 100.38us
E3	34368 Kbit/s	480	1536 bits = 44.7us
E4	139268 Kbit/s	1920	2904 bits = 20.85us
E5	564992 Kbit/s	7680	2688 bits = 4.7us

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_Digital_Plesi%C3%B3crona

En la tabla II.V se muestra una comparativa entre los distintos niveles de multiplexación PDH utilizados en Norteamérica (Estados Unidos y Canadá), Europa y Japón.

Tabla II.V. Comparación de Niveles PDH Norteamericanos, Europeos y Japoneses

Nivel	Norteamérica			Europa			Japón		
	Circuitos	Kbit/s	Denominación	Circuitos	Kbit/s	Denominación	Circuitos	Kbit/s	Denominación
1	24	1544	(T1)	30	2048	(E1)	24	1544	(J1)
2	96	6312	(T2)	120	8448	(E2)	96	6312	(J2)
3	672	44736	(T3)	480	34368	(E3)	480	32064	(J3)
4	4032	274176	(T4)	1920	139264	(E4)	1440	97728	(J4)

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_Digital_Plesi%C3%B3crona

Los flujos de datos que llegan a los multiplexores se les suele llamar como tributarios, afluentes o cargas del múltiplex de orden superior la mayoría de las veces.

2.7.2. JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA

La Jerarquía Digital Síncrona SDH (Synchronous Digital Hierarchy) es un conjunto de protocolos de transmisión de datos. Se puede considerar como la revolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados.

Uno de los objetivos de esta jerarquía estaba en el proceso de adaptación del sistema PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), ya que el nuevo sistema jerárquico se implanta paulatinamente y debe convivir con la jerarquía plesiócrona instalada. Ésta es la razón por la que la ITU-T normalizó el proceso de transportar las antiguas tramas en la nueva. La trama básica de SDH es el STM-1 (SynchronousTransportlevel 1), con una velocidad de 155 Mbit/s(10).

Cada trama va encapsulada en un tipo especial de estructura denominado contenedor. Una vez encapsulados se añaden cabeceras de control que identifican el contenido de la estructura (el contenedor) y el conjunto, después de un proceso de multiplexación, se integra dentro de la estructura STM-1. Los niveles superiores se forman a partir de multiplexar a nivel de byte varias estructuras STM-1, dando lugar a los niveles STM-4,STM-16 y STM-64.

Las funciones principales de las redes SDH las podemos integrar en dos grandes grupos:

- Transporte de la información entre dos puntos de forma eficiente y segura.
- Gestión total de los servicios. (configuración, mantenimiento, evaluación de la performance, etc.).

2.7.2.1. TRAMA STM-1

Las tramas contienen información de cada uno de los componentes de la red: trayecto, línea y sección, además de la información de usuario. Los datos son encapsulados en contenedores específicos para cada tipo de señal tributaria.

A estos contenedores se les añade una información adicional denominada "tara de trayecto" (Path overhead), que consiste en una serie de bytes utilizados con fines de mantenimiento de red, y que dan lugar a la formación de los denominados contenedores virtuales (VC). El resultado de la multiplexación es una trama formada por 9 filas de 270 octetos cada una (270 columnas de 9 octetos). La transmisión se realiza bit a bit en el sentido de izquierda a derecha y de arriba abajo. La trama se transmite a razón de 8000 veces por segundo (cada trama se transmite en 125 µs). Por lo tanto, el régimen binario (Rb) para cada uno de los niveles es:

- **STM-1** = 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits) = 155 Mbit/s
- **STM-4** = 4 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits) = 622 Mbit/s
- **STM-16** = 16 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits) = 2.5 Gbit/s
- **STM-64** = 64 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits) = 10 Gbit/s
- **STM-256** = 256 * 8000 * (270 octetos * 9 filas * 8 bits) = 40 Gbit/s

De las 270 columnas que forman la trama STM-1, las 9 primeras forman la denominada "tara o cabecera" (overhead), independiente de la tara de trayecto de los contenedores virtuales antes mencionados, mientras que las 261 restantes constituyen la carga útil (Payload).

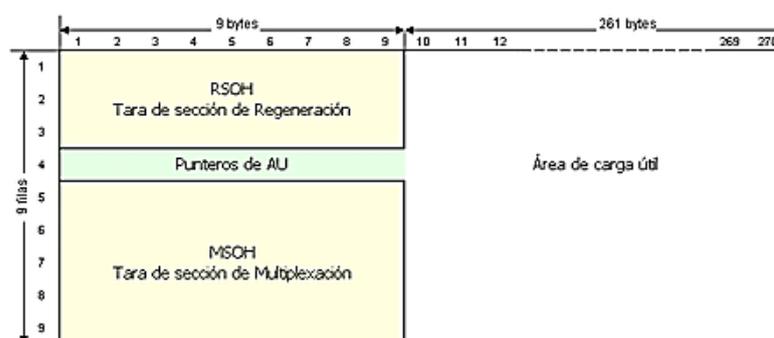


Fig. II.33. Estructura de la Trama STM-1

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_digital_s%C3%ADncrona

2.7.2.2. LONGITUDES DE ONDA DE FUNCIONAMIENTO

Para proporcionar flexibilidad en la implementación de sistemas con compatibilidad transversal y hacer posible una futura utilización de multiplexación por división en longitud de onda (WDM, wavelength division multiplexing), conviene admitir una gama lo más amplia posible de longitudes de onda de funcionamiento del sistema. La especificación de las gamas de longitud de onda de funcionamiento es afectada por las siguientes consideraciones generales: Tipo de fibra, las características de la fuente, la gama de atenuación del sistema y la dispersión del trayecto óptico.

La gama de longitudes de onda de funcionamiento es la gama admisible máxima de longitudes de onda de la fuente. En esta gama, las longitudes de onda de la fuente pueden seleccionarse para diferentes degradaciones relacionadas con la fibra. El receptor debe tener la gama mínima de longitudes de onda de funcionamiento que corresponda a la gama máxima admisible de longitudes de onda de la fuente. Para las redes SDH que utilizan amplificadores de fibra óptica, podría ser necesario limitar la gama de longitudes de onda de funcionamiento.

2.7.2.3. ELEMENTOS DE RED DE TRANSPORTE EN SDH

Las redes SDH actuales están construidas, básicamente, a partir de cuatro tipos distintos de equipos o elementos de red (ITU-T G.782): Regeneradores, Multiplexores Terminales, Multiplexores de Inserción y Extracción, y Distribuidores Multiplexores. Estos equipos pueden soportar una gran variedad de configuraciones en la red, incluso, un mismo equipo puede funcionar indistintamente en diversos modos, dependiendo de la funcionalidad requerida en el nodo donde se ubica. En la Figura II.34 se muestra un diagrama de bloques de un elemento SDH genérico, sin considerar amplificadores o boosters opcionales.

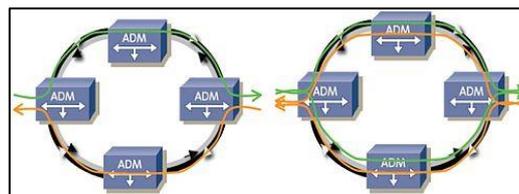


Fig. II.34. Funcionamiento MS-DP Ring

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADA_digital_s%C3%ADncrona

2.7.2.3.1. REGENERADORES INTERMEDIOS O IRS (INTERMEDIATE REGENERATORS)

Regeneran la señal de reloj y la relación de amplitud de las señales digitales a su entrada, que han sido atenuadas y distorsionadas por la dispersión de la fibra óptica por la que viajan. Los regeneradores obtienen la señal de reloj a partir de la ristra de bits entrante.

2.7.2.3.2. MULTIPLEXORES TERMINALES O TMS (TERMINAL MULTIPLEXERS)

Es un elemento que se utiliza en un enlace punto a punto. Implementara únicamente la terminación de línea y la función de multiplexar o demultiplexar varios tributarios en una línea STM-N.

2.7.2.3.3. MULTIPLEXORES DE INSERCIÓN Y EXTRACCIÓN O ADMS (ADD AND DROP MULTIPLEXERS)

Se encargan de extraer o insertar señales tributarias plesiócronas o síncronas de cualquiera de las dos señales agregadas STM-N que recibe (una en cada sentido de transmisión), así como dejar paso a aquellas que se desee.

2.7.2.3.4. DISTRIBUIDORES MULTIPLEXORES O DXC (DIGITAL CROSS-CONNECT)

Permiten la interconexión sin bloqueo de señales a un nivel igual o inferior, entre cualquiera de sus puertos de entrada y de salida. Los DXCs admiten señales de acceso, tanto plesiócronas como síncronas, en diversos niveles.

2.7.2.4. APLICACIONES SDH

SDH está diseñada para proporcionar una red troncal para redes de área amplia (WAN), con una tasa de datos de más de 3Gbps y puede encontrar aplicaciones en muchas áreas, tal como sigue:

- SDH puede reemplazar a las líneas T-1 ó T-3 existente.
- SDH puede utilizarse para transportar la RDSI y la RDSI-BA.
- SDH Puede utilizarse para transportar celdas ATM.
- SDH puede soportar ancho de banda bajo demanda.
- SDH puede reemplazar a los cables de fibra óptica utilizados en las redes de TV por cable.
- SDH se puede utilizar como troncal o reemplazar totalmente a otros protocolos de red como SMDS o FDDI.

2.8. TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN

La tecnología actual incluye medios de gran ancho de banda (BW), como el cable coaxial, la fibra óptica y las microondas terrestres y satelitales.

Para optimizar la utilización del medio de transmisión, se ha desarrollado la multiplexación, que es un conjunto de técnicas que permite la transmisión simultánea de múltiples señales a través de un único enlace.

Existen muchas estrategias de multiplexación según el protocolo de comunicación empleado, que puede combinarlas para alcanzar el uso más eficiente; los más utilizados son:

2.8.1. MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA FDM

FDM es una técnica analógica que se puede aplicar cuando el BW de un enlace es mayor que los BW combinados de las señales a transmitir.

2.8.1.1. PROCESOS EN FDM

- **PROCESO DE MULTIPLEXACIÓN**

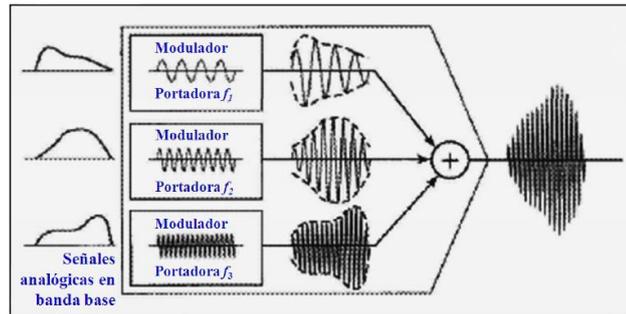


Fig. II.35. Proceso de Multiplexación

Fuente: http://www.coimbraweb.com/documentos/analogico/3.5_mux_fdm.pdf

Cada fuente genera una señal con un rango de frecuencia similar. Dentro del MUX, estas señales similares se modulan sobre distintas frecuencias portadoras (f_1 , f_2 y f_3).

Las señales moduladas resultantes se combinan en una única señal compuesta que se envía sobre un enlace que tiene BW suficiente para acomodarlas.

➤ PROCESO DE DEMULTIPLEXACIÓN

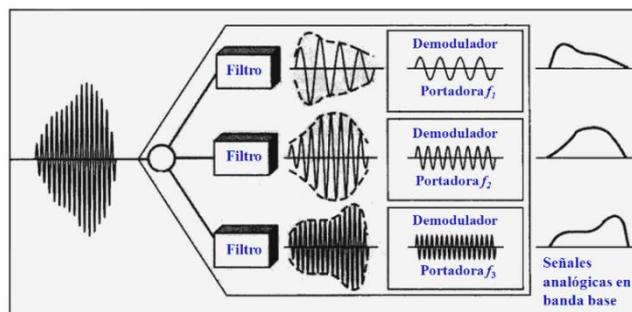


Fig. II.36. Proceso de Demultiplexación

Fuente: http://www.coimbraweb.com/documentos/analogico/3.5_mux_fdm.pdf

El DEMUX usa filtros para descomponer la señal multiplexada en las señales componentes que la constituyen.

Las señales individuales se pasan después a un demodulador que las separa de sus portadoras y las pasa a líneas de salida.

2.8.1.2. APLICACIONES DE FDM

- Radiodifusión AM y FM.
- Difusión de TV.
- Telefonía móvil 1G.

2.8.2. MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO TDM

Las técnicas de multiplexación por división de tiempo TDM pretenden conseguir un mayor rendimiento en los sistemas de transmisión, ya que permiten enviar por una misma línea de transmisión varias comunicaciones simultáneas.

Es un proceso básico en telefonía digital, ya que permite combinar diferentes señales de voz digitalizadas y enviarlas por el mismo canal de transmisión. De esta forma las señales digitales PCM se multiplexan formando lo que se conoce como tramas PCM.

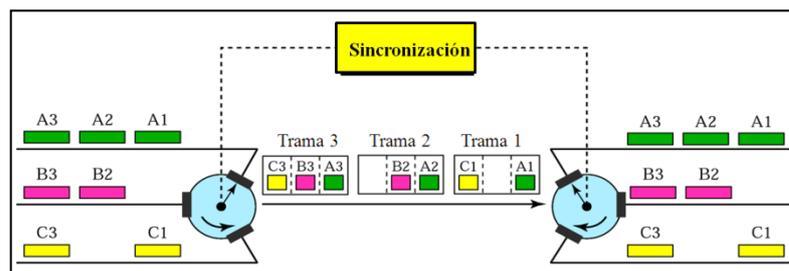


Fig. II.37. Multiplexación por División de Tiempo TDM
Fuente: <http://www.slideshare.net/edisoncoimbra/44-multiplexacion-tdm-7031366>

La figura II.37 indica como los multiplexores se representan como conmutadores rotatorios sincronizados que toman muestras de cada canal.

2.8.2.1. TDM SÍNCRONA.

La sincronización entre el multiplexor y el demultiplexor es un problema importante; si no están sincronizados, un bit de un canal puede ser recibido por un canal equivocado. Por esta razón se añaden uno o más bits de sincronización al comienzo de cada trama. Estos bits siguen un patrón, trama a trama, que permite al demultiplexor sincronizarse con el flujo entrante y así poder separar las ranuras de tiempo de forma adecuada.

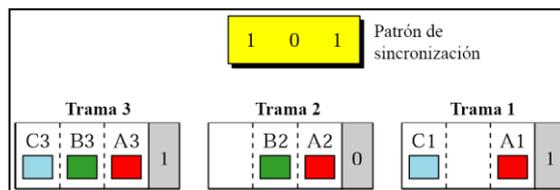


Fig. II.38. Sincronización de Tramas

Fuente: <http://www.slideshare.net/edisoncoimbra/44-multiplexacion-tdm-7031366>

2.8.2.2. TDM ASÍNCRONA

En TDM síncrona, cada entrada tiene una ranura reservada en la trama de salida. Esto puede ser ineficiente si algunas líneas de entrada no tienen datos que enviar.

En TDM asíncrona, Las ranuras se asignan dinámicamente. Solo cuando una línea de entrada tiene datos que enviar obtiene una ranura en la trama de salida.

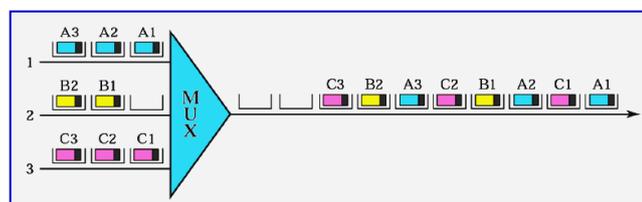


Fig. II.39. TDM Asíncrona

Fuente: <http://www.slideshare.net/edisoncoimbra/44-multiplexacion-tdm-7031366>

En la figura II.39 se muestra cómo se multiplexan las ranuras de 3 canales de entrada. En el primer pulso de reloj, el canal 2 no tiene información que enviar, por lo que el multiplexor rellena la ranura con una celda del tercer canal.

2.8.3. MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA WDM

Se diseñó para utilizar la capacidad de alta tasa de datos de la fibra. Conceptualmente es la misma que FDM, excepto que involucra señales luminosas de frecuencias muy altas.

La idea es simple lo que se quieren es combinar múltiples haces de luz dentro de una única luz en el multiplexor. Es decir hacer la operación inversa en el demultiplexor.

2.8.3.1. SISTEMAS WDM

Un sistema WDM se compone básicamente de un multiplexor y un demultiplexor ópticos.

Las señales monocromáticas de diferentes λ ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$), son generadas y conducidas por n fibras hasta el multiplexor.

El multiplexor combina las señales que le llegan en una señal policromática que se envía a una sola fibra para su transmisión, mientras que el demultiplexor separa los diferentes λ de la señal policromática para su correspondiente procesamiento.

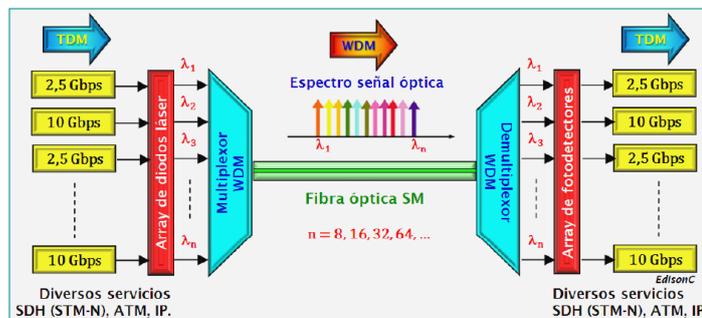


Fig. II.40. Elementos de un Sistema WDM

Fuente: http://www.coimbraweb.com/documentos/opticas/8.8_wdm.pdf

Con el tipo adecuado de fibra se dispone de un dispositivo que realice ambas funciones a la vez, actuando como un multiplexor óptico de inserción extracción (OADM).

2.8.3.2. TIPOS DE SISTEMAS WDM

Los primeros sistemas WDM usaron dos longitudes de onda centradas en las ventanas de 1310nm y 1550nm.

Después fue CWDM (Coarse WDM). La ITU (G.694.2) define una banda óptica de 18 λ 's, entre 1270 y 1610 nm, espaciadas entre ellas 20 nm.

Alrededor de 1.400nm existe una atenuación alta debido al pico de absorción. Se fabrican fibras con este pico de absorción compensado.

Luego fue DWDM (Dense WDM). La ITU (G.692) define una banda óptica de 20 a 40 λ 's, entre 1530 y 1570nm.



Fig. II.41. Sistema DWDM

Fuente: http://www.coimbraweb.com/documentos/opticas/8.8_wdm.pdf

Por lo general se usan 2 separaciones: 200 GHz (1.6 nm) y 100 GHz (0.8nm)

En la actualidad ya hay disponibles sistemas UWDM (Ultradense WDM) con separaciones más densas, a 50 GHz (0.4 nm) y a 25 GHz (0.2 nm)

2.9. VENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA

- Alto nivel de protección de las interferencias electromagnéticas.
- Alta velocidad de transferencia de los datos de un millón de millones de bit por segundo.
- Alta seguridad.
- Es inmune totalmente a las interferencias electromagnéticas.
- Es segura. Al permanecer el haz de luz confinado en el núcleo, no es posible acceder a los datos transmitidos por métodos no destructivos.
- Es segura, ya que se puede instalar en lugares donde puedan haber sustancias peligrosas o inflamables, ya que no transmite electricidad.
- Es ligera. El peso de un carrete no es ni la décima parte de uno de cable coaxial.
- Libre de Corrosión. Son pocos los agentes que atacan al cristal de silicio.
- Baja Atenuación. La fibra óptica alcanza atenuaciones del orden de 0.15 dB/Km.

2.10. DESVENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA

- La alta fragilidad de las fibras.
- Necesidad de usar transmisores y receptores más caros.
- Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de ruptura del cable.
- No puede transmitir electricidad para alimentar repetidores intermedios.
- La necesidad de efectuar, en muchos casos, procesos de conversión eléctrica-óptica.
- La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas.

No existen memorias ópticas.

CAPÍTULO III

ESTANDARES PARA FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica al igual que otros medios de transmisiones de datos esta normalizado por varios organismos de control de las normas físicas, características y estándares de instalaciones.

3.1. ORGANISMOS:

Los organismos que la rigen son la estandarización en las telecomunicaciones son:

3.1.1. ANSI (American National Standards Institute)

Organización Privada sin fines de lucro fundada en 1918, la cual administra y coordina el sistema de estandarización voluntaria del sector privado de los Estados Unidos.

3.1.2. EIA (Electronics Industry Association)

Desarrolla normas y publicaciones sobre las principales áreas técnicas: los componentes electrónicos, electrónica del consumidor, información electrónica, y telecomunicaciones.

3.1.3. TIA (Telecommunications Industry Association)

Desarrolla normas de cableado industrial para muchos productos de las telecomunicaciones, con más de 70 normas preestablecidas.

3.1.4. ISO (International Standards Organization)

Organización no gubernamental a nivel Mundial, de cuerpos de normas nacionales, con más de 140 países.

3.1.5. IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y de Electrónica)

Responsable por las especificaciones 802.3 Ethernet, 802.5 Token Ring, ATM y las normas de Gigabit Ethernet.

3.2. NORMATIVA PARA FIBRA ÓPTICA

3.2.1. ESTÁNDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1

Estándar que dicta normas para infraestructura pasiva de telecomunicaciones

3.2.2. ESTÁNDAR IEEE 802.3ae

Especifica 10 Gigabit Ethernet a través del uso de la Subcapa MAC, por medio CSMA/CD, a través de una Interfaz Independiente del Medio Físico de 10 Gbps (XGMII) a una entidad de capa física tal como 10GBASE-SR, 10GBASE-LX4, 10GBASE-LR, 10GBASE-ER, 10GBASE-SW y 10GBASE-EW, permite 10 Gbps hasta 40 km y garantiza una Tasa de Bits Errados (BER) de 10⁻¹². Su operación es en modo full dúplex y se encuentra especificada para operar sobre fibra óptica.

10GBASE-R es la implementación más común de 10GBE y utiliza el método de codificación 64B/66B, en el cual 8 octetos de datos se codifican en blocks de 66 bits, los cuales son transferidos en forma serial al medio físico a una velocidad de 10 Gbps. 10GBASE-W es una opción que,

mediante el encapsulamiento de las tramas 10GBASE-R en tramas compatibles con SONET y SDH, permite la conexión a la WAN.

Por su parte, 10GBASE-LX4 utiliza el método de codificación 8B/10B, dividiendo las tramas de datos de 32 bits y 4 bits de control en 4 grupos de 10 bits que se transmiten en forma simultánea e independiente, cada uno a una velocidad de 2,5 Gbps, mediante Multiplexación por División de Largo de Onda (Wavelength - Division Multiplexed - Lane, WDM).

Las letras "S", "L" y "E" hacen referencia al largo de onda de operación

S=Short Wavelength - 850 nm

L=Long Wavelength - 1300/1310 nm

E=Extra Long Wavelength - 1550 nm).

Cabe destacar que en ninguno de estos casos se hace referencia a un tipo de fibra óptica específica.

3.2.3. ESTÁNDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3

Publicado en el 2000, el estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3 indica los requerimientos mínimos para componentes de fibra óptica utilizados en el cableado en ambientes de edificio, tales como cables, conectores, hardware de conexión, patchcords e instrumentos de prueba, y establece los tipos de fibra óptica reconocidos, los que pueden ser fibra óptica multimodo de 62.5/125 μm y 50/125 μm , y monomodo. Se especifica un ancho de banda de 160/500 MHz. Km para la fibra de 62.5/125 μm y de 500/500 MHz. Km para la fibra de 50/125 μm , y atenuación de 3.5/1.5 dB/Km para los largos de onda de 850/1300 nm en ambos casos respectivamente.

3.3. RECOMENDACIONES ITU-T

Las recomendaciones actualizadas de la ITU con respecto a los cables de fibra óptica se describen a continuación:

- **G.650** Definición y métodos de prueba de los parámetros pertinentes de las fibras monomodo.
- **G.650.1** Definiciones y métodos de prueba de los atributos lineales y determinísticos de fibras y cables monomodo.
- **G.650.2** Definiciones y métodos de prueba de los atributos conexos de las características estadísticas y no lineales de fibras y cables monomodo.
- **G.650.3** Métodos de prueba de secciones de cable de fibra monomodo instaladas.
- **G.651.1** Características de los cables de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 μm para la red de acceso óptico.
- **G.652** Características de las fibras y cables ópticos monomodo.
- **G.653** Características de los cables y fibras ópticas monomodo con dispersión desplazada.
- **G.654** Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado.
- **G.655** Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula.
- **G.656** Características de las fibras y cables con dispersión no nula para el transporte óptico de banda ancha.
- **G.657** Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión para la red de acceso.

3.4. ITU-T G.655

Se describen las características geométricas, mecánicas y de transmisión de una fibra óptica monomodo con coeficiente de dispersión cromática mayor que cero en longitudes de onda 1530 nm a 1565 nm. Esta dispersión disminuye la aparición de efectos no lineales perjudiciales para sistemas DWDM.

3.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA

Existen recomendaciones de las características mínimas de la fibra sobre la estructura de diseño esencial para su fabricación.

3.4.1.1. DIÁMETRO DEL CAMPO MODAL

El diámetro de campo modal y la tolerancia se especifican para 1550 nm.

3.4.1.2. DIÁMETRO DEL REVESTIMIENTO

El valor nominal recomendado del diámetro del revestimiento es 125 μm .

3.4.1.3. ERROR DE CONCENTRICIDAD DEL CAMPO MODAL

El error de concetricidad no debe exceder del valor especificado en la Tabla III.I.

3.4.1.4. NO CIRCULARIDAD

3.4.1.4.1. NO CIRCULARIDAD DEL CAMPO MODAL

No se considera necesario recomendar un valor determinado de no circularidad del campo modal, ya que en la práctica tienen campos modales nominalmente circulares es suficientemente baja como para que la propagación y las uniones no se vean afectadas.

3.4.1.4.2. NO CIRCULARIDAD DEL REVESTIMIENTO

La no circularidad del revestimiento no debe exceder el valor especificado en Tabla III.I.

3.4.1.5. LONGITUD DE ONDA DE CORTE

Pueden distinguirse tres tipos útiles de longitudes de onda de corte:

- a) Longitud de onda de corte del cable, λ_{cc} .
- b) Longitud de onda de corte de la fibra, λ_c .
- c) Longitud de onda de corte del cable puente, λ_{cj} .

La correlación de los valores medidos de λ_c , λ_{cc} y λ_{cj} depende del diseño específico de la fibra y del cable, así como de las condiciones de prueba. Es prioritario garantizar la transmisión monomodo en el largo de cable mínimo entre uniones a la mínima longitud de onda de funcionamiento del sistema. Ello puede conseguirse recomendando que la longitud de onda de corte máxima λ_{cc} del cable compuesto de fibra óptica monomodo sea 1480 nm, o en caso de unión de cables, recomendando que la longitud de onda de corte del cable sea de 1480 nm, o en el peor caso la longitud de onda de corte máxima de la fibra sea de 1470 nm.

La longitud de onda de corte del cable, λ_{cc} , deberá ser inferior al valor máximo especificado en la Tabla III.I.

Tabla III.I. Atributos de la fibra y atributos del cable según el estándar G.655

Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Gama de valores nominales	8-11 μm
	Tolerancia	$\pm 0,7 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,8 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	2,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1450 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,50 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática Gama de longitudes de onda: 1530-1565 nm	$\lambda_{\text{mín}}$ y $\lambda_{\text{máx}}$	1530 nm y 1565 nm
	Valor mínimo de $D_{\text{mín}}$	1,0 ps/nm·km
	Valor máximo de $D_{\text{máx}}$	10,0 ps/nm·km
	Signo	Positivo o negativo
	$D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}}$	$\leq 5,0$ ps/nm·km
Coeficiente de dispersión cromática Gama de longitudes de onda: 1565-1625 nm	$\lambda_{\text{mín}}$ y $\lambda_{\text{máx}}$	Debe determinarse
	Valor mínimo de $D_{\text{mín}}$	Debe determinarse
	Valor máximo de $D_{\text{máx}}$	Debe determinarse
	Signo	Positivo o negativo
Coeficiente de dispersión cromática (ps/nm·km)	$D_{\text{mín}}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{7,00}{90}(\lambda - 1460) - 4,20$
	$D_{\text{mín}}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{2,97}{75}(\lambda - 1550) + 2,80$

	Dmáx(λ): 1460-1550 nm	$\frac{2.91}{90}(\lambda - 1460) - 3.29$
	Dmáx(λ): 1550-1625 nm	$\frac{5.06}{75}(\lambda - 1550) + 6.20$
Coeficiente de dispersión cromática (ps/nm·km)	Dmín (λ): 1460-1550 nm	$\frac{5.42}{90}(\lambda - 1460) - 0.64$
	Dmín (λ): 1550-1625 nm	$\frac{3.30}{75}(\lambda - 1550) + 6.06$
	Dmáx(λ): 1460-1550 nm	$\frac{4.65}{90}(\lambda - 1460) + 4.66$
	Dmáx(λ): 1550-1625 nm	$\frac{4.12}{75}(\lambda - 1550) + 9.31$
Coeficiente de PMD de fibra no cableada	Máximo	(Véase la nota 1)
Atributos de cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0,4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PMDQ máximo	0,20 ps/√km
NOTA 1 - Con arreglo a 6.2, se especifica un valor máximo de PMDQ para fibra no cableada con objeto de soportar los requisitos primarios de PMDQ del cable. NOTA 2 - El fabricante y el usuario podrán acordar valores de PMDQ superiores (por ejemplo ≤ 0,5 ps/√km) para aplicaciones específicas.		

Fuente: ITU-T G.655

3.4.1.6. PÉRDIDA POR MACROFLEXIONES

La pérdida por macroflexiones varía con la longitud de onda, el radio de curvatura y el número de vueltas en el mandril con un radio especificado. Las pérdidas por macroflexión no deben exceder el valor máximo de la Tabla III.I., para las longitudes de onda, el radio de curvatura y el número de vueltas especificados.

Se sugiere elegir para la implementación un número de vueltas menor al recomendado, nunca se empleen menos de 40 vueltas, siendo entonces el incremento de la pérdida proporcionalmente menor, para evitar fallos por fatiga estática.

3.4.1.7. PROPIEDADES MATERIALES DE LA FIBRA

3.4.1.7.1. MATERIALES DE LA FIBRA

Deben indicarse las sustancias que entran en la composición de las fibras, debiendo procederse con cuidado al empalmar por fusión fibras de diferentes sustancias.

3.4.1.7.2. MATERIALES PROTECTORES

Deben indicarse las propiedades físicas y químicas del material utilizado del recubrimiento primario de la fibra.

3.4.1.7.3. NIVEL DE PRUEBA DE RESISTENCIA MECÁNICA

El nivel de prueba de resistencia mecánica especificada, σ_p , no será inferior al valor mínimo especificado en la Tabla III.I.

3.4.1.8. PERFIL DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Generalmente no es necesario conocer el perfil del índice de refracción de la fibra.

3.4.1.9. UNIFORMIDAD LONGITUDINAL DE LA DISPERSIÓN CROMÁTICA

En estudio. Para una longitud de onda específica, el valor absoluto local del coeficiente de dispersión puede variar respecto al valor medido en una sección de gran longitud

3.4.1.10. COEFICIENTE DE DISPERSIÓN CROMÁTICA

El coeficiente de dispersión cromática D , se especifica para una gama de longitudes de onda. Existen dos métodos para especificar los límites: el original, que es una especificación de tipo caja, y el nuevo, en el que los valores del coeficiente de dispersión están limitados por un par de curvas. Los valores se encuentran en la Tabla III.I.

3.4.1.10.1. FORMA DE ESPECIFICACIÓN ORIGINAL

Esta forma de especificación es aplicable al cuadro C del Anexo 5.

El coeficiente de dispersión cromática, D , se especifica para una gama de longitudes de onda estableciendo un rango de valores absolutos permitidos para el mismo. El coeficiente de dispersión cromática no deberá cruzar el valor cero para la gama de longitudes de onda especificada.

Los valores de $D_{\text{mín}}$, $D_{\text{máx}}$, $\lambda_{\text{mín}}$, $\lambda_{\text{máx}}$ y el signo deben estar comprendidos en las gamas especificadas en la Tabla III.I.

3.4.1.10.2. ESPECIFICACIÓN BASADA EN UN PAR DE CURVAS LIMITANTES

Esta especificación se aplica a la Tabla III.I.

Para cada longitud de onda, λ , el coeficiente de dispersión cromática, $D(\lambda)$, se restringirá a una gama de valores asociados a dos curvas límites, $D_{\text{mín}}(\lambda)$ y $D_{\text{máx}}(\lambda)$, para una o varias gamas de longitud de onda especificadas en función de $\lambda_{\text{mín}}$ y $\lambda_{\text{máx}}$.

3.4.2. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE

Dado que las características geométricas y ópticas de las fibras en estudio se ven muy poco afectadas por el proceso de cableado, en esta cláusula se presentan recomendaciones principalmente relativas a las características de transmisión de los largos de fabricación cableados(5).

3.4.2.1. COEFICIENTE DE ATENUACIÓN

El coeficiente de atenuación se especifica con un valor máximo para una o más longitudes de onda en la región de 1550 nm. Los valores del coeficiente de atenuación de los cables de fibra óptica no deben exceder los valores especificados en la Tabla III.I.

3.4.2.2. COEFICIENTE DE DISPERSIÓN POR MODO DE POLARIZACIÓN (PMD)

Cuando sea necesario, la dispersión por modo de polarización de la fibra cableada se especifica estadísticamente, y no de forma individual. Los requisitos se refieren sólo al aspecto del enlace calculado a partir de la información del cable.

El fabricante debe proporcionar un valor de PMD de diseño del enlace, PMD_Q , que constituya el límite estadístico superior del coeficiente de PMD de los cables de fibra óptica concatenados en un posible enlace de M secciones de cable. El límite superior se define con respecto a un bajo nivel de probabilidad, Q , que es la probabilidad de que un valor del coeficiente de PMD concatenado sea mayor que PMD_Q . Para los valores de M y de Q especificados en la Tabla III.I, el valor de PMD_Q no debe superar el coeficiente máximo de PMD especificado en la Tabla III.I.

Cuando se especifica la distribución del coeficiente de PMD para cables de fibra óptica, pueden determinarse límites equivalentes para la variación del DGD (retado diferencial de grupo). En el apéndice I figuran la métrica y los valores de los límites de la distribución del DGD de enlace.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA

4.1. ALTERNATIVAS DE ENLACES

El diseño de un enlace de fibra óptica y su posterior implementación es el resultado de un análisis de alternativas de transmisión de información (voz, datos, video, etc.) entre estaciones o localidades definidas.

La decisión a tomar entre alternativas tales como **fibra óptica, radioenlace o cobre**, depende de varios factores, entre los cuales se debe considerar los siguientes:

- Volumen de tráfico que se cursará por el enlace.
- Ubicación Geográfica de las localidades a enlazar.
- Distancia e infraestructura vial existente entre las localidades.
- Costo de implementación de las alternativas.
- Disponibilidad de los recursos y permisos.

4.2. METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Entre las metodologías existentes aplicadas a nivel mundial en la implementación de enlaces de fibra óptica, las aplicadas son:

- Canalizada (Urbana e Interurbana)
- Directamente Enterrada
- Aérea

4.3. FIBRA ÓPTICA PARA ENLACES

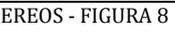
Fibra óptica **monomodo** que se utiliza en la red corresponde a dos tipos:

- Concerniente a los parámetros de las fibras para las necesidades específicas de las **redes de acceso**, éstos deben cumplir con las especificaciones de la Recomendación G.652D de la UIT-T.
- Con respecto a los parámetros de las fibras ópticas monomodo para largas distancias o **enlaces troncales**, deben ser conformes con la Recomendación **UIT-T G.655(14)**.

4.3.1. TIPOS DE CABLE PARA ENLACES DE FIBRA ÓPTICA

Cuando se diseña un proyecto con fibra óptica se debe considerar el cable apropiado para la aplicación de acuerdo con el siguiente cuadro:

Tabla IV.I. Cables de FO para enlaces

NOMBRE/IMAGEN	DESCRPCION	APLICACIÓN	CAPACIDAD
 LOOSE TUBE	Las fibras se encuentran dentro de un buffer (tubo de plástico), de manera holgada. Los buffers se encuentran alrededor de un elemento central	Redes acometidas canalizadas. Aéreas con sujeción y directamente enterrada	Manejan altas capacidades de cables (6 a 96 hilos)
 CENTRAL LOOSE TUBE	Contienen un solo buffer central	Recomendados para redes acometidas canalizadas	Manejan bajas capacidades de cables hasta 12 hilos.
 AEREOS-ADSS	Puede ser tipo loose tube o central loose tube. No tiene partes metálicas.	Se utiliza para tendido aéreo.	Manejan altas capacidades de cables (6 a 96 hilos)
 AEREOS - FIGURA 8	Su nombre se debe a su forma física. Consta de un mensajero de acero	Se utiliza para tendido aéreo.	Manejan altas capacidades de

	pegado al cable. (cubierto por la misma chaqueta)		cables (6 a 96 hilos)
CABLE PLANO 	Es de forma ovalada-plana, fácil manipuleo, liviano. Suele ser tipo central loose tube.	Se utiliza en acometidas.	Baja capacidad de cables hasta 24 fibras
PATCHCORDS 	Se constituye por un hilo de fibra con una chaqueta de 2 mm y dos conectores en los extremos.	Los patchcords conectan al ODF con el equipo activo.	2 fibras
PIGTAILS 	Es un hilo de fibra con una cubierta de 900 um, sus longitudes son variables y pueden tener cualquier tipo de adaptador	Se fusiona con un hilo del cable de fibra óptica y se conectan a un adaptador del ODF, tienen conector solo en uno de sus extremos.	1 fibra

Fuente: <http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

4.3.1.1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA

Tabla IV.II. Aspectos Generales de cables para la red de acceso y la red troncal

TIPO DE RED	TIPO DE FIBRA	CABLE DE FIBRA PARA TENDIDO			NÚMERO DE FIBRAS EN EL CABLE
		AÉREO	CANALIZADO	DIRECTAMENTE ENTERRADO	
Red de Acceso	UIT-T 6.652	Figura 8 vano máximo de 80 m ó ADSS construcción para vanos mayores de 200 m	Loose Tube, central loose tube con o sin armadura o cable plano	Loose Tube, central loose tube ambos con armadura y cable plano	Cables de 48 fibras para el área de alimentación(Backbone), 12 a 24 fibras para el área de distribución y cables de 6 para llegar al cliente
Red Troncal	UIT-T G.655	ADSS construcción para vanos mayores de 200 m	Loose Tube con armadura	Loose Tube con armadura	Cables de 48 a 96 fibras

Fuente: <http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

4.4. CRITERIOS DE DISEÑO

4.4.1. CANALIZADA INTERURBANA

Se utiliza esta metodología generalmente para enlaces interurbanos entre ciudades.

Los cables para aplicaciones canalizadas se caracterizan por tener una armadura metálica para protección contra roedores y resistencia mecánica. Pueden ser de tipo Loose tube o central loose tube(16).

Incluso el cable aéreo ADSS (All Dielectric Self-supported) teniendo tramos con todas las protecciones como triductos y tapones adecuados para fibra para que la protección de polietileno sea complementada.

4.4.2. AÉREO

Se utiliza esta metodología para enlaces Metropolitanos en áreas rurales y también urbanas, rutas rurales en las cuales se disponga de postiería.

Para aplicaciones aéreas se cuenta con cables de tipo Figura 8 y ADSS (All Dielectric Self-supported) no tiene mensajero.

4.4.3. MIXTO

Se definen metodologías mixtas combinando las mencionadas anteriormente

4.5. TENDIDO DE CABLE

4.5.1. ASPECTOS GENERALES

- Distancia media de la central al abonado: 300-5000 mts.
- Distancia máxima de la central al abonado: 2-30 km.
- Tipo de instalación: principalmente en conductos.

4.5.2. TENDIDO CANALIZADO

El uso de los ductos se optimiza, instalando subconductos de menor diámetro (40mm) en número de hasta 3 (triducto)(16).

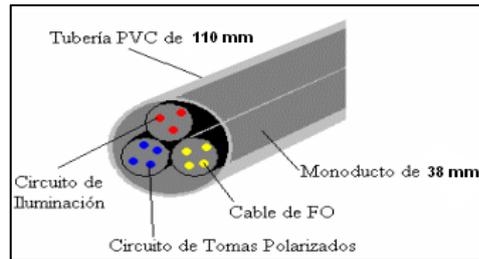


Fig. IV.1. Descripción de un Triducto

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

4.5.2.1. MATERIALES

Se emplea manguera corrugada para recubrir el cable de fibra óptica en pozos (excepto en los que se ubique reserva o empalme), trayectos en túneles y/o cárcamos hasta el rack del ODF(16).

Se considera 3 metros de manguera corrugada por pozo más la longitud de acceso en el túnel y/o cárcamo hasta el rack del ODF(16).



Fig. IV.2. Manguera Corrugada

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

4.5.2.1.1. IDENTIFICADOR DEL ENLACE:

Se consideran un identificador por pozo más 1 identificador cada 3 metros en acceso a túnel y/o cárcamo hasta el rack del ODF.

4.5.2.1.2. TAPONES DE ANCLAJE Y SELLADO

Existen 3 tipos de tapones:

Tabla IV.III. Tipos de tapones para anclaje y sellado de un ducto

CIEGOS	ABIERTOS O SIMPLEX	N-FURCADOS
Son aquellos que se usan para bloquear el ducto que queda libre en un triducto o biducto	Son aquellos que ajusta la fibra al ducto	Son aquellos que fijan los ductos a la tubería
		

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

Se emplea un tapón N-furcado por cada tubería PVC que contiene al triducto, un tapón ciego por cada ducto que no se utiliza y 1 tapón guía o abierto está definida por el número de extremos de subductos con cable instalado(16).

En caso de no contar con tapones, se puede usar provisionalmente espuma expansiva.

4.5.2.2. TENDIDO PARA CANALIZACIÓN INTERURBANA

Este tipo de infraestructura considera tramos continuos de triducto en longitudes determinadas, enlazados mediante cámaras premoldeadas de hormigón instaladas a 0,5m bajo el nivel natural del terreno.

Tabla IV.IV. Especificaciones para el tendido de fibra óptica en canalización interurbana

PROFUNDIDAD A LA QUE SE DEBE ENTERRAR EL TRIDUCTO	CÁMARAS PREMOLDEADAS DE HORMIGÓN INSTALADAS	TRAMOS DE TRIDUCTO ENTRE CÁMARAS PREMOLDEADAS
(0.8 – 1.20)m	0.5m bajo el nivel natural del terreno	500m

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

La identificación de las cámaras se realiza mediante un señalador de hormigón denominado monolito, el cual debe instalarse en las cercanías de la cámara que identifica, debe contener los

datos de numeración de cámara, coordenadas de ubicación y progresiva del cable desde la central de inicio del enlace.

4.5.3. TENDIDO AÉREO



Fig. IV.3. Detalle del Tendido Aéreo

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

Tabla IV.V. Distancias entre Cables y Postes

POSTERÍA DE HORMIGÓN (ALTURA)	TIPO DE CABLE A UTILIZAR	LONGITUD MÁXIMA ENTRE POSTES	REQUIERE LAZO DE EXPANSIÓN
(9 -10)m	Fig. 8	25 - 80 m	No
(9- 10)m	ADSS	50 – 200 m	Sí

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

4.5.3.1. POSTE PROYECTADO

Se determina la instalación de postes aplicando el mismo criterio aplicado para proyección de postería para redes de cobre considerando que, dependiendo de las facilidades de la ruta, se puede determinar longitudes de poste a poste de hasta 200 metros para cable ADSS que soporte esa longitud de vano(16).

Para enlaces de fibra óptica la postería nueva se proyecta de hormigón.

4.5.3.2. RETENIDAS

Se aplica el mismo criterio utilizado para redes aéreas de cobre.

4.5.3.3. SUBIDA A POSTE

Se aplica el mismo criterio utilizado para redes de cobre.

Adicionalmente se incluye un tubo galvanizado de 3 metros de longitud de 2 pulgadas de diámetro para brindar protección adicional ante potenciales cortes ocasionados en el trayecto bajo de la subida del cable en los postes.

4.5.3.4. HERRAJES

Son accesorios de acero galvanizado cuya principal función es sujetar el cable al poste.

4.5.3.4.1. HERRAJES PARA CABLE AUTOSOPORTADO FIGURA 8

Para cable de fibra Óptica Figura 8, se utiliza los mismos tipos de herrajes (Tipo A o terminal y tipo B o de paso), y el mismo criterio que se usa para el tendido de cables de cobre; En la instalación regularmente se utiliza en conjunto con collarines o con cinta acerada.

4.5.3.4.1.1. HERRAJE TERMINAL (TIPO A)



Fig. IV.4. Herraje Terminal

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

Son aquellos usados en:

- El inicio y fin de trayecto aéreo (bajantes).

- Después de 2 herrajes de paso consecutivos en trayectos en línea recta.
- Extremos de cruces de quebradas o ríos.

Cuando existe un cambio de dirección muy pronunciado (generalmente mayor a 8 grados)

4.5.3.4.1.2. HERRAJE DE PASO (TIPO B)



Fig. IV.5. Herraje de Paso

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

Son aquellos usados cuando únicamente se requiere sujetar el cable al poste, en tramos cortos o en tramos rectos

4.5.3.4.2. HERRAJES PARA CABLE ADSS

Para el cable ADSS, se utiliza otros tipos de herrajes tanto terminales como de paso y dispositivos adicionales para evitar oscilaciones del cable.

4.5.3.4.2.1. PREFORMADOS DE RETENCIÓN O TERMINALES

Los herrajes terminales permiten sujetar el cable de manera envolvente sobre su chaqueta haciendo curvaturas suaves a través de una mayor separación desde el poste, utilizando:

- El herraje tipo A básico (1 herraje).
- Brazos extensores (2 brazos).

- Preformados (2 preformados) a cada lado del cable para sujeción todo esto compone el kit del herraje.
- Se los instala cuando hay cambios de dirección y en los extremos del tendido (al inicio y final) y en vanos mayores a 100 metros.



Fig. IV.6. Retenciones o Amarres para Cable de Fibra Óptica ADSS
Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

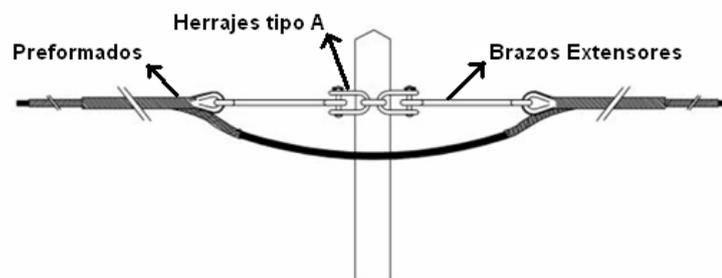


Fig. IV.7. Preformados de Retención o Terminales
Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

4.5.3.4.2.2. HERRAJES DE PASO O SUSPENSION

Consiste en cajas de aluminio con un núcleo blando de caucho que permite la sujeción suave del cable

Los herrajes de paso permiten apoyar al cable en tramos que no producen ángulo en el punto de apoyo, además se debe colocar 1 por poste en tramos rectos.



Fig. IV.8. Herrajes de Paso o Suspensión

Fuente: <http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

4.6. EMPALMES

4.6.1. PÉRDIDAS MÁXIMAS EN LOS EMPALMES

Para los empalmes por fusión, se tienen atenuaciones de 0.05 a 0.1 dB por empalme sin embargo con los equipos actuales este valor tiende a cero(4).

El número de empalmes recomendables en un enlace tanto para canalizado, aéreo depende de la atenuación permitida para que funcione el enlace(15).

4.6.2. TIPOS DE EMPALMES

4.6.2.1. EMPALMES CANALIZADOS (UIT-T. L35)

- Se debe proyectar un empalme cada 4000m en cable canalizado.
- Longitud máxima de cable entre empalmes: 400-6000 m máx.
- Los empalmes se realizan también dependiendo de la longitud de la bobina, en el mercado existen de 3 a 7 Km máximo para cable ADSS, LOSE TUBE y para cable Fig. 8 bobinas de 5 Km, Estos valores son los que frecuentemente utiliza CNT(16).

4.6.2.2. EMPALMES AÉREOS

- Se debe realizar empalmes en las subidas a poste, cuando se requiere de cambio de tipo de cable de canalizado a aéreo, esto ocurre cuando la distancia de tendido aéreo es muy representativa con relación a la dimensión del tendido canalizado, para fines prácticos se debe empalmar si el tendido aéreo es mayor o igual a 2000m.
- Se deben realizar un empalme cada 2500 a 5000 metros en cable aéreo debido a los rendimientos estándar del tendido diario y la longitud de la bobina.

4.6.3. MANGAS DE EMPALMES

Existen varios tipos de mangas para realizar los empalmes con las cuales se puede varias derivaciones, esto depende de los requerimientos que requiere el comprador, puede ser de:

- Derivaciones (mínimo)
- Derivaciones
- 6 Derivaciones



Fig. IV.9. Manguera para Empalme de Fibra Óptica
Fuente: <http://www.slideshare.net/Viktor365/normas-fibraoptica>

4.7. RESERVA DE CABLE

En el pozo donde se encuentren las puntas de los cables instalados se deba considerar las reservas de cable suficientes para la ejecución del empalme de fibra óptica en la parte exterior. Una vez ejecutado el empalme, junto con las reservas del cable, es fijado en la loza del pozo.

Se debe dejar suficiente holgura en un cable instalado para poder realizar empalmes e incluso reparaciones. Estas reservas de cable se las ubica en un pozo que se encuentre antes de un cruce de calle, y también dichas reservas puede ubicarlas en pozos cercanos donde empieza una subida a poste.

Tabla IV.VI. Tipos de Tendidos y Reservas

TIPO DE TENDIDO	RESERVA	LONGITUD(m)
Canalizado y aéreo	En cada extremo o extensión	30 m
Canalizado	Por cada empalme en pozos (15 metros en cada lado del empalme)	30 m
Canalizado	Del acceso en el túnel hasta el rack del ODF en cada estación	5% de la longitud total del enlace
Canalizado	De tramos poste a poste	5% de la longitud total del enlace
Aéreo	De tramos poste a poste	10% de la longitud total del enlace
Aéreo	Longitud sobrante de cable en los puntos de empalme	0.8 - 10 m

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

4.8. RESERVA DE FIBRA

En lo que se refiere a los cables aéreos de 12, 24, 48 y 96 fibras, en todos los diseños que se realizan con fibra se está empleando los cables aéreos ADSS G.652D (VANOS 120m). Adicionalmente considerar 30 mts o 50 mts más por cada reserva, cruce, empalme.

Las reservas de hilos de fibra se las deja en el interior de la mangas de empalmes. Estas reservas de fibra servirán para atender a clientes futuros.

4.9. DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA ODF

Permite habilitar los hilos de fibra óptica del cable instalado a fin de conectorizarlos y conectarlos físicamente hacia las interfaces de los equipos de transmisión. Se proyecta un ODF por central o distribuidor.



Fig. IV.10. ODF para RACK

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>



Fig. IV.11. ODF Mural

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/11/UPS-CT002151.pdf>

CAPÍTULO V

DISEÑO DE LOS ENLACES ÓPTICOS PARA CERRAR EL ANILLO MATRIZ

5.1. RUTAS

El trayecto escogido para realizar el enlace Bucay - Pallatanga se lo realizó a lo largo de la carretera entre estas dos poblaciones, tomando en cuenta la existencia de infraestructura ya instalada por la CNT y la facilidad que brinda la vía para la instalación del enlace⁴.

La misma consideración se toma en cuenta para el Enlace Pallatanga.

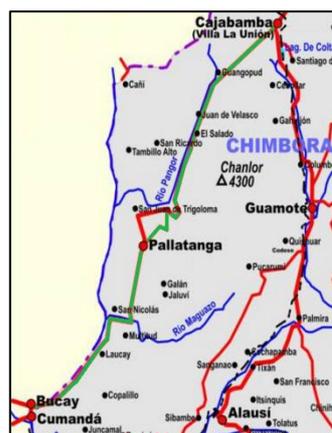


Fig. V.1. Ruta Bucay- Pallatanga-Cajabamba
Fuente: Autores

⁴Datos CNT

El proyecto del anillo óptico de Chimborazo tiene la siguiente proyección:



Fig. V.2. Enlaces de Fibra Óptica Instalados y Proyectados
Fuente: Autores

Las líneas color verde representan los enlaces ya instalados por la CNT, los de línea celeste pertenece a la ruta a diseñar por parte de los técnicos de la empresa y los de color fucsia la asignada al presente estudio de investigación y diseño.

Partiendo de este punto se necesita proveer de mejores servicios de telefonía fija e Internet a las poblaciones de Bucay Pallatanga y Cajabamba. A pesar que Cumandá cuenta con un enlace de fibra óptica, el nodo de conexión con la Central Rio1 que es Pallatanga tiene un enlace vía microonda STM-1 de 155.52 Mbps, y cubre las demandas de forma eficiente, ya que la demanda de tráfico en Cumandá, Bucay y Pallatanga exige una pico de tráfico de 40 Mbps en UpLink y DownLink⁵.

Se elimina el este párrafo intermedio

El trayecto del diseño utilizará una metodología mixta, como se explica en el capítulo 4, ya que en la carretera hay postes existentes y en las poblaciones a interconectar se encuentran construidas

⁵ Datos CNT Departamento de Transmisiones

cámaras telefónicas (pozos), lo que nos facilita la instalación, evita costos de implementación de canalización, facilita los métodos de revisión y mantenimiento(16).

El trayecto desde Bucay hasta Pallatanga tiene una distancia de 42,08 Km, mientras que el de Pallatanga a Cajabamba es de 73 Km, por lo que con estos datos se puede determinar que el estándar de fibra óptica monomodo G.655 recomendado por la CNT efectivamente es el adecuado para este tipo de proyectos por las siguientes razones (14):

Tabla V.I. Tipos de Tendidos y Reservas

LONGITUD DE ONDA	TIPO DE FIBRA	DISTANCIA MÁXIMA
850 nm	100/140 μm 80/125 μm 62.5/125 μm 50/125 μm	
1330 nm	50/125 μm 9/125 μm	
1550 nm	9/125 μm	

Fuente: http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_1.htm

Un enlace STM-4 óptico trabaja en la tercera ventana de 1550nm, mientras que la distancia máxima de cobertura del enlace es de más de 100 Km(13).

La ventana de operación más adecuada para nuestro el diseño de los enlaces es de 1550 nm (3 era ventana) debido a que se tiene más baja atenuación en comparación a las otras ventanas ópticas como se puede observar en la Figura V.3. y V.4(14).

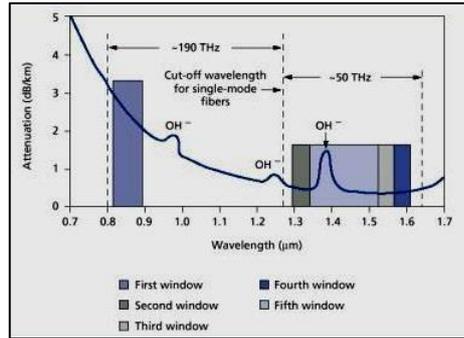


Fig. V.3. Atenuación Vs Longitud de Onda en la Ventana de Operación de 1550 nm
Fuente: <http://200.27.147.163/planta/menu/fibra.htm>

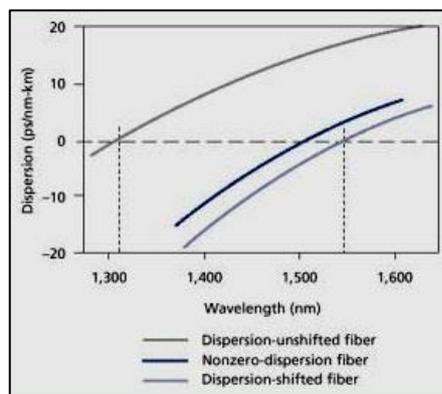


Fig. V.4. Dispersión Vs Longitud de Onda en la Ventana de Operación de 1550 nm
Fuente: <http://200.27.147.163/planta/menu/fibra.htm>

La fibra óptica que cumple con la recomendación G.655 presenta dispersión cercana a cero en la ventana de 1550 nm, lo cual es primordial para transmitir a grandes distancias y altas velocidades, y además esto implica el ahorro en gastos adicionales debido a que no se necesita de compensadores de dispersión. Con este tipo de fibra si es posible implementar sistemas DWDM, si en un futuro se requiera migrar a esta tecnología, lo cual no es posible con las recomendaciones G.652 y G.653(14).

Haciendo una comparación entre los principales fabricantes que son Furukawa, Corning y Alcatel, todas tienen los mismos parámetros técnicos de rendimiento.

Se decidió utilizar la fibra Alcatel por el convenio tecnológico que tiene con la CNT.

En resumen, para este proyecto se utilizara el cable de fibra óptica monomodo de 48 hilos para vanos máximos de 200 m, auto soportado y totalmente dieléctrico ADSS. En el Anexo 7 se presentan las especificaciones técnicas de la fibra óptica del fabricante Alcatel.

De los 48 hilos que contiene el cable de fibra se utilizaran dos, uno para transmisión y otro para recepción, además se dejara 2 hilos para reserva del sistema por lo que los hilos sobrantes se alquilaran a empresas que los requieran.

Se utilizará el cable para tendido aéreo ADSS, sustentados en las características revisadas el Capítulo 4.

Este tipo de cable son fácilmente instalables en postes de madera o de hormigón, fijando el soporte metálico directamente al poste. Es un diseño barato que además presenta la ventaja del bajo costo de los accesorios de instalación.

5.2. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

La proyección de la demanda se lo realizará para diez años, debido a las recomendaciones de la CNT para los estudios técnicos de telefonía.

Se utiliza los datos históricos de la Empresa para poder proyectar la demanda futura de los servicios a implementar. En la actualidad la empresa oferta para estas poblaciones los servicios de Telefonía Fija y de Internet vía cable, ya que el servicio de televisión es Satelital DTH (Direct to Home).

5.2.1. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE TELEFONÍA

Para proyectar la demanda se considerará los datos históricos obtenidos de los abonados de la CNT en cada uno de las Centrales a analizar, pertenecientes a los años 2010, 2011, 2012.

Tabla V.II. Cantidad total de abonados de telefonía fija desde el 2012 al presente

CENTRAL	2010	2011	2012	2013
BUCA Y	1295	1309	1312	1305
PALLATANGA	857	825	811	787
CAJABAMBA	973	664	651	635

Fuente: CNT

5.2.1.1. ÍNDICES DE CRECIMIENTO DE ABONADOS DE TELEFONÍA FIJA

Como dato inicial se requiere la proyección para el año 2014, para lo cual se necesita la fórmula del índice de crecimiento.

$$C_n = C_o(1 + i)^{n-1}$$

Dónde:

C_n es el último dato recolectado

C_o es el dato inicial

i es el índice de crecimiento

n es el número de años analizados

Para cada población se realiza un cálculo independiente ya que la demanda de las tres poblaciones es diferente

Bucay:

$$1305 = 1309(1 + i)^{3-1}$$

$$\therefore i = -0.001529$$

Pallatanga:

$$787 = 825(1 + i)^{3-1}$$

$$\therefore i = -0.0233$$

Cajabamba:

$$635 = 664(1 + i)^{3-1}$$

$$\therefore i = -0.0021$$

5.2.1.2. DEMANDA FUTURA DE ABONADOS DE TELEFONÍA FIJA

Para determinar las proyecciones para el año 2014 se usa la siguiente fórmula:

$$M = C_o(1 + i)^n$$

Dónde:

M es la demanda futura

C_o es el último dato obtenido

i es el índice de crecimiento

n es el número de años a proyectar

Bucay:

$$M_{2014} = 1305(1 - 0.001529)^1$$

$$\therefore M_{2014} = 1303$$

Pallatanga:

$$M_{2014} = 787(1 - 0.0233)^1$$

$$\therefore M_{2014} = 768$$

Cajabamba:

$$M_{2014} = 535(1 - 0.1024)^1$$

$$\therefore M_{2014} = 621$$

Para determinar la curva de crecimiento de la demanda se utilizará el método de Gompertz, ya que es un método no lineal, pero lo más determinante dentro de sus características es el permitir establecer límites en cuanto a la demanda futura.

Es primordial utilizar un método que permita delimitar los parámetros a analizar, ya que la demanda futura se limita a la capacidad instalada en cada central en análisis.

La capacidad instalada en cada central es la siguiente:

Tabla V.III. Capacidad actual de las Centrales telefónicas

CENTRAL	CAPACIDAD
BUCAJ	1400
PALLATANGA	1088
CAJABAMBA	1308

Fuente: CNT

El método de Gompertz se describe con la siguiente fórmula:

$$P_T = e^{a-b \cdot c^T}$$

Dónde:

P_T : es la proyección al año T.

T: es el tiempo en años.

a, b y c: son los parámetros de la función.

Bucay:

Considerando:

$P_0 = 1305$ para el año 2013 ($T = 0$)

$P_1 = 1303$ para el año 2014 ($T = 1$)

$P = 1400$ para la saturación de la red ($T = \infty$)

Para $T=0$

$$P_0 = e^{a-b*c^0}$$

$$1305 = e^{a-b*c^0}$$

$$1305 = e^{a-b}$$

$$a - b = \ln(1305)$$

Para $T=1$

$$P_1 = e^{a-b*c^1}$$

$$1303 = e^{a-b*c^1}$$

$$1303 = e^{a-b*c}$$

Para $T=\infty$

$$P_\infty = e^{a-b*c^\infty}$$

$$1400 = e^{a-b*c^\infty}$$

$$1400 = e^a$$

$$a = \ln(1400)$$

$$a = 7.2442$$

Reemplazando en $T=0$

$$7.2442 - b = \ln(1305)$$

$$\therefore b = 0.0702$$

Reemplazando en $T=1$

$$1106 = e^{7.244 - 0.0702*c}$$

$$7.2442 - 0.0702 * c = \ln(1303)$$

$$\therefore c = 1.0224$$

La ecuación se expresa finalmente de esta manera:

$$P_T = e^{7.244 - 0.0702 * 1.0224^T}$$

La proyección para los siguientes años se describe a continuación:

Tabla V.IV. Proyección de Abonados de telefonía Fija en Bucay en los próximos diez años

AÑO	ABONADOS
2014	1303
2015	1301
2016	1299
2017	1297
2018	1294
2019	1292
2020	1290
2021	1287
2022	1285
2023	1283

Fuente: Autores

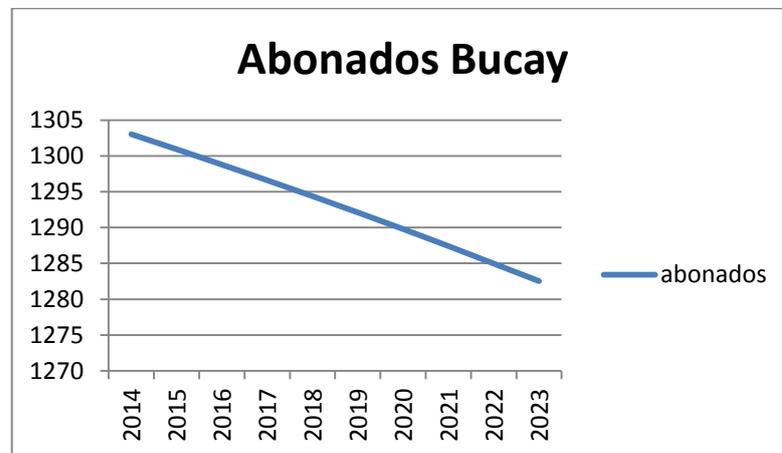


Fig. V.5. Proyección de Abonados de telefonía Fija en Bucay en los próximos diez años

Fuente: Autores

Pallatanga:

Considerando:

$P_0 = 787$ para el año 2013 ($T = 0$)

$$P_1 = 768 \text{ para el año 2014 (T = 1)}$$

$$P = 1088 \text{ para la saturación de la red (T = } \infty \text{)}$$

Para T=0

$$P_0 = e^{a-b*c^0}$$

$$1305 = e^{a-b*c^0}$$

$$1305 = e^{a-b}$$

$$a - b = \ln(787)$$

Para T=1

$$P_1 = e^{a-b*c^1}$$

$$1303 = e^{a-b*c^1}$$

$$768 = e^{a-b*c}$$

Para T= ∞

$$P_\infty = e^{a-b*c^\infty}$$

$$1088 = e^{a-b*c^\infty}$$

$$1088 = e^a$$

$$a = \ln(1088)$$

$$a = 6.9920$$

Reemplazando en T=0

$$6.9920 - b = \ln(787)$$

$$\therefore b = 0.3238$$

Reemplazando en T=1

$$768 = e^{6.9920-0.3238*c}$$

$$6.9920 - 0.3238 * c = \ln(768)$$

∴ c = 1.075

La ecuación se expresa finalmente de esta manera:

$$P_T = e^{6.9920 - 0.3238 * 1.075^T}$$

La proyección para los siguientes años se describe a continuación:

Tabla V.V. Proyección de Abonados de telefonía Fija en Pallatanga en los próximos diez años

AÑO	ABONADOS
2014	768
2015	748
2016	728
2017	706
2018	683
2019	660
2020	636
2021	610
2022	585
2023	558

Fuente: Autores

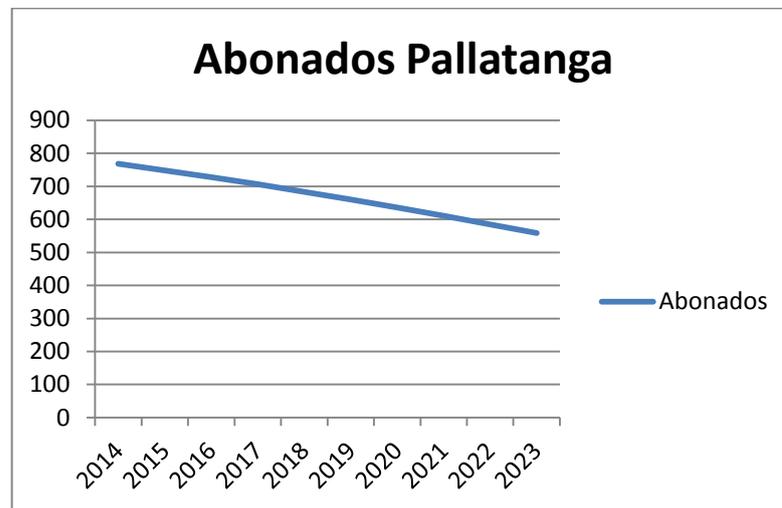


Fig. V.6. Proyección de Abonados de telefonía Fija en Pallatanga en los próximos diez años

Fuente: Autores

Cajabamba:

Considerando:

$$P_0 = 635 \text{ para el año 2013 (T = 0)}$$

$$P_1 = 621 \text{ para el año 2014 (T = 1)}$$

$$P = 1308 \text{ para la saturación de la red (T = } \infty \text{)}$$

Para T=0

$$P_0 = e^{a-b*c^0}$$

$$635 = e^{a-b*c^0}$$

$$635 = e^{a-b}$$

$$a - b = \ln(635)$$

Para T=1

$$P_1 = e^{a-b*c^1}$$

$$621 = e^{a-b*c^1}$$

$$621 = e^{a-b*c}$$

Para T= ∞

$$P_{\infty} = e^{a-b*c^{\infty}}$$

$$1308 = e^{a-b*c^{\infty}}$$

$$1308 = e^a$$

$$a = \ln(1308)$$

$$a = 7.1762$$

Reemplazando en T=0

$$7.1762 - b = \ln(635)$$

$$\therefore b = 0.7226$$

Reemplazando en T=1

$$621 = e^{7.1762-0.7226*c}$$

$$7.1762 - 0.7226 * c = \ln(621)$$

$$\therefore c = 1.0308$$

La ecuación se expresa finalmente de esta manera:

$$P_T = e^{7.1762 - 0.7226 * 1.0308^T}$$

La proyección para los siguientes años se describe a continuación:

Tabla V.VI. Proyección de Abonados de Telefonía Fija en Cajabamba en los próximos diez años

AÑO	ABONADOS
2014	621
2015	607
2016	593
2017	578
2018	564
2019	550
2020	535
2021	521
2022	506
2023	492

Fuente: Autores

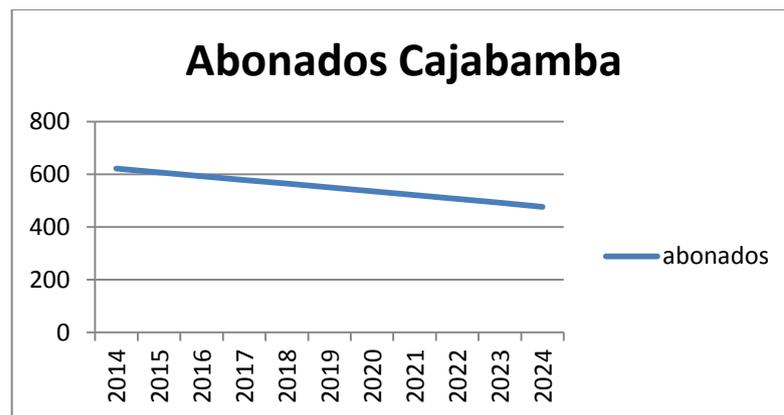


Fig. V.7. Proyección de Abonados de telefonía Fija en Cajabamba en los próximos diez años

Fuente: Autores

5.2.2. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE INTERNET

Para proyectar la demanda se considerará los datos históricos obtenidos de los abonados de la CNT en cada uno de las Centrales a analizar, pertenecientes a los años 2010, 2011, 2012.

Tabla V.VII. Cantidad total de Abonados del el 2010 al presente

CENTRAL	2010	2011	2012	2013
BUCA Y	0	2	213	285
PALLATANGA	1	46	104	139
CAJABAMBA	58	60	181	233

Fuente: CNT

Los límites a establecer depende de la proyección del número de abonados de la demanda futura, como se señaló en la proyección de los abonados de telefonía, ya que en la actualidad se suministra internet vía ADSL, para lo cual se hace la conexión con una línea telefónica⁶.

Para sacar los datos del primer año proyectado se utilizará la fórmula del índice de crecimiento, y para el resto de valores se usará el método de Gompertz.

5.2.2.1. ÍNDICES DE CRECIMIENTO ABONADOS DE INTERNET FIJO

Bucay:

$$285 = 213(1 + i)^{2-1}$$

$$\therefore i = 0.3380$$

Pallatanga:

$$139 = 104(1 + i)^{2-1}$$

$$\therefore i = 0.3365$$

Cajabamba:

⁶ Datos CNT Departamento de Transmisiones

$$233 = 181(1 + i)^{2-1}$$

$$\therefore i = 0.2873$$

5.2.2.2. DEMANDA FUTURA DE ABONADOS DE INTERNET FIJO

Procedemos a determinar la demanda del primer año de abonados de internet:

Bucay:

$$M_{2014} = 285(1 + 0.3380)^1$$

$$\therefore M_{2014} = 382$$

Pallatanga:

$$M_{2014} = 139(1 + 0.3365)^1$$

$$\therefore M_{2014} = 186$$

Cajabamba:

$$M_{2014} = 233(1 + 0.2873)^1$$

$$\therefore M_{2014} = 300$$

5.2.2.3. DEMANDA FUTURA DE ABONADOS DE INTERNET

Bucay:

Considerando:

$P_0 = 285$ para el año 2013 ($T = 0$)

$P_1 = 382$ para el año 2014 ($T = 1$)

$P = 1283$ para tendencia de abonados a futuro de internet ($T = \infty$)

Para $T=0$

$$P_0 = e^{a-b*c^0}$$

$$285 = e^{a-b*c^0}$$

$$285 = e^{a-b}$$

$$a - b = \ln(285)$$

Para T=1

$$P_1 = e^{a-b*c^1}$$

$$382 = e^{a-b*c^1}$$

$$382 = e^{a-b*c}$$

$$a - b * c = \ln(382)$$

Para T=∞

$$P_\infty = e^{a-b*c^\infty}$$

$$1283 = e^{a-b*c^\infty}$$

$$1283 = e^a$$

$$a = \ln(1283)$$

$$a = 7.1569$$

Reemplazando en T=0

$$7.1569 - b = \ln(285)$$

$$\therefore b = 1.5044$$

Reemplazando en T=1

$$382 = e^{7.1569-1.5044*c}$$

$$7.1569 - 1.5044 * c = \ln(382)$$

$$\therefore c = 0.8053$$

La ecuación se expresa finalmente de esta manera:

$$P_T = e^{7.1569 - 1.5044 * 0.8053^T}$$

La proyección para los siguientes años se describe a continuación:

Tabla V.VIII. Proyección de Abonados de Internet Fijo para Bucay en los próximos diez años

AÑO	ABONADOS
2014	382
2015	484
2016	585
2017	681
2018	771
2019	851
2020	922
2021	983
2022	1035
2023	1079

Fuente: Autores

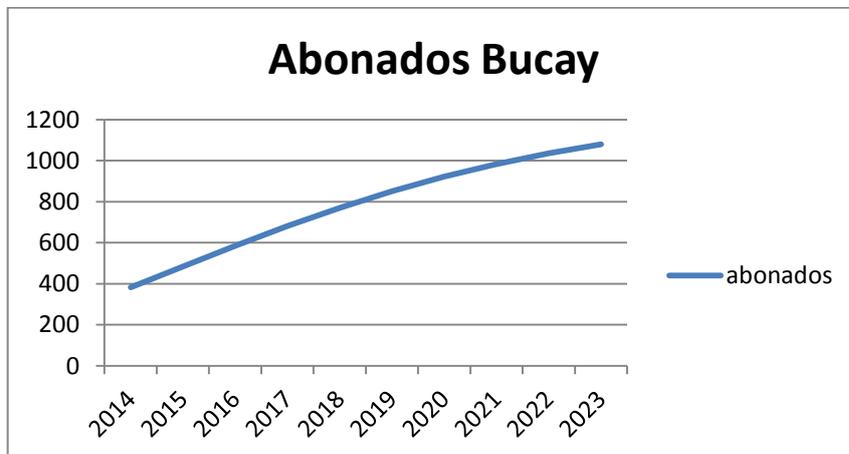


Fig. V.8. Proyección de Abonados de Internet Fijo para Bucay en los próximos diez años

Fuente: Autores

Pallatanga:

Considerando:

$P_0 = 139$ para el año 2013 ($T = 0$)

$P_1 = 186$ para el año 2014 ($T=1$)

$P = 558$ para tendencia de abonados a futuro de internet ($T = \infty$)

Para $T=0$

$$P_0 = e^{a-b*c^0}$$

$$139 = e^{a-b*c^0}$$

$$139 = e^{a-b}$$

$$a - b = \ln(139)$$

Para $T=1$

$$P_1 = e^{a-b*c^1}$$

$$186 = e^{a-b*c^1}$$

$$186 = e^{a-b*c}$$

$$a - b * c = \ln(186)$$

Para $T=\infty$

$$P_\infty = e^{a-b*c^\infty}$$

$$558 = e^{a-b*c^\infty}$$

$$558 = e^a$$

$$a = \ln(558)$$

$$a = 6.3243$$

Reemplazando en $T=0$

$$6.3243 - b = \ln(139)$$

$$\therefore b = 1.3898$$

Reemplazando en $T=1$

$$186 = e^{6.3243-1.3898*c}$$

$$6.3243 - 1.3898 * c = \ln(186)$$

$$\therefore c = 0.7904$$

La ecuación se expresa finalmente de esta manera:

$$P_T = e^{6.3243 - 1.3898 * 0.7904^T}$$

La proyección para los siguientes años se describe a continuación:

Tabla V.IX. Proyección de Abonados de Internet Fijo para Pallatanga en los próximos diez años

AÑO	ABONADOS
2014	186
2015	234
2016	281
2017	324
2018	363
2019	398
2020	427
2021	452
2022	472
2023	489

Fuente: Autores

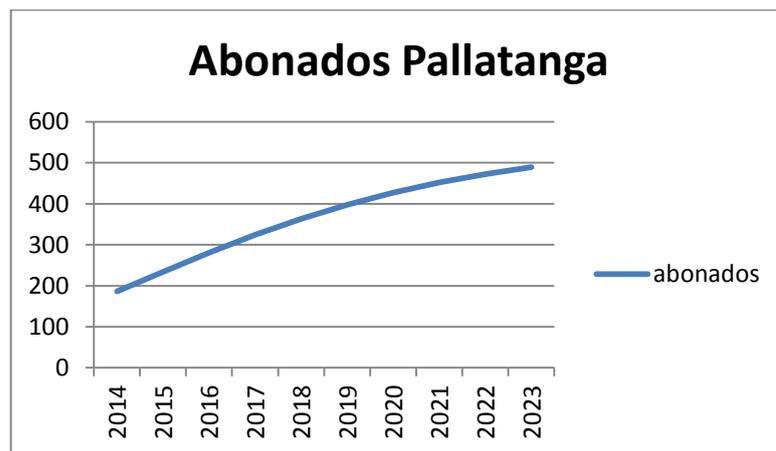


Fig. V.9. Proyección de Abonados de Internet Fijo para Pallatanga en los próximos diez años

Fuente: Autores

Cajabamba:

Considerando:

$$P_0 = 233 \text{ para el año 2013 (T = 0)}$$

$$P_1 = 300 \text{ para el año 2014 (T = 1)}$$

$$P_\infty = 492 \text{ para tendencia de abonados a futuro de internet (T = } \infty)$$

Para T=0

$$P_0 = e^{a-b*c^0}$$

$$233 = e^{a-b*c^0}$$

$$233 = e^{a-b}$$

$$a - b = \ln(233)$$

Para T=1

$$P_1 = e^{a-b*c^1}$$

$$300 = e^{a-b*c^1}$$

$$300 = e^{a-b*c}$$

$$a - b * c = \ln(300)$$

Para T= ∞

$$P_\infty = e^{a-b*c^\infty}$$

$$492 = e^{a-b*c^\infty}$$

$$492 = e^a$$

$$a = \ln(492)$$

$$a = 6.1985$$

Reemplazando en T=0

$$6.1985 - b = \ln(233)$$

$$\therefore b = 0.7475$$

Reemplazando en T=1

$$6.1985 - 0.7475 * c = \ln(300)$$

$$\therefore c = 0.6619$$

La ecuación se expresa finalmente de esta manera:

$$P_T = e^{6.1985 - 0.7475 * 0.6619^T}$$

La proyección para los siguientes años se describe a continuación:

Tabla V.X. Proyección de Abonados de Internet Fijo para Cajabamba en los próximos diez años

AÑO	ABONADOS
2014	300
2015	355
2016	396
2017	426
2018	447
2019	462
2020	472
2021	478
2022	483
2023	486

Fuente: Autores

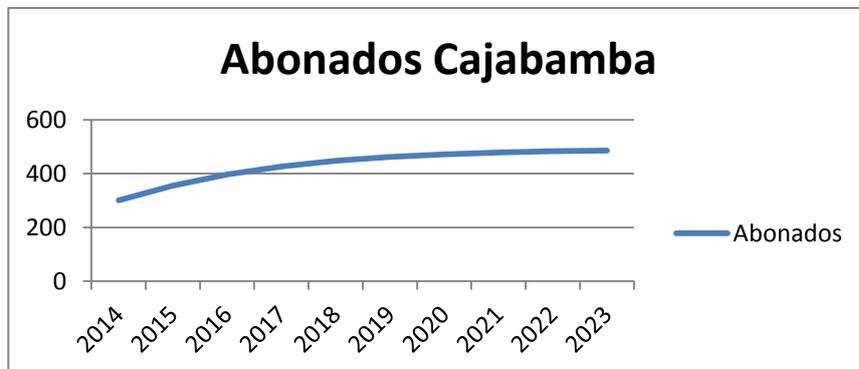


Fig. V.10. Proyección de Abonados de Internet Fijo para Cajabamba en los próximos diez años

Fuente: Autores

5.2.3. DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO

El tráfico telefónico determina el flujo de ocupaciones o llamadas simultáneas durante un período de tiempo dado. La unidad de tráfico es el ERLANG, que significa la cantidad de tiempo de ocupación por hora en un grupo de canales(17).

Para calcular el tráfico en función del tiempo promedio de ocupaciones, se usa la siguiente ecuación:

$$A = \frac{M * S}{T}$$

Dónde:

A Tráfico ofrecido a la facilidad

M Número de fuentes generadoras de tráfico

S Duración media de las llamadas

T Período de observación

Para este análisis de tráfico se tomará como base el tráfico promedio que genera un abonado típico de zonas rurales y la demanda que existe en rurales⁷.

T = 60 minutos

S = 4 minutos

M = 1 abonado

$$A = \frac{1 * 4}{60}$$

⁷ Datos CNT

$$A = 0.0666 \text{ Erl/abonado}$$

Lo que indica que la ocupación media por abonado es de 0.07 Erlangs

La CNT recomienda que el diseño de las redes de telecomunicaciones se las calcule con un grado de servicio del 1%, es decir que **de cada cien llamadas que realicen los abonados**, máximo se perderá una de ellas.

Se debe tomar en cuenta la capacidad total de cada una de las centrales para determinar el número de canales por cada nodo.

Para determinar los Erlangs se ocupará la siguiente fórmula:

$$\text{Erlangs}_{Q.O.S(1\%)} = \# \text{ de abonados} * \text{Ocupación media de un canal del abonado}$$

Si se toma en cuenta que la tendencia de la demanda de líneas de telefonía fija está decreciendo se debe tomar en cuenta como el número máximo de abastecimiento a el número actual de líneas de capacidad usada en cada central y proceder a calcular los Erlangs.

Bucay:

$$\text{Erlangs}_{Q.O.S(1\%)} = 1305 * 0.07$$

$$\text{Erlangs}_{Q.O.S(1\%)} = 92$$

Pallatanga:

$$\text{Erlangs}_{Q.O.S(1\%)} = 787 * 0.07$$

$$\text{Erlangs}_{Q.O.S(1\%)} = 56$$

Cajabamba:

$$\text{Erlangs}_{Q.O.S(1\%)} = 635 * 0.07$$

$$\text{Erlangs}_{Q.O.S(1\%)} = 45$$

Para determinar el número de canales a utilizar se debe usar las tablas Erlang de tráfico ofrecido con probabilidad de pérdida, ya que esta se encuentra en función del grado de servicio y de los Erlangs requeridos.

Al consultar dicha la tabla Erlang nos muestra que nuestro requerimiento es el siguiente:

Tabla V.XI. Canales requeridos para transmisión de voz

CENTRAL	CANALES
BUCAY	109
PALLATANGA	70
CAJABAMBA	58

Fuente: Autores

Los datos adquiridos en la tabla V.XII se pueden verificar en el Anexo 2.

Para todas las centrales se trabaja con enlaces E1, debido a la capacidad de transporte de las centrales actuales.

Para Bucay se necesitan 4 E1

Para Pallatanga se necesitan 3 E1

Para Cajabamba se necesitan 2 E1

Según datos de crecimiento del consumo de tráfico en los últimos años se tiene los siguientes valores:

Tabla V.XII. Proyección de Abonados para Pallatanga en los próximos diez años

CENTRAL	Crecimiento de Tráfico de Internet (%)
BUCAY	38

PALLATANGA	40
CAJABAMBA	35

Fuente: CNT

El índice de crecimiento de tráfico de Internet promedio es del 37%.

Este valor de tráfico probable, se lo ha calculado tomando en cuenta que sobre el actual canal radioeléctrico (a través de microonda) está circulando un flujo aproximado de 40Mbps según datos de la CNT.

Cabe indicar que la demanda a futuro siempre tiende a estabilizarse, la empresa tiene planes de ofrecer planes de mayor velocidad a sus clientes, y las tendencias de demanda en la actualidad son muy altas, por lo que los responsables de Diseño de Accesos de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones recomiendan implementar enlaces SDH tipo STM-4.

En un período de diez años se proyecta tener un tráfico aproximado de 932 Mbps, pero existen planes de aumentar el ancho de banda para cada abonado, por lo que dicha proyección resulta incierta, ya que se inclusive se necesitaría un estudio alternativo de aceptación y acogida de los nuevos planes a ofrecer por parte de la Empresa.

5.3. CÁLCULO DE PARÁMETROS DEL ENLACE.

5.3.1. ATENUACIÓN

En la siguiente ecuación de presupuesto de enlace para fibra óptica, se presenta todos los parámetros que intervienen en los enlaces ópticos:

$$P_{TX} - 2 * \alpha_c - \alpha_{FO} * D - \alpha_E * N_E - M_C - M_E \geq P_{RX}$$

Dónde:

P_{TX} = Potencia de transmisión del láser en dBm.

α_C = Atenuación debida al conector en dB.

α_{FO} = Atenuación debida a la longitud de la fibra óptica en dB/km.

α_E = Atenuación debida a empalmes en dB.

N_E = Numero de empalmes.

M_C = Margen de seguridad del cable en dB.

M_E = Margen del interfaz óptico en dB.

P_{RX} = Potencia de recepción en dBm.

D = Longitud.

Para la conexión de los hilos de fibra con los respectivos ODFs se utiliza conectores tipo SC que tiene un pérdida aproximada de 0.2 dB(4).

Los empalmes por fusión presentan una pérdida entre 0.01 y 0.1 dB. Como se utiliza el estándar G.655 presenta una atenuación por empalme de 0.07 dB(14).

5.3.2. NÚMERO DE EMPALMES Y MARGEN DE SEGURIDAD

Las fusiones que determinan el número de empalmes N_E se las hace cada 5000 metros, por las características de los carretes de los fabricantes

$$N_E = \frac{D}{5}$$

$$M_C = \frac{D}{50}$$

5.3.3. DISTANCIA MÁXIMA

Despejando la distancia D podemos y reemplazando NE y MC se puede determinar la distancia máxima de alcance del enlace

$$D \leq \frac{P_{TX} - 2 * \alpha_C - M_E - P_{RX}}{\alpha_{FO} + \frac{\alpha_E}{5} + \frac{1}{50}}$$

5.3.4. ANCHO DE BANDA

Sabiendo que:

$$AB = \frac{0.441}{\Delta_T}$$

y

$$\Delta_T = W_C * D * \Delta_\lambda$$

Dónde:

Δ_T = ensanchamiento de pulsos en PS

W_C = dispersión cromática de la fibra en ps/nm.Km

D = distancia del tramo en Km

Δ_λ = anchura espectral del láser en nm

Reemplazando en la ecuación del ancho de banda se tiene que:

$$AB = \frac{0.441}{W_C * D * \Delta_\lambda}$$

Para determinar el requerimiento de un repetidor óptico determinaremos la distancia máxima según las características recomendadas por la UIT y los fabricantes, en este caso hemos seleccionado la marca Alcatel.

El código de aplicación para enlaces STM-4 es el L-4.2 según recomendaciones de la UIT en el estándar G.957. Ver anexo

$$W_c = 6 \text{ ps/nm.Km}$$

$$\Delta\lambda = 0.2 \times 10^{-9} \text{ nm}$$

$$D_{\max} \leq \frac{-3 - 2 * 0.2 - 0.1 - (-28)}{0.22 + \frac{0.07}{5} + \frac{1}{50}}$$

$$D_{\max} \leq 96.46 \text{ Km}$$

La distancia máxima que puede cubrir un enlace G.655 con multiplexación SDH tipo STM-4 es de aproximadamente 96 Km, lo que indica que no requerimos la instalación de regeneradores ópticos de señal.

Enlace Bucay – Pallatanga:

- 10 empalmes por fusión
- 42.1 Km de cable de fibra

$$-3 - 2 * 0.2 - 0.1 - 42.1 \left(0.22 + \frac{0.07}{5} + \frac{1}{50} \right) \geq P_{RX}$$

$$P_{RX} \leq -14.19 \text{ dBm}$$

$$AB = \frac{0.441}{6 * 42.1 * 0.2 \times 10^{-9}}$$

$$AB = 8.73 \text{ Ghz}$$

Enlace Pallatanga - Cajabamba:

10 empalmes por fusión

72.63 Km de cable de fibra

$$-3 - 2 * 0.2 - 0.1 - 72.63 \left(0.22 + \frac{0.07}{5} + \frac{1}{50} \right) \geq P_{RX}$$

$$P_{RX} \leq -21.94 \text{dBm}$$

$$AB = \frac{0.441}{6 * 72.63 * 0.2 \times 10^{-9}}$$

$$AB = 4.1 \text{ Ghz}$$

5.4. TOPOLOGÍA DE LA RED

La topología física a usar en el diseño de enlaces es tipo Punto a Punto, lo cual es lógico ya que esto es parte de una topología anillo para la Matriz de Telecomunicaciones de Chimborazo, lo cual se detalla en la Figura V.11.

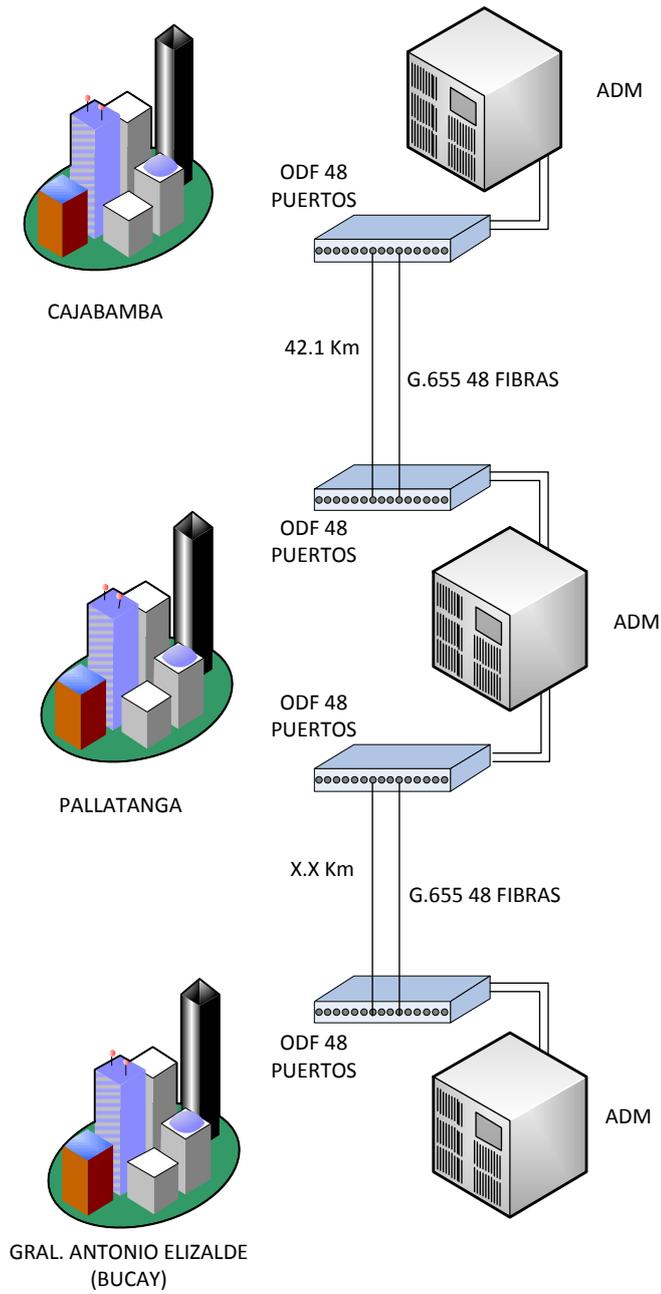


Fig. V.11. Topología Física del enlace Bucay-Pallatanga -Cajabamba
Fuente: Autores

5.5. SIMULACIÓN DE LOS ENLACES

Para realizar la simulación de los enlaces se ha decidió utilizar el Software Optisystem de Optiwave.

Optisystem es un software de diseño integral que permite a los usuarios realizar simulaciones de un diseño de fibra óptica con ciertas características, con el software se puede planificar, realizar pruebas de ensayo y error, simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de las modernas redes ópticas. Optisystem es un programa con una interfaz gráfica similar de la herramienta Matlab, como Simulink que permite la simulación de sistemas amortiguados, sub-amortiguados y sobreamortiguados entre otros sistemas análogos y digitales. Este simulador permite realizar mezclas de ondas (2,3 hasta cuatro), se pueden observar fenómenos como la modulación cruzada de fase. El entorno que esta herramienta proporciona da la posibilidad de implementar nuevas tecnologías, como los distintos múltiples ópticas división de códigos de acceso (OCDMA), además que entrega un entorno muy sólido para ejecutar desde diseños básicos hasta los más complejos y simular enlaces ópticos en la capa física de una variedad de redes ópticas pasivas: BPON, EPON, GPON.⁸

Esta herramienta permite realizar o simular ciertas situaciones como:

- Visión de próximas redes con modificaciones en unos sistemas establecidos.
- Simulación de sistemas ópticos (redes).
- SONET Y SDH de redes en anillo.
- Amplificadores, receptores y transistores.

5.5.1. PARÁMETROS

⁸ <http://optiwave.com/resources/applications-resources/optical-communication-system-design/>

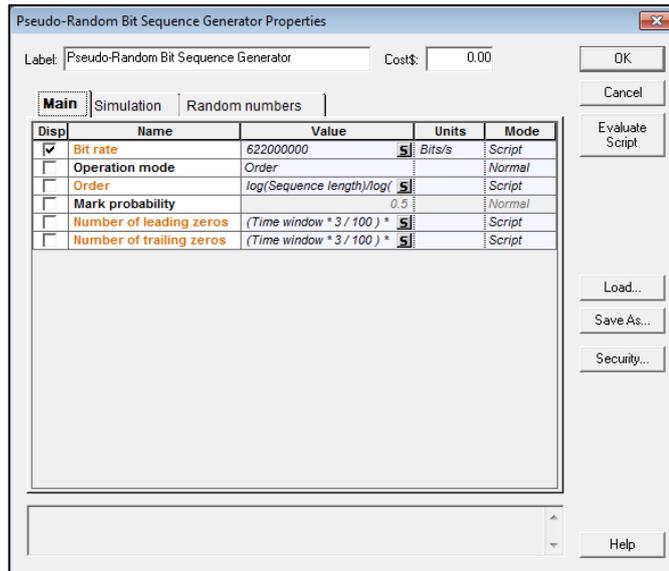


Fig. V.12. Configuración de la tasa de bit en el generador pseudoaleatorio
Fuente: Autores

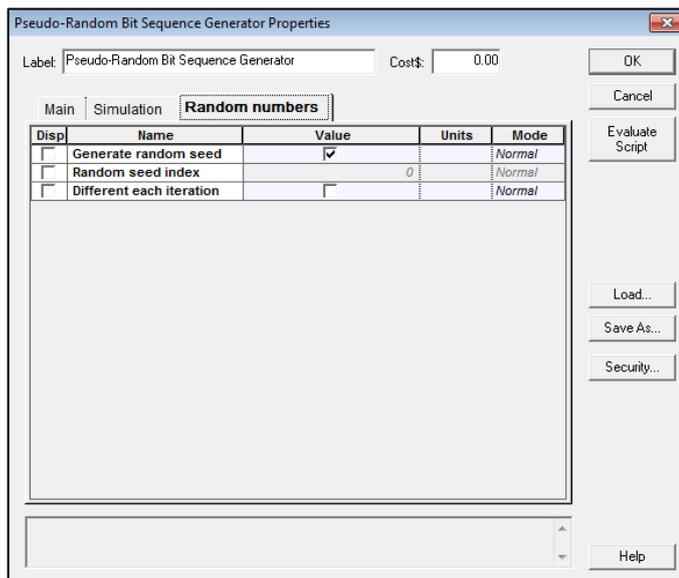


Fig. V.13. Configuración del generador pseudoaleatorio de bits
Fuente: Autores

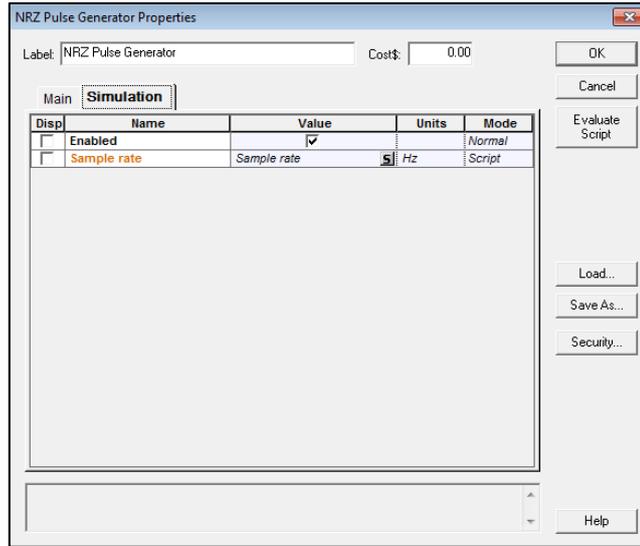


Fig. V.14. Configuración del generador de pulsos NRZ
Fuente: Autores

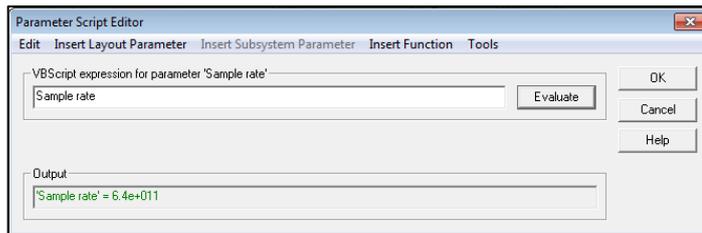


Fig. V.15. Configuración de la frecuencia de muestreo
Fuente: Autores

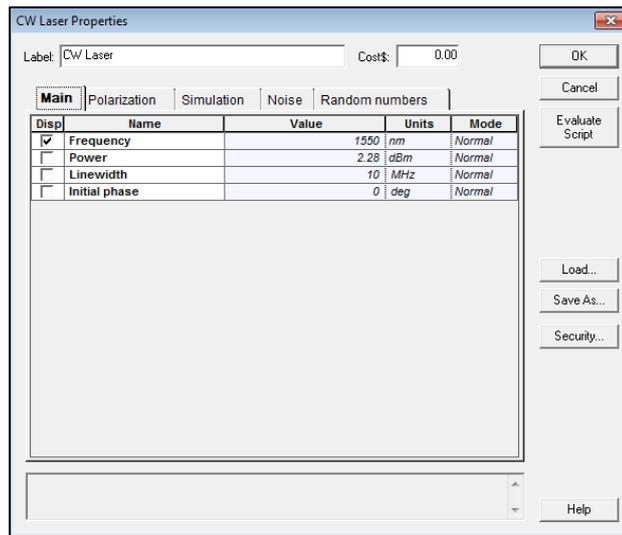


Fig. V.16. Configuración de la frecuencia del emisor óptico
Fuente: Autores

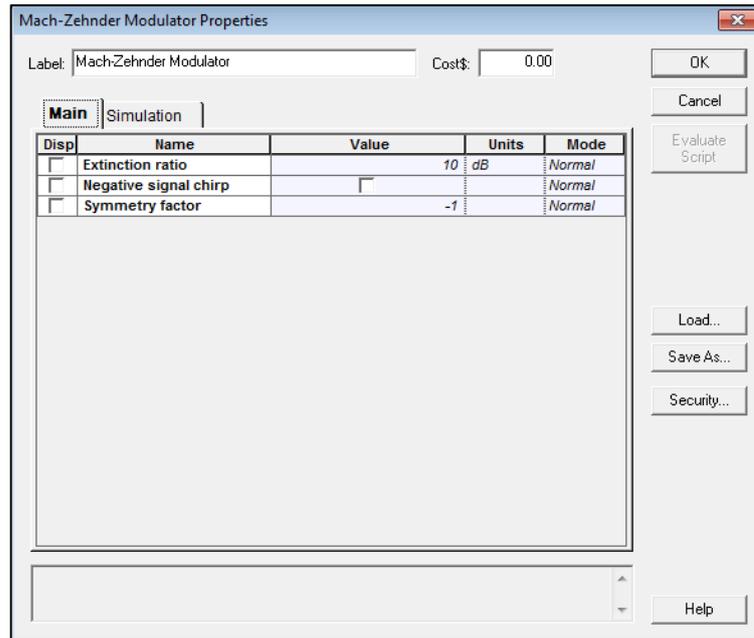


Fig. V.17. Configuración del modulador
Fuente: Autores

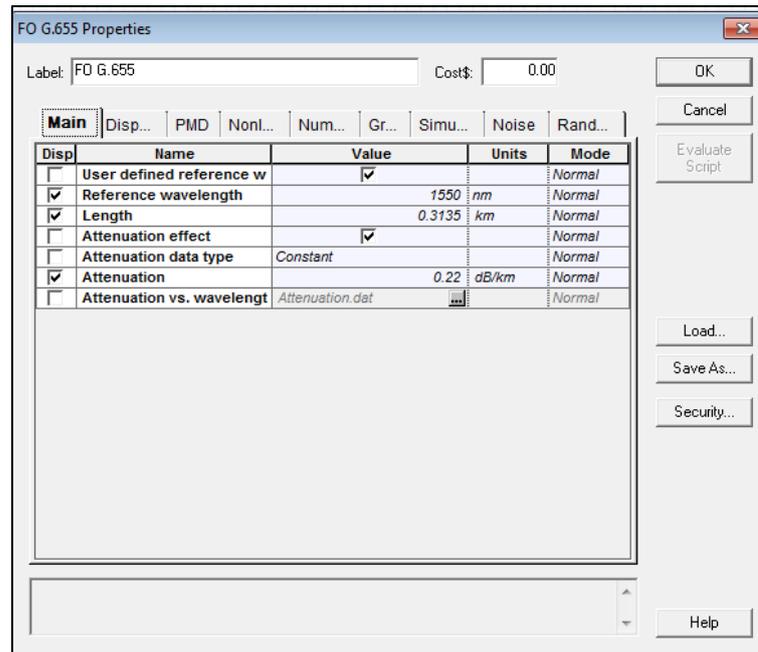


Fig. V.18. Configuración Principal de la fibra óptica
Fuente: Autores

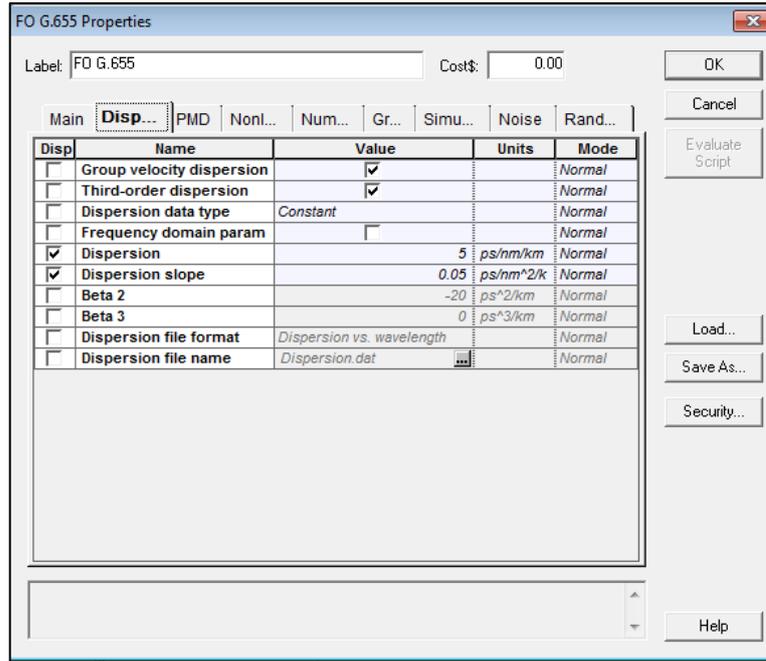


Fig. V.19. Configuración de Dispersión de la fibra óptica
Fuente: Autores

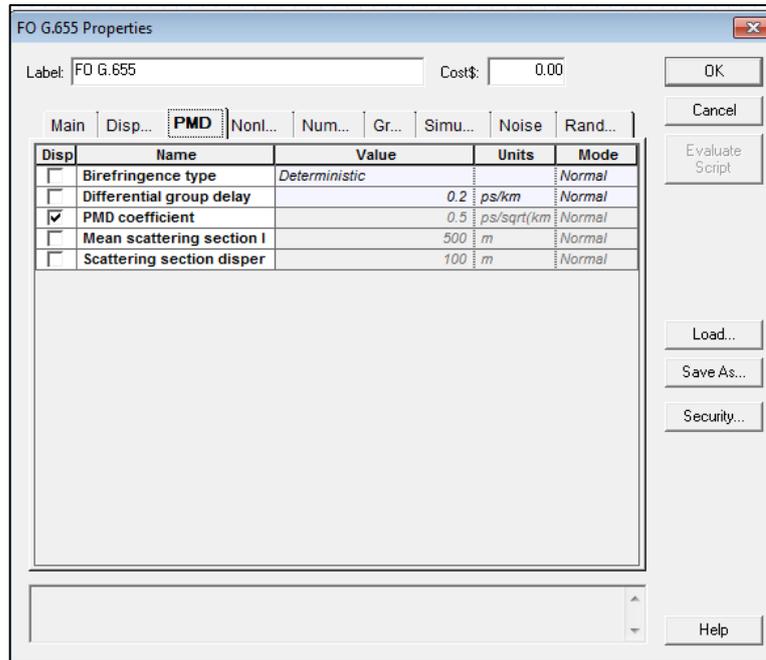


Fig. V.20. Configuración PMD de la fibra óptica
Fuente: Autores

El resto de parámetros son los que pertenecen a una fibra monomodo generalizada, por lo que no se procede a generar valores para estas.

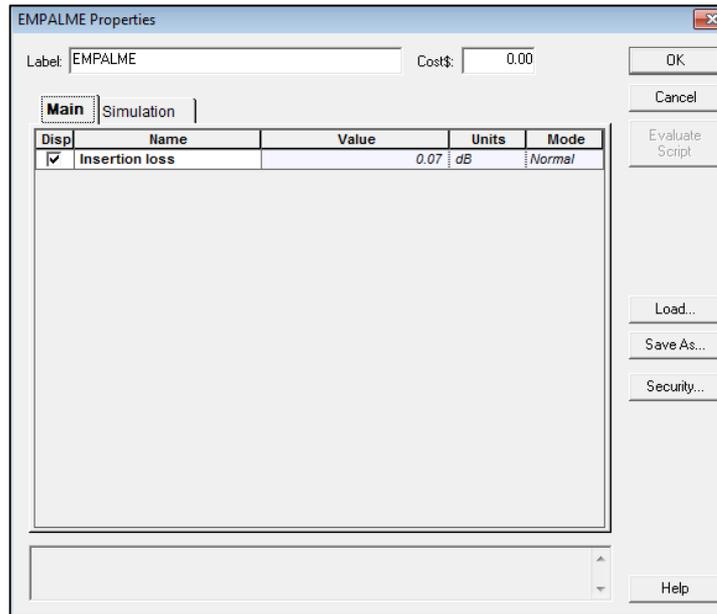


Fig. V.21. Configuración de los empalmes de fibra óptica
Fuente: Autores

Para la simular las pérdidas de la interfaz óptica y del conector a la fuente se usa conectores convencionales seteados a 0.1dB y 0.2dB, al igual se lo haría en el conector al receptor.

Se usará un fotodetector pin convencional en el receptor como indica la figura de la simulación.

5.5.2. SIMULACIÓN ENLACE BUCAY – PALLATANGA

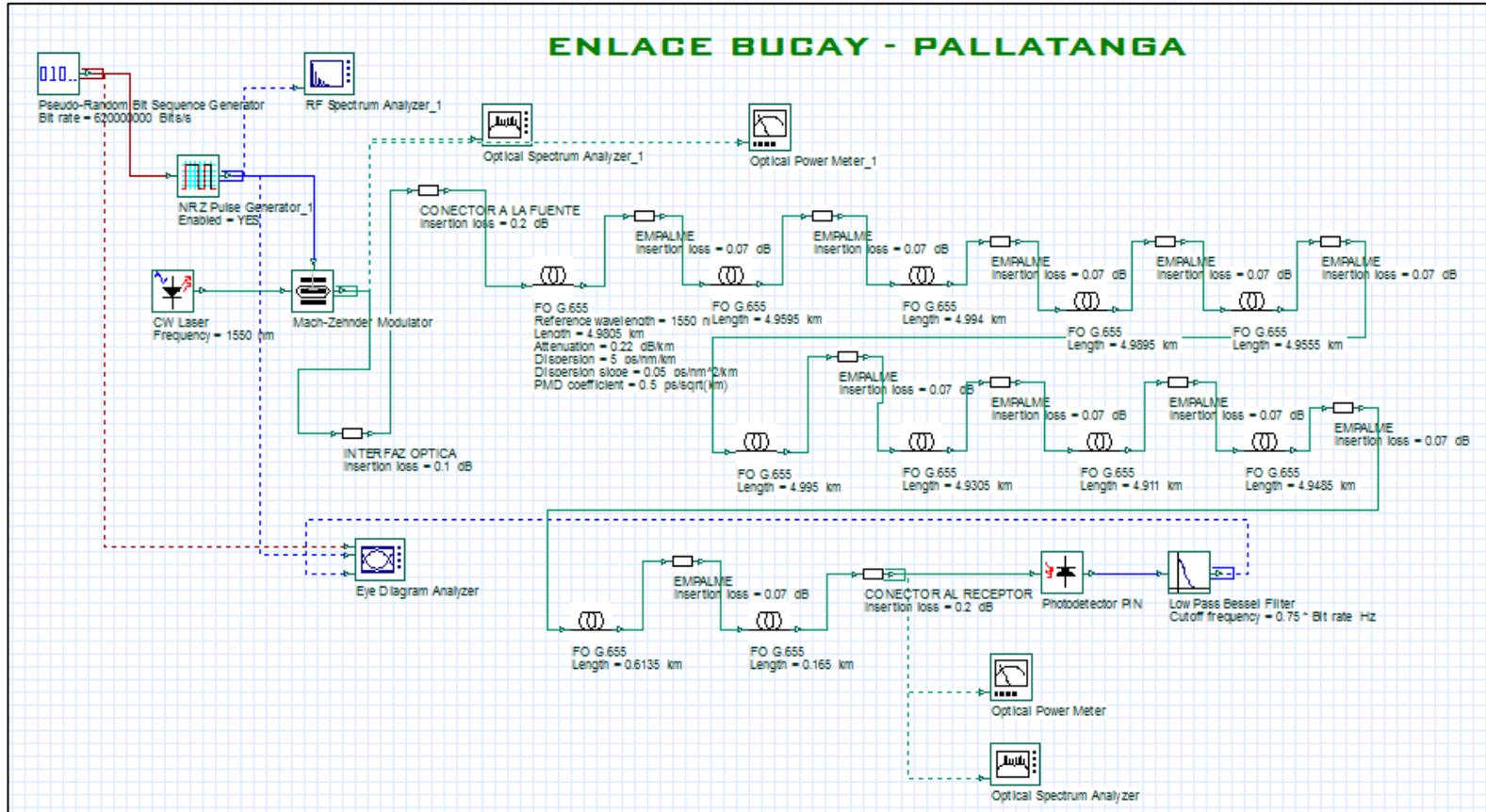


Fig. V.22. Simulación del enlace Bucay-Pallatanga
Fuente: Autores

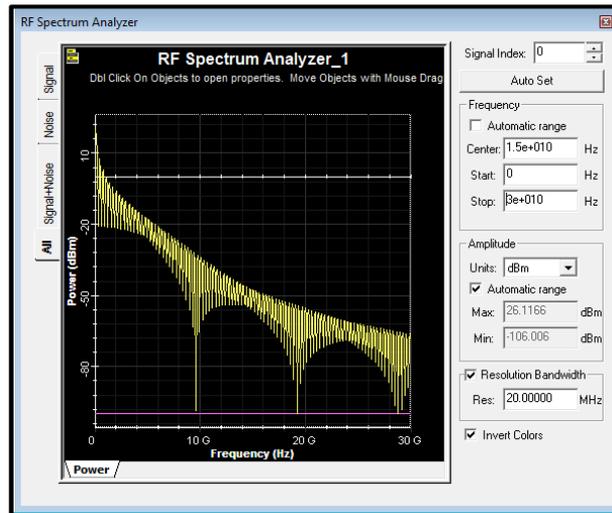


Fig. V.23. Espectro de RF en el transmisor
Fuente: Autores



Fig. V.24. Potencia en el Transmisor
Fuente: Autores

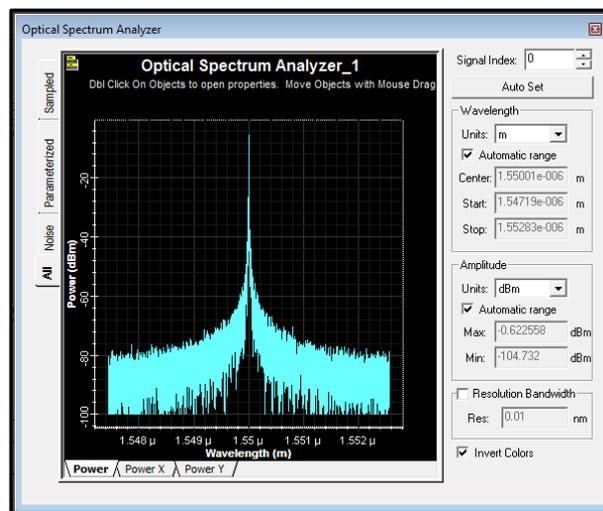


Fig. V.25. Espectro óptico de 1550 nm en el transmisor
Fuente: Autores



Fig. V.26. Sensibilidad recibida en el receptor
Fuente: Autores

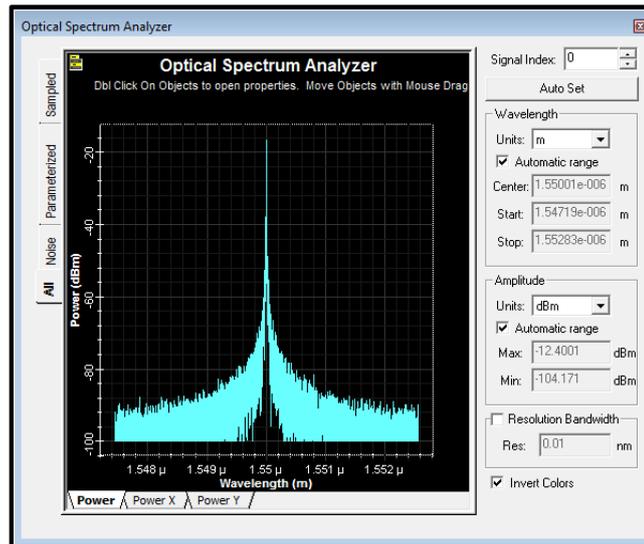


Fig. V.27. Espectro óptico de 1550 nm en el receptor
Fuente: Autores

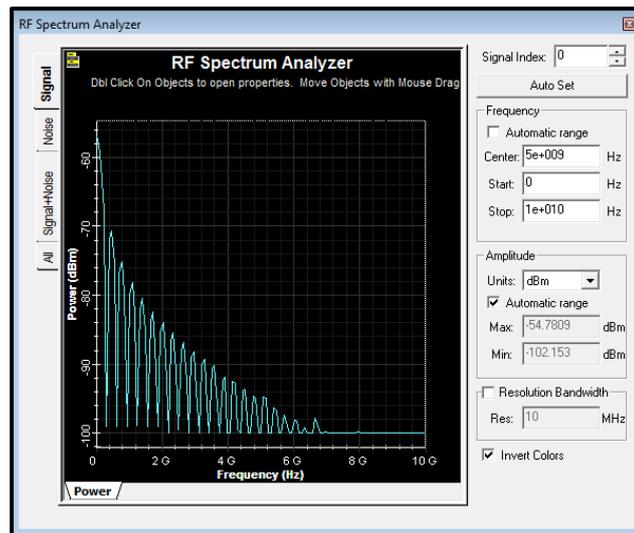


Fig. V.28. Espectro del RF en el receptor
Fuente: Autores

5.5.3. SIMULACIÓN ENLACE PALLATANGA - CAJABAMBA

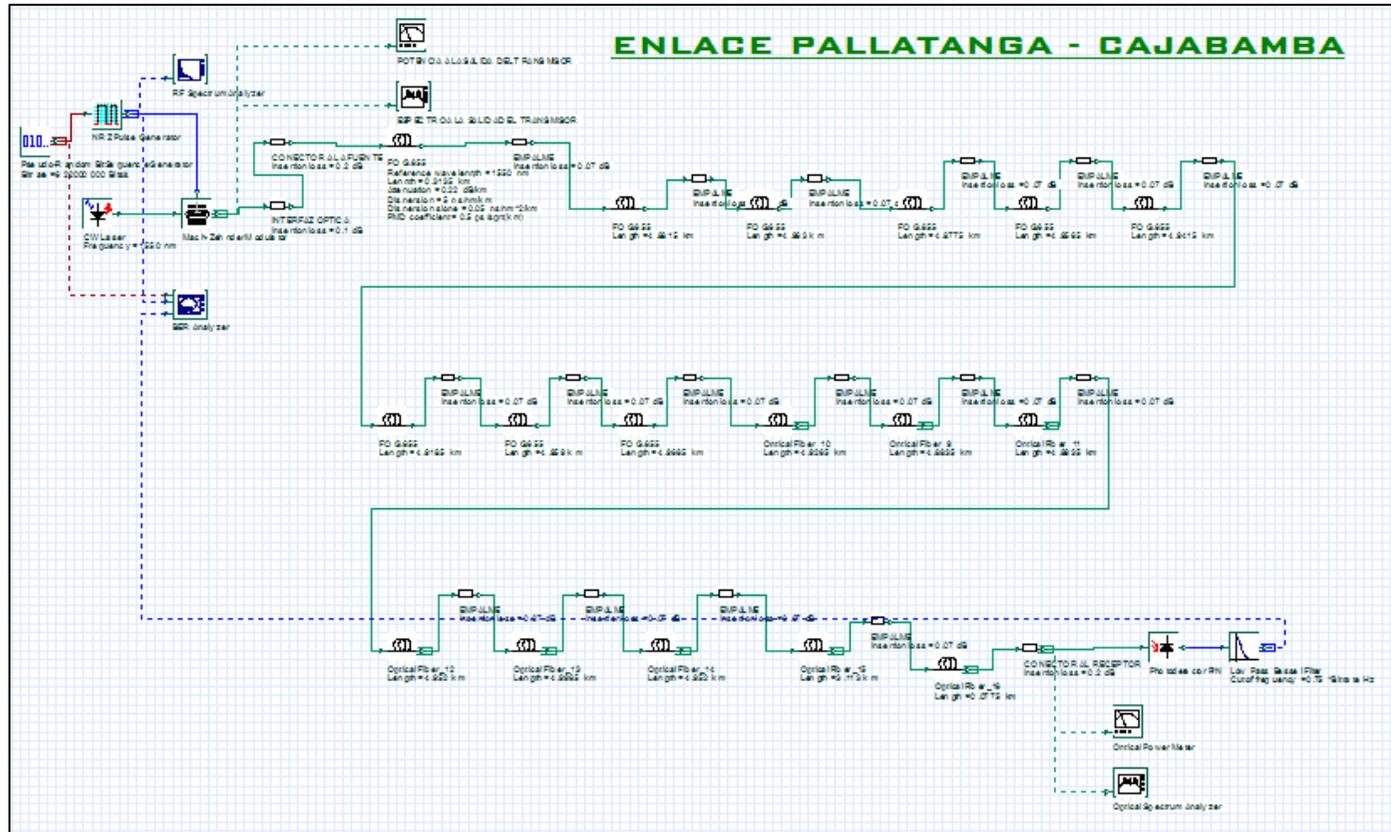


Fig. V.29. Simulación del enlace Pallatanga - Cajabamba
Fuente: Autores

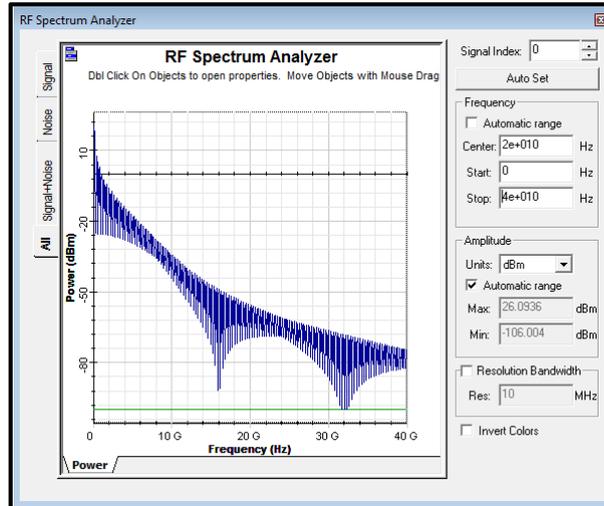


Fig. V.30. RF en el transmisor
Fuente: Autores



Fig. V.31. Potencia en el transmisor
Fuente: Autores

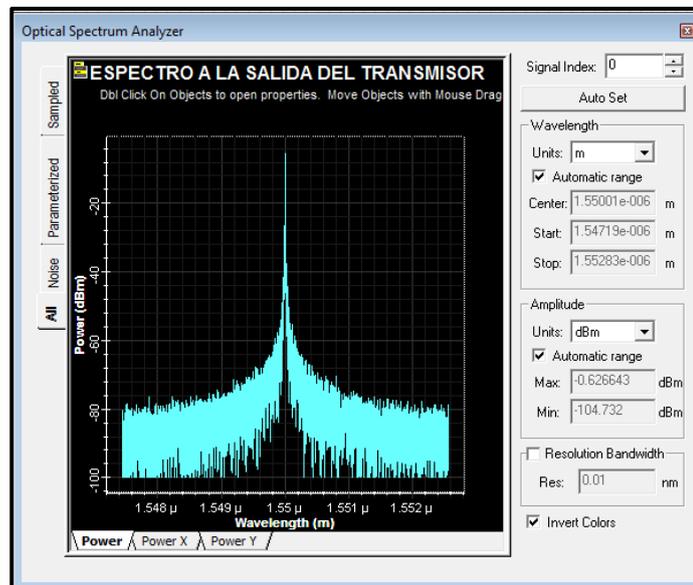


Fig. V.32. Espectro de salida del transmisor
Fuente: Autores

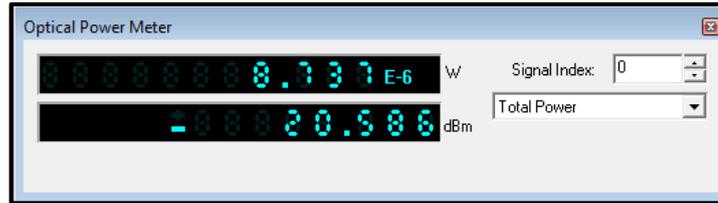


Fig. V.33. Sensibilidad recibida en el receptor
Fuente: Autores

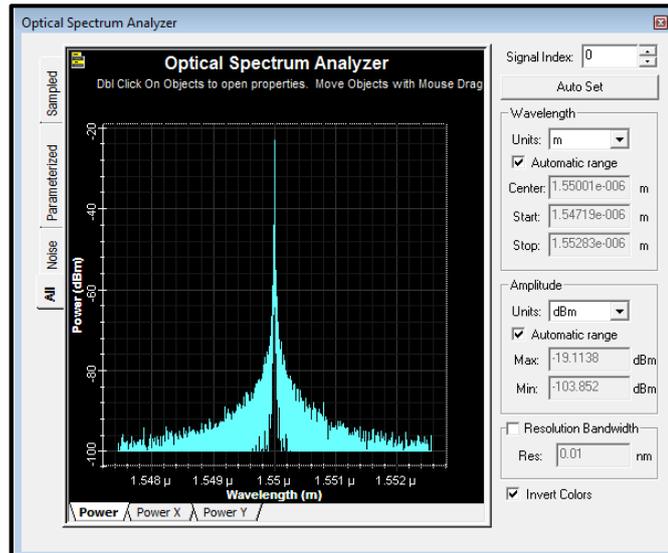


Fig. V.34. Espectro a la entrada del receptor
Fuente: Autores

5.6. RESULTADOS

El simulador permite introducir los datos que corresponden a los de la fibra monomodo G.655 y las recomendaciones de los equipos de Jerarquía Digital Síncrona del estándar G.957.

Gracias a esto se puede verificar los datos de potencia en el receptor.

Tabla V.XIII. Potencia Calculada y Recibida

	POTENCIA RECIBIDA CALCULADA	POTENCIA RECIBIDA SIMULADA
BUCAY – PALLATANGA	-14.2 dBm	-14.2
PALLATANGA CAJABAMBA	-21.9 dBm	-20.6 dBm

Fuente: Autores

Se puede comprobar que los resultados calculados concuerdan con los simulados, también cumplen con los parámetros de recepción para equipos que usan enlaces ópticos tipo STM-4, cuyo valor recepción mínima es de -28dBm según el Anexo 4.

5.7. PLANIMETRÍA DE LOS ENLACES

5.7.1. PLANIMETRÍA ENLACE BUCAY - PALLATANGA

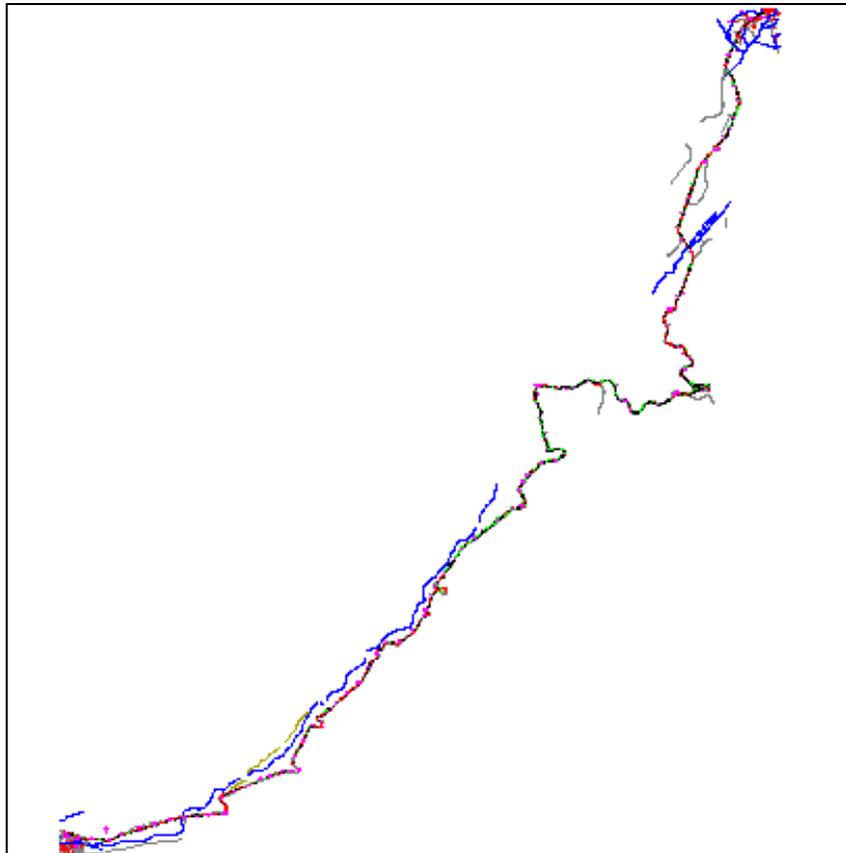


Fig. V.35. Planimetría del Enlace Bucay - Pallatanga
Fuente: Autores

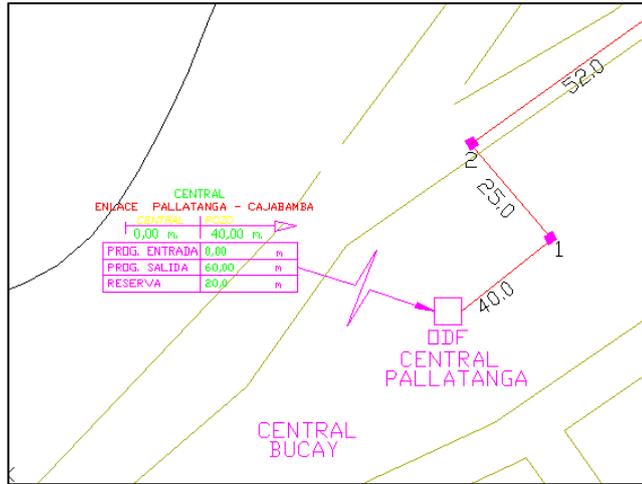


Fig. V.36. ODF Central Pallatanga
Fuente: Autores

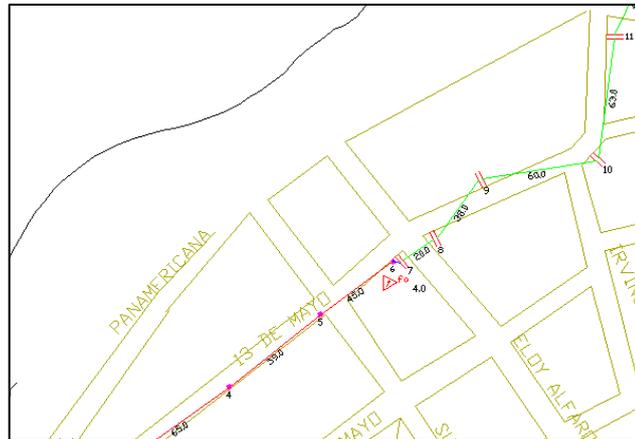


Fig. V.37. Canalización Fusión y Cambio a Tendido Aéreo
Fuente: Autores

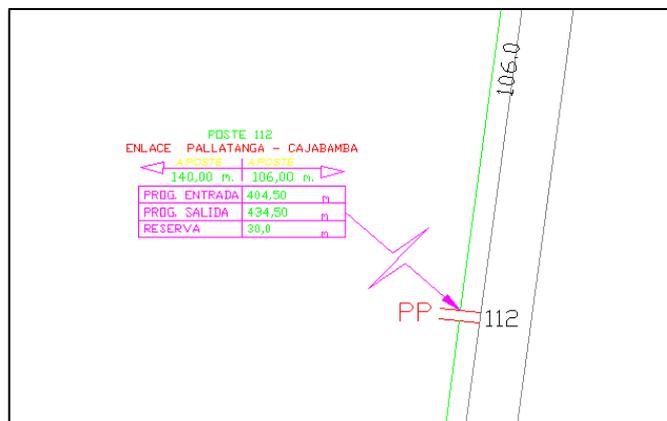


Fig. V.38. Reserva de Fibra Óptica
Fuente: Autores

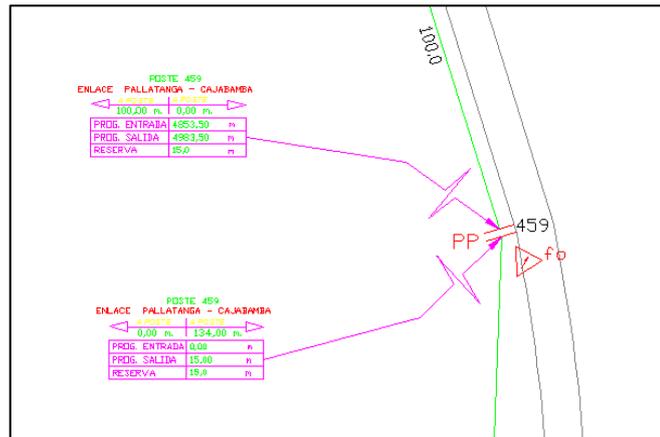


Fig. V.39. Fusión de fibra óptica a los 5000m de la bobina
Fuente: Autores

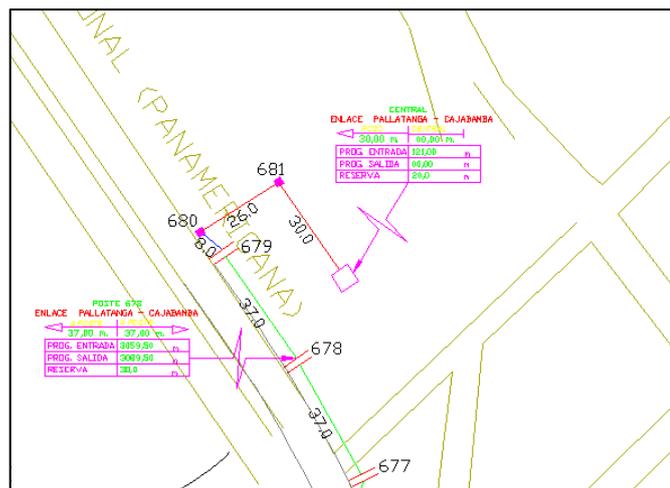


Fig. V.40. ODF Central Cajabamba
Fuente: Autores

5.7.2. PLANIMETRÍA ENLACE PALLATANGA - CAJABAMBA

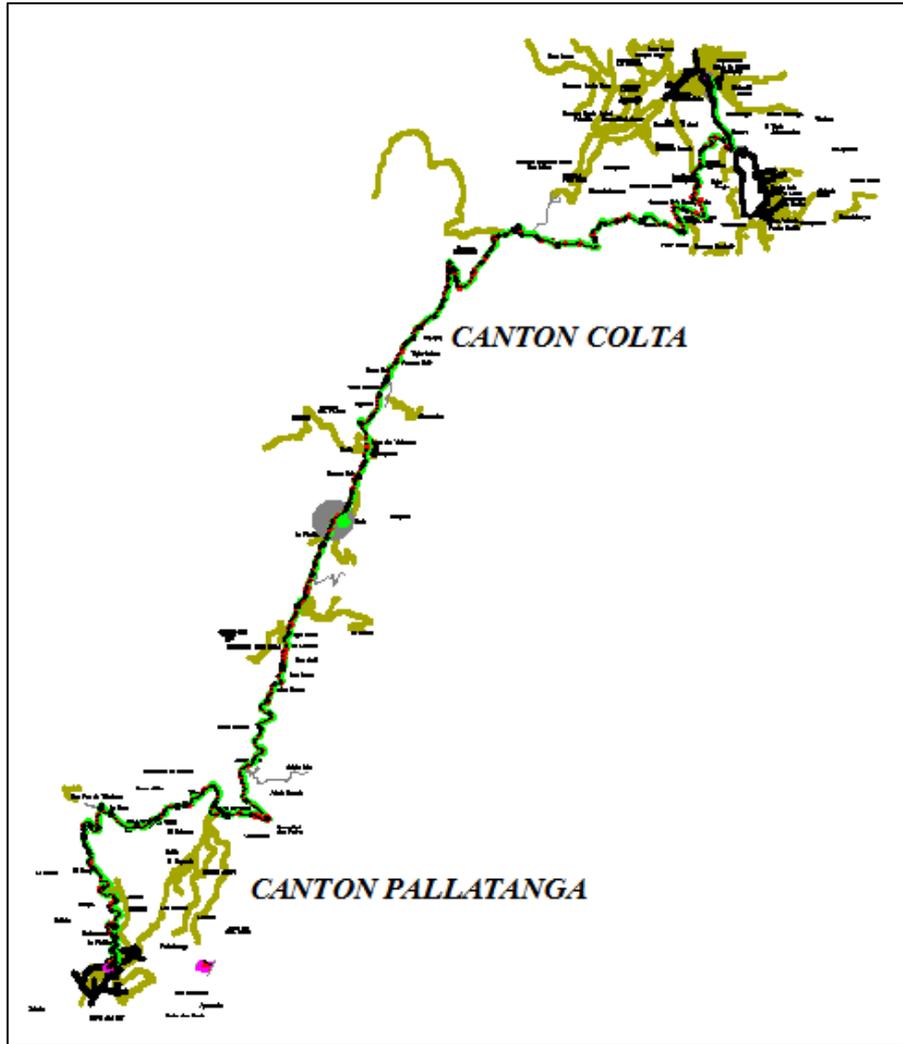


Fig. V.41. Planimetría del Enlace Pallatanga - Cajabamba
Fuente: Autores

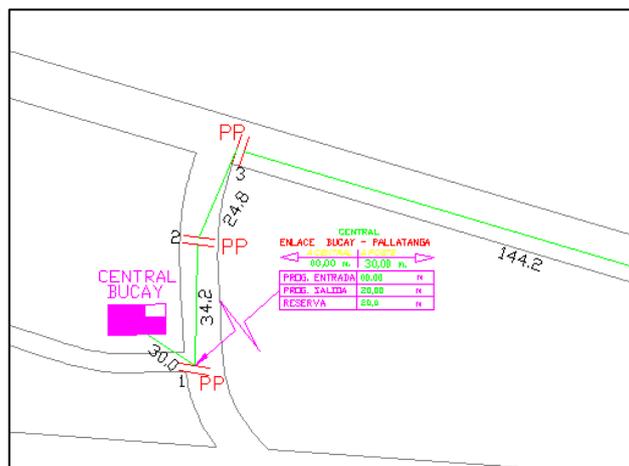


Fig. V.42. Central Bucay
Fuente: Autores

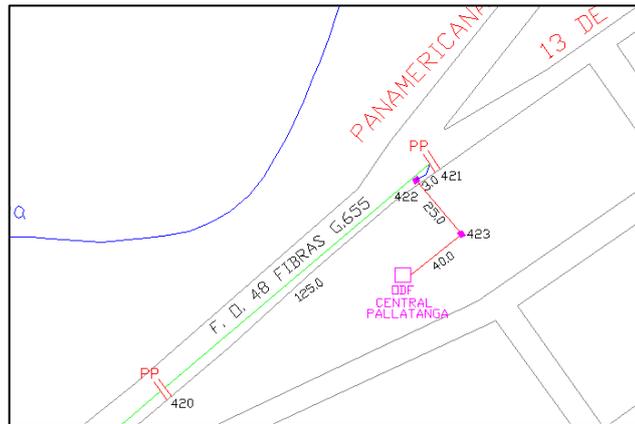


Fig. V.43. ODF Central Pallatanga
Fuente: Autores

5.8. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

5.8.1. ADM

Los equipos OADM OSN3500 de Huawei adquiridos por la CNT nos dan la posibilidad de implementar más enlaces SDH, incluso, la opción de tecnología tipo DWDM para la modulación de varios enlaces en un solo hilo de fibra óptica

CAPÍTULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO

6.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño de la muestra es el número de sujetos que componen la muestra extraída de una población, necesarios para que los datos obtenidos sean representativos de la población.

Se utilizará la fórmula sabiendo que la población tiene un tamaño definido, es decir que es finita y deseásemos saber cuántos del total tendremos que estudiar.

$$n = \frac{(Z_{\alpha})^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + (Z_{\alpha})^2 * p * q}$$

Dónde:

N: es el tamaño del universo.

Z α : es la constante del nivel de confianza aplicado.

p: es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p.

e: es el error muestral deseado.

n: es el tamaño de la muestra.

Se considerará un nivel de confianza al azar del 94% (se recomienda que esté entre 90% y 99%) y el error muestral típico del 5%(19).

El valor de $Z\alpha$ con los datos señalados es de 1.5, lo cual se verifica en la tabla Normal Estándar Anexo 3.

El total de abonados de la población a analizar en las 3 Centrales es de 2727 clientes.

Los valores de p y q generalmente cuando son desconocidos se asume que $p=0.5$ y $q=0.5$.

$$n = \frac{1.5^2 * 2727 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (2727 - 1) + (1.5)^2 * 0.5 * 0.5}$$
$$n = \frac{1533.93}{7.3775}$$
$$n = 208$$

El tamaño de la muestra a aplicar es de 208 encuestas

Aplicando una distribución proporcional según el número de abonados por cada una de las poblaciones a estudiar, se obtienen los siguientes resultados que se muestran en la Tabla VI.I.

Tabla VI.I. Porcentaje de Abonados correspondiente a cada encuesta

CENTRALES	PORCENTAJE DE ABONADOS (%)	NÚMERO DE ENCUESTAS
BUCAY	47.85	100
PALLATANGA	28.86	60
CAJABAMBA	23.29	48

Fuente: Autores

6.2. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Los resultados de las encuestas tienen por finalidad saber cuánto es el ingreso estimado por el servicio de telefonía fija por cada población estudiada.

La edad se solicita a las personas a encuestarse, debido a que los menores de 18 años no están facultados ante la ley para que puedan contratar servicios de telecomunicaciones, por lo tanto si la encuesta fuese contestada por un menor de edad, éstos datos adquiridos, serían inválidos.

La Pregunta 1 tiene como objetivo saber si la persona encuestada cuenta con servicio de telefonía fija para dar validez a los datos.

En el cantón General Antonio Elizalde (Bucay) se ha obtenido que el 100 % de las personas encuestadas poseen servicio de telefonía fija.

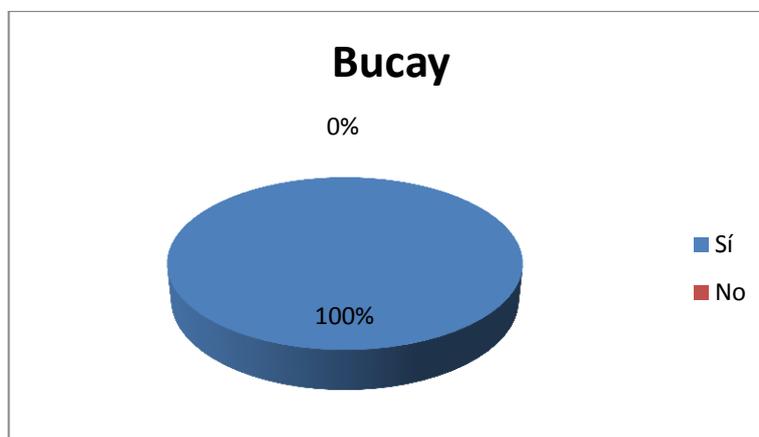


Fig. VI.1. Personas que poseen el servicio de telefonía fija en Bucay
Fuente: Autores

En el cantón Pallatanga se ha obtenido que el 100 % de las personas encuestadas poseen servicio de telefonía fija.

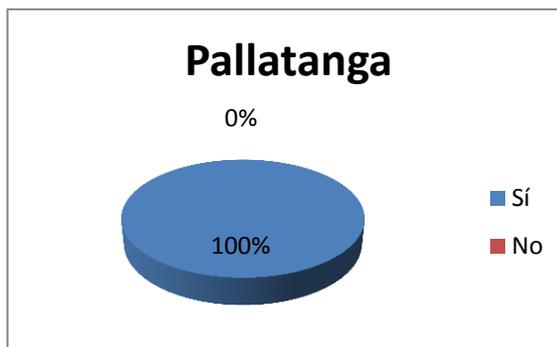


Fig. VI.2. Personas que poseen el servicio de telefonía fija en Pallatanga
Fuente: Autores

En el cantón Cajabamba ha obtenido que el 100 % de las personas encuestadas poseen servicio de telefonía fija.

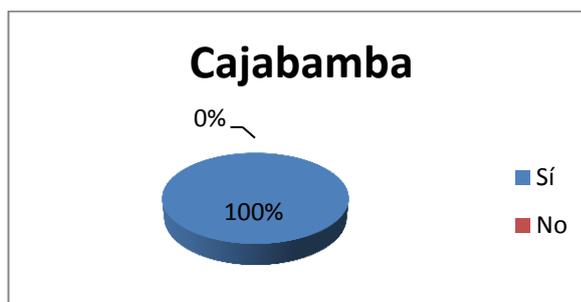


Fig. VI.3. Personas que poseen el servicio de telefonía fija en Cajabamba
Fuente: Autores

La Pregunta 2 tiene como objetivo confirmar si el proveedor de telefonía fija de la persona encuestada es CNT.

En el cantón General Antonio Elizalde, se ha obtenido que el 100 % de las personas encuestadas poseen servicio de telefonía fija.

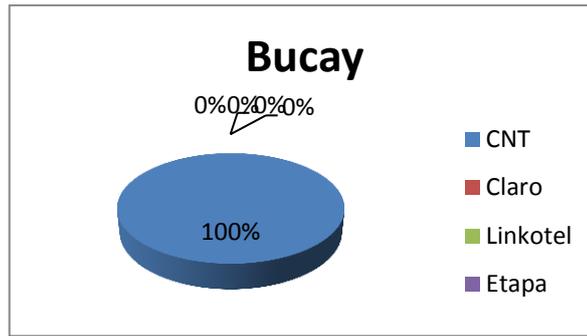


Fig. VI.4. Personas que poseen el servicio de telefonía fija por parte de la CNT en Bucay
Fuente: Autores

En el cantón Pallatanga, se ha obtenido que el 100 % de las personas encuestadas poseen servicio de telefonía fija.

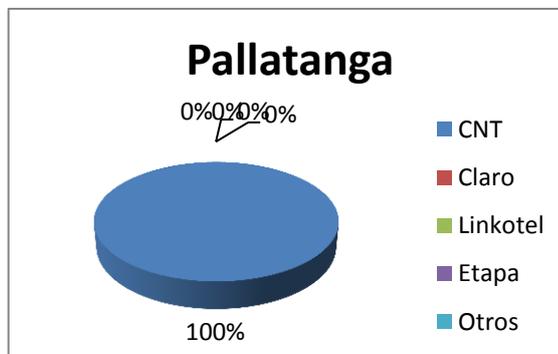


Fig. VI.5. Personas que poseen el servicio de telefonía fija por parte de la CNT en Pallatanga
Fuente: Autores

En el cantón Cajabamba, se ha obtenido que el 100 % de las personas encuestadas poseen servicio de telefonía fija.

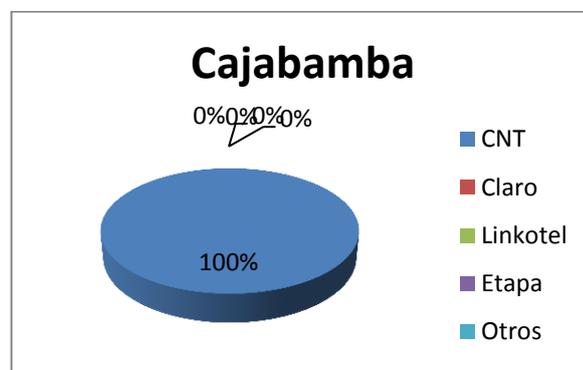


Fig. VI.6. Personas que poseen el servicio de telefonía fija por parte de la CNT en Cajabamba
Fuente: Autores

La Pregunta 3 tiene como objetivo saber el tipo de tarifa a la cual pertenece el abonado. Estos datos en conjunto con la información obtenida del servicio de Internet, nos van a permitir saber cuánto paga un abonado que desconoce el detalle de sus facturas, ya que en muchas poblaciones rurales es muy frecuente el desconocimiento del pago diferenciado por tarifas y tipos de servicios contratados.

En el cantón Bucay, del total de encuestas, se observa que no hay usuarios con tarifa Popular (0%), 95 abonados tienen tarifa residencial (90%) y 5 encuestados tienen tarifa Comercial (10%).

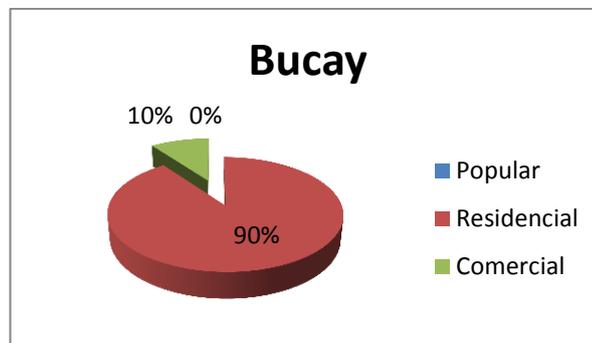


Fig. VI.7. Tipo de tarifa al cual pertenece cada abonado en Bucay
Fuente: Autores

En el cantón Pallatanga, del total de encuestas, se observa que no hay usuarios con tarifa Popular (0%), 57 abonados tienen tarifa residencial (90%) y 3 encuestados tienen tarifa Comercial (10%).

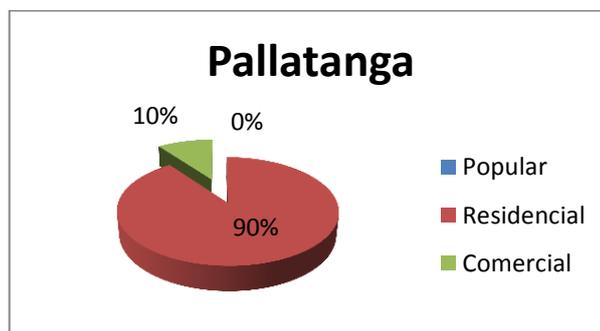


Fig. VI.8. Tipo de tarifa al cual pertenece cada abonado en Pallatanga
Fuente: Autores

En el cantón Cajabamba, del total de encuestas, se observa que no hay usuarios con tarifa Popular (0%), 46 abonados tienen tarifa residencial (96%) y 2 encuestados tienen tarifa Comercial (6%).

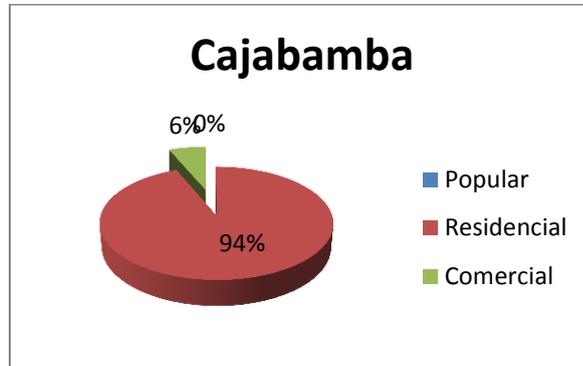


Fig. VI.9. Tipo de tarifa al cual pertenece cada abonado en Cajabamba
Fuente: Autores

La Pregunta 4 tiene como objetivo determinar el promedio de pago de los usuarios por el servicio de telefonía fija.

Se procede a sacar la media proporcional de pago mensual de telefonía fija, de acuerdo a cada tarifa.

Se debe aplicar la fórmula de la media muestral:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

$$\overline{\text{Bucay}} = 19.91 \$$$

$$\overline{\text{Pallatanga}} = 16.87 \$$$

$$\overline{\text{Cajabamba}} = 16.13 \$$$

Se debe aplicar el cálculo por cada Central, ya que los datos de la muestra son específicos para cada una de éstas y el índice de crecimiento de demanda de servicios de telecomunicaciones varían entre centrales.

La Pregunta 5 tiene como objetivo determinar si el abonado posee servicios de internet.

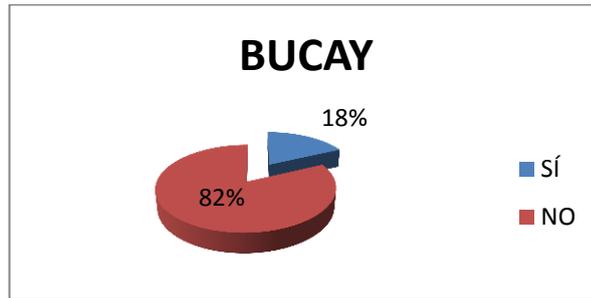


Fig. VI.10. Personas que cuentan con el servicio de internet en Bucay
Fuente: Autores

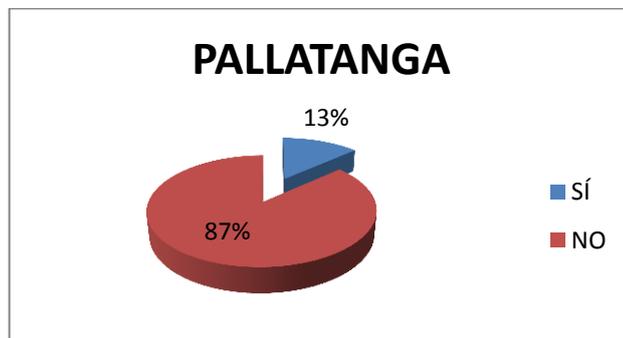


Fig. VI.11. Personas que cuentan con el servicio de internet en Pallatanga
Fuente: Autores

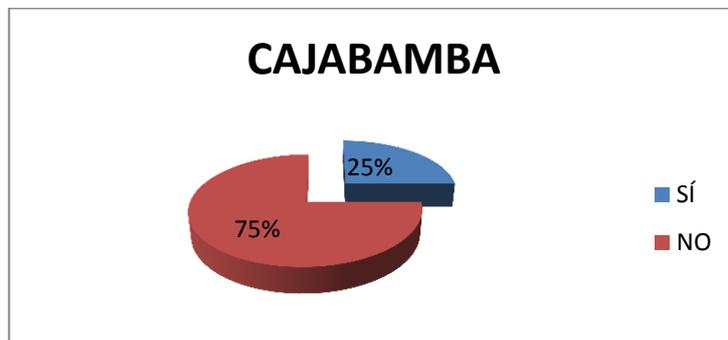


Fig. VI.12. Personas que cuentan con el servicio de internet en Cajabamba
Fuente: Autores

La Pregunta 6 tiene como objetivo saber si es el actual proveedor de internet es CNT.

Del total de usuarios que tienen un plan de internet contratado verificamos que el 100% de personas encuestadas son clientes CNT.

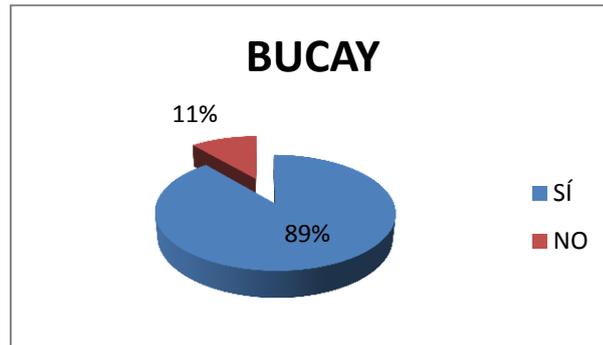


Fig. VI.13. Personas que cuentan con el servicio de internet por parte de la CNT en Bucay
Fuente: Autores

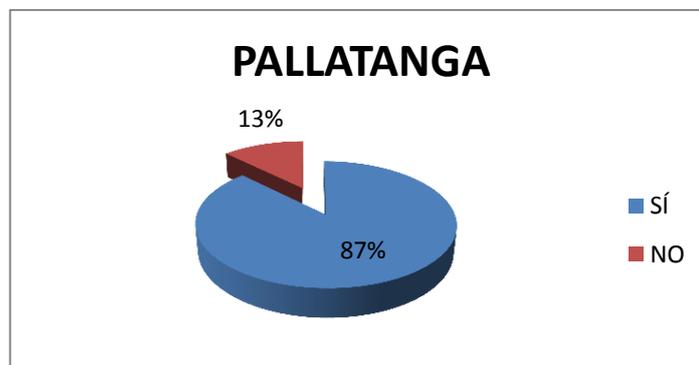


Fig. VI.14. Personas que cuentan con el servicio de internet por parte de la CNT en Pallatanga
Fuente: Autores

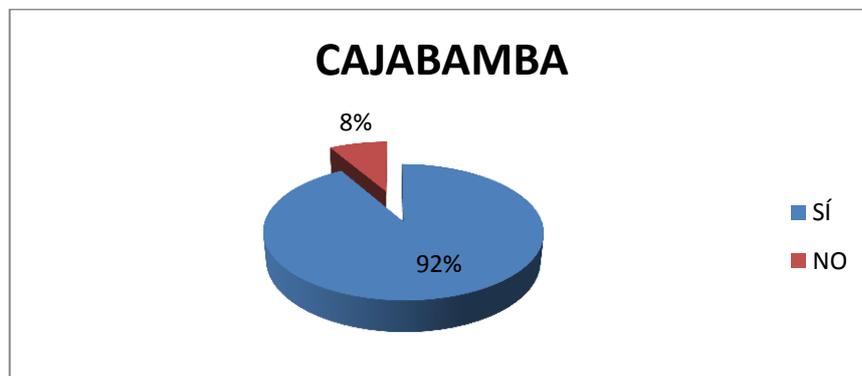


Fig. VI.15. Personas que cuentan con el servicio de internet por parte de la CNT en Cajabamba
Fuente: Autores

La Pregunta 7 tiene como objetivo determinar el plan de Internet contratado, lo cual con ayuda de las preguntas 5 y 6 nos ayuda a determinar cuánto paga un usuario de Internet CNT promedio.

$$\overline{\text{Bucay}} = 48.65 \$$$

$$\overline{\text{Pallatanga}} = 49.30 \$$$

Cajabamba = 30.46 \$

La **Pregunta 8** tiene como objetivo determinar el nivel de satisfacción de los usuarios de Telefonía Fija, ya que es de interés por parte de la empresa este dato para futuros estudios de implementación de nuevos servicios y mejoras en los existentes.

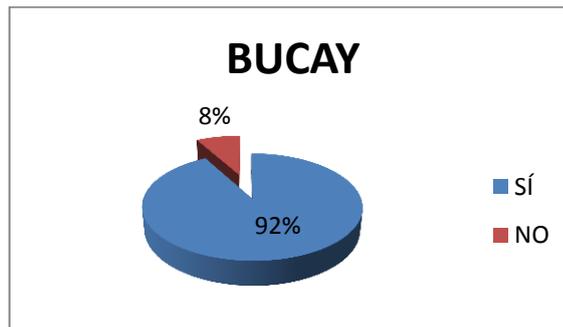


Fig. VI.16. Nivel de satisfacción por el servicio de telefonía fija en Bucay
Fuente: Autores

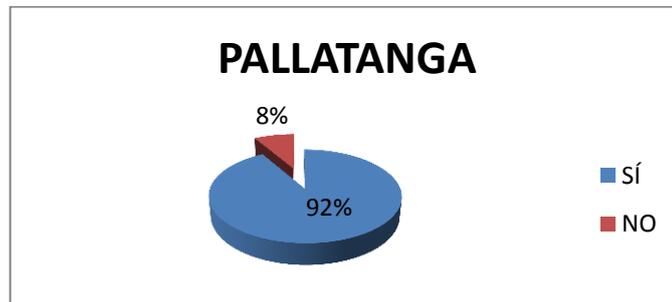


Fig. VI.17. Nivel de satisfacción por el servicio de telefonía fija en Pallatanga
Fuente: Autores

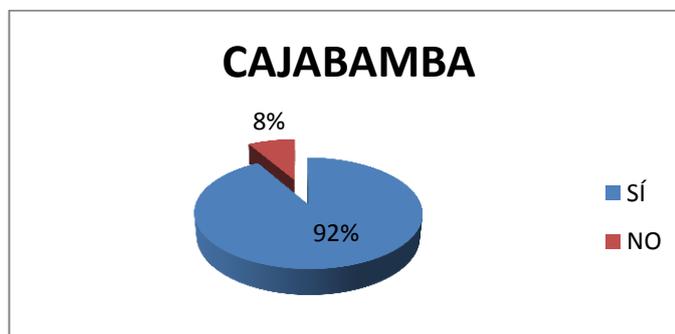


Fig. VI.18. Nivel de satisfacción por el servicio de telefonía fija en Cajabamba
Fuente: Autores

La **Pregunta 9** al igual que la **Pregunta 8**, mide el nivel de satisfacción de los usuarios de Internet.

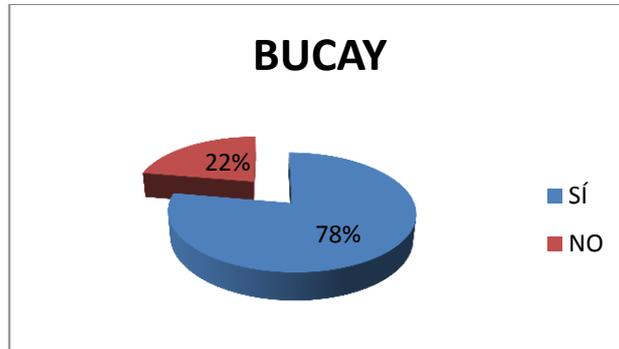


Fig. VI.19. Nivel de satisfacción por el servicio de internet en Bucay
Fuente: Autores

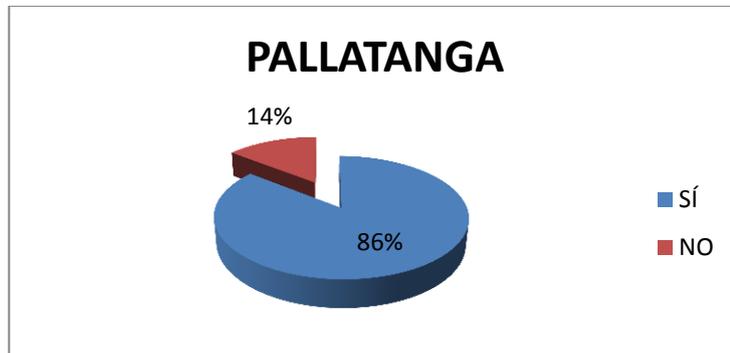


Fig. VI.20. Nivel de satisfacción por el servicio de internet en Pallatanga
Fuente: Autores

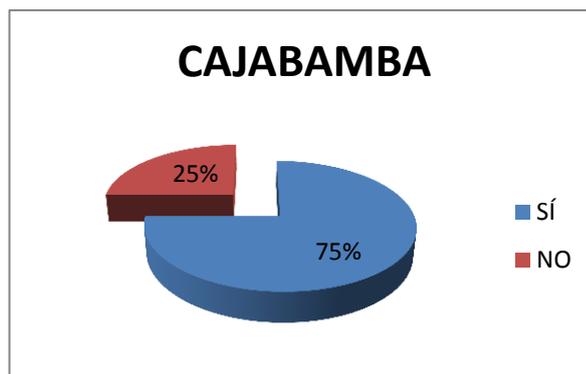


Fig. VI.21. Nivel de satisfacción por el servicio de internet en Cajabamba
Fuente: Autores

Para realizar el estudio económico se ha tomado en consideración dos sectores de la población total a analizar, uno que son los usuarios que solo disponen de telefonía fija y otro que son los abonados

que tienen contratado un plan de Internet. El modelo de la encuesta a aplicar se lo puede ver en el ANEXO 1

Cabe señalar que dentro de los abonados con plan de Internet, se debe considerar la categoría de corporativos, ya que estos poseen otros planes y tarifas.

6.3. INVERSIONES

6.3.1. CRITERIOS PARA EL CÁLCULO

Tomando en consideración los resultados obtenidos en el estudio del índice de crecimiento de servicios de telecomunicaciones, se determina la posible futura demanda, para lo cual se ha tomado en cuenta la tecnología disponible de los importadores locales de equipos y suministros de telecomunicaciones.

6.3.2. VOLÚMENES DE OBRA

6.3.2.1. VOLUMEN DE OBRA BUCAY – PALLATANGA

Tabla VI.II. Volumen de Obra (Unidad de Planta) Bucay - Pallatanga

ITEM	UNIDAD DE PLANTA			U	CANTIDAD	PRECIO		
						UNITARIO	TOTAL	
F039	SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE EMPALME AÉREO POR FUSION 48 FIBRAS ÓPTICAS			U	9,00	\$ 488,90	\$ 4.400,10	
F048	SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE		TIPO A PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U	308,00	\$ 10,00	\$ 3.080,00	
F052			TIPO B (CONICO) PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U	113,00	\$ 16,65	\$ 1.881,45	
F04	IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA CANALIZADO 8x4 CM			U	2,00	\$ 5,19	\$ 10,38	
F05	IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA OPTICA AEREO 12X6 CM			U	421,00	\$ 5,81	\$ 2.446,01	
F012	SUMINISTRO E INSTALACIÓN		MANGUERA CORRUGADA	m	46,00	\$ 1,73	\$ 79,58	
F018			ODF 48 PUERTOS	G.655	U	2,00	\$ 1.027,08	\$ 2.054,16
F023			PORTA RESERVAS DE FIBRA EN GALERIA DE CABLES		U	1,00	\$ 14,49	\$ 14,49
F025	PRUEBA UNIDIRECCIONAL DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA, POR FIBRA, EN 1 VENTANA)			PTO	96,00	\$ 8,42	\$ 808,32	
F030	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX	FC-SC	G.655	m	4,20	\$ 27,49	\$ 115,46	
F033	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PREFORMADO TRES CEROS PARA CABLE ADSS			U	842,00	\$ 6,47	\$ 5.447,74	
F036	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE RACK DE PISO ABIERTO 2,2M X 19" DE 44 UNID.			U	2,00	\$ 228,77	\$ 457,54	
F044	SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE EMPALME SUBTERRÁNEO POR FUSIÓN	48 FIBRAS ÓPTICAS		U	1,00	\$ 489,85	\$ 489,85	
F045	SUMINISTRO E INSTACIÓN TRANSCEIVER STM-N 80 Km	FIBRA ÓPTICA MONOMODO	G.655	U	2,00	\$ 170,12	\$ 340,24	
F055	SUMINISTRO Y FUSIÓN DE PIGTAIL FC/PC G.655 EN ODF			U	96,00	\$ 8,33	\$ 799,68	
F075	TENDIDO DE CABLE AÉREO	48 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO	ADSS G.655 (VANOS 120m)	m	45140,00	\$ 5,36	\$ 241.950,40	
F0101	TENDIDO DE CABLE CANALIZADO	48 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO	G655	m	116,50	\$ 5,37	\$ 625,61	

FO111	TRAZA REFLECTOMÉTRICA POR PRUEBA DE FIBRA ÓPTICA	U	96,00	\$ 0,09	\$ 8,64
FO26	SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA	U	2,00	\$ 52,63	\$ 105,26
TOTAL					\$ 265.114,90

Fuente: Autores

Tabla VI.III. Volumen de Obra (Canalización) Bucay - Pallatanga

UNIDADES DE PLANTA SIMPLES-CANALIZACIÓN					
CS3	TRIDUCTO (EN CANALIZACION EXISTENTE)	25	m	5,64	141,00
CS63	TAPON CIEGO PARA TRIDUCTO (1 1/4 ")	4	u	5,25	21,00
CS64	TAPON SIMPLE PARA FIBRA OPTICA (TAPON GUIA 1 1/4 ")	2	u	10,54	21,08
CS65	TAPON TRIFURCADO PARA DUCTO	2	u	32,08	64,16
SUB-TOTAL (2)					\$ 247,24

Fuente: Autores

Tabla VI.IV. Volumen de Obra (Redes de Acceso) Bucay - Pallatanga

CONSTRUCCION DE REDES DE ACCESO					
RA165	POSTE DE HORMIGON 18 mts	421	u	1.224,73	\$ 515.611,33
SUB-TOTAL (3)					\$ 515.611,33

Fuente: Autores

6.3.2.2. VOLUMEN DE OBRA PALLATANGA – CAJABAMBA

Tabla VI.V. Volumen de Obra (Unidad de Planta) Pallatanga – Cajabamba

ITEM	UNIDAD DE PLANTA			U	CANTIDAD	PRECIO	
						UNITARIO	TOTAL
FO39	SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE EMPALME AÉREO POR FUSION 48 FIBRAS ÓPTICAS			U	14,00	\$ 488,90	\$ 6.844,60
FO47	SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE			U	1118,00	\$ 47,02	\$ 52.568,36
FO48				U	559,00	\$ 10,00	\$ 5.590,00
FO52				U	114,00	\$ 16,65	\$ 1.898,10
FO4	IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA CANALIZADO 8x4 CM			U	8,00	\$ 5,19	\$ 41,52
FO5	IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA OPTICA AEREO 12X6 CM			U	673,00	\$ 5,81	\$ 3.910,13
FO12	INSTALACION			m	82,00	\$ 1,73	\$ 141,86
FO18				U	2,00	\$ 1.027,08	\$ 2.054,16
FO22				U	2,00	\$ 170,12	\$ 340,24
FO23				U	1,00	\$ 14,49	\$ 14,49
FO25	PRUEBA UNIDIRECCIONAL DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA, POR FIBRA, EN 1 VENTANA)			PTO	96,00	\$ 8,42	\$ 808,32
FO30	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX	FC-SC	G.655	m	4,20	\$ 27,49	\$ 115,46
FO33	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PREFORMADO TRES CEROS PARA CABLE ADSS			U	1118,00	\$ 6,47	\$ 7.233,46
FO36	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE RACK DE PISO ABIERTO 2,2M X 19" DE 44 UNID.			U	1,00	\$ 228,77	\$ 228,77
FO55	SUMINISTRO Y FUSIÓN DE PIGTAIL FC/PC G655 EN ODF			U	96,00	\$ 8,33	\$ 799,68
FO76	TENDIDO DE CABLE AÉREO	48 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO	ADSS G.655 (VANOS 200m)	m	72758,50	\$ 6,31	\$ 459.106,14
FO101	TENDIDO DE CABLE CANALIZADO	48 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO	G655	m	116,50	\$ 5,37	\$ 625,61
FO111	TRAZA REFLECTOMÉTRICA POR PRUEBA DE FIBRA ÓPTICA			U	96,00	\$ 0,09	\$ 8,64

FO26	SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA	U	2,00	\$ 52,63	\$ 105,26
				TOTAL	\$ 903.883,71

Fuente: Autores

Tabla VI.VI. Volumen de Obra (Canalización) Pallatanga – Cajabamba

UNIDADES DE PLANTA SIMPLE-CANALIZACIÓN					
CS3	TRIDUCTO (EN CANALIZACION EXISTENTE)	272	m	5,64	1.534,08
CS63	TAPON CIEGO PARA TRIDUCTO (1 1/4 ")	22	u	5,25	115,50
CS64	TAPON SIMPLE PARA FIBRA OPTICA (TAPON GUIA 1 1/4 ")	11	u	10,54	115,94
CS65	TAPON TRIFURCADO PARA DUCTO	11	u	32,08	352,88
SUB-TOTAL (2)					\$ 2.118,40

Fuente: Autores

Tabla VI.VII. Volumen de Obra (Redes de Acceso) Pallatanga – Cajabamba

CONSTRUCCION DE REDES DE ACCESO					
RA165	POSTE DE HORMIGON 18 mts	585	u	1.224,73	\$ 716.467,05
SUB-TOTAL (3)					\$ 716.467,05

Fuente: Autores

6.3.3. INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO

No se ha tomado en cuenta los equipos ópticos ADM, debido a que estos ya se encuentran instalados en cada una de las Centrales⁹.

Para saber la inversión total del proyecto se utiliza los volúmenes de obra de cada enlace, que se detalló anteriormente.

La inversión total que se necesita para implementar el presente proyecto de telecomunicaciones entre los tramos de Bucay-Pallatanga-Cajabamba, asciende a 2669669.49 dólares.

Tabla VI.VIII. Inversión Inicial

DESCRIPCIÓN	PARCIAL	TOTAL
Activo Fijo		2401808.7
Enlace Bucay – Pallatanga	780156.51	
Enlace Pallatanga - Cajabamba	1621652.2	
Capital de Trabajo		
Pruebas		
Gastos Indirectos		
		242654.79
Gastos de Operación		
Costos administrativos	1633.92	
	241020.87	
	25206	25206
Total de la Inversión		2669669.49

Fuente: Autores

6.4. FINANCIAMIENTO

Si la inversión total del proyecto se recuperase en un tiempo estimado de 10 años, la CNT EP financiaría el 100% con recursos propios, por su alta liquidez y poseer recursos destinados a la modernización de las Telecomunicaciones en el Ecuador.

⁹ Datos CNT Departamento de Conmutación

6.5. EGRESOS E INGRESOS

6.5.1. EGRESOS

6.5.1.1. PRESUPUESTO DE COSTO DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS ENLACES

El presupuesto de costos de la instalación y mantenimiento de los enlaces, está formado por: Pruebas (incluido la Mano de Obra Directa) y los Gastos Indirectos.

Tabla VI.IX. Costos de Instalación y Mantenimiento del Proyecto

Descripción	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
PRUEBAS											
Prueba de transmisión	1616.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Traza reflectométrica	17.28										
Total pruebas	1633.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastos Indirectos											
Energía	840	925.01	1018.62	1121.70	1235.22	1360.22	1497.88	1649.46	1816.39	2000.21	2202.63
Depreciación activos fijos	240180.87	240180.87	240180.87	240180.87	240180.87	240180.87	240180.87	240180.87	240180.87	240180.87	240180.87
Total Gastos Indirectos	241020.87	241105.88	241199.49	241302.57	241416.09	241541.09	241678.75	241830.33	241997.26	242181.08	242383.5
Total Costos Anuales	242654.79	241105.88	241199.49	241302.57	241416.09	241541.09	241678.75	241830.33	241997.26	242181.08	242383.5

Fuente: Autores

6.5.1.2. COSTOS ADMINISTRATIVOS

Los costos administrativos están constituidos por todos los egresos que tiene que efectuar la empresa, en este caso está formado por el servicio de seguridad y por el servicio de limpieza.

Tabla VI.X. Costos Administrativos

Descripción	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Servicios de seguridad	23040	25067.52	27273.46	29673.53	32284.80	35125.86	38216.93	41580.02	45239.07	49220.10	53551.47
Servicios de limpieza	2166	2356.61	2563.99	2789.62	3035.11	3302.20	3592.79	3908.96	4252.94	4627.20	5034.40
Total Gastos Administrativos	25206	27424.13	29837.45	32463.15	35319.91	38428.06	41809.72	45488.98	49492.01	53847.3	58585.87

Fuente: Autores

6.5.1.3. CAPITAL DE OPERACIÓN

El capital de operación está formado por el costo de instalación y mantenimiento de los enlaces y los costos administrativos.

Tabla VI.XI. Capital de Operación

Rubro	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Costos de Instalación y	242654.79	241105.88	241199.49	241302.57	241416.09	241541.09	241678.75	241830.33	241997.26	242181.08	242383.5
Mantenimiento de los Enlaces.	25206	27424.13	29837.45	32463.15	35319.91	38428.06	41809.72	45488.98	49492.01	53847.3	58585.87
Costos Administrativos.											
Total costos	267860.79	268530.01	271036.94	273765.72	276736	279969.15	283488.47	287319.31	291489.27	296028.38	300969.37

Fuente: Autores

6.5.2. INGRESOS

6.5.2.1. PRESUPUESTO DE INGRESOS DE TELEFONÍA FIJA

A continuación se detalla los ingresos por el servicio de telefonía fija por cada año:

Tabla VI.XII. Proyección de Ingresos de Telefonía Fija del año cero al año diez

AÑOS	TOTAL	
	TELEFONIA	INGRESOS
AÑO 0	594021.48	594021.48
AÑO 1	586987.44	586987.44
AÑO 2	579750.96	579750.96
AÑO 3	572514.48	572514.48
AÑO 4	564679.56	564679.56
AÑO 5	556596.84	556596.84
AÑO 6	548753.04	548753.04
AÑO 7	540513.24	540513.24
AÑO 8	531823.2	531823.2
AÑO 9	523380.96	523380.96
AÑO 10	514727.4	514727.4

Fuente: Autores

6.5.2.2. PRESUPUESTO DE INGRESOS DE INTERNET FIJO

A continuación se detalla los ingresos por el servicio de internet fijo por cada año:

Tabla VI.XIII. Proyección de Ingresos de Internet Fijo del año cero al año diez

AÑOS	TOTAL	
	INTERNET	INGRESOS
AÑO 0	333781.56	333781.56
AÑO 1	442705.2	442705.2
AÑO 2	550753.2	550753.2
AÑO 3	652508.52	652508.52
AÑO 4	744957.72	744957.72
AÑO 5	828248.04	828248.04
AÑO 6	901140.84	901140.84
AÑO 7	963402.24	963402.24
AÑO 8	1015997.16	1015997.16
AÑO 9	1060014.36	1060014.36
AÑO 10	1096855.32	1096855.32

Fuente: Autores

6.6. ESTADOS FINANCIEROS

6.6.1. ESTADO DE RESULTADOS

El estado de resultados nos indica las pérdidas o ganancias, es decir nos presentan los resultados en términos de utilidad neta. Ya que aquí se registran cifras positivas que se van aumentando progresivamente, como en este caso desde 494956.69 dólares en el primer año hasta 982960.01 dólares en el último año de vida del proyecto.

Tabla VLXIV. Estado de Resultados

RUBRO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
INGRESOS	927803.04	1029692.64	1130504.16	1225023	1309637.28	1384844.88	1449893.88	1503915.48	1547820.36	1583395.32	1611582.72
Telefonía Fija	594021.48	586987.44	579750.96	572514.48	564679.56	556596.84	548753.04	540513.24	531823.2	523380.96	514727.4
Internet Fijo	333781.56	442705.2	550753.2	652508.52	744957.72	828248.04	901140.84	963402.24	1015997.16	1060014.36	1096855.32
- COSTOS DE PRODUCCIÓN	242654.79	241105.88	241199.49	241302.57	241416.09	241541.09	241678.75	241830.33	241997.26	242181.08	242383.5
=Utilidad Bruta en Ventas	685148.25	788586.76	889304.67	983720.43	1068221.19	1143303.79	1208215.13	1262085.15	1305823.1	1341214.24	1369199.22
-COSTOS DE OPERACIÓN	25206	27424.13	29837.45	32463.15	35319.91	38428.06	41809.72	45488.98	49492.01	53847.3	58585.87
Costos Administrativos	25206	27424.13	29837.45	32463.15	35319.91	38428.06	41809.72	45488.98	49492.01	53847.3	58585.87
= Utilidad Operacional	659942.25	761162.63	859467.22	951257.28	1032901.28	1104875.73	1166405.41	1216596.17	1256331.09	1287366.94	1310613.35
- 15% PARTICIPACIÓN TRABAJADORES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
= Utilidad antes de Impuestos	659942.25	761162.63	859467.22	951257.28	1032901.28	1104875.73	1166405.41	1216596.17	1256331.09	1287366.94	1310613.35
- 25% IMPUESTOS	164985.56	190290.66	214866.81	237814.32	258225.32	276218.93	291601.35	304149.04	314082.77	321841.74	327653.34
= Utilidad Neta	494956.69	570871.97	644600.42	713442.96	774675.96	828656.80	874804.06	912447.13	942248.32	965525.21	982960.01

Fuente: Autores

6.7. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

6.7.1. FLUJOS DE CAJA

Los flujos de caja equivalen a la diferencia entre los ingresos operacionales y no operacionales. Mientras mayor sea el flujo neto de efectivo tendremos una buena rentabilidad económica en la empresa.

Tabla VLXV. Flujo de Caja

AÑOS	INGRESOS	COSTOS+GASTOS	COSTOS IMPUTADOS	INVERSIÓN	UTILIDAD OPERACIONAL	UTILIDAD NETA
AÑO 0	927803.04	27679.92	-	2669669.49	900123.12	494956.69
AÑO 1	1029692.64	28349.14	240180.87		761162.63	570871.97
AÑO 2	1130504.16	30856.07	240180.87		859467.22	644600.42
AÑO 3	1225023	33584.85	240180.87		951257.28	713442.96
AÑO 4	1309637.28	36555.13	240180.87		1032901.28	774675.96
AÑO 5	1384844.88	39788.28	240180.87		1104875.73	828656.80
AÑO 6	1449893.88	43307.6	240180.87		1166405.41	874804.06
AÑO 7	1503915.48	47138.44	240180.87		1216596.17	912447.13
AÑO 8	1547820.36	51308.4	240180.87		1256331.09	942248.32
AÑO 9	1583395.32	55847.51	240180.87		1287366.94	965525.21
AÑO10	1611582.72	60788.5	240180.87		1310613.35	982960.01

Fuente: Autores

6.7.2. FLUJO DE CAJA NETO

Tabla VLXVI. Flujo de Caja Neto

AÑOS	FLUJO DE INGRESOS	FLUJO DE COSTOS+GASTOS-COSTOS IMPUTADOS	INVERSIONES	FLUJO DE EGRESOS ((C+G)-CI)+INV	FLUJO NETO
AÑO 0	927803.04	27679.92	2669669.49	2697349.41	-1769546.37
AÑO 1	1029692.64	-211831.73		-211831.73	1241524.37
AÑO 2	1130504.16	-209324.8		-209324.8	1339828.96
AÑO 3	1225023	-206596.02		-206596.02	1431619.02
AÑO 4	1309637.28	-203625.74		-203625.74	1513263.02
AÑO 5	1384844.88	-200392.59		-200392.59	1585237.47
AÑO 6	1449893.88	-196873.27		-196873.27	1646767.15
AÑO 7	1503915.48	-193042.43		-193042.43	1696957.91
AÑO 8	1547820.36	-188872.47		-188872.47	1736692.83
AÑO 9	1583395.32	-184333.36		-184333.36	1767728.68
AÑO10	1611582.72	-179392.37		-179392.37	1790975.09

Fuente: Autores

6.7.3. VALOR PRESENTE NETO

El valor presente neto, nos muestra la recuperación de inversión inicial, a través de la tasa de descuento de los ingresos generados por el proyecto durante su vida útil de 10 años.

La tasa de descuento de los flujo de efectivo para este tipo de proyectos es del 3.5%, por ser empresa pública.

Como se puede notar en la tabla VI.XVII el valor presente neto nos indica que la inversión inicial es de 2669669.49 dólares y en el último año de vida del proyecto existe un excedente de 11184423.34 dólares lo cual nos da a conocer que el proyecto es rentable.

Tabla VI.XVII. Valor Presente Neto

CONCEPTO	I	FCN _t	r	(1+r) ^t	FCD	VAN
AÑO 0	0	-1769546.37	3.5%	1	-1769546.37	11184423.34
AÑO 1	1	1241524.37	3.5%	1.035	1199540.454	
AÑO 2	2	1339828.96	3.5%	1.071	1250744.671	
AÑO 3	3	1431619.02	3.5%	1.109	1291238.332	
AÑO 4	4	1513263.02	3.5%	1.148	1318721.297	
AÑO 5	5	1585237.47	3.5%	1.188	1334727.413	
AÑO 6	6	1646767.15	3.5%	1.229	1339646.138	
AÑO 7	7	1696957.91	3.5%	1.272	1333793.578	
AÑO 8	8	1736692.83	3.5%	1.317	1318864.605	
AÑO 9	9	1767728.68	3.5%	1.363	1297037.283	
AÑO 10	10	1790975.09	3.5%	1.411	1269655.936	

Fuente: Autores

6.7.4. TASA INTERNA DE RETORNO TIR

La Tasa Interna de Retorno, permite medir la rentabilidad del proyecto en porcentajes y constituye la máxima tasa de exigible cuando el Valor Actual Neto se hace cero.

La tasa interna de retorno para el proyecto en análisis es del 76.264378% esta tasa es atractiva si se la compara con la tasa de descuento que es el 3.5%. Como la TIR es superior a la tasa de descuento se acepta el estudio planteado ya que permitirá la recuperación de la inversión.

Tabla VI.XVIII. TIR

CONCEPTO	I	FCN _t	TIR	(1+r) ^t	FCD	VAN
AÑO 0	0	-1769546.37	76.264378%	1	-1769546.37	-0.000
AÑO 1	1	1241524.37	76.26438%	1.763	704353.531	
AÑO 2	2	1339828.96	76.26438%	3.107	431241.209	
AÑO 3	3	1431619.02	76.26438%	5.476	261416.985	
AÑO 4	4	1513263.02	76.26438%	9.653	156767.563	
AÑO 5	5	1585237.47	76.26438%	17.015	93169.028	
AÑO 6	6	1646767.15	76.26438%	29.991	54909.170	

AÑO 7	7	1696957.91	76.26438%	52.863	32101.047	
AÑO 8	8	1736692.83	76.26438%	93.179	18638.312	
AÑO 9	9	1767728.68	76.26438%	164.241	10763.032	
AÑO 10	10	1790975.09	76.26438%	289.498	6186.486	

Fuente: Autores

6.7.5. RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C)

La relación beneficio/costo permite hacer la comparación entre el valor actual de los beneficios proyectados con el valor actual de los costos incluido la inversión, es decir indica el rendimiento, en términos de valor actual neto, que genera el proyecto por cada unidad monetaria invertida en el proyecto.

La relación beneficio/costo se calcula a través de la siguiente formula:

$$B/C = \frac{\text{Ingresos Actualizados}}{\text{Egresos Actualizados}}$$

Tabla VI.XIX. Relación B/C

CONCEPTO	i	FCN _i	R	(1+r) ⁱ	FCD	VAN
AÑO 0	0	-1769546.37	3.5%	1	-1769546.37	11184423.34
AÑO 1	1	1241524.37	3.5%	1.035	1199540.454	
AÑO 2	2	1339828.96	3.5%	1.071	1250744.671	
AÑO 3	3	1431619.02	3.5%	1.109	1291238.332	
AÑO 4	4	1513263.02	3.5%	1.148	1318721.297	
AÑO 5	5	1585237.47	3.5%	1.188	1334727.413	
AÑO 6	6	1646767.15	3.5%	1.229	1339646.138	
AÑO 7	7	1696957.91	3.5%	1.272	1333793.578	
AÑO 8	8	1736692.83	3.5%	1.317	1318864.605	
AÑO 9	9	1767728.68	3.5%	1.363	1297037.283	
AÑO 10	10	1790975.09	3.5%	1.411	1269655.936	

Fuente: Autores

$$B/C = \frac{12953969.71}{1769546.37}$$

$$B/C = 7.32$$

6.7.6. PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

El periodo de recuperación de la inversión, permite saber en cuánto tiempo se va a recuperar la inversión total inicial del proyecto.

Tabla VI.XX. PRI

PERIODO DE RECUPERACIÓN		
AÑO	FLUJO ANUAL	FLUJO ACUMULADO
AÑO 0	-1769546.37	-1769546.37
AÑO 1	1241524.37	-528022
AÑO 2	1339828.96	811806.96
AÑO 3	1431619.02	2243425.98
AÑO 4	1513263.02	3756689
AÑO 5	1585237.47	5341926.47
AÑO 6	1646767.15	6988693.62
AÑO 7	1696957.91	8685651.53
AÑO 8	1736692.83	10422344.36
AÑO 9	1767728.68	12190073.04
AÑO 10	1790975.09	13981048.13

Fuente: autores

$$\text{Años} = \frac{528022}{811806.96 - (-528022)}$$

$$\text{Años} = 0.394$$

$$\text{Meses} = 0.394 \times 12 = 4.729$$

$$\text{Días} = 0.729 \times 30 = 21.87$$

El periodo de recuperación de la inversión, del proyecto en análisis será de 1 año 4 meses y 21.87 días.

CONCLUSIONES

1. El uso de la fibra óptica como medio de transporte, permite alcanzar grandes distancias sin uso de equipos repetidores, ya que mediante los cálculos respectivos se llegó que a determinar que la máxima distancia que puede alcanzar un enlace diseñado para nuestros requerimientos es de aproximadamente 96Km.
2. La tecnología SDH es el referente para implementar enlaces ópticos, ya permite efectuar diseños de redes sumamente robustas, con alta escalabilidad a bajos costos y facilidad de implementación.
3. El multiplexor Huawei OSN 3500 seleccionado por la CNT para interconexión de enlaces de Fibra Óptica permitirá cubrir la demanda futura de los servicios de telecomunicaciones

ofertados e inclusive permitirá la inclusión de nuevos servicios que demandan gran capacidad de transporte.

4. La tecnología STM-1 actualmente implementada en el enlace de Microonda entre Pallatanga y Cajabamba, cumple a cabalidad la demanda de tráfico requerida por las poblaciones objeto de nuestro estudio, por lo tanto la implementación de un enlace STM-4, como lo recomienda la CNT, abastecerá muchos más requerimientos de servicios e incremento de usuarios en la red de telecomunicaciones de la Provincia de Chimborazo.
5. Mediante los datos obtenidos de la capacidad instalada en las Centrales de Bucay, Pallatanga y Cajabamba, se pudo determinar la proyección de la demanda y la proyección de tráfico a diez años, para realizar el respectivo dimensionamiento del canal de transmisión requerido para cada enlace.
6. El estándar G.655, indica que el enlace óptico entre Bucay, Pallatanga y Cajabamba, es la aplicación idónea de este tipo de fibra, ya que presenta baja atenuación y dispersión en la tercera ventana a 1550nm, con distancias de referencia límites de 96 Km, sin necesidad de equipos repetidores.
7. Los parámetros especificados en el código L-4.2 del estándar G.957 para enlaces tipo STM-4, nos permitió verificar que los datos obtenidos en cálculos son reales al comprobarlos en la simulación de cada enlace.
8. El resultado de las encuestas realizadas a las poblaciones de Bucay, Pallatanga y Cajabamba, permitió estimar el ingreso promedio mensual de telefonía fija para Bucay, Pallatanga y Cajabamba es de 19.91\$, 16.87\$, 16,13\$ respectivamente, para internet fijo es de 48.65\$, 49.30\$, 30.46% respectivamente, permitiendo realizar el estudio económico respectivo.

9. Al analizar las encuestas, se pudo comprobar que el nivel de satisfacción del servicio de telefonía fija es positivo, mientras que el grado de satisfacción de internet fijo es más bajo que el de telefonía, pero es positivo.

10. El diseño del tramo de fibra óptica entre las centrales de Bucay, Pallatanga y Cajabamba, mediante las recomendaciones de los estándares G.655, G.957 y las especificaciones del fabricante escogido, es óptimo, ya que cumple con todos los parámetros técnicos analizados de la fibra NZDS.

11. De acuerdo al estudio económico realizado para el diseño propuesto se obtuvo resultados en donde se puede apreciar que el VAN es positivo, la relación B/C es mayor que 1 y el PRI es muy corto; es decir que la inversión inicial se recupera en su totalidad en un tiempo aceptable, por lo que se puede afirmar que este proyecto es rentable para la empresa.

RECOMENDACIONES

1. Para la toma de datos georreferenciados se recomienda el uso de un equipo GPS de alto rendimiento, para que las coordenadas de cada punto de los enlaces sea lo más preciso posible y la respuesta del equipo en cuanto a la rapidez de adquisición de datos sea inmediata.
2. Analizar detenidamente los parámetros de los estándares rectores de las comunicaciones por fibra óptica, ya que de las recomendaciones vigentes depende la selección correcta de los equipos a utilizar.
3. Ingresar correctamente los datos de configuración del receptor óptico, ya que si no se ubica adecuadamente los datos del ruido térmico, puede dar resultados no deseados en las herramientas de visualización del simulador.
4. Colocar el valor de la frecuencia de corte correcto del filtro a la salida del enlace simulado, debido a que el RF Spectrum Analyzer de Optisystem puede generar un espectro erróneo, por ende darnos datos de atenuación no válidos.
5. Se debe seleccionar los equipos con capacidad de escalabilidad para cubrir la demanda actual y futuros planes de expansión de servicios, que es la tendencia de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

RESUMEN

Estudio y Diseño del Enlace Óptico del tramo Bucay-Pallatanga-Cajabamba para cerrar el Anillo Óptico Provincial de Chimborazo basado en el estándar G.655 para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública con la finalidad de mejorar la infraestructura de telecomunicaciones que posee actualmente la empresa.

Utilizando el método científico de la investigación se realizó los diseños de planta externa y cálculos de ingeniería de tráfico respectivos para estos enlaces de fibra óptica para cada central telefónica inmersa en nuestro estudio. La adquisición de datos necesarios para diseño de planimetría lo adquirimos mediante la utilización de GPS y AutoCAD.

Para dimensionar el tráfico de datos se siguió las recomendaciones del organismo rector de telecomunicaciones Unión Internacional de Telecomunicaciones, específicamente la recomendación G.655 y G.957 y el uso de OptiSystem.

Los resultados obtenidos mediante cálculos realizados y a través de simulación de cada enlace óptico son: para Bucay-Pallatanga una potencia recibida en el receptor de -14.2 dBm, para Pallatanga-Cajabamba una potencia recibida en el receptor de -21.9 dBm.

Concluimos que el enlace óptico del tramo Bucay-Pallatanga-Cajabamba debe utilizar la fibra monomodo siguiendo las recomendaciones G.655 y G.957 con tecnología Jerarquía Digital Síncrona y usando enlaces tipo STM-4

Recomendamos a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones implementar el enlace óptico porque realizando el análisis económico, se pudo determinar la factibilidad del proyecto y su inversión total se recupera en plazo de un año cuatro meses.

SUMMARY

This investigation was carried out to Study and Design of optical link Bucay-Pallatanga-Cajabamba section to close from Chimborazo provincial optical ring, based on the G.655 standard for National Telecommunications Corporation, Public Company in order to improve the telecommunications infrastructure that currently owns the company.

Using the scientific method of research was conducted outside plant designs and traffic engineering calculations for these respective fiber optic links for each telephone immersed in our study.

The acquisition data required for mapping design we acquired through the use AutoCAD and GPS.

To measure data traffic followed the recommendation of the governing body telecommunications specifically G.655 and G.957 recommendation and use OptiSystem.

The results obtained by calculations and through each optical link simulation are: for Bucay-Pallatanga received power at the receiver of -14.2 dBm, to Pallatanga-Cajabamba received power at the receiver of -21.9 dBm.

It conclude that, the optical line link Bucay-Pallatanga-Cajabamba singlemode fiber should be used as recommended by G.655 and G.957 with technology and using Synchronous Digital Hierarchy type STM-4 links.

Finally, it recommends to the National Telecommunications Corporation to implement the optical link for performing economic analysis, it was determined the feasibility of the project and its total investment is recovered within one year four months.

BIBLIOGRAFÍA

- 1_ **ALARCÓN, V y MARTÍNEZ J.**, Introducción a Redes MPLS., 1ra Edición., España., El Cid Editor., 2010., 657p.
- 2_ **BLACK, U.**, Frame Relay Networks., Second Edition., New York., McGraw-Hill., 1996., 497p.
- 3_ **BLANCO, A.**, Formulación y Evaluación de Proyectos., 2da Edición., España., Edisofer., 2005., 446p.
- 4_ **HIDROBO, J y MILLAN, R.**, Redes de Datos y Convergencia IP., 2da Edición., s.l., Editorial Alfaomega., 2007., 343p.
- 5_ **MURRAY, S.**, Estadística., 2da Edición., Madrid., McGraw-Hill., 1997., 546p.
- 6_ **SATTÁROV, D.K.**, Fibra Óptica., 1ra Edición., Moscú., Editorial Mir., 1997., Pp. 11-83.
- 7_ **SEGURA, R y CABALLERO, J.**, Redes basadas en PDH, SDH y ATM., 1ra Edición., Madrid., L&M Data Communications., 2000., 110p.

- 8._STALLINGS, W.,** Data and Computer Communications., 8va Edition.,
New Jersey., Pearson Prentice Hall., 2007., Pp. 62 – 655.
- 9._TOMASI, W.,** Sistemas de Comunicaciones Electrónicas., 4ta Edición.,
Naucalpán de Juárez., Pearson Educación., 2003., Pp. 703 – 808.
- 10._TORRES, C y VÁSQUEZ, L.,** Fibras Ópticas., 1ra Edición., Barcelona.,
Springer Verlag., 2009., 134p.
- 11._LAPORTA, L.,** Problemas de Teletráfico., 1ra Edición., España., Universidad
Politécnica de Valencia., 2004., 252p.
- 12._SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO.,** Plan Nacional
para el Buen Vivir., 2da Edición., Quito., s.e., 2009., Pp. 63 – 65.
- 13._DEPARTAMENTO DE PROYECTOS Y DISEÑO DE ACCESOS.,** Inducción De Fibra
Óptica., Corporación Nacional de Telecomunicaciones., Riobamba., 2009.,
75p.
- 14._DEPARTAMENTO DE PROYECTOS Y DISEÑO DE ACCESOS.,** Inducción De Redes
De Planta Externa., Corporación Nacional de Telecomunicaciones.,
Riobamba., 2009., 75p.
- 15._DEPARTAMENTO DE PROYECTOS Y DISEÑO DE ACCESOS.,** Normas Técnicas
Para Dibujo De Planta Externa., Corporación Nacional de Telecomunicaciones.,
Riobamba., 2009., 75p.

16._RECOMENDACIÓN DE LA ITU G.655., Características de fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula.

17._RECOMENDACIÓN DE LA UIT G.957., Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona.

18._ELIZALDE, L y GALLEGOS, A., Estudio y diseño de la red de telecomunicaciones mediante el uso de Access Media Gateway para el sector norte de Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Ing. Elect y Comp., Riobamba., **TESIS.**, 2010., 170p.

19._LATACUNGA, C., Estudio de los mecanismos de protección y restauración de las redes de nueva generación basadas en MPLS., Escuela politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Ing. Electrónico., Quito., **TESIS.**, 2009., Pp 14-30.

20._SALTOS, A., Diseño de una red troncal de fibra óptica que enlace los poblados que se encuentran a lo largo de la carretera Ibarra San Lorenzo, teniendo como nodo central a la población de Lita, para brindar servicios IP y Tv por suscripción., Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Ing. Electrónica. y Tel., Quito., **TESIS.**, 2011., 144p.

21._DEMANDA DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

<http://www.cnt.com.ec/>

2013 - 05 - 09

22._ORGANISMOS RECTORES DE LAS TELECOMUNICACIONES

<http://www.eciaonline.org/eiastandards/>

<http://www.tiaonline.org/>

<http://www.ansi.org/>

2013 - 06 - 10

23._CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DEL ENLACE ÓPTICO

<http://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>

2013 - 07 - 14

24._SELECCION DE EQUIPOS DE MULTIPLEXACIÓN

http://www.datatel-ural.ru/huawei_docs/OSN_1500_2500_3500.pdf

2013 - 09 - 14

ANEXOS

ANEXO 1



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES

Central:

ENCUESTA

INSTRUCCIONES:

- *Lea detenidamente las preguntas y conteste de forma clara y precisa.*
- *Marque con una X su respuesta en el paréntesis respectivo.*

Edad:

1. **Dispone de servicio de telefonía fija en su hogar**
 - a) Sí
 - b) No
2. **Cuál es su actual proveedor del servicio de telefonía fija**
 - a) CNT
 - b) Claro
 - c) Linkotel
 - d) Etapa
 - e) Otro (.....)
3. **Cuál es la categoría del servicio de telefonía contratado actualmente**
 - a) Popular ()
 - b) Residencial ()
 - c) Comercial ()
4. **En caso de que su proveedor de telefonía fija sea CNT, Cuál es en promedio el valor que paga mensualmente por el uso de telefonía fija.**
..... \$
5. **Dispone de un plan de Internet contratado.**
 - a) Sí ()
 - b) No ()

6. Si posee un plan de Internet contratado, ¿Su actual proveedor de es CNT?

- a) Sí ()
- b) No ()

7. En caso de que su proveedor de Internet sea CNT, Cuál es su plan de Internet contratado.

Planes Internet FijoFastBoy

- 2 Mbps ()
- 3 Mbps ()
- 4 Mbps ()
- 6 Mbps ()
- 10 Mbps ()
- 15 Mbps ()

Planes Internet Corporativo

- Corporativo Plus 512 Kbps ()
- Corporativo Plus 1 Mbps ()
- Corporativo Plus 2 Mbps ()
- Corporativo Plus 3-5 Mbps ()
- Corporativo Plus 6-10 Mbps ()
- Corporativo Plus 11-20 Mbps ()
- Corporativo Plus 21-45 Mbps ()
- Corporativo Plus 46-60 Mbps ()
- Corporativo Plus 61 Mbps o más ()

8. Se siente usted satisfecho con el servicio de telefonía fija que le brinda su actual proveedor.

- a) Sí ()
- b) No ()

En caso de que su respuesta sea NO, indique cual es el motivo de su insatisfacción:.....

9. Se siente usted satisfecho con el servicio de Internet que le brinda su actual proveedor.

- a) Sí ()
- b) No ()

En caso de que su respuesta sea NO, indique cual es el motivo de su insatisfacción:.....

ANEXO 2

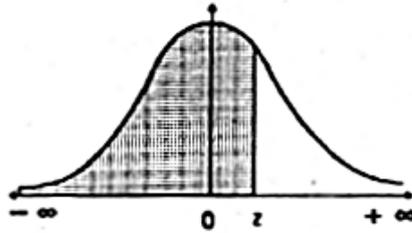
TABLAS ERLANG

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
52	38.639	39.024	39.376	39.700	42.124	43.852	46.533	51.726	60.985	84.317	52
53	39.526	39.916	40.273	40.602	43.060	44.813	47.534	52.808	62.224	85.981	53
54	40.414	40.810	41.171	41.505	43.997	45.776	48.536	53.891	63.463	87.645	54
55	41.303	41.705	42.071	42.409	44.936	46.739	49.539	54.975	64.702	89.310	55
56	42.194	42.601	42.972	43.315	45.875	47.703	50.543	56.059	65.942	90.974	56
57	43.087	43.499	43.875	44.222	46.816	48.669	51.548	57.144	67.181	92.639	57
58	43.980	44.398	44.778	45.130	47.758	49.635	52.553	58.229	68.421	94.303	58
59	44.875	45.298	45.683	46.033	48.700	50.602	53.559	59.315	69.662	95.968	59
60	45.771	46.199	46.589	46.950	49.644	51.570	54.566	60.401	70.902	97.633	60
61	46.669	47.102	47.497	47.861	50.589	52.539	55.573	61.488	72.143	99.297	61
62	47.567	48.005	48.405	48.774	51.534	53.508	56.581	62.575	73.384	100.96	62
63	48.467	48.910	49.314	49.688	52.481	54.478	57.590	63.663	74.625	102.63	63
64	49.368	49.816	50.225	50.603	53.428	55.450	58.599	64.750	75.866	104.29	64
65	50.270	50.723	51.137	51.518	54.376	56.421	59.609	65.839	77.108	105.96	65
66	51.173	51.631	52.049	52.435	55.325	57.394	60.619	66.927	78.350	107.62	66
67	52.077	52.540	52.963	53.353	56.275	58.367	61.630	68.016	79.592	109.29	67
68	52.982	53.450	53.877	54.272	57.226	59.341	62.642	69.106	80.834	110.95	68
69	53.888	54.361	54.793	55.191	58.177	60.316	63.654	70.196	82.076	112.62	69
70	54.795	55.273	55.709	56.112	59.129	61.291	64.667	71.286	83.318	114.28	70
71	55.703	56.186	56.626	57.033	60.082	62.267	65.680	72.376	84.561	115.95	71
72	56.612	57.099	57.545	57.956	61.036	63.244	66.694	73.467	85.803	117.61	72
73	57.522	58.014	58.464	58.879	61.990	64.221	67.708	74.558	87.046	119.28	73
74	58.432	58.930	59.384	59.803	62.945	65.199	68.723	75.649	88.289	120.94	74
75	59.344	59.846	60.304	60.728	63.900	66.177	69.738	76.741	89.532	122.61	75
76	60.256	60.763	61.226	61.653	64.857	67.156	70.753	77.833	90.776	124.27	76
77	61.169	61.681	62.148	62.579	65.814	68.136	71.769	78.925	92.019	125.94	77
78	62.083	62.600	63.071	63.506	66.771	69.116	72.786	80.018	93.262	127.61	78
79	62.998	63.519	63.995	64.434	67.729	70.096	73.803	81.110	94.506	129.27	79
80	63.914	64.439	64.919	65.363	68.688	71.077	74.820	82.203	95.750	130.94	80
81	64.830	65.360	65.845	66.292	69.647	72.059	75.838	83.297	96.993	132.60	81
82	65.747	66.282	66.771	67.222	70.607	73.041	76.856	84.390	98.237	134.27	82
83	66.665	67.204	67.697	68.152	71.568	74.024	77.874	85.484	99.481	135.93	83
84	67.583	68.128	68.625	69.084	72.529	75.007	78.893	86.578	100.73	137.60	84
85	68.503	69.051	69.553	70.016	73.490	75.990	79.912	87.672	101.97	139.26	85
86	69.423	69.976	70.481	70.948	74.452	76.974	80.932	88.767	103.21	140.93	86
87	70.343	70.901	71.410	71.881	75.415	77.959	81.952	89.861	104.46	142.60	87
88	71.264	71.827	72.340	72.815	76.378	78.944	82.972	90.956	105.70	144.26	88
89	72.186	72.753	73.271	73.749	77.342	79.929	83.993	92.051	106.95	145.93	89
90	73.109	73.680	74.202	74.684	78.306	80.915	85.014	93.146	108.19	147.59	90
91	74.032	74.608	75.134	75.620	79.271	81.901	86.035	94.242	109.44	149.26	91
92	74.956	75.536	76.066	76.556	80.236	82.888	87.057	95.338	110.68	150.92	92
93	75.880	76.465	76.999	77.493	81.201	83.875	88.079	96.434	111.93	152.59	93
94	76.805	77.394	77.932	78.430	82.167	84.862	89.101	97.530	113.17	154.26	94
95	77.731	78.324	78.866	79.368	83.134	85.850	90.123	98.626	114.42	155.92	95
96	78.657	79.255	79.801	80.306	84.100	86.838	91.146	99.722	115.66	157.59	96
97	79.584	80.186	80.736	81.245	85.068	87.826	92.169	100.82	116.91	159.25	97
98	80.511	81.117	81.672	82.184	86.035	88.815	93.193	101.92	118.15	160.92	98
99	81.439	82.050	82.608	83.124	87.003	89.804	94.216	103.01	119.40	162.59	99
100	82.367	82.982	83.545	84.064	87.972	90.794	95.240	104.11	120.64	164.25	100
101	83.295	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
n	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	n

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
102	84.225	84.849	85.419	85.946	89.910	92.774	97.289	106.30	123.13	167.58	102
103	85.155	85.783	86.357	86.888	90.880	93.765	98.314	107.40	124.38	169.25	103
104	86.086	86.718	87.296	87.830	91.850	94.756	99.339	108.50	125.63	170.91	104
105	87.017	87.653	88.235	88.773	92.821	95.747	100.36	109.60	126.87	172.58	105
106	87.948	88.589	89.175	89.716	93.791	96.738	101.39	110.70	128.12	174.25	106
107	88.880	89.525	90.115	90.660	94.763	97.730	102.42	111.79	129.36	175.91	107
108	89.812	90.462	91.055	91.604	95.734	98.722	103.44	112.89	130.61	177.58	108
109	90.745	91.399	91.996	92.548	96.706	99.715	104.47	113.99	131.86	179.24	109
110	91.678	92.336	92.937	93.493	97.678	100.71	105.49	115.09	133.10	180.91	110
111	92.612	93.274	93.879	94.438	98.651	101.70	106.52	116.19	134.35	182.58	111
112	93.546	94.212	94.821	95.384	99.624	102.69	107.55	117.29	135.59	184.24	112
113	94.481	95.151	95.764	96.330	100.60	103.69	108.57	118.39	136.84	185.91	113
114	95.416	96.090	96.707	97.277	101.57	104.68	109.60	119.49	138.09	187.57	114
115	96.352	97.030	97.650	98.223	102.54	105.68	110.63	120.58	139.33	189.24	115
116	97.287	97.970	98.594	99.171	103.52	106.67	111.66	121.68	140.58	190.91	116
117	98.224	98.910	99.538	100.12	104.49	107.66	112.69	122.78	141.83	192.57	117
118	99.160	99.851	100.48	101.07	105.47	108.66	113.71	123.88	143.07	194.24	118
119	100.10	100.79	101.43	102.01	106.44	109.66	114.74	124.98	144.32	195.91	119
120	101.04	101.73	102.37	102.96	107.42	110.65	115.77	126.08	145.57	197.57	120
121	101.97	102.68	103.32	103.91	108.39	111.65	116.80	127.18	146.81	199.24	121
122	102.91	103.62	104.26	104.86	109.37	112.64	117.83	128.28	148.06	200.90	122
123	103.85	104.56	105.21	105.81	110.35	113.64	118.86	129.38	149.31	202.57	123
124	104.79	105.50	106.16	106.76	111.32	114.64	119.89	130.48	150.55	204.24	124
125	105.73	106.45	107.10	107.71	112.30	115.63	120.92	131.58	151.80	205.90	125
126	106.67	107.39	108.05	108.66	113.28	116.63	121.95	132.68	153.05	207.57	126
127	107.61	108.34	109.00	109.61	114.25	117.63	122.98	133.78	154.29	209.23	127
128	108.55	109.28	109.95	110.57	115.23	118.62	124.01	134.88	155.54	210.90	128
129	109.49	110.22	110.90	111.52	116.21	119.62	125.04	135.99	156.79	212.57	129
130	110.43	111.17	111.85	112.47	117.19	120.62	126.07	137.09	158.03	214.23	130
131	111.37	112.12	112.79	113.42	118.17	121.62	127.10	138.19	159.28	215.90	131
132	112.31	113.06	113.74	114.38	119.15	122.62	128.13	139.29	160.53	217.57	132
133	113.26	114.01	114.69	115.33	120.12	123.61	129.16	140.39	161.77	219.23	133
134	114.20	114.95	115.64	116.28	121.10	124.61	130.19	141.49	163.02	220.90	134
135	115.14	115.90	116.59	117.24	122.08	125.61	131.22	142.59	164.27	222.56	135
136	116.09	116.85	117.54	118.19	123.06	126.61	132.25	143.69	165.52	224.23	136
137	117.03	117.80	118.50	119.14	124.04	127.61	133.28	144.80	166.76	225.90	137
138	117.97	118.74	119.45	120.10	125.02	128.61	134.32	145.90	168.01	227.56	138
139	118.92	119.69	120.40	121.05	126.00	129.61	135.35	147.00	169.26	229.23	139
140	119.86	120.64	121.35	122.01	126.98	130.61	136.38	148.10	170.50	230.90	140
141	120.81	121.59	122.30	122.96	127.97	131.61	137.41	149.20	171.75	232.56	141
142	121.75	122.54	123.26	123.92	128.95	132.61	138.44	150.30	173.00	234.23	142
143	122.70	123.49	124.21	124.88	129.93	133.61	139.48	151.41	174.25	235.89	143
144	123.64	124.44	125.16	125.83	130.91	134.61	140.51	152.51	175.49	237.56	144
145	124.59	125.39	126.11	126.79	131.89	135.61	141.54	153.61	176.74	239.23	145
146	125.54	126.34	127.07	127.75	132.87	136.61	142.57	154.71	177.99	240.89	146
147	126.48	127.29	128.02	128.70	133.86	137.61	143.61	155.82	179.24	242.56	147
148	127.43	128.24	128.98	129.66	134.84	138.61	144.64	156.92	180.48	244.23	148
149	128.38	129.19	129.93	130.62	135.82	139.62	145.67	158.02	181.73	245.89	149
150	129.32	130.14	130.88	131.58	136.80	140.62	146.71	159.12	182.98	247.56	150
151	130.27	131.09	131.84	132.53	137.79	141.62	147.74	160.23	184.23	249.22	151
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

ANEXO 3

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN NORMAL N(0;1)



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99897	0.99900
3.1	0.99903	0.99906	0.99909	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99959	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989
3.7	0.99989	0.99990	0.99990	0.99990	0.99991	0.99991	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994	0.99994	0.99994	0.99995	0.99995	0.99995
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99997	0.99997
4.0	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99998	0.99998	0.99998	0.99998

Nota: En el interior de la tabla se da la probabilidad de que la variable aleatoria Z, con distribución N(0;1), esté por debajo del valor z.

ANEXO 4

DATOS RECOMENDADOS PARA ENLACES TIPO STM-4, EXTRAIDOS DEL ESTÁNDAR ITU-T G.957

UI Intervalo unitario (*unit interval*)
WDM Multiplexación por división en longitud de onda (*wavelength-division multiplexing*)

5 Clasificación de las interfaces ópticas

Cabe esperar que se utilicen cables de fibra óptica en los sistemas basados en la SDH para el transporte intercentrales entre estaciones y en las operaciones intracentrales para la conexión de los diversos equipos ubicados en una misma estación. Mediante la adecuada combinación de transmisores y receptores pueden obtenerse balances de potencia para los sistemas de línea de fibra óptica optimizados, en términos de atenuación/dispersión y costes con respecto a las diversas aplicaciones. Sin embargo, para simplificar el desarrollo de los sistemas con compatibilidad transversal, conviene limitar el número de categorías de aplicaciones y los correspondientes conjuntos de especificaciones de interfaces ópticas para la normalización.

Como se muestra en el cuadro 1, en la presente Recomendación se contemplan tres amplias categorías de aplicación:

- intracentrales, correspondiente a distancias de interconexiones inferiores a 2 km aproximadamente;
- intercentrales a corta distancia, correspondiente a distancias de interconexión de 15 km aproximadamente;
- intercentrales a larga distancia, correspondiente a distancias de interconexión de 40 km aproximadamente en la ventana de 1310 nm y de 80 km aproximadamente en la ventana de 1550 nm.

Cuadro 1/G.957 – Clasificación de las interfaces ópticas basada en la aplicación e indicando los códigos de aplicación

Aplicación	Intracentrales	Intercentrales					
		Corta distancia		Larga distancia			
Longitud de onda nominal de la fuente (nm)	1310	1310	1550	1310	1550		
Tipo de fibra	G.652	G.652	G.652	G.652	G.652 G.654	G.653	
Distancia (km) ^{a)}	≤ 2	– 15		– 40	– 80		
Nivel STM	STM-1	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3
	STM-4	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3
	STM-16	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3

^{a)} Estas distancias objetivo se utilizan a efectos de clasificación y no de especificación. La designación de los tipos de fibra en los códigos de aplicación, no anulará la posibilidad de aplicar el conjunto de parámetros ópticos de esta Recomendación a los sistemas monocanales de la fibra G.655.

Dentro de cada categoría es posible considerar la utilización de fuentes de 1310 nm nominales en fibras ópticas conformes a la Rec. UIT-T G.652 o fuentes de 1550 nm en fibras ópticas conformes a las Recs. UIT-T G.652, G.653 o G.654. La presente Recomendación trata ambas posibilidades para las dos aplicaciones intercentrales y considera únicamente las fuentes de 1310 nm nominales para la aplicación intracentrales en fibras ópticas conformes a la Rec. UIT-T G.652. Dado que las características globales del sistema y los valores especificados de los parámetros ópticos dependen generalmente de la velocidad binaria del sistema, conviene clasificar las interfaces ópticas de la

Cuadro 3/G.957 – Parámetros especificados para las interfaces ópticas STM-4

	Unidad	Valores						
		STM-4 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.707/Y.1322 622 080						
Señal digital								
Velocidad binaria nominal	kbit/s							
Código de aplicación (cuadro 1)		I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1		L-4.2	L-4.3
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1261 ^{a)} -1360	1293-1334/ 1274-1356	1430-1580	1300-1325/ 1296-1330	1280-1335	1480-1580	1480-1580
Transmisor en el punto de referencia S								
Tipo de fuente		MLM LED	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM	SLM
Características espectrales:								
– anchura RMS máxima (σ)	nm	14,5 35	4/2,5	–	2,0/1,7	–	–	–
– anchura a –20 dB máxima	nm	– –	–	1	–	1	< 1 ^{b)}	1
– relación de supresión demodo lateral mínima	dB	– –	–	30	–	30	30	30
Potencia inyectada media:								
– máxima	dBm	–8	–8	–8	+2	+2	+2	+2
– mínima	dBm	–15	–15	–15	–3	–3	–3	–3
Relación de extinción mínima	dB	8,2	8,2	8,2	10	10	10	10
Trayecto óptico entre S y R								
Gama de atenuación ^{b)}	dB	0-7	0-12	0-12	10-24	10-24	10-24	10-24
Dispersión máxima	ps/nm	13 14	46/74	NA	92/109 NA	1600	NA	NA
Pérdida de retorno óptico mínima de la planta de cable en el punto S, incluidos todos los conectores	dB	NA	NA	24	20	24	20	20
Reflectancia discreta máxima entre S y R	dB	NA	NA	–27	–25	–27	–25	–25
Receptor en el punto de referencia R								
Sensibilidad mínima ^{b)}	dBm	–23	–28	–28	–28	–28	–28	–28
Sobrecarga mínima	dBm	–8	–8	–8	–8	–8	–8	–8
Penalización máxima en el trayecto óptico	dB	1	1	1	1	1	1	1
Reflectancia máxima del receptor medida en el punto R	dB	NA	NA	–27	–14	–27	–14	–14
^{a)} Algunas Administraciones pueden requerir un límite de 1270 nm. ^{b)} Véase la cláusula 6.								

Cuadro 4/G.957 – Parámetros especificados para las interfaces ópticas STM-16

	Unidad	Valores					
Señal digital		STM-16 de acuerdo con la Rec. UIT-T G.707/Y.1322					
Velocidad binaria nominal	kbit/s	2 488 320					
Código de aplicación (cuadro 1)		I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
Gama de longitudes de onda de funcionamiento	nm	1266 ^{a)} -1360	1260 ^{a)} -1360	1430-1580	1280-1335	1500-1580	1500-1580
Transmisor en el punto de referencia S							
Tipo de fuente		MLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
Características espectrales:							
– anchura RMS máxima (σ)	nm	4	–	–	–	–	–
– anchura a –20 dB máxima	nm	–	1	< 1 ^{b)}	1	< 1 ^{b)}	< 1 ^{b)}
– relación de supresión de modo lateral mínima	dB	–	30	30	30	30	30
Potencia inyectada media:							
– máxima	dBm	–3	0	0	+3	+3	+3
– mínima	dBm	–10	–5	–5	–2	–2	–2
Relación de extinción mínima	dB	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Trayecto óptico entre S y R							
Gama de atenuación ^{c)}	dB	0-7	0-12	0-12	12-24 ^{d)}	12-24 ^{d)}	12-24 ^{d)}
Dispersión máxima en el límite superior de la longitud de onda	ps/nm	12 ^{c)}	NA	800 ^{c)}	NA	1600 ^{c)}	450 ^{c)}
Dispersión máxima en el límite inferior de la longitud de onda	ps/nm	12 ^{c)}	NA	420 ^{c)}	NA	1200 ^{c)}	450 ^{c)}
Pérdida de retorno óptico mínima de la planta de cable en el punto S, incluidos todos los conectores	dB	24	24	24	24	24	24
Reflectancia discreta máxima entre S y R	dB	–27	–27	–27	–27	–27	–27
Receptor en el punto de referencia R							
Sensibilidad mínima ^{d)}	dBm	–18	–18	–18	–27	–28	–27
Sobrecarga mínima	dBm	–3	0	0	–9	–9	–9
Penalización máxima en el trayecto óptico	dB	1	1	1	1	2	1
Reflectancia máxima del receptor medida en el punto R	dB	–27	–27	–27	–27	–27	–27
^{a)} Algunas Administraciones pueden requerir un límite de 1270 nm. ^{b)} Véase la cláusula 6. ^{c)} Para longitudes de onda situadas entre los límites superior e inferior de la longitud de onda, la dispersión máxima se interpola linealmente entre los valores dados para ambos extremos. De ser ambos valores máximos idénticos, dicho valor debe aplicarse a todo el intervalo. ^{d)} Algunas Administraciones pueden requerir una atenuación mínima de 10 dB en lugar de 12 dB, para lo cual es necesario disminuir la potencia de salida máxima del transmisor, o aumentar la sobrecarga mínima del receptor, o una combinación de ambos métodos.							

ANEXO 5

DATOS Y TABLAS EXTRAIDAS DEL ESTÁNDAR ITU-T G.655

Table 2, "G.655.D Attribute", defines the chromatic dispersion coefficient requirements as a pair of bounding curves versus wavelength for wavelengths from 1460 nm to 1625 nm. For wavelengths greater than 1530 nm, the dispersion is positive and of sufficient magnitude to suppress most non-linear impairments. For these wavelengths, the applications mentioned in Table 1 are supported. For wavelengths less than 1530 nm, the dispersion crosses zero, but the fibre can be used to support CWDM applications at channels from 1471 nm and higher.

Table 3, "G.655.E Attribute", defines the chromatic dispersion requirements in the same style as Table 2, but has higher values which can be important for some systems, e.g., for those with the smallest channel spacings. The applications mentioned in Table 1 are supported. Fibres meeting these requirements are positive and non-zero at wavelengths above 1460 nm.

NOTE – Many submarine applications can utilize these fibres. For some submarine applications, the full optimization can lead to choosing different limits than are found here. One example could be to allow cable cut-off wavelength values as high as 1500 nm.

Appendix I illustrates various implementation examples that are differentiated on the basis of different chromatic dispersion values, dispersion slope, and different non-linear coefficient link values. These options illustrate possibilities for different tradeoffs between power, channel spacing, link length, amplifier spacing, and bit rate.

Table 1 – G.655.C attributes

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
Mode field diameter	Wavelength	1550 nm
	Range of nominal values	8-11 μm
	Tolerance	$\pm 0.7 \mu\text{m}$
Cladding diameter	Nominal	125 μm
	Tolerance	$\pm 1 \mu\text{m}$
Core concentricity error	Maximum	0.8 μm
Cladding non-circularity	Maximum	2.0%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1450 nm
Macrobend loss	Radius	30 mm
	Number of turns	100
	Maximum at 1625 nm	0.50 dB
Proof stress	Minimum	0.69 GPa
Chromatic dispersion coefficient Wavelength range: 1530-1565 nm	λ_{min} and λ_{max}	1530 nm and 1565 nm
	Minimum value of D_{min}	1.0 ps/nm·km
	Maximum value of D_{max}	10.0 ps/nm·km
	Sign	Positive or negative
	$D_{\text{max}} - D_{\text{min}}$	≤ 5.0 ps/nm·km
Chromatic dispersion coefficient Wavelength range: 1565-1625 nm	λ_{min} and λ_{max}	TBD
	Minimum value of D_{min}	TBD
	Maximum value of D_{max}	TBD
	Sign	Positive or negative
Uncabled fibre PMD coefficient	Maximum	(Note 1)

Table 1 – G.655.C attributes

Cable attributes		
Attribute	Detail	Value
Attenuation coefficient (Note 2)	Maximum at 1550 nm	0.35 dB/km
	Maximum at 1625 nm	0.4 dB/km
PMD coefficient (Note 3)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD ₀	0.20 ps/√km
<p>NOTE 1 – According to clause 6.2, a maximum PMD₀ value on uncabled fibre is specified in order to support the primary requirement on cable PMD₀.</p> <p>NOTE 2 – The attenuation coefficient values listed in this table should not be applied to short cables such as jumper cables, indoor cables and drop cables. For example, [b-IEC 60794-2-11] specifies the attenuation coefficient of indoor cables as 1.0 dB/km or less at both 1310 and 1550 nm.</p> <p>NOTE 3 – Larger PMD₀ values (e.g., ≤ 0.5 ps/√km) can be agreed for particular applications between the manufacturer and user.</p>		

Table 2 – G.655.D attributes

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
Mode field diameter	Wavelength	1550 nm
	Range of nominal values	8-11 μm
	Tolerance	± 0.6 μm
Cladding diameter	Nominal	125 μm
	Tolerance	± 1 μm
Core concentricity error	Maximum	0.6 μm
Cladding non-circularity	Maximum	1.0%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1450 nm
Macrobend loss	Radius	30 mm
	Number of turns	100
	Maximum at 1625 nm	0.1 dB
Proof stress	Minimum	0.69 GPa
Chromatic dispersion coefficient (ps/nm.km)	$D_{min}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{7.00}{90}(\lambda - 1460) - 4.20$
	$D_{min}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{2.97}{75}(\lambda - 1550) + 2.80$
	$D_{max}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{2.91}{90}(\lambda - 1460) + 3.29$
	$D_{max}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{5.06}{75}(\lambda - 1550) + 6.20$

Table 2 – G.655.D attributes

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
Uncabled fibre PMD coefficient	Maximum	(Note 1)
Attenuation coefficient (Note 2)	Maximum at 1550 nm	0.35 dB/km
	Maximum at 1625 nm	0.4 dB/km
PMD coefficient (Note 3)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD ₀	0.20 ps/√km

NOTE 1 – According to clause 6.2, a maximum PMD₀ value on uncabled fibre is specified in order to support the primary requirement on cable PMD₀.

NOTE 2 – The attenuation coefficient values listed in this table should not be applied to short cables such as jumper cables, indoor cables and drop cables. For example, [b-IEC 60794-2-11] specifies the attenuation coefficient of indoor cables as 1.0 dB/km or less at both 1310 and 1550 nm.

NOTE 3 – Larger PMD₀ values (e.g., ≤ 0.5 ps/√km) can be agreed for particular applications between the manufacturer and user.

Table 3 – G.655.E attributes

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
Mode field diameter	Wavelength	1550 nm
	Range of nominal values	8-11 μm
	Tolerance	± 0.6 μm
Cladding diameter	Nominal	125 μm
	Tolerance	± 1 μm
Core concentricity error	Maximum	0.6 μm
Cladding non-circularity	Maximum	1.0%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1450 nm
Macrobend loss	Radius	30 mm
	Number of turns	100
	Maximum at 1625 nm	0.1 dB
Proof stress	Minimum	0.69 GPa
Chromatic dispersion coefficient (ps/nm·km)	$D_{min}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{5.42}{90}(\lambda - 1460) + 0.64$
	$D_{min}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{3.30}{75}(\lambda - 1550) + 6.06$
	$D_{max}(\lambda)$: 1460-1550 nm	$\frac{4.65}{90}(\lambda - 1460) + 4.66$

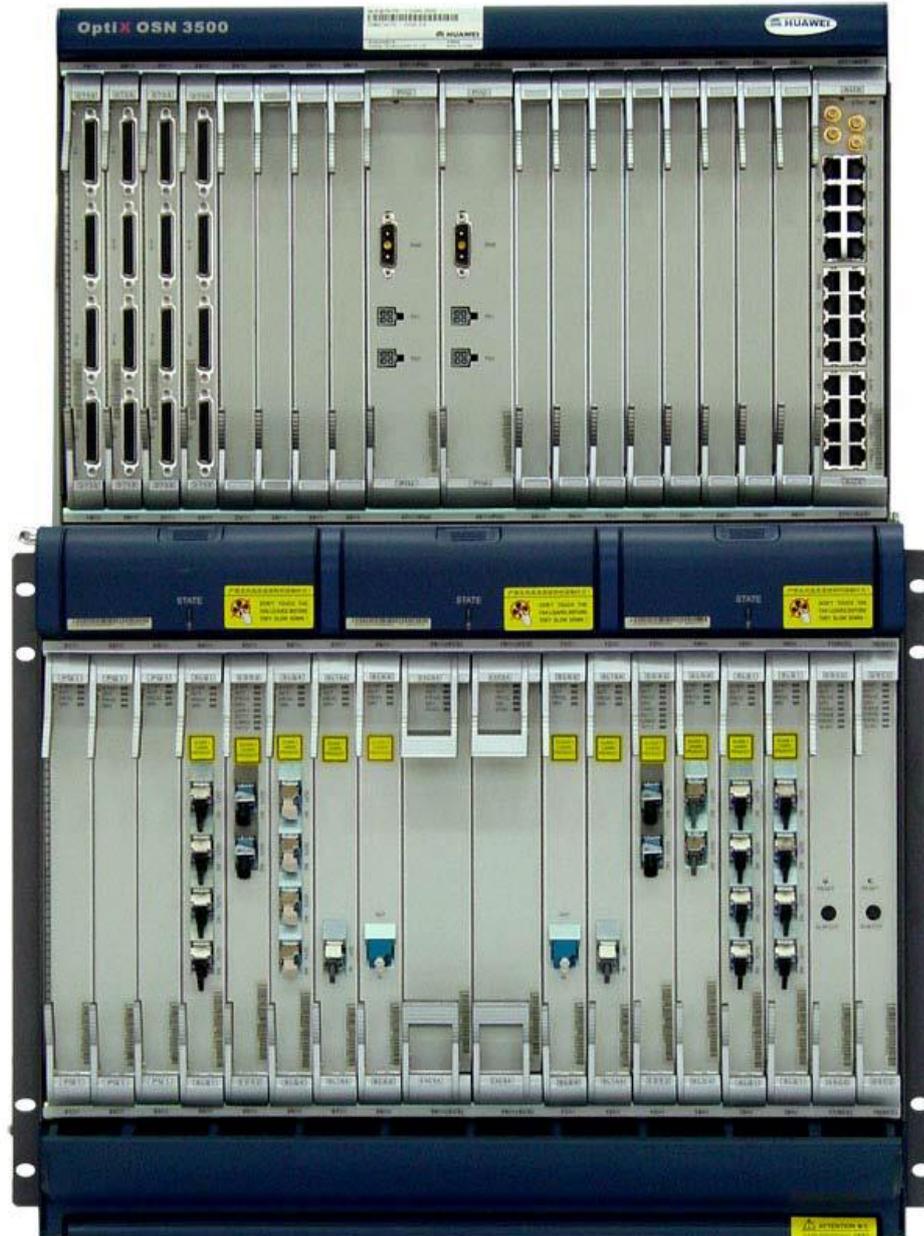
Table 3 – G.655.E attributes

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
	$D_{max}(\lambda)$: 1550-1625 nm	$\frac{4.12}{75}(\lambda - 1550) + 9.31$
Uncabled fibre PMD coefficient	Maximum	(Note 1)
Attenuation coefficient (Note 2)	Maximum at 1550 nm	0.35 dB/km
	Maximum at 1625 nm	0.4 dB/km
PMD coefficient (Note 3)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.20 ps/√km
<p>NOTE 1 – According to clause 6.2, a maximum PMD_Q value on uncabled fibre is specified in order to support the primary requirement on cable PMD_Q.</p> <p>NOTE 2 – The attenuation coefficient values listed in this table should not be applied to short cables such as jumper cables, indoor cables and drop cables. For example, [b-IEC 60794-2-11] specifies the attenuation coefficient of indoor cables as 1.0 dB/km or less at both 1310 and 1550 nm.</p> <p>NOTE 3 – Larger PMD_Q values (e.g., ≤ 0.5 ps/√km) can be agreed for particular applications between the manufacturer and user.</p>		

ANEXO 6

OptiX OSN 3500 Intelligent Optical Transmission System - Huawei

Technical Characteristics



ROPA enables 70-dB single hop transmission.

Raman enables 68-dB single hop transmission.

ROPA+Raman enable 80-dB single hop transmission.

<<<<<<产品特点_end>>>>>>

<<<<<<产品规格_star>>>>>>

<<<<<<table starting>>>>>>

table

OptiX OSN 3500	
System Features	
Subrack dimensions	722 mm (H) x 497 mm (W) x 295 mm (D)
Switching capacity	Packet: 100 Gbit/s, TDM: 200 Gbit/s (high order), 20 Gbit/s (low order)
Service slots	15 slots for processing boards and 16 slots for interface boards
Highly reliable design	1+1 hot backup for power supply modules 1+1 hot backup for system control boards 1+1 hot backup for cross-connect and synchronous timing boards Redundancy protection for fan modules

Supported interfaces	Packet transport interfaces	E1, STM-1, FE/GE/10GE	
	MSTP interfaces	STM-64/164/1, E1/E3/E4/T1/T3, FE/GE/10GE, DDN, IMA/ATM, SAN	
	WDM interfaces	40-channel DWDM interfaces, compliant with ITU-T G.694.1 8-channel CWDM interfaces, compliant with ITU-T G.694.2	
Power Supply	-72 to -38.4V DC; 110/220V AC (External module)		
Operation Environment	Temperature	Relative Humidity	
	Long term:	0°C to 45°C	10% to 90%
	Short term:	-5°C to 55°C	5% to 95%
Packet Transport Features			
Service features	E-Line and E-LAN QinQ MPLS-TP based VPWS and VPLS TDM PWE3: CESoPSN and SAToP, compression of idle timeslots ETH PWE3 IGMP SNOOPING V2 Blacklist Broadcast packet suppression ACL		

Alcatel 6912
TeraLight™ Ultra Fiber



TeraLight™ fiber has set the standard for high bit-rate, multi-wavelength, long-haul transmission since its introduction. Its uniqueness lies in the balance of three key factors affecting fiber performance: effective area, chromatic dispersion and dispersion slope. It ensures operation at 10 Gb/s and 40 Gb/s, tight channel spacing in C & L bands, and compatibility with the future S-band.

TeraLight Ultra extends TeraLight's capabilities for the long haul and ultra long haul applications. As these networks evolve to higher bit rates (40 Gb/s and higher) and longer distance (greater than 1000 km), DWDM systems tolerances are stringent. This, in turn, requires a very high-performance fiber with low PMD, low attenuation and effective management of non-linear effects.

TeraLight™ Ultra meets all these requirements and more. It guarantees PMD link design value of $\leq 0.04\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$ to keep distortions within tolerable limits. This allows it to bridge three to five times longer distances without regeneration at 40 Gb/s than fibers with standard PMD values (0.08 to 0.1 $\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$),

a significant cost savings. It provides industry-leading attenuation of $\leq 0.22\text{ dB}/\text{km}$ in the C Band and $\leq 0.25\text{ dB}/\text{km}$ in the L Band. It is the only NZ-DSF fiber to guarantee low attenuation in the 1450 nm region, ensuring maximum efficiency of distributed Raman amplification systems and allowing the use of lower-power, cheaper Raman laser pumps. The careful management of non-linear effects permits TeraLight™ Ultra to offer channel spacing as low as 25 GHz at 10 Gb/s in C and L bands, and bridge longer distances at 40 Gb/s. A flatter slope allows close to 100% chromatic dispersion and dispersion slope compensation using commercially-available dispersion compensating devices.

Its characteristic chromatic dispersion of $\text{Bps}/\text{nm}\cdot\text{km}$ is optimized to be less than 1/2 of SMF, but high enough to counter cross-channel non-linearity in 10 & 40 Gb/s systems. With TeraLight™ Ultra, Alcatel has pushed the limits of optical fiber design to optimize today's networks and future proof tomorrow's long-haul networks.



TeraLight™ Ultra

Based on the design track-through of Alcatel's TeraLight™ Non-Zero Dispersion Shifted Fiber (NZ-DSF), this new G.655 compliant fiber is specially designed for high-capacity long haul and ultra long haul applications. It is optimized for narrow-channel, 10 Gb/s DWDM operation today, with easy upgrade to 40 Gb/s and higher data-rates in the future. A guaranteed PMD link design value of $\leq 0.04\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$ ensures the best possible compatibility with highly PMD-sensitive 40 Gb/s systems. With low attenuation in the 1450 nm region and optimized effective area, it is perfectly suited for systems using compensation over the broadest possible wavelength window. With L and S band compatibility & the ability to support 50 and 25 GHz channel spacings in C and L band, future capacity is virtually limitless.

FEATURES	BENEFITS
Optimized for 10 Gb/s, 40 Gb/s and higher data rates	Future safe Capacity increase
PMD link design value $\leq 0.04\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$	Three to five times longer distance without regeneration at 40 Gb/s than fibers with higher PMD values (0.08 to 0.1 $\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$)
Guaranteed 1450 nm attenuation and optimized effective area	Maximum efficiency of distributed Raman amplification systems
Cost savings	Every 0.01 dB/km lower attenuation requires provides 0.01 dB improvement in signal-to-noise ratio or lasers pump power by 10mw.
Flatter dispersion slope provides near 100% end-to-end compensation with commercially available dispersion compensation devices	Potential cost savings from avoidance of costly channel-by-channel compensation at long distances or higher bit rates
320 channels in C, L and S bands at 10 Gb/s	Increased capacity and more efficient bandwidth deployment
More than 160 channels in C Band alone at 10 Gb/s	Maximizing C Band utilization defers costly L Band deployment, providing significant cost savings.
Easily upgradeable to 25 GHz channel spacing in C and L bands	Future capacity increase
S Band compatibility	
Enhanced DWDM performance	Longer regeneration capabilities for 100, 50 and 25 GHz spacing. Cross channel non-linearity limits for 100 GHz systems are nearly doubled.

KEY INDUSTRY LEADING MILESTONES

- ▷ September 2000- World record for 5.12 Tb/s transmission using unidirectional transmission of 128 channels each at 40 Gb/s.
- ▷ July 2001- Alcatel achieves 32 channels at 40 Gb/s over a 2400 km using Raman amplification with + & - dispersion tested light
- ▷ September 2001- World record transmission of 5 Tb/s over 1,200km (wake, 100km spans) using 125 channels at 40 Gb/s.

© Copyright 2001 ALL RIGHTS RESERVED

Rev. 4, Oct. 01



ARCHITECTS OF AN INTERNET WORLD

Alcatel 6912 TeraLight™ Ultra Fiber

OPTICAL SPECIFICATIONS

Attenuation (cabled)	
Attenuation @ 1550nm	≤0.22 dB/km
Attenuation @ 1625nm	≤0.25 dB/km
Attenuation @ 1450nm	≤0.26 dB/km
Attenuation @ 1383nm	≤0.7 dB/km
Attenuation Uniformity	
No point discontinuity greater than 0.10 dB at 1550nm	
Wavelength vs. Attenuation	
Maximum attenuation change over the window.	
Wavelength (nm)	Attenuation (dB/km)
1525-1550	≤0.03
1550-1575	≤0.03
1550-1625	≤0.05
1440-1525	≤0.1
Wavelength vs. Dispersion	
Wavelength (nm)	Dispersion (ps/nm²·km)
1440	>1
1530-1565	5.5 - 10.0
1565-1625	7.5 - 13.4
Attenuation with Bending	
100 turns, 60mm diameter @ 1550 & 1625nm:	≤0.05 dB
1 turn, 32mm diameter @ 1550 & 1625nm:	≤0.5 dB
Wavelength	
Cabled Cutoff Wavelength:	≤1300nm
Zero Dispersion Wavelength:	≤1425nm
PMD (cabled)	
Link Design Value:	≤ 0.04ps/√km*

DIMENSIONAL SPECIFICATIONS

Mode Field Diameter @ 1550nm	9.2±0.5µm
Fiber Outside Diameter:	125.0±1.0µm
Core Cladding Offset:	≤0.6µm
Fiber Non-Circularity:	< 1.0%
Colored Coating Outside Diameter:	242±7µm
Colored Coating/Clad Concentricity Error:	≤1µm
Fiber Curl (radius):	> 4 meters

TeraLight™ Ultra is fully compliant with ITU G.655 and IEC 60793 - 2

*PMD link design value provides a statistical upper limit for PMD over concatenated fibers. Complies with IEC SC.85A/WG.1 Method 1, September 1997 (G=0.1%, N=2)

Cable specifications apply to Alcatel manufactured cables and are tested or characterized in compliance to international standards.

Only Cabled TeraLight Fiber is available in the USA. Alcatel reserves the right to change specifications without prior notice.

MECHANICAL SPECIFICATIONS

Proof Test of AFC™ ColorLock™ Coated	
The entire length is subjected to a tensile proof stress > 100 Kpsi (0.7 GN/m ²); 1% strain equivalent	
Tensile Strength	
Dynamic Tensile Strength (0.5 meter gauge length):	
Aged* & Unaged:	median ≥ 550 Kpsi (3.8GN/m ²)
Dynamic and Static Fatigue	
Dynamic Fatigue, Tensile:	N _f ≥ 20 unaged and aged*
Dynamic Fatigue, 2 Point Bend:	N _f ≥ 20 unaged and aged*
Static Fatigue:	N _s ≥ 20 aged *
Coating Strip Force	
Coating Strip Force:	2.0 lbf (8.9N) max, 0.3 lbf (1.3N) min.
23°C, 0°C and 45°C	
Aged: 30 days at 85°C and 85% relative humidity	
14 days water immersion at 23°C	
Wasp spray exposure (Telcordia Spec)	

ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

Induced Attenuation Change @ 1550nm	(dB/km)
Temperature Cycling Performance, -60°C to 85°C:	≤0.05
Temperature Humidity Cycling, -10°C to 85°C, 4-98%RH:	≤0.05
Water Immersion, 23°C:	≤0.05
Heat Aging, 85°C:	≤0.05

TYPICAL FIBER CHARACTERIZATION VALUES

Attenuation @ 1550nm:	0.20 dB/km
Attenuation @ 1625nm:	0.22 dB/km
Attenuation @ 1450nm:	0.25 dB/km
Effective Area:	63µm ²
Nominal Dispersion Slope @ 1550nm:	0.052 ps/nm ² ·km
Dispersion @ 1550nm:	8 ps/nm ² ·km
Dispersion @ 1625nm:	12 ps/nm ² ·km
Dispersion @ 1440nm:	2 ps/nm ² ·km
Effective Group Index @ 1550nm:	1.4692
Dynamic Tensile Strength ("Aged"): (0.5m gauge length)	median 750 Kpsi (5.26GN/m ²)
Dynamic Fatigue (Aged*):	N _f ≥ 22
Static Fatigue:	N _s ≥ 25 aged *

*Aged for 30 days at 85°C, 85% relative humidity

For additional information visit Alcatel online or call your nearest Optical Fiber Sales Representative

www.alcatel.com/opticalfiber

Brazil	+55 11 3068 9993
France	+33 1 55 51 51 51
France (HQ)	+33 1 39 19 12 00
Germany	+49 2166 27 2164
India	+91 11 335 9650
Spain	+34 942 247 111
UK	+44 1633 413 600
North America	+1 828 459 9787
	800 879 9862



SFP Optical Transceiver—OC-48 for up to 80-km Reach, OC-12 and Gigabit Ethernet for up to 120-km Reach



Key Features

- Supports line rate from 100 Mbps to 3.1 Gbps
- Compliant with SFP MSA INF-8074i Revision 1.0
- Operating case temperature range -40 to 85°C
- Available in PIN or APD-based receiver
- Maximum power dissipation 1.2 W
- Lead-free and RoHS 6/6-compliant
- Single 3.3 V power supply
- Digital diagnostic monitoring support

Applications

- Metro access and metro core
- Wide area networks
- Optical crossconnects

Compliance

- SFF 8074i MSA
- SFF 8472 Revision 10.4
- GR-253-CORE
- ITU-T G.957
- IEEE 802.3-2005
- Compliance with Telcordia GR-468

The JDSU RoHS-compliant small form factor pluggable (SFP) optical transceiver is an integrated fiber optic transceiver that provides a high-speed serial link at signaling rates from 100 Mbps to 3.1 Gbps. The module complies with the small form factor pluggable (SFP) multisource agreement (MSA).

The SFP optical transceiver complies with Telcordia GR-253-CORE and ITU-T G.957 standards for up to 80-km reach (SONET OC-12 / SDH STM-4; SONET OC-48 / SDH STM-16), and IEEE 802.3-2005 standard for up to 120-km reach (Gigabit Ethernet and 1G Fibre Channel). It is also compatible to Fast Ethernet, SONET OC-3 and OC-12, and SDH STM-1 and STM-4 standards.

The SFP optical transceiver integrates the receive and transmit path on one module. In the transmit side, the serial data stream is passed to a laser driver. The laser drivers biases and modulates an uncooled DML (direct modulated laser), enabling data transmission over single-mode fiber through an industry-standard LC connector. In the receive side, the optical data stream is recovered from a PIN or avalanche photodetector (APD) transimpedance amplifier, and passed to a post amplifier. This module features a hot-pluggable SFI-compliant electrical interface.

5.3 SL4/SLD4/SLQ4

The SL4 is the 1 x STM-4 processing board. The SLD4 is the 2 x STM-4 processing board. The SLQ4 is the 4 x STM-4 processing board.

The three boards are responsible for:

- the receiving/transmitting of STM-4 optical signals
- the O/E conversion of STM-4 optical signals
- the extracting/inserting of overhead byte
- the detecting of alarms in the line

Table 5-10 lists the slots for the SL4, SLD4, and SLQ4.

Table 5-10 Slots for the SLQ4, SLD4 and SL4

Product	SL4	SLD4	SLQ4
OptiX OSN 3500 (80 Gbit/s)	Slots 1-8, 11-17	Slots 1-8, 11-17	Slots 5-8, 11-14
OptiX OSN 3500 (40 Gbit/s)	Slots 1-8, 11-16	Slots 6-8, 11-13	Slots 6-8, 11-13
OptiX OSN 2500	Slots 5-8, 11-13	Slots 7-8, 11-13	Slots 7-8, 11-12
OptiX OSN 2500 REG	Not available	Not available	Not available
OptiX OSN 1500A	Slots 12-13	Slots 12-13	Slots 12-13
OptiX OSN 1500B	Slots 11-13	Slots 11-13	Slots 11-13

5.3.1 Functionality

Functionality	SL4	SLD4	SLQ4
Basic function	Receive/Transmit one STM-4 optical signal.	Receive/Transmit two STM-4 optical signals.	Receive/Transmit four STM-4 optical signals.
Optical interface specifications	Support the I-4, S-4.1, L-4.1, L-4.2, and Ve-4.2 optical interface, which comply with ITU-T Recommendation G.957.		
Optical module specifications	Support the detecting and query of the information on optical modules. Laser can be open and close. Automatic laser shutdown function can be enabled or disabled. Support the use and monitoring of SFP swappable optical module.		

Functionality	SL4	SLD4	SLQ4
Service processing	Support VC-12/VC-3/VC-4 services and the VC-4-4C concatenated services.		
Overhead processing	Support the processing of the section overheads of STM-4 signals. Support the processing of the path overheads (transparent transmission and termination). Support setting and querying J0/J1/C2 byte.		
Alarms and performance events	Provide abundant alarms and performance events, which simplify maintenance and administration.		
Protection schemes	Support two-fiber and four-fiber multiplex section protection (MSP), linear MSP and subnetwork connection protection (SNCP).		
Maintenance	Support inloop and outloop at optical interfaces. Support warm and cold reset. Warm reset brings no impact to services. Support the query of board information. Support the in-service uploading of FPGA. Support smooth board software upgrade.		

Table 5-11 Relationship between C2 setting and service type for the SL4/SLD4/SLQ4

Service type	Parameter setting of C2(in Hex)
TUG structure	02
34 Mbit/s or 45 Mbit/s into C-3	04
140 Mbit/s into C-4	12
Unequipped	00

5.3.5 Version Description

The versions of the SL4, SLQ4, and SLD4 are N1 and N2. The boards can be used in the OptiX OSN 3500, OptiX OSN 2500, and OptiX OSN 1500 (A and B).

The two versions realize board functions in the same way. N2 series board supports tandem connection monitoring (TCM) function, which is not available in version N1. The two versions can be replaced with each other directly. The direct replacement command must be delivered in NM after hardware replacing is fulfilled.

Note

If the TCM function is enabled on version N2, the command of replacing the version N2 with version N1 will fail.

5.3.6 Technical Parameters

Table 5-12 lists the technical parameters of the SL4, SLD4 and SLQ4.

Table 5-12 Technical parameters of the SL4, SLD4 and SLQ4

Parameter	Description		
	SL4	SLD4	SLQ4
Bit rate	622080 kbit/s		
Processing capability	1 x STM-4 standard or concatenated service	2 x STM-4 standard or concatenated service	4 x STM-4 standard or concatenated service
Line code pattern	Non return to zero (NRZ)		
Connector	LC		
Dimensions (mm)	262.05 (H) x 220 (D) x 25.4 (W)		

Parameter	Description				
	SL4	SLD4		SLQ4	
Weight (kg)	1.00	1.01		1.04	
Power consumption (W)	15	15		15	
Optical module type	I-4	S-4.1	L-4.1	L-4.2	Ve-4.2
Wavelength (nm)	1261 to 1360	1274 to 1356	1280 to 1335	1480 to 1580	1480 to 1580
Launched power (dBm)	-15 to -8	-15 to -8	-3 to 2	-3 to 2	-3 to 2
Receiver sensitivity (dBm)	-23	-28	-28	-28	-33
Receiver overload (dBm)	-8	-8	-8	-8	-13
Minimum extinction ratio (dB)	8.2	8.2	10	10	10
Long-term operating condition	Temperature: 0°C to 45°C Humidity: 10% to 90%				
Short-term operating condition	Temperature: -5°C to 55°C Humidity: 5% to 95%				
Environment for storage	Temperature: -40°C to 70°C Humidity: 10% to 100%				
Environment for transportation	Temperature: -40°C to 70°C Humidity: 10% to 100%				



KOC Europe

The Global Solution in Active and Passive Fiber Optic Components

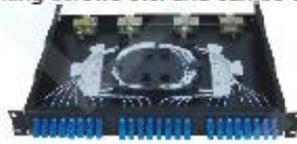
Product Datasheet

KRMSP range of static rackmounted patchpanels

Description

KRMSP range of patchpanels is designed for the branch connection of fiber terminations. An ODF with a standard 19" structure for rack mounting, it is available for the installation of FC, SC, ST and LC adaptors.

With an electrostatically coated steel plate body, this comes complete with splice trays and mounting screws etc. and can be supplied fully loaded with pigtailed and adapters.



KRMSP-SC24



KRMSP-FC24



KRMSP-FC12



KRMSP-ST24



KRMSP-FC48



KRMSP-SC48

www.koceleurope.com

Ordering and pack information

Type	Size (mm)	Capacity	Unit weight (kg)	Outer carton size (mm)	Units / Carton	Total weight
KRMSP-SC12	480 x 250 x 1U	12	2.6	470 x 310 x 300	5	14.2
KRMSP-SC24	480 x 250 x 1U	24	2.6	470 x 310 x 300		14.2
KRMSP-SC48	480 x 250 x 2U	48	3.8	550 x 470 x 300		21.0
KRMSP-FC12	480 x 250 x 1U	12	2.6	470 x 310 x 300		14.2
KRMSP-FC24	480 x 250 x 1U	24	2.6	470 x 310 x 300		14.2
KRMSP-FC48	480 x 250 x 2U	48	3.8	550 x 470 x 300		21.0
KRMSP-ST12	480 x 250 x 1U	12	2.6	470 x 310 x 300		14.2
KRMSP-ST24	480 x 250 x 1U	24	2.6	470 x 310 x 300		14.2

KOC Europe S.L.
 Avda. De la Paz, 11
 46190 Ribarroja del Túria VALENCIA - SPAIN
 Tel: +34 962-772 581 Fax: +34 961-653 521
 www.koceleurope.com - info@koceleurope.com

Features subject to change.
 Not contractually valid unless specifically authorized by KOC Europe, S.L.