



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y
VINCULACIÓN CON LA COLECTIVIDAD**

**MAESTRÍA EN GERENCIA DE REDES Y
TELECOMUNICACIONES**

V PROMOCIÓN

PROYECTO DE TESIS DE GRADO

**TEMA: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-FINANCIERA Y
PLAN DE GERENCIAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN
DE UNA RED DE TRANSMISIÓN ÓPTICA INTELIGENTE DE
ALTA CAPACIDAD CON ARQUITECTURA ASON PARA LA
CNT EP**

AUTOR: PADILLA, CÉSAR ENRIQUE

DIRECTOR: Msc. AGUILAR, CARLOS

SANGOLQUÍ, JULIO DE 2014

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el ingeniero PADILLA MUÑOZ CÉSAR ENRIQUE, como requerimiento a la obtención del título de MASTER EN GERENCIA DE REDES Y TELECOMUNICACIONES.

Sangolquí, Julio de 2014

.....

Msc. Carlos Aguilar

DIRECTOR DE TESIS

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo

Ing. César Enrique Padilla Muñoz

DECLARO QUE:

El Proyecto de Grado denominado “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-FINANCIERA Y PLAN DE GERENCIAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE TRANSMISIÓN ÓPTICA INTELIGENTE DE ALTA CAPACIDAD CON ARQUITECTURA ASON PARA LA CNT EP”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente, este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado.

Sangolquí, Julio de 2014

Padilla Muñoz César Enrique

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD
AUTORIZACIÓN

Yo

Ing. César Enrique Padilla Muñoz

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del Proyecto de Grado “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-FINANCIERA Y PLAN DE GERENCIAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE TRANSMISIÓN ÓPTICA INTELIGENTE DE ALTA CAPACIDAD CON ARQUITECTURA ASON PARA LA CNT EP”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, Julio de 2014

Padilla Muñoz César Enrique

DEDICATORIA

A Dios, por estar siempre presente en mi vida y haberme guiado en el buen camino para alcanzar este objetivo profesional.

A mis padres, por su cariño, consejos y ayuda incondicional en todos los aspectos de mi vida.

A mis hermanos, por ser unidos como familia y respaldarme en mis objetivos.

A mi esposa, por su paciencia, comprensión y respaldo para conseguir mis metas.

César Padilla

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud está dirigida a Dios por haberme dado la existencia y permitido llegar a este objetivo profesional.

Especial agradecimiento merece mi familia por quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar siendo mi apoyo en todo momento.

Gracias director de tesis por su orientación, soporte y confianza en mi trabajo, y su capacidad para guiar mis ideas, acompañándome durante el largo camino y brindándome su orientación con profesionalismo.

Agradezco a mi oponente de tesis por su profesionalismo para dar sus oportunas observaciones y por su tiempo, a fin de terminar con éxito mi tesis de grado.

César Padilla

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación e Importancia.....	2
1.3 Situación Actual.....	4
1.3.1 Enlaces de Fibra Óptica.....	4
1.3.2 Redes NG-SDH	5
1.3.3 Red WDM	8
1.3.4 Integraciones al Backbone Nacional	9
1.3.5 Servicios Ofrecidos	9
1.4 Problemática de la Red Actual.....	10
1.4.1 Capacidad.....	10
1.4.2 Protección y Disponibilidad	10
1.4.3 Tecnología	11
1.5 Planteamiento del problema	13
1.6 Hipótesis.....	13
1.7 Objetivo General.....	14
1.8 Objetivos Específicos	14
1.9 Evolución hacia una Red de Transmisión Óptica Inteligente.....	15
CAPITULO II	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Tecnología DWDM	18
2.2 Tecnología OTN	20
2.2.1 Arquitectura Funcional OTN.....	21
2.2.2 Procesamiento de la Señal Cliente	22
2.2.3 Estructura de Multiplexación	23
2.2.4 Velocidades y Capacidades en OTN.....	24
2.2.5 Estructura General de un Sistema OTN	25
2.2.6 Servicios que soporta OTN	26
2.2.7 Ventajas de la Redes de Transporte Óptico OTN.....	27

2.3	Redes de Transporte Óptico Inteligente con arquitectura ASON	27
2.3.1	Composición de una Red Inteligente ASON.....	29
2.3.2	Estructura lógica de una Red Inteligente ASON.....	31
2.3.2.1	Plano de Transporte	31
2.3.2.2	Plano de Control.....	32
2.3.2.3	Plano de Gestión	32
2.3.3	Protocolos usados en la Red ASON.....	33
2.3.3.1	LMP (Administración de enlace)	33
2.3.3.2	OSPF-TE.....	33
2.3.3.3	RSVP	33
2.3.4	Funcionalidades de la Red ASON.....	34
2.3.4.1	Descubrimiento de elementos de red vecinos	34
2.3.4.2	Descubrimiento de topología	34
2.3.4.3	Descubrimiento automático de enlaces	35
2.3.4.4	Enrutamiento	36
2.3.5	Protección y Restauración	37
2.3.5.1	Protección 1+1	38
2.3.5.2	Protección 1+1 permanente.....	38
2.3.5.3	Restauración	38
2.3.5.4	Protección 1:1 (Protección ODUk más Restauración).....	39
CAPÍTULO III	41
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	41
3.1	Ubicación geográfica del proyecto	41
3.2	Definición de localidades del proyecto	41
3.3	Identificación de variables.....	42
3.4	Análisis de disponibilidad de la red de transmisión actual.....	43
3.4.1	Tipos de fallas en la red	43
3.4.2	Estadísticas de fallas	43
3.4.3	Disponibilidad de una Red de Transmisión	45
3.5	Análisis de la capacidad actual de la Red de Transmisión a nivel nacional ...	48
3.5.1	Capacidades de las Redes NG-SDH.....	49
3.5.2	Capacidades en las Redes DWDM	52
3.6	Análisis de la demanda de internet actual y futura	54
3.6.1	Capacidad y Demanda Actual	54
3.6.2	Demanda futura de Internet	59
3.7	Análisis comparativo de las funcionalidades de la red actual y una red de Transporte Óptico Inteligente.....	71

CAPÍTULO IV	76
SOLUCIÓN PROPUESTA	76
4.1 Requerimientos de CNT EP.....	76
4.2 Requerimientos técnicos de los equipos de la Red de Transmisión.....	76
4.3 Diseño de la Red de Transmisión Óptica Inteligente.....	79
4.3.1 Análisis de los enlaces de fibra óptica a integrar la Red Nacional OTN Inteligente con arquitectura ASON.....	79
4.3.2 Topología de la Red de Transmisión.....	83
4.3.3 Determinación de matrices de tráfico para la solución propuesta.....	83
4.3.4 Análisis para la selección de equipos.....	89
4.3.5 Descripción del equipamiento seleccionado.....	91
4.3.5.1 Tecnología de la Capa Óptica	91
4.3.5.2 Arquitectura de Conmutación OTN- Capa eléctrica	93
4.3.5.3 Tipos de protecciones.....	94
4.3.5.4 Control Automático de Nivel de Potencia Óptica (ALC)	95
4.3.5.5 Funcionalidad APE (Ecuación de Potencia Automática).....	95
4.3.5.6 Funcionalidad de Monitoreo del Espectro Óptico.....	96
4.3.6 Criterios para el diseño de la solución.....	97
4.3.7 Diseño de la capa óptica.....	97
4.3.7.1 Capacidad soportada del sistema.....	99
4.3.7.2 Cálculo del presupuesto óptico.....	99
4.3.7.3 Compensación de dispersión cromática	102
4.3.7.4 Dispersión por modo de polarización (PMD).....	106
4.3.7.5 Diseño de los amplificadores ópticos.....	107
4.3.8 Diseño de la capa eléctrica- Matriz de cross conexión	111
4.3.8.1 Tipos de transpondedores e interfaces tributarias	112
4.3.9 Solución ASON para la Red de Transmisión.....	113
4.3.9.1 Protección del servicio.....	113
4.3.10 Integración de la Red DWDM Sur	119
4.3.11 Gestión de los equipos de transmisión.....	119
CAPÍTULO V	121
EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA	121
5.1 Análisis Técnico.....	121
5.1.1 Herramienta para la evaluación técnica	121
5.1.2 Simulación de la Red Propuesta	123
5.1.3 Resultados de la evaluación técnica	129
5.2 Análisis Financiero.....	130

5.2.1	Inversión	131
5.2.2	Ingresos	131
5.2.1.1	Recuperación potencial de ingresos por telefonía	132
5.2.1.2	Recuperación potencial de ingresos por internet	134
5.2.3	Costos.....	135
5.2.3.1	Costos Evitados.....	136
5.2.3.2	Costos Operacionales	139
5.2.3.3	Gastos de depreciación de la inversión	141
5.2.4	Evaluación Financiera.....	141
CAPÍTULO VI.....		145
PLAN DE GERENCIAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE TRANSMISIÓN.....		145
6.1	Introducción.....	145
6.2	Grupos de Procesos.....	146
6.2.1	Iniciación.....	146
6.2.2	Planificación.....	146
6.2.3	Ejecución	146
6.2.4	Seguimiento y Control.....	146
6.2.5	Cierre	147
6.3	Áreas del conocimiento	147
6.4	Plan de Gestión de Integración.....	148
6.4.1	Acta de Constitución del Proyecto.....	148
6.5	Plan de Gestión del Alcance.....	148
6.5.1	Justificación del proyecto	148
6.5.2	Objetivo General del proyecto	150
6.5.3	Objetivos Específicos.....	150
6.5.4	Definición del Alcance.....	150
6.5.4.1	Descripción del alcance.....	150
6.5.4.2	Entregables del proyecto	151
6.5.4.3	Criterios de aceptación de los entregables	152
6.5.4.4	Supuestos	153
6.5.4.5	Restricciones o limitantes	154
6.5.4.6	Estructura de desglose de trabajo E.D.T.	154
6.5.4.7	Diccionario de la EDT.....	154
6.6	Plan de Gestión del Tiempo.....	160
6.6.1	Definición de actividades.....	160

6.6.2	Secuencia de actividades.....	161
6.6.3	Asignación de recursos.....	163
6.6.4	Estimación del tiempo de las actividades.....	163
6.6.5	Desarrollo del cronograma.....	167
6.6.5.1	Ruta Crítica.....	167
6.6.5.2	Control del cronograma.....	167
6.7	Plan de Gestión de Interesados.....	171
6.7.1	Identificación de los interesados.....	171
6.7.2	Gestión y control de los interesados.....	171
6.8	Plan de Gestión de Costo.....	173
6.9	Plan de Gestión de Recursos Humanos.....	173
6.9.1	Organigrama de proyecto.....	173
6.9.2	Roles y responsabilidades.....	174
6.9.2.1	Matriz de responsabilidades en función de la actividad.....	180
6.9.3	Adquisición del equipo de trabajo.....	180
6.10	Plan de Gestión de Comunicaciones.....	181
6.10.1	Sistemas de distribución de información.....	181
6.10.1.1	Reuniones planificadas.....	181
6.10.1.2	Reuniones no planificadas.....	182
6.10.1.3	Políticas de manejo de información.....	182
6.10.2	Matriz de comunicaciones.....	183
6.11	Plan de Gestión de Calidad.....	185
6.11.1	Grupo de aseguramiento de calidad.....	185
6.11.2	Control de calidad.....	186
6.12	Plan de Gestión de Riesgos.....	186
6.12.1	Registro y seguimiento de riesgos.....	186
6.12.2	Evaluación del riesgo.....	186
6.12.3	Plan de Acción.....	187
6.12.4	Respuesta al riesgo.....	187
6.13	Plan de Gestión de las Adquisiciones.....	188
6.13.1	Planificación de las adquisiciones.....	188
6.13.1.1	Inicio del plan de adquisiciones.....	188
6.13.1.2	Tipo de adquisición o contratación.....	190
6.13.2	Efectuar las adquisiciones.....	190
6.13.2.1	Proceso de oferta- documentos de la adquisición.....	190
6.13.2.2	Evaluación de la oferta.....	191

6.13.2.3 Elaboración del contrato	191
6.13.3 Administrar las adquisiciones	191
6.13.4 Entrega de la red y cierre de las adquisiciones	192
CAPÍTULO VII.....	194
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	194
7.1 Conclusiones.....	194
7.2 Recomendaciones.....	198
BIBLIOGRAFÍA.....	200
ANEXO A CONFIGURACIÓN DE LA CAPA ÓPTICA DE LA RED DE TRANSMISIÓN	
ANEXO B MATRIZ DE RESPONSABILIDADES DE LAS ACTIVIDADES	
ANEXO C PLANTILLA DEL PLAN DE GESTIÓN DE CALIDAD	
ANEXO D PLAN DE REGISTRO Y SEGUIMIENTO DE LOS RIESGOS	
ANEXO E DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE TRANSMISIÓN OTN/ASON	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Planeamiento del Problema.....	13
Tabla 2. Tipo de OTU y velocidad de transmisión	24
Tabla 3. Tipo de ODU y velocidad de transmisión	24
Tabla 4. Tipo de OPU y velocidad de transmisión	25
Tabla 5. Servicios dentro una OPU	26
Tabla 6. Sitios definidos para el proyecto	41
Tabla 7. Variables de proyecto	42
Tabla 8. Capacidad de la Red NG-SDH Norte.....	49
Tabla 9. Capacidad de la Red NG-SDH Noroccidente.....	50
Tabla 10. Capacidad de la Red NG-SDH Centro-Sur	50
Tabla 11. Capacidad de la Red NG-SDH Central	51
Tabla 12. Capacidad de los enlaces de Integración al Backbone	52
Tabla 13. Capacidad de la Red DWDM Central.....	53
Tabla 14. Capacidad de la Red DWDM Sur	54
Tabla 15. Enlaces de Tx para conexión internacional.....	56
Tabla 16. Demanda Actual por provincia y capacidad de transmisión usada.....	58
Tabla 17. Transmisión Actual para el Core de la Red MPLS	59
Tabla 18. Proyección Demanda Anual de usuarios de internet.....	60
Tabla 19. Demanda de internet para clientes ADSL, GPON y corporativos.....	62
Tabla 20. Proyección de clientes móviles	62
Tabla 21. Parámetros considerados para cálculo de capacidad requerida	63
Tabla 22. Demanda de internet requerida para clientes móviles.....	64
Tabla 23. Demanda de internet por año	64
Tabla 24. Demanda proyectada de internet por provincia.....	69
Tabla 25. Demanda proyectada de internet en Alausí, Portoviejo, El Carmen, Quevedo, Sta Elena, Naranjal y La Concordia.....	70
Tabla 26. Enlaces fibra óptica de la Red de Transmisión Inteligente OTN/ASON.....	80
Tabla 27. Matriz de Tráfico para Backbone de Internet	85
Tabla 28. Matriz de tráfico para la Red MPLS- Capa Distribución	86
Tabla 29. Capacidad Core Quito-Ambato-Guayaquil	87
Tabla 30. Capacidad Core Guayaquil-Ambato-Cuenca	88
Tabla 31. Matriz de tráfico para el core de la Red MPLS.....	88
Tabla 32. Nodos ROADM.....	98
Tabla 33. Nodos OLA	98
Tabla 34. Cálculo de Presupuesto de Potencia de los enlaces.....	100

Tabla 35. Coeficiente de dispersión cromática en fibra G.652 y G.655.....	103
Tabla 36. Características de dispersión de transpondedores	103
Tabla 37. Tipos de DCM para fibra G.652 y fibra G.655	104
Tabla 38. Configuración de DCM en enlaces Iñaquito-Aloag-Santo Domingo	105
Tabla 39. Especificaciones de los amplificadores ópticos (80 canales)	108
Tabla 40. Selección de Amplificadores ópticos de acuerdo a la pérdida total	109
Tabla 41. Cantidad de tarjetas tributarias y transpondedores por equipo	118
Tabla 42. Estadística de Supervivencia de la Red ante uno y dos cortes de fibra	130
Tabla 43. Cuadro de Inversión para Implementación de la Red ASON	131
Tabla 44. Fallas de la Red de Transmisión que afectan los servicios de telefonía	132
Tabla 45. Distribución de clientes por categoría y porcentaje por tipos de llamada.....	133
Tabla 46. Proyección de Ingresos potenciales de telefonía a recuperarse	133
Tabla 47. Cantidad de deserciones de clientes de internet.....	135
Tabla 48. Proyección ingresos potenciales de internet a recuperarse	135
Tabla 49. Costo por mantenimiento correctivo de equipos y atenuación de fibra	137
Tabla 50. Costo por mantenimiento preventivo de equipos actuales	138
Tabla 51. Costo por implementación de servicios.....	139
Tabla 52. Costo por mantenimiento preventivo de equipos nuevos	140
Tabla 53. Costo por mantenimiento correctivo por cortes de fibra	141
Tabla 54. Resultados Evaluación Financiera	143
Tabla 55. Flujo de Caja Neto del Proyecto	144
Tabla 56. Acta de Constitución del Proyecto	149
Tabla 57. Entregables del proyecto	151
Tabla 58. Criterios de aceptación de los entregables	152
Tabla 59. Diccionario de la EDT	156
Tabla 60. Definición y secuencia de actividades.....	161
Tabla 61. Asignación de recursos y estimación de tiempos de las actividades...	164
Tabla 62. Interesados del proyecto.....	171
Tabla 63. Roles de la matriz de asignación responsabilidades RASCI	180
Tabla 64. Matriz de comunicaciones	184
Tabla 65. Matriz de Probabilidad e Impacto.....	187
Tabla 66. Solicitud del Plan de Adquisiciones.....	189

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Enlaces de fibra óptica en CNT EP a nivel nacional	5
Figura 2. Redes NG-SDH del Backbone Nacional de Transmisión	7
Figura 3. Red DWDM Central.....	8
Figura 4. Red DWDM Sur.....	8
Figura 5. Evolución de las Redes de Transmisión Óptica.....	16
Figura 6. Bloques funcionales del FOADM.....	19
Figura 7. Bloques de función del ROADM de 2 direcciones.....	20
Figura 8. Bloques de un OLA	20
Figura 9. Estructura de la Red OTN	21
Figura 10. Estructura de OTN.....	22
Figura 11. Procesamiento de la señal cliente	23
Figura 12. Estructura de multiplexación en OTN	24
Figura 13. Estructura general de un Sistema OTN	25
Figura 14. Arquitectura de un Sistema de Transmisión Óptica Inteligente	28
Figura 15. Topología Física y Lógica de una Red de Transmisión Óptica Inteligente OTN-ASON	28
Figura 16. Estructura funcional de una Red OTN/ASON	30
Figura 17. Estructura lógica de una Red ASON.....	32
Figura 18. Descubrimiento automático de vecinos	34
Figura 19. Mecanismo de trabajo OSPF-TE para descubrimiento de enlaces de control y topología	35
Figura 20. Descubrimiento automático de enlaces para enrutamiento.....	36
Figura 21. Protección 1+1 Permanente más Restauración.....	38
Figura 22. Restauración	39
Figura 23. Protección ODUk más Restauración	40
Figura 24. Estadísticas de cortes de fibra mensual, año 2012.....	44
Figura 25. Tiempo de indisponibilidad de la red mensual, año 2012.....	44
Figura 26. Estadísticas de atenuaciones de fibra mensual, año 2012	45
Figura 27. Disponibilidad mensual de la Red de Transmisión año 2012.....	48
Figura 28. Esquema Conexión Backbone de Internet y Red MPLS de CNT EP ...	55
Figura 29. Red MPLS de la CNT EP	56
Figura 30. Representación de transpondedores en una red WDM convencional ..	72
Figura 31. Solución OTN para provisión de servicios	72
Figura 32. Protecciones de los servicios-plano de control ASON	78

Figura 33. Topología de los Enlaces de Fibra Óptica de la Red OTN/ASON	82
Figura 34. Topología de la Red de Transmisión Óptica Inteligente OTN/ASON ...	84
Figura 35. Equipos OTN/ASON de diferentes Proveedores.....	90
Figura 36. Lado izquierdo: OSN8800 64 slots (dual side). Lado derecho OSN8800 32 slots (single side).	91
Figura 37. Equipo OSN6800.....	92
Figura 38. Esquema de un ROADM de 4 direcciones.....	92
Figura 39. Tipos de interfaz del OSN8800	93
Figura 40. Esquema de los equipos OSN8800/OSN6800 para conmutación eléctrica y óptica.....	94
Figura 41. Sistema sin ALC	95
Figura 42. Sistema con ALC.....	95
Figura 43. Función APE	96
Figura 44. Monitoreo del espectro óptico.....	96
Figura 45. Configuración de DCM en los enlaces Ñaquito-Aloag-Santo Domingo.....	105
Figura 46. Efecto PMD en la fibra óptica	106
Figura 47. Configuración capa óptica en enlaces Ñaquito-Aloag-Santo Domingo.....	111
Figura 48. Configuración Tributario–matriz centralizada–línea coloreada.....	112
Figura 49. Protección ASON Permanente 1+1- estado inicial.....	114
Figura 50. Protección ASON Permanente 1+1 cuando falla la ruta principal	115
Figura 51. Protección ASON Permanente 1+1 cuando falla la ruta de respaldo .	116
Figura 52. Esquema de protección en lado cliente y en lado de línea	117
Figura 53. Arquitectura de la Red DCN	120
Figura 54. Topología de la Red diseñada	123
Figura 55. Rutas de un servicio de 10GE entre Ñaquito-Guayaquil Centro	124
Figura 56. Escenario de fallo de Red ante un corte de fibra óptica	125
Figura 57. Reporte de estado de servicios ante simulación de un corte de fibra	126
Figura 58. Conmutación a ruta de protección servicio Ñaquito-Guayaquil Centro	126
Figura 59. Escenario de fallo de Red ante dos cortes de fibra óptica	127
Figura 60. Reporte de estado de servicios ante simulación de dos cortes de fibra	128
Figura 61. Ruta de restauración activa de servicio Ñaquito-Guayaquil Centro ...	129
Figura 62. Estructura de Desglose de Trabajo EDT.....	155
Figura 64. Ruta Crítica	170
Figura 65. Organigrama del Proyecto	174

RESUMEN

La demanda creciente de capacidad de transmisión, debido al aumento de usuarios como a los requisitos de transmisión solicitados por los mismos, y la necesidad de contar con una red de alta disponibilidad para asegurar la operatividad de los servicios, han provocado realizar modificaciones en la arquitectura de la red de telecomunicaciones usada hasta la actualidad. Así, la arquitectura de red de transmisión está evolucionando gradualmente hacia una red de transporte óptico inteligente de alta capacidad y disponibilidad, conocida como Red OTN/ASON. La inteligencia se refiere a la implementación de un plano de control capaz de realizar funciones de enrutamiento dinámico, protección y restauración de las conexiones, así como el uso eficiente del ancho de banda de acuerdo a los recursos de la red. El presente trabajo muestra un estudio de factibilidad técnica-financiera para la implementación de una Red Óptica Inteligente en la CNT EP a nivel nacional. A través de un análisis de fallas en la red actual y de demanda de transmisión actual y futura, se determinó la capacidad y protección de la red propuesta; y a través de una evaluación financiera se determinó la rentabilidad del proyecto. Adicionalmente es importante controlar de mejor manera la implementación de este tipo de redes, por lo que se estructuró un Plan de Gerenciamiento que permita alcanzar de forma consistente los objetivos del proyecto mediante la creación de planes que reflejen un calendario realista, recursos necesarios y el presupuesto correspondiente.

Palabras Claves: ASON, OTN, DWDM, disponibilidad, plan de gerenciamiento

ABSTRACT

The growing demand for transmission capacity, due to increasing users and transmission requirements requested by them, and the need for a network of high availability to ensure continuity of services, have led to changes in the architecture telecommunications network used until the present. Thus, the transmission network architecture is evolving progressively towards intelligent optical transport network of high capacity, known as Red OTN / ASON. Intelligence refers to the implementation of a control plane capable of performing dynamic routing, protection and restoration of the connections, as well as the efficient use of bandwidth according to network resources. This project presents a study of technical and financial feasibility of implementing an Intelligent Optical Network in CNT EP nationally. Through an analysis of flaws in the current network and current and future demand for transmission, capacity and protection of the proposed network was determined; and through a financial assessment of the project, profitability was determined. Additionally, to better control the implementation of such networks, a Management Plan that allows consistently achieve project objectives by creating plans that reflect a realistic timetable, resources and associated budget was structured.

Keywords: *ASON, OTN, DWDM, availability, management plan*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El crecimiento de la población en las principales localidades del país, ha incrementado la demanda de servicios de telecomunicaciones, lo cual directamente influye en las capacidades de las redes de transmisión que poseen actualmente las diferentes operadoras de telecomunicaciones.

Actualmente, la red de transmisión de CNT EP a nivel nacional utiliza en algunas localidades tecnología TDM basada en equipos SDH, mientras que en otras localidades existe equipamiento DWDM tradicional basado en multiplexores ópticos OADM's fijos que no prestan los beneficios de los actuales sistemas de transporte de nueva generación.

En algunos sitios importantes del país, el equipamiento de transmisión SDH se encuentra saturado, lo que impide la entrega de servicios con mayores anchos de banda según las proyecciones de crecimiento y la implementación de sistemas redundantes. La falta de capacidad ha provocado en algunos casos, utilizar hilos oscuros de fibra óptica para la conexión de los equipos de la red IP/MPLS de manera lineal, induciendo a que la red sea vulnerable ante cortes de fibra óptica y generando un uso desorganizado de hilos de fibra en los enlaces troncales.

La disponibilidad de la red de transmisión actual se ve afectada por el tipo de infraestructura existente, ya que varios servicios se encuentran configurados y enlazados punto a punto sin protección. En los enlaces de fibra óptica existentes se han producido frecuentes cortes de fibra, incluso cortes simultáneos, que han ocasionado pérdida de tráfico, principalmente en los servicios de conexión a Internet.

No se dispone de una red flexible que garantice los índices de disponibilidad establecidos, lo cual impacta principalmente en la deserción de clientes, riesgos de pérdida de tráfico en caso de fallas en el sistema, servicios no redundantes, tiempos mayores en el aprovisionamiento de nuevos servicios de clientes internos y externos, mayores gastos y altos costos de operación y mantenimiento.

A nivel nacional, los diferentes operadores de telecomunicaciones disponen de redes de fibra óptica con tecnología SDH y WDM para cursar el tráfico generado por sus clientes, sin embargo, no existen actualmente implementaciones de redes de transporte óptico OTN inteligente con arquitectura ASON.

1.2 Justificación e Importancia

En los países desarrollados, el énfasis está en ir hacia servicios de nueva generación, y asegurar que alcancen sus objetivos de rendimiento de la inversión. La conectividad, fiabilidad, capacidad y compatibilidad de servicios, están aumentando para reducir de forma continua los costos de una red operativa. La mayoría de los operadores de telecomunicaciones están adoptando plataformas de aprovisionamiento multiservicio con el fin de asegurar mayores ingresos y obtener mayor rentabilidad.

La creciente demanda de capacidad de transmisión, debido en gran medida tanto al incremento de usuarios como a los requisitos de transmisión solicitados por los mismos, está haciendo necesario modificar la arquitectura de la infraestructura de telecomunicación comúnmente usada hasta la actualidad, a fin de responder a esta demanda. Así, la arquitectura de red de transmisión está evolucionando progresivamente hacia una red de transporte óptica OTN inteligente de alta capacidad, conocida como Red OTN/ASON.

Disponer de una red con tecnología OTN/ASON garantizará un alto índice de disponibilidad y permitirá de cierta manera reducir el índice de deserción de clientes y disminuir sustancialmente la intervención humana en los equipos. La implementación de una red de transmisión flexible permitirá atender la demanda de clientes internos y externos de forma rápida, reduciendo los tiempos de atención y costos de operación y mantenimiento.

A través de la inteligencia proporcionada por el plano de control ASON y la topología de red, el sistema de transmisión estará en capacidad de recuperarse ante uno o más eventos de corte de fibra óptica mediante el uso de la protección y restauración dinámica, permitiendo minimizar los riesgos de pérdida de tráfico de los servicios aprovisionados. Esto también ayudará a reducir los costos de O&M y los gastos de arrendamiento de capacidades de transmisión que se tiene con otros operadores para protección de la red.

Por lo indicado anteriormente se hace imprescindible disponer de una red de última tecnología que permita brindar mayores capacidades de forma flexible y dinámica, y que sirva de transporte a la creciente red IP, garantizando una alta disponibilidad de los servicios de telecomunicaciones que cursan por ella.

Finalmente, es importante controlar de mejor manera la implementación de este tipo de redes, por lo cual es necesario estructurar un Plan de Gerenciamiento que permita alcanzar de forma consistente los objetivos del proyecto mediante la creación de planes que reflejen calendarios realistas, recursos necesarios y los presupuestos correspondientes, documento que además podría servir como lección aprendida de futuros proyectos a desarrollarse en la CNT EP.

1.3 Situación Actual

La red de transmisión nacional de la CNT EP está compuesta de un backbone de fibra óptica, el cual ha ido incrementando su capacidad y extendiendo los enlaces a varias localidades del país donde se concentra la mayor demanda de servicios de telecomunicaciones.

Esta red utiliza principalmente tecnología de transporte TDM (*Time Division Multiplexing*) basada en el estándar SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) mediante equipos que ofrecen funcionalidad de ADM (Add-Drop Multiplexer), soportando interfaces desde STM-1 (155 Mbps) hasta STM-64 (10 Gbps). Poco a poco la red ha evolucionado en algunas localidades a una red WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), misma que permite multiplexar en una misma fibra varias portadoras ópticas (longitudes de onda) que soportan 10 Gbps cada una. Sobre la red de transmisión se apoyan las redes de capas superiores, como la red de paquetes IP/MPLS, la red de Internet, la red móvil, entre otras.

La Red de Transmisión a nivel nacional está compuesta de las siguientes partes principales:

- Enlaces de Fibra Óptica
- Redes NG-SDH
- Red WDM
- Integraciones al Backbone Nacional

1.3.1 Enlaces de Fibra Óptica

CNT EP tiene una cobertura de fibra óptica a nivel nacional de aproximadamente 8000 Km, que recorren localidades importantes de la Sierra, Costa y Oriente. Sobre estos enlaces se implementan los sistemas de transmisión existentes. En la Figura 1 se presentan los principales enlaces de fibra a nivel nacional.



Figura 1. Enlaces de fibra óptica en CNT EP a nivel nacional

1.3.2 Redes NG-SDH

El *Backbone* Nacional tiene capacidades de línea STM-64 y STM-16 y está compuesto por los siguientes sistemas NG-SDH:

- a. **Red Norte:** Formada por los enlaces lineales Quito-Cayambe-Otavalobarra-El Ángel-Tulcán. Los enlaces tienen una capacidad STM-64 (10 Gbps).

Protección: Para protección de este sistema, CNT EP tiene un enlace STM-16 entre Quito y Tulcán, capacidad menor a la de los otros enlaces, por lo cual el tipo de protección que se utiliza es SNCP (*subnetwork connection protection*), sin lograr proteger la totalidad de servicios.

- b. Red Nor-Occidente:** Formada por los enlaces Quito-Santo Domingo-La Concordia- La Unión- Quinindé- Viche- Esmeraldas- Borbón- Lita- Ibarra- Quito. Los enlaces tienen una capacidad STM-64. Los tramos de fibra óptica Quito-Cayambe-Otavalo-Ibarra es común para la Red Norte y la Red Nor-Occidente, por lo que la capacidad en estos enlaces se divide para las dos redes.

Protección: Este anillo está formado por equipos de diferentes proveedores, por lo que la protección que se usa es del tipo SNCP.

- c. Red Central NG-SDH:** Formada por los enlaces Quito-Latacunga-Ambato-Guayaquil-Manta-Santo Domingo-Quito. Los enlaces tienen una capacidad STM-64 y STM-16, lo que conlleva a que existan cuellos de botella en algunos enlaces.

Protección: Este anillo está configurado con protección SNCP. Debido a las capacidades diferentes de esta red, varios servicios están creados sin protección.

- d. Red Centro Sur:** Formada por los enlaces Guayaquil-Babahoyo-Guaranda-Ambato-Riobamba-Azogues-Cuenca-Loja-Machala-Guayaquil, con una capacidad STM-64. En los tramos Ambato-Guaranda-Babahoyo-Guayaquil, esta red comparte su capacidad con la Red Central

Protección: Este anillo está configurado con protección MSP-Ring a 2 fibras.

- e. Red Nor-Oriente:** Formada por los enlaces Quito-El Chaco-Lago Agrio-Coca-Tena-Puyo-Ambato-Quito, con capacidad STM-64 en línea.

Protección: Este anillo está configurado con protección MSP-Ring a 2 fibras.

- f. Red Centro-Oriente:** Formada por los enlaces Ambato-Puyo-Macas-Limón-Gualaceo-Cuenca-Ambato. Los enlaces tienen una capacidad STM-64.

1.3.3 Red WDM

La Red WDM existente en la CNT EP está compuesta por equipos OADM fijos (*Optical Add-Drop Multiplexer*) y amplificadores ópticos OLA, que manejan portadoras ópticas (longitudes de onda) que soportan 10 Gbps cada una. Esta red está formada por dos tipos de equipamiento, la primera corresponde a la red DWDM Central (Figura 3) y la segunda que es la red DWDM Sur (Figura 4).

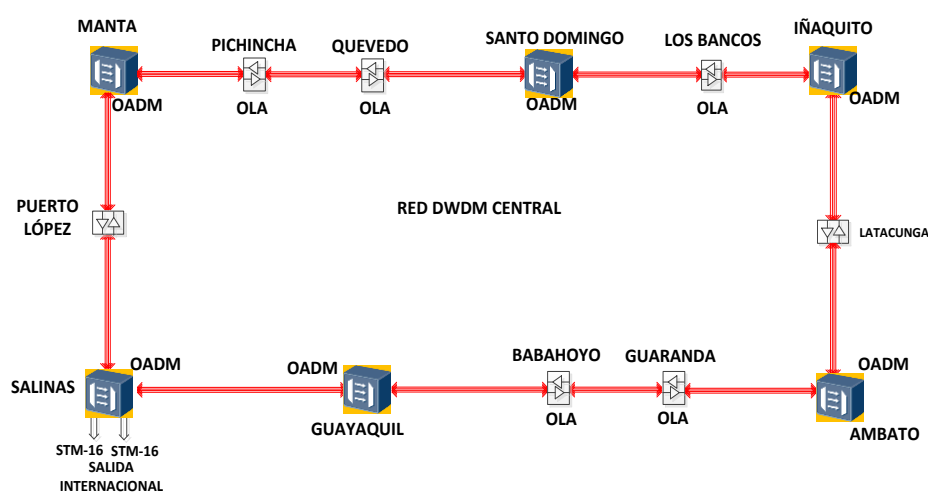


Figura 3. Red DWDM Central

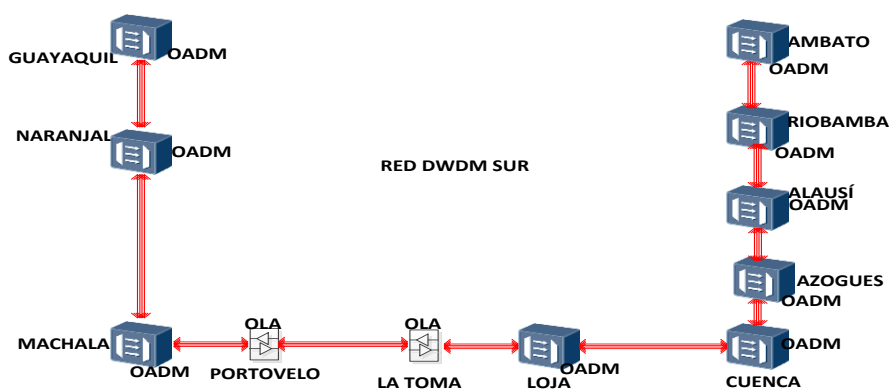


Figura 4. Red DWDM Sur

La Red DWDM Central corresponde a un sistema WDM convencional o conocido como tradicional y la Red DWDM Sur es una red que soporta tecnología OTN. Para los dos casos, los servicios están configurados como enlaces punto a punto.

1.3.4 Integraciones al Backbone Nacional

Considera a las demás localidades del país, las cuales son atendidas vía fibra, con menor capacidad (STM-1, STM-4, STM-16), ya sea en conexiones lineales, o formando pequeños anillos.

1.3.5 Servicios Ofrecidos

La red de transmisión actual permite a la CNT EP ofrecer servicios TDM y Ethernet.

Los servicios TDM corresponden a enlaces dedicados con capacidades que pueden ir de un E1 (2 Mbps), E3 (34 Mbps), DS3 (45 Mbps), hasta un STM-1, STM-4 o más.

Para ofrecer servicios Ethernet, el ADM se encarga de adaptar el tráfico a su formato de multiplexación eléctrica STM-1/4/16/64 y enviar tramas EoSDH (Ethernet sobre SDH). Estos servicios Ethernet son usados para proporcionar los enlaces a redes de acceso fijo y móvil, acceso para clientes corporativos, y sobre todo a la red IP/MPLS.

Por medio de las red WDM de la CNT EP, se provisiona servicios punto a punto Gigabit Ethernet y 10 Gigabit Ethernet para sitios pertenecientes al core de la red IP/MPLS y para el tráfico de internet, se proporciona enlaces STM-16 que se conecta al core de la Red de Internet, ubicado en Quito y Guayaquil.

1.4 Problemática de la Red Actual

La problemática en la Red de Transmisión Actual se basa en los siguientes factores:

1.4.1 Capacidad

Debido al crecimiento de la demanda y por ende de servicios, las redes de transmisión NG-SDH de CNT EP a nivel nacional se encuentran limitadas en su capacidad como para soportar adecuadamente los anchos de banda de los servicios actuales y planificados.

Varios anillos de fibra de la Red de Transmisión se encuentran configurados con protección MSP-RING a 2 fibras, cuya configuración hace que la mitad de la capacidad del anillo sea usada exclusivamente para protección de los servicios, reduciendo la capacidad de la red, es decir, en un anillo STM-64 (10 Gbps), la mitad de la capacidad es utilizada para protección, por tanto, la capacidad real del anillo para aprovisionamiento de servicios es de 5Gbps.

Por otra parte, la red WDM tradicional no abarca todas las localidades importantes del país, por lo que la falta de capacidad en la Red de Transmisión ha llevado a que los equipos de la red IP/MPLS usen hilos de fibra oscuros para su conexión, Incluso se utiliza regeneradores ópticos para lograr alcanzar mayores distancias para unir enlaces a nivel GE o 10 GE con el fin de atender cierta demanda que no pueden ser cubierta por la Red de Transmisión.

1.4.2 Protección y Disponibilidad

Otro factor que afecta a la red de transmisión actual es la falta de protección de los servicios. Para la protección de algunos enlaces lineales se han usado enlaces a través de infraestructura de terceros que no permiten necesariamente por su capacidad, proteger al 100% la totalidad de servicios.

Como se indicó en el punto anterior, debido a la falta de capacidad de varios equipos de transmisión, la Red IP/MPLS utiliza fibras ópticas para conectarse linealmente entre equipos, lo que ocasiona que los servicios no se encuentren protegidos en caso de cortes de fibra óptica.

Por otra parte, en la red WDM actual, los servicios se encuentran enlazados en configuración punto a punto, por lo que cuando se producen fallas en la red, existe una pérdida de varios servicios relacionados al equipamiento afectado.

Con el fin de tener rutas de respaldo para proteger el tráfico de los servicios en algunas las localidades importantes del país, CNT EP mantiene contratos de arrendamiento de capacidades de transmisión a otras empresas de Telecomunicaciones, lo que constituye una solución técnica parcial, sin embargo, desde el punto de vista financiero esto se refleja en altos costos en los que incurre continuamente la Corporación.

1.4.3 Tecnología

La tecnología de los equipos actuales es otro factor que influye la disponibilidad de la red. Los equipos de la red WDM Central son de primera generación o conocidos como WDM tradicional, los cuales no brindan los mismos o similares beneficios de los actuales sistemas de transmisión de nueva generación WDM u OTN; estos equipos presentan características poco flexibles para el crecimiento y aprovisionamiento de servicios haciendo que la red se torne compleja y limitada.

A pesar de que topológicamente la red WDM Central actual se muestre físicamente como anillo, no dispone de las funcionalidades lógicas de anillo ya que la provisión de los servicios se la realiza como un servicio punto a punto, por lo que en caso de falla en un enlace de fibra óptica, se afectan los servicios de dicho enlace.

Los servicios en la red WDM no permiten un fácil re-enrutamiento del tráfico ya que la mayoría de los equipos son OADM fijos, donde cada lambda está relacionada con cada transpondedor y con cada servicio, es decir la provisión de un servicio es un túnel fijo entre dos nodos lo cual no permite flexibilidad al momento de creación de nuevos servicios, como lo realizan las redes con tecnología OTN. La creación o re-enrutamiento de servicios se lo debe realizar en cada nodo de forma manual con puentes físicos (*patch cords*), en consecuencia los tiempos de respuesta son elevados.

Estos equipos no permiten el ajuste automático de potencia de cada canal óptico ocasionado por atenuaciones en la fibra óptica. Esta actividad debe ser realizada en cada sitio de forma manual, con el riesgo de causar un desbalanceo en la potencia de la señal compuesta y afectar a los servicios que estén cursando por el sistema.

En la topología actual de la red, no es factible tener una alta disponibilidad de los servicios ya que la red tiene solamente dos rutas entre los nodos principales:

- Ruta Sierra: Quito, Ambato Sur, Guaranda, Babahoyo, Finansur, Salinas
- Ruta Costa: Salinas, Puerto López, Manta, Santo Domingo, Iñaquito

En estas rutas se han producido cortes de fibra óptica, incluso de manera simultánea, lo cual ha ocasionado una pérdida del tráfico de los servicios, sobre todo los STM-16 de conexión a Internet, afectando a los usuarios a nivel nacional.. Al ser una red WDM tradicional, no cuenta con plano de control ASON para el descubrimiento automático de la mejor ruta para restauración de los servicios.

Por otra parte, la red DWDM Sur está formada por equipos OADM que soportan conmutación OTN, sin embargo, no se encuentran en anillo, por lo cual los servicios están enlazados punto a punto, hecho que influye en la

disponibilidad de red por cuanto no existe protección en caso de fallas en la misma.

1.5 Planteamiento del problema

En varias localidades importantes del país, la CNT EP no dispone de suficiente de la capacidad en los equipos de transmisión, que permita soportar el incremento de anchos de banda para satisfacer el crecimiento de servicios de telecomunicaciones a nivel nacional.

Además, la falta de protección en la red de transmisión actual afecta en la disponibilidad de la misma, impidiendo brindar un servicio ininterrumpido a nivel nacional.

Tabla 1. *Planeamiento del Problema*

Planteamiento del Problema	CAUSAS	EFECTOS
Capacidad de Equipamiento actual limitada	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la demanda de servicios por parte de los clientes internos y externos • Tecnología SDH en varias localidades 	<ul style="list-style-type: none"> • No soporta la demanda actual y futura, y con redundancia • Uso de hilos de fibra para conexión lineal • Arrendamiento de capacidades de Transmisión
Niveles de disponibilidad inadecuados	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios configurados punto a punto • Tecnología poco flexible • Los equipos de transmisión actuales no disponen de las funcionalidades de una red DWDM de nueva generación. • La red actual únicamente cuenta con dos rutas 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida del tráfico ante fallas • Deserción de clientes • Costos de mantenimiento • Arrendamiento de capacidades de Transmisión • Tiempos mayores de aprovisionamiento • Incremento de costos de operación

1.6 Hipótesis

La falta de enlaces redundantes y de capacidad en la Red de Transmisión de CNTP EP a nivel nacional afectan en los niveles de disponibilidad según las metas establecidas a mediano y largo plazo, para lo cual la mejor solución técnica-financiera es la implementación de una nueva

red de transmisión óptica inteligente de alta capacidad con arquitectura ASON.

1.7 Objetivo General

Realizar un estudio técnico - financiero para determinar la factibilidad de implementar una Red de Transmisión Óptica Inteligente de alta capacidad con arquitectura ASON para la CNT EP, para alcanzar los índices de disponibilidad, disponer de la capacidad de transmisión suficiente para el crecimiento proyectado en los siguientes años y minimizar los costos de operación y mantenimiento.

1.8 Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual de la red de transmisión de la CNT EP a nivel nacional, considerando los principales problemas técnicos existentes.
- Analizar estadísticamente el impacto de los factores que inciden en la disponibilidad de la red de transmisión actual de la CNT EP a nivel nacional.
- Realizar un análisis de capacidad de ancho de banda para dimensionar los servicios requeridos en la Red Nacional de Transmisión a nivel nacional.
- Diseñar y evaluar la Red de Transmisión OTN de la Alta Capacidad a Nivel Nacional con arquitectura ASON, considerando la información teórica, aspectos conceptuales y usando herramientas de simulación.
- Realizar el estudio de viabilidad financiera para determinar la factibilidad de implementar una Red de Transmisión Óptica Inteligente a nivel nacional.

- Generar un plan de gerenciamiento para la implementación de la Red de Transmisión Óptica Inteligente (ASON) a Nivel Nacional que permita asegurar una correcta ejecución de este y otros proyectos relacionados.

1.9 Evolución hacia una Red de Transmisión Óptica Inteligente

Las redes ópticas de transporte se están migrando de tecnología SDH/SONET a redes WDM en los últimos años. La implementación de redes WDM ha permitido a las compañías incrementar sus capacidades mediante la utilización de múltiples longitudes de onda de capacidades de 10,40 y 100 Gbps, en una sola fibra, resultando en un ahorro de costos en comparación con el costo del despliegue de las redes de un solo canal o de superposición de redes múltiples. Las redes ópticas WDM tradicionales o de primera generación se basan en enlaces de 10 Gbps por canal y los servicios operativos no permiten un fácil re-enrutamiento del tráfico ya que cada lambda está relacionada con cada transpondedor y con cada servicio, haciendo poco flexible la creación de nuevos servicios.

Actualmente, se ha desarrollado la tecnología de transmisión óptica de alta capacidad OTN, que se está implementando en diversos países. La red de transporte óptico OTN, es una tecnología que proporciona *grooming* de servicios, gestión y flexibilidad en redes WDM. La idea principal es combinar múltiples redes y servicios tales como SDH/SONET tradicional, Ethernet, protocolos de almacenamiento y video sobre una infraestructura común. La estructura de la capa OTN permite que los servicios de baja velocidad de transmisión se vayan adaptando de manera flexible dentro los canales ópticos (longitudes de onda) y el puerto del lado del cliente, logrando un balance en la utilización de ancho de banda de longitudes de onda y la adaptación flexible de servicios de extremo a extremo.

Por otro lado, para proveer una alta disponibilidad en las redes troncales y por ende en los servicios, la tendencia a nivel mundial es contar con una red óptica inteligente que realice la búsqueda automática de protección de los servicios de transmisión a través de la arquitectura ASON. En la figura 5 se muestra la evolución de las redes de transmisión óptica.

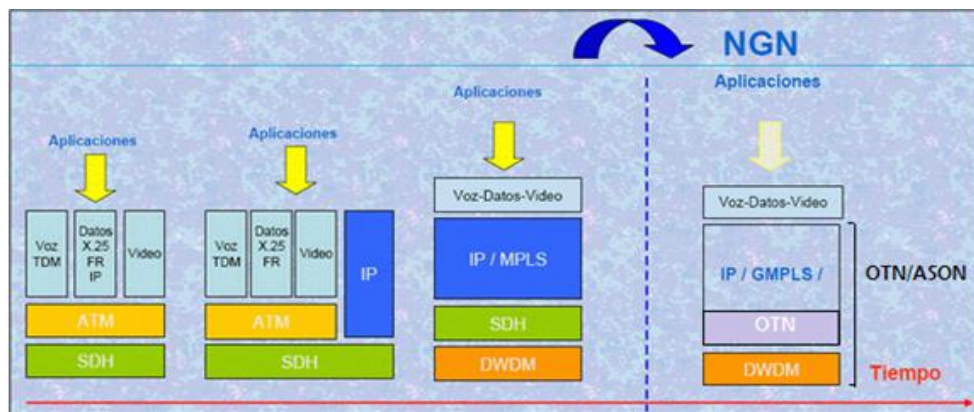


Figura 5. Evolución de las Redes de Transmisión Óptica

Para que los procesos de asignación de recursos y servicios se automaticen en las redes OTN, apareció la arquitectura ASON (*Automatically Switched Optical Network*), como un modelo de referencia que plantea la arquitectura y los requisitos que debe satisfacer una red de transporte óptica de conmutación automática en comparación con el modelo tradicional de las redes de transporte. A nivel mundial, existen grandes empresas que tienen implementadas redes de alta capacidad OTN con arquitectura ASON para disponer de protección de red y la provisión de tráfico de forma automática optimizando además las actividades de operación y mantenimiento.

Frente al modelo tradicional de red de transporte, el término, conmutación automática se refiere a:

- Capacidad de enrutamiento dinámico, auto detección de “vecinos”, auto detección de enlaces de conexión y auto-detección de topología.
- Restauración eficiente de servicio.

- Facilidad de gestión para mejorar el uso de ancho de banda (Díaz & Jiménez, 2010).

Una arquitectura ASON está formada por tres planos, el plano de transporte, el de control y el de gestión. El plano de transporte está formado por equipos ópticos WDM y enlaces de fibra y provee los canales ópticos entre clientes. El plano de control provee de inteligencia a la red óptica, controlando dinámicamente el plano de transporte y soportando el establecimiento, modificación y eliminación de las conexiones y el suministro de la restauración de protección en caso de un fallo de un enlace. Por último, el plano de gestión se encarga las funciones de gestión (fallas, configuración y seguridad) para los planos de transporte y control.

La capa OTN, que es puramente física se agrega para aumentar la capacidad y tiende a eliminar de una manera paulatina la capa SDH hasta poder tener una arquitectura IP/MPLS directamente sobre la capa OTN/WDM.

Las redes de transporte óptico inteligente con arquitectura ASON en la actualidad están siendo usadas para contar con una alta capacidad de servicios y sobre todo dar una mayor disponibilidad en la red mediante la conmutación automática hacia otras rutas de protección. Para esto las redes ASON usan mecanismos de recuperación de forma dinámica en toda la capacidad disponible, lo que mejora significativamente la utilización de los recursos de la red.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se van a introducir los conceptos y terminología que son relevantes para este Proyecto. Se presentan las bases tecnológicas sobre las que se fundamentan las redes de fibra óptica de hoy en día así como la arquitectura ASON de las redes ópticas inteligentes.

2.1 Tecnología DWDM

La tecnología WDM (multiplexación por división de longitudes de onda) se basa en la transmisión de múltiples señales láser a diferentes longitudes de onda multiplexadas sobre el mismo hilo de fibra óptica.

Los sistemas DWDM son configurados usualmente como multiplexor de inserción/extracción fijo (FOADM), multiplexor de inserción/extracción reconfigurable (ROADM) y amplificador óptico de línea (OLA).

- **Multiplexor óptico de inserción/extracción (OADM)**

La función del multiplexor óptico de inserción/extracción es similar al multiplexor inserción/extracción de sistemas SDH. Los OADM's intervienen directamente en señales ópticas, realiza la inserción/extracción de señales en los canales de longitud de onda en el dominio óptico con tecnología de multiplexación por división de longitud de onda óptica, sin interferir una señal con otra. Existen 2 tipos de OADM's:

- **OADM Fijo FOADM (*Fixed Optical Add/Drop Multiplexer*):** Es usado para insertar y extraer longitudes de onda fijas, y deja pasar directamente otros servicios (ver Figura 6).

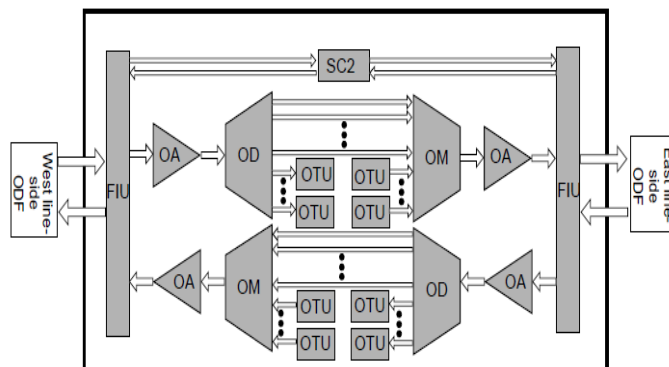


Figura 6. Bloques funcionales del FOADM

Fuente: (Huawei, 2011)

- OADM reconfigurable ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer):** Este equipamiento utiliza tecnología WSS (conmutación de onda selectiva) la cual permite que las señales de onda pueden ser insertadas o extraídas en cualquier puerto o pueden ser reconfiguradas hacia cualquier otra dirección, permitiendo realizar lo que se conoce como *grooming* óptico. Dependiendo de la unidad WSS, los ROADM pueden ser de 2, 4, 8 o 9 direcciones. Este equipamiento se muestra en la Figura 7.

Los ROADMs proveen los siguientes beneficios:

- Servicio remoto que permite reconfigurar los servicios sin intervención manual en sitios intermedios, abaratando los costos de operación.
- La asignación del ancho de banda no necesita ser configurada al inicio del sistema. Los ROADMs permiten gestionar el ancho de banda de las redes DWDM de una forma flexible y eficiente, suministrando y conmutando los diferentes canales DWDM en función de las necesidades de tráfico.
- Conmuta el tráfico a nivel óptico (Sin necesidad de ruteadores IP).

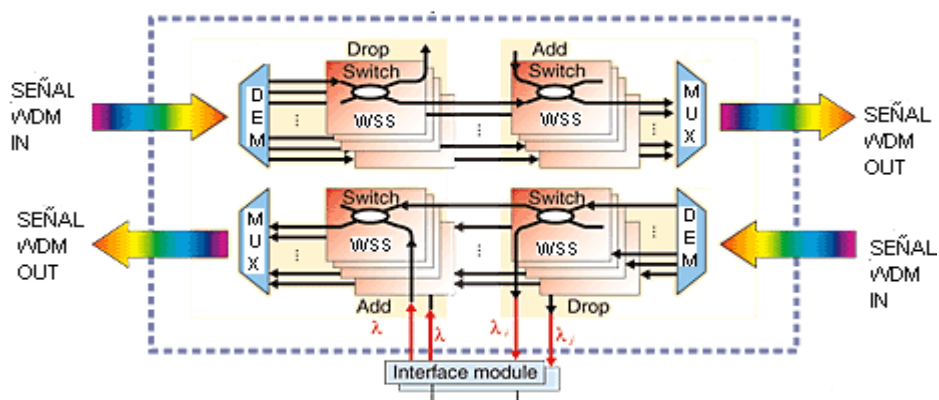


Figura 7. Bloques de función del ROADM de 2 direcciones

Fuente: (Kasahara, Nishikido, Oda, Onishi, & Kajiyama, 2014)

- Amplificador de Línea Óptico OLA (Optical Line Amplifier)

Esta configuración es usada para amplificar la potencia de la señal óptica para transmisiones de largas distancia, en dos direcciones y se compone de:

- Unidad de amplificación óptica (OA)
- Canal de supervisión óptico (SC2)

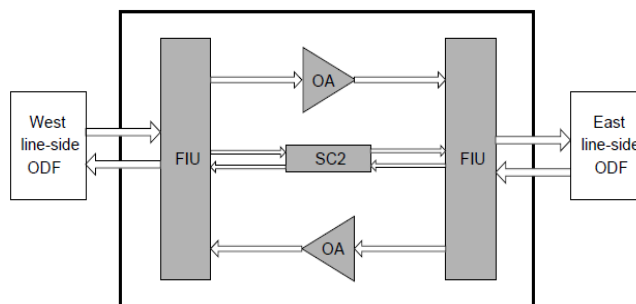


Figura 8. Bloques de un OLA

Fuente: (Huawei, 2011)

2.2 Tecnología OTN

Las recomendaciones ITU-T G.872, G.709 y G.798 definen la tecnología OTN como la nueva generación de tecnologías de transmisión digital, y se ha convertido en un marco estándar para gestionar señales tanto eléctricas como ópticas.

El objetivo de OTN es combinar los beneficios de SONET/SDH con la expansibilidad del ancho de banda de WDM, brindando la posibilidad de gestionar la capacidad del ancho de banda que puede transportarse por las redes, integrando servicios de menor capacidad sobre las longitudes de onda, manejadas en la tecnología DWDM

2.2.1 Arquitectura Funcional OTN

La red OTN está compuesta básicamente de tres secciones:

- Sección de Transporte Óptico OTS (*Optical Transmission Section*).
- Sección de Multiplexación Óptica OMS (*Optical Multiplex Section*).
- Canal Óptico OCh (*Optical Channel*).

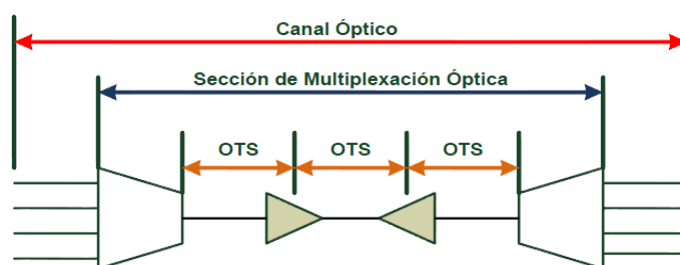


Figura 9. Estructura de la Red OTN

Fuente: (Aponte & Cardozo, 2006)

Sección de Transporte Óptico OTS: Comprende la sección de transporte entre dos puntos de acceso sobre el que la señal multiplexada se transmite.

Sección de Multiplexación Óptica OMS: Comprende el tramo entre un multiplexor y un demultiplexor.

Canal Óptico (OCh): Es una conexión óptica entre dos puntos, que atraviesa un camino óptico. Los canales ópticos (longitudes ópticas) son

multiplexados y transmitidos como una señal a través de una fibra (Vásquez, 2009).

La capa del canal óptico (OCh) está compuesta por las capas: OPUk, ODUk, OTUk, con el fin de apoyar la gestión de la red y las funciones de supervisión defendidas en la norma UIT-T G.872. En la Figura 10 se ilustra la estructura de la trama OTN.

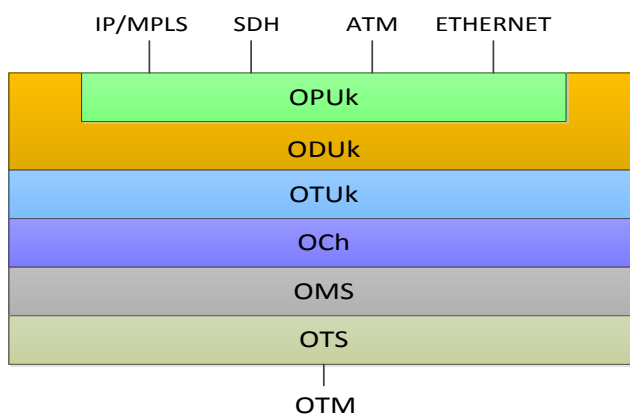


Figura 10. Estructura de OTN

2.2.2 Procesamiento de la Señal Cliente

El procesamiento de una señal cliente (representada en la Figura 11) se realiza de la siguiente manera:

- Una señal cliente (por ejemplo, IP/MPLS, Ethernet, SDH, etc.), es mapeada dentro de la carga útil OPU, que con la cabecera de la OPU proporciona información sobre el tipo de señal y la estructura de mapeo OPUk, donde $k = 0, 1, 2, 3, 4$ indica la velocidad de transmisión.
- Una vez mapeada la señal, la OPUk es insertada en la carga útil ODU, luego son agregadas una cabecera para supervisión de trayecto a nivel óptico y las señales de alarma de indicación, así como también se le añade una cabecera para sección de monitoreo. La ODU es la carga

básica que es electrónicamente preparada y activada dentro de una red OTN.

- A la ODUk se le añade una cabecera que proporciona sección de monitoreo y FEC, y luego es mapeada la unidad de transporte de canal óptico estandarizada OTUk, que representa la interfaz óptica o puerto físico.
- La OTUk se combina en el canal óptico OCh, y luego es modulado a la portadora de canal óptico OCC; OCC realiza la multiplexación por división de longitud de onda (WDM), y se combinan en la cabecera de OMS para formar la interfaz de OMS.
- Después, la OMS es combinada con la cabecera OTS y se forma la unidad OTS.

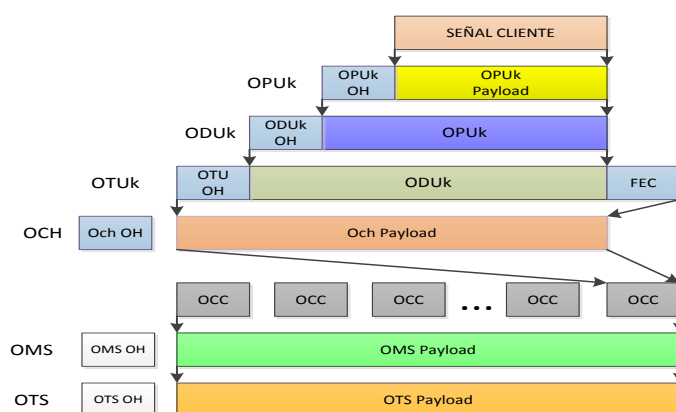


Figura 11. Procesamiento de la señal cliente

Fuente: (G.709 UIT-T Recommendation, 2012)

2.2.3 Estructura de Multiplexación

La señal cliente analizada anteriormente, es mapeada en una OPUk; la OPUk es mapeada a una ODUk; la ODUk es mapeada a OTUk; la OTUk es mapeada a un OCh, y finalmente un OCh es modulado a una portadora de canal óptico OCC. El principio de multiplexación OTN está definido en el estándar G.709 y se muestra en la Figura 12.

Tabla 4. Tipo de OPU y velocidad de transmisión

Tipo de OPU	Velocidad Nominal de Transmisión
OPU0	$238/239 \times 1'244.160$ kbit/s
OPU1	2'488. 320 kbit/s
OPU2	$238/237 \times 9' 953.280$ kbit/s
OPU3	$238/236 \times 39' 813.120$ kbit/s
OPU4	$238/227 \times 99'532.800$ kbit/s
OPU2e	$238/237 \times 10'312.500$ kbit/s
OPUflex	$238/239 \times$ velocidad señal ODUflex

Nota: Fuente (G.709 UIT-T Recommendation, 2012)

2.2.5 Estructura General de un Sistema OTN

Un sistema OTN, estructuralmente está compuesto de los siguientes elementos:

- Unidades clientes
- Unidades de cros conexión (XC)
- Unidades transpondedoras ópticas (OTU)
- Unidad multiplexora/demultiplexora óptica (MUX/DEMUX)
- Amplificador óptico (OA)
- Canal de supervisión óptico (SC)

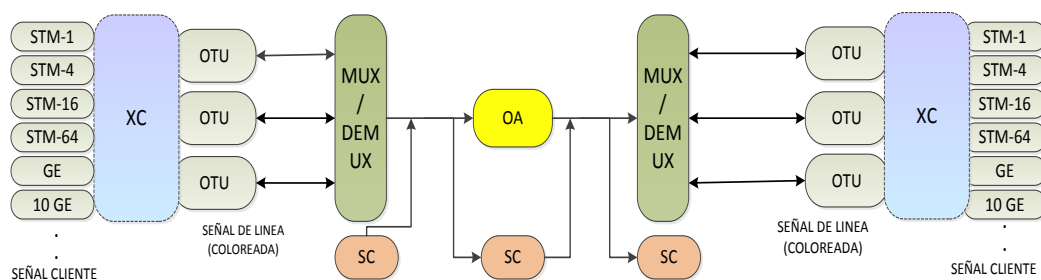


Figura 13. Estructura general de un Sistema OTN

- Transpondedor OTU: La principal función de los transpondedores ópticos OTU es convertir la longitud de onda entre las señales cliente y las señales estándar del lado WDM (G.691/G.694).

- La unidad de cross conexión XC provee conexión lógica flexible entre las tarjetas transpondedoras OTU, que es lo más destacado en comparación con el sistema WDM tradicional.
- La función de la unidad MUX/DEMUX es multiplexar y demultiplexar los canales ópticos dentro de un camino principal.
- Los amplificadores ópticos son componentes que estimulan las señales ópticas, permitiendo alcanzar altas velocidades y la transmisión WDM a grandes distancias.

2.2.6 Servicios que soporta OTN

La red OTN es una red de transporte de banda ancha que se caracteriza por su escalabilidad y flexibilidad para soportar diferentes y múltiples redes y servicios como, SDH/SONET, Ethernet, *fibre channel*, protocolos de almacenamiento de video, etc. En la tabla 5 se indican los servicios que pueden ser mapeados en una red OTN.

Tabla 5. *Servicios dentro una OPU*

Capa de Mapeo	Señal Cliente	Velocidad
OPU 0	1000 Base-X	1000 Mbps
	STM-1	155 Mbps
	STM-4	622 Mbps
	FC-100	1062 Mbps
	SBCON/ESCON	200 Mbps
	DVB-ASI, SDI	270 Mbps
OPU 1	STM-16	2,5 Gbps
	FC-200	2,125 Gbps
	1.5G SDI	1,485 Gbps
OPU 2	STM-64/OC-192	9.95 Gbps
	10GE LAN	10.31 Gbit/s
	10GE WAN	9.95 Gbit/s
OPU 3	40GBASE-R	40, 11 Gbps
	STM-256	39,81 Gbps
OPU 4	100GBASE-R	100 Gbps

Nota: Fuente (G.709 UIT-T Recommendation, 2012)

2.2.7 Ventajas de la Redes de Transporte Óptico OTN

La red de transporte óptico OTN proporciona grooming de servicios, gestión y flexibilidad en redes WDM, permitiendo soportar múltiples servicios, como IP, SDH, Ethernet, entre otros.

Las redes OTN permiten que los servicios de baja velocidad de transmisión se vayan adaptando (*grooming*) de manera flexible dentro los canales ópticos (lambdas) y el puerto del lado del cliente, logrando un balance en la utilización de ancho de banda de longitudes de onda y la adaptación flexible de servicios.

a. Comparado con Redes SDH/SONET

- Gran capacidad con alta precisión, alcanzando velocidades en el orden de Terabit/segundo por fibra, a través de líneas DWDM.
- La flexibilidad de OTN es posible gracias a su transparencia en el servicio para señales de los clientes.
- Mapeo asincrónico de las señales.
- Proporciona funciones de FEC avanzadas y reducción de costos en la red.

b. Comparado con Redes WDM tradicional

- A diferencia de WDM, la tecnología OTN provee capacidades de networking de extremo a extremo, como por ejemplo provisión y cross-conectividad.
- Flexible capacidad de *grooming* eléctrico/óptico.

2.3 Redes de Transporte Óptico Inteligente con arquitectura ASON

Las redes de Transmisión Ópticas Inteligentes con arquitectura ASON están orientadas a redes backbone basadas en IP. Con una nueva

arquitectura, logra un *grooming* de la capa óptica y *grooming* flexible de la capa eléctrica, también proporcionan una plataforma de alta disponibilidad y estable para el funcionamiento de servicios múltiples y el futuro aumento de la capacidad de la red. En la Figura 14 se ilustra la arquitectura de un sistema de transmisión óptico inteligente y en la Figura 15 se muestra la Topología física y lógica de dicha red.

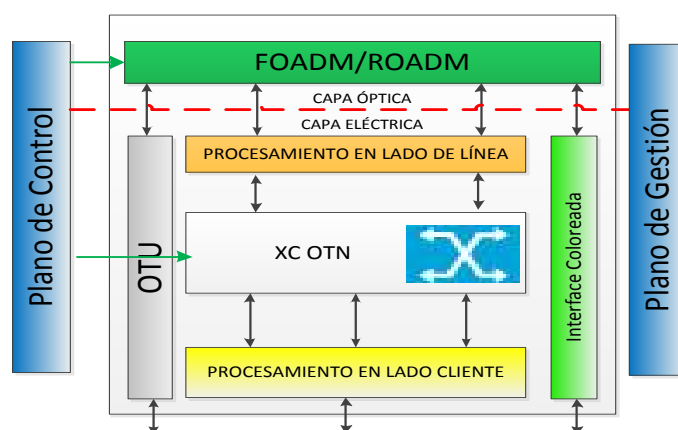


Figura 14. Arquitectura de un Sistema de Transmisión Óptico Inteligente

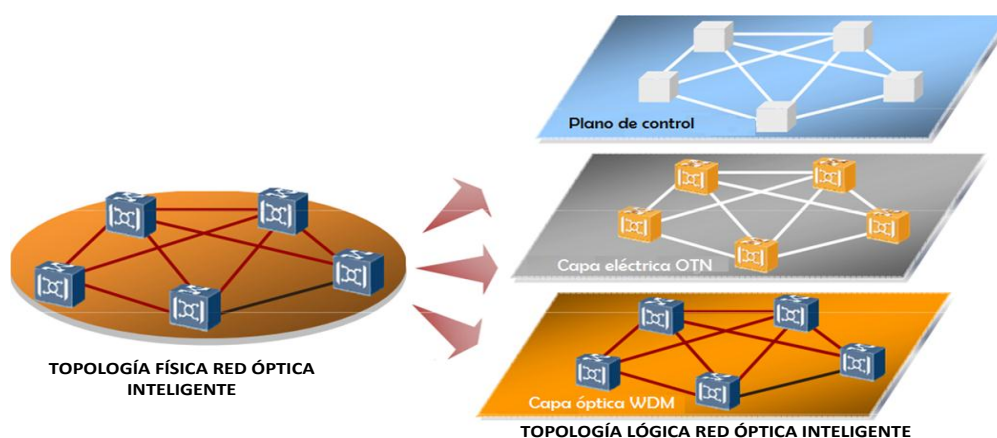


Figura 15. Topología Física y Lógica de una Red de Transmisión Óptica Inteligente OTN-ASON

Fuente: (Huawei, 2011)

Una Red de Transmisión Óptica Inteligente está conformada por:

- **Capa Óptica:** Compuesta por equipamiento DWDM, que incluye equipos FOADM (multiplexores de inserción/extracción óptico fijos) y ROADM (multiplexores de inserción/extracción ópticos reconfigurables).

- **Capa Eléctrica:** La capa eléctrica se refiere a granularidad de servicio del *grooming* eléctrico, basado en la tecnología OTN, que soporta señales ODUK, VC-4, VC-3 o VC-12, con el fin de brindar e integrar múltiples servicios y redes.

- **Plano de Control:** Se encarga de automatizar funcionalidades dentro de una red, como añadir o eliminar circuitos ópticos y restauración de servicios en redes malladas.

La red OTN puede disponer de un plano de control a través de la arquitectura ASON, que permite un descubrimiento de la topología mediante el uso de protocolos de enrutamiento, con este plano de control se garantiza inteligencia al sistema y la posibilidad de realizar restauración de los servicios en caso de que existan varias fallas en la red.

2.3.1 Composición de una Red Inteligente ASON

Una red de transmisión óptica inteligente ASON se compone de:

- Elementos de red ASON (ASON NE)
- Enlaces de ingeniería de tráfico (TE links)
- Dominios
- Conexiones permanentes (SPC)

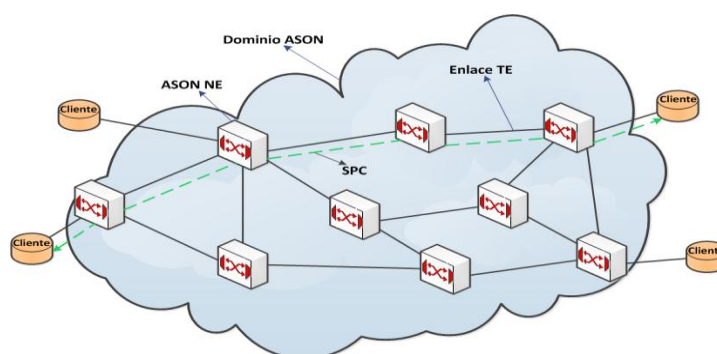


Figura 16. Estructura funcional de una Red OTN/ASON

Fuente: (Huawei, 2011)

- Elemento de red ASON NE

El ASON NE corresponde al equipo que posee la arquitectura ASON. Tiene un identificador único (ID) en el plano de control. El formato de ID del nodo es el mismo que el de la dirección IP. Sin embargo, el ID de nodo y la dirección IP del NE deben estar en diferentes secciones de la red.

- Enlace TE (*TE link*)

TE link es un enlace de ingeniería de tráfico. El ASON NE envía su información de ancho de banda a otros elementos de red ASON a través del *TE link* para proporcionar datos para el cálculo de ruta. Una fibra entre estaciones se puede configurar con un *TE link*.

- Dominio ASON

Un dominio ASON es un subconjunto de una red, que se clasifica por la función de la selección y de gestión de ruta. Un dominio ASON se compone de varios elementos de red ASON y *TE links*. Un ASON NE pertenece a un dominio ASON.

- Conexión permanente SPC (o *lightpath*)

Las redes ópticas son capaces de entregar conexiones de banda ancha a través de los *lightpaths* (equivalentes a los LSP). Un *lightpath* se establece

entre dos puntos terminales en la red óptica, a la cual los clientes están conectados. La conexión dentro de la red de transmisión, es solicitada por el plano de gestión y creada por el plano de control del NE para que de manera autónoma el plano de control decida la ruta.

Cuando un LSP se desconecta, el nodo de origen solicita y encuentra la mejor ruta para encaminar los servicios, entonces el nodo inicial crea un LSP nuevo y elimina el anterior, esto es denominado re-enrutamiento, la efectividad de dicho sistema depende de la cantidad de caminos físicos que interconecten a dos nodos cualesquiera. Gracias a la diversidad de mecanismos de protección es posible para el operador ofrecer varios niveles de servicios, lo cual se traduce en ofrecimiento de nuevos servicios diferenciados de valor agregado.

2.3.2 Estructura lógica de una Red Inteligente ASON

La arquitectura para redes ASON, definida por la ITU-T en la recomendación G.8080, está conformada por tres planos: de transporte, de control y de gestión.

La gestión y el control de una red óptica inteligente son necesarios, independientemente de las arquitecturas de capas que se adopte. Un plano o capa es una construcción conceptual que se asocia con una funcionalidad.

2.3.2.1 Plano de Transporte

La red WDM constituye el plano de transporte, donde se transmite y se multiplexa las señales ópticas, configura la cross conexión y protección de señales ópticas, y garantiza la fiabilidad de todas las señales ópticas. Las operaciones de conmutación en el plano de transporte se llevan a cabo bajo el control del plano de gestión y el plano de control.

2.3.2.2 Plano de Control

Este plano, controla principalmente las conexiones de la red y dinámicamente el plano de transporte a través del intercambio de señalización, que implica la instalación, modificación, seguimiento y mantenimiento de las conexiones y el suministro de la restauración de protección en caso de un fallo de un enlace de conexión.

2.3.2.3 Plano de Gestión

El plano de gestión es un complemento para el plano de control. En este plano, la configuración de extremo a extremo puede ser soportado. Sus funciones incluyen la gestión del rendimiento, gestión de fallos, gestión de la configuración y la gestión de la seguridad. Las funciones del plano de gestión son coordinadas con las funciones del plano de control y plano de transporte (Huawei, 2011).

En la Figura 17 se ilustra los tres planos, los cuales son independientes, sin embargo, interactúan entre sí a través de interfaces y funciones definidas. El plano de gestión se comunica con el plano de control y el plano de transporte a través de interfaces de administración de redes (NMI). El plano de control se comunica con el plano de transporte a través de interfaces de control de conexión (CCI).

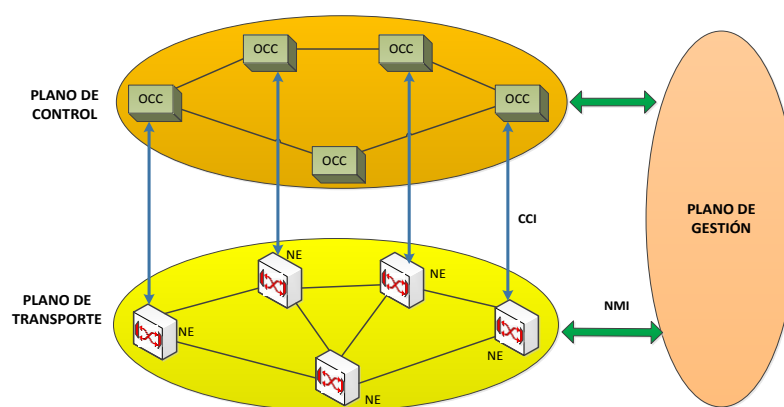


Figura 17. Estructura lógica de una Red ASON

Fuente: (Huawei, 2011)

2.3.3 Protocolos usados en la Red ASON

En ASON, se aplica el protocolo de gestión de enlace (LMP) como el protocolo de gestión de enlace, OSPF como el protocolo de enrutamiento, y RSVP como el protocolo de señalización.

2.3.3.1 LMP (Administración de enlace)

El protocolo LMP administra los enlaces entre NE's adyacentes. Es el protocolo que se encarga de gestionar el correcto funcionamiento de los enlaces, verificación de los enlaces y comprueba conectividad entre nodos adyacentes.

2.3.3.2 OSPF-TE

El protocolo OSPF-TE se utiliza en el plano de control y lleva a cabo las siguientes funciones:

- Crea relaciones de vecindad.
- Crea y mantiene relaciones de control.
- Inunda y recoge información de los enlaces de control en el plano de control.
- Inunda y recoge información acerca de los *TE links* en el plano de transporte.
- Luego, el protocolo genera la información sobre la topología de la red para el cálculo del trayecto del servicio (Rodríguez & Sandoval, 2010).

2.3.3.3 RSVP

El RSVP es un protocolo de señalización, realiza funciones como la creación y eliminación de rutas de conmutación de etiquetas (LSP), re-enrutamiento, y optimización de ruta. Debido a que ASON adopta GMPLS, los servicios son administrados en forma de etiquetas.

Mediante el uso de RSVP se pueden establecer los caminos de conmutación de etiquetas LSPs (*Label Switched Path*). El nexo entre las etiquetas y los *lightpath* reside en que las etiquetas actúan como banderas que marcan el *lightpath*.

2.3.4 Funcionalidades de la Red ASON

Dentro de las principales funcionalidades que tiene la arquitectura ASON, se pueden detallar las siguientes:

2.3.4.1 Descubrimiento de elementos de red vecinos

En la red ASON, el protocolo OSPF descubre elementos de red (ASON NE) de forma automática mediante el envío de los paquetes de protocolo (ver Figura 18). Cuando se añade un ASON NE a una red ASON, otros elementos de red son capaces de descubrir automáticamente la nueva NE mediante el protocolo OSPF (Huawei, 2011).

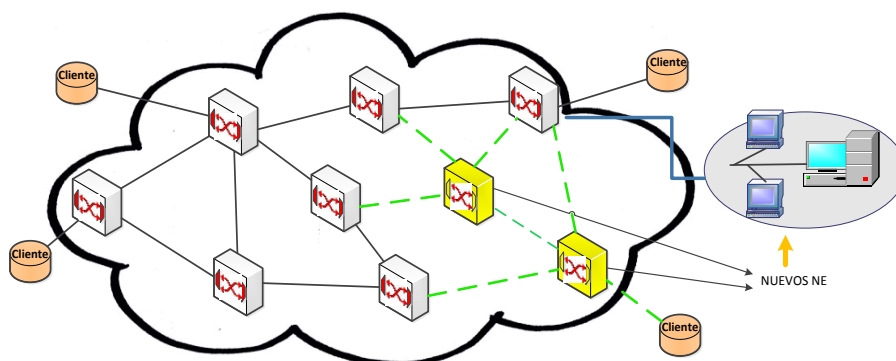


Figura 18. Descubrimiento automático de vecinos

2.3.4.2 Descubrimiento de topología

Luego de descubrir los elementos de red vecinos, el protocolo OSPF envía la información de estos elementos a otros que existen en la red. En el extremo, cada elemento de red en el dominio tiene la información acerca de todos los elementos de red en toda la red.

Cuando se añade un elemento a una red ASON, otros elementos de red son capaces de descubrir automáticamente el nuevo NE mediante el protocolo OSPF. Cuando un elemento de red se retira de una red ASON (por ejemplo, apagar el NE o apagar el canal físico), otros elementos de red son capaces de detectar de forma automática la falta de este elemento de red.

2.3.4.3 Descubrimiento automático de enlaces

El descubrimiento automático, permite al NE en cada extremo de un enlace descubrir el NE vecino, de esta manera un enlace recién instalado se descubre de forma automática y se puede agregar a la red con un menor esfuerzo de pre-configuración o aprovisionamiento.

A través del protocolo OSPF-TE, la red ASON difunde los enlaces (conocidos como *TE links*). Un elemento de red ASON NE crea un canal de control entre los NE vecinos a través de LMP, quien realiza la verificación del enlace. Cada NE ASON inunda sus propios enlaces a toda la red a través de OSPF-TE. Con esto, cada NE obtiene los enlaces (o *TE links*) de toda la red, es decir, la topología de recursos de toda la red. A continuación, cada NE calcula la ruta más corta a cualquier NE de la red y escribe estas rutas en la tabla de reenvío de rutas, que se utiliza para la señalización RSVP para transmitir y recibir paquetes (Huawei, 2011).

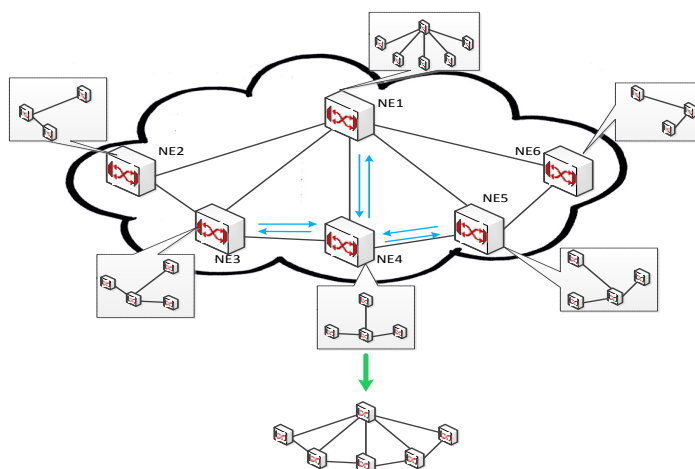


Figura 19. Mecanismo de trabajo OSPF-TE para descubrimiento de enlaces de control y topología

2.3.4.4 Enrutamiento

Los requerimientos para el enrutamiento en redes ASON se presentan en la recomendación ITU-T G.7715/Y.1706.

Como se indicó anteriormente, el protocolo que hace posible el enrutamiento es el protocolo OSPF, el mismo utiliza algoritmos de estado de enlace para el descubrimiento automático de la topología y los recursos de red.

En una red ASON se producen los siguientes procesos:

- En el elemento de red ASON, el protocolo LMP verifica los enlaces de ingeniería de tráfico TE.
- Luego, OSPF inunda de información de los enlaces en el plano de transporte.
- Posteriormente OSPF colecta los enlaces en el plano de transporte.
- Luego, el protocolo genera la información acerca del mapa topológico de la red para calcular la mejor ruta para el servicio. Como se indica en la Figura 20, si un enlace se corta, se actualiza la topología de recursos en tiempo real y buscará otra ruta para alcanzar el destino.

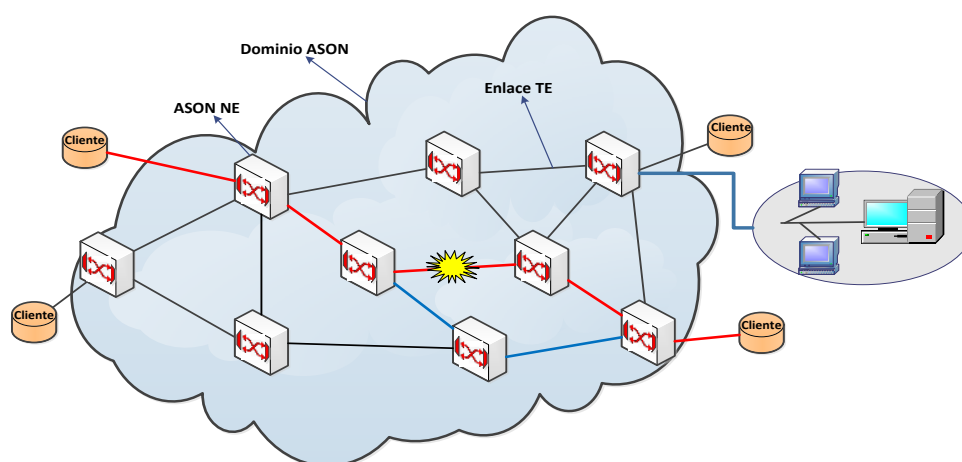


Figura 20. Descubrimiento automático de enlaces para enrutamiento

2.3.5 Protección y Restauración

Las redes de transporte óptico con arquitectura ASON en la actualidad están siendo usadas para contar con una alta capacidad de servicios y sobre todo dar una mayor disponibilidad en la red mediante la conmutación automática hacia otras rutas de protección, por lo que se usa en redes malladas. Para esto las redes ASON usan mecanismos de recuperación de forma dinámica en toda la capacidad disponible, lo que mejora significativamente la utilización de los recursos de la red.

El ASON proporciona protección de red de malla para mejorar la supervivencia de servicio y seguridad de la red.

Las redes en malla se caracterizan por otorgar mayor flexibilidad, facilitar su crecimiento y optimizar los recursos, lo cual redundaría en un mejor aprovisionamiento de servicios; y en particular, en procesos de protección y restauración. En comparación con la red WDM tradicional, este tipo de red también proporciona más de una ruta de recuperación para cada uno de los servicios por lo que pueden utilizar mejor los recursos de la red y mejorar la seguridad de la red.

En una red en malla, los servicios interrumpidos se pueden restablecer inmediatamente a través del mecanismo de re-enrutamiento en adición a los esquemas de protección tradicionales como la protección 1+1 y el esquema de protección compartida como *ODUk SPRing*. Es decir, la red en malla puede soportar los esquemas tradicionales de protección y mecanismos de restauración de servicio en caso de fallos de protección, en forma dinámica. De esta manera, los servicios no se interrumpen únicamente si los recursos están disponibles.

2.3.5.1 Protección 1+1

Este tipo de protección usa un camino principal (longitud de onda) y un camino de protección (*back up*) pre establecido, es decir, si la ruta principal falla, el servicio conmuta a la ruta de back up en un tiempo menor o igual a 50 ms.

2.3.5.2 Protección 1+1 permanente

El mecanismo de protección 1+1 permanente, garantiza la supervivencia de la red y del servicio; es decir, siempre que exista disponibilidad de los recursos de la red, se podrá garantizar un camino principal y otro de protección para el servicio.

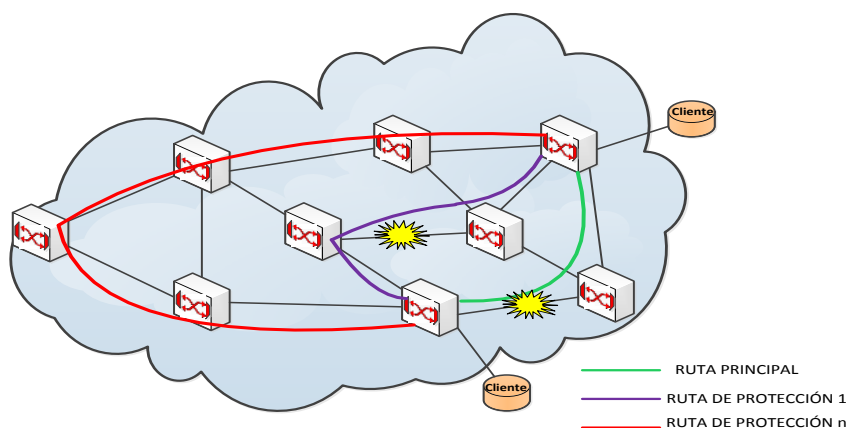


Figura 21. Protección 1+1 Permanente más Restauración

Como se puede observar en la Figura 21, la protección permanente 1+1, garantiza que cuando el camino principal falle, el servicio conmuta al camino de protección en un tiempo menor o igual a 50ms; y se creará al mismo tiempo otro camino del origen al destino para asegurar que el servicio esté provisto de protección 1+1 permanente.

2.3.5.3 Restauración

Este tipo de protección se usa para servicios que tienen bajo requerimiento en tiempo real. En este caso, si la ruta principal falla, el re-

enrutamiento se produce por una ruta alterna que exista, es decir, la ruta de restauración no está definida. Este tipo de configuración, calcula la ruta de restauración en tiempo real, por lo que no necesita ningún recurso para ser reservados con antelación. Por lo tanto, la utilización de ancho de banda es alta. Si no hay suficientes recursos, los servicios pueden ser interrumpidos. Como se muestra en la Figura 22, si un enlace de fibra de la ruta principal se corta, ASON busca una nueva ruta para restaurar el servicio, los servicios están protegidos.

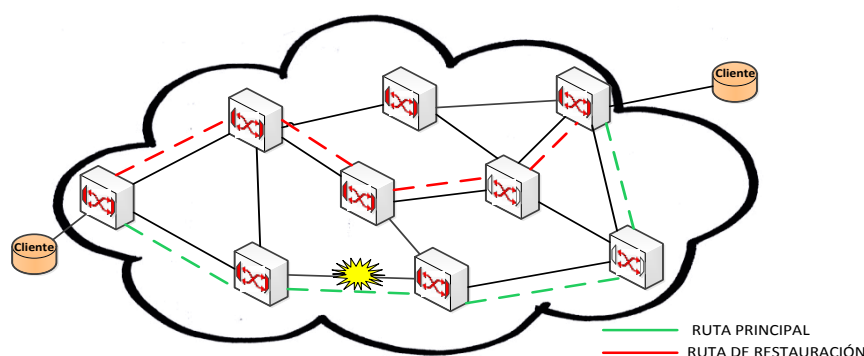


Figura 22. Restauración

Para lograr una alta disponibilidad en la red, es recomendable el uso de la combinación de la protección 1+1 permanente más restauración.

2.3.5.4 Protección 1:1 (Protección ODUK más Restauración)

Esta protección se realiza a nivel de ODUK. En comparación con la protección 1+1, en este tipo de protección se tiene una mayor utilización de ancho de banda. También se conoce como protección 1:1, que utiliza los recursos de enlace de la red en anillo ODUK (Huawei, 2011). La Figura 23 muestra este tipo de protección; cuando se produce un corte de fibra en uno de los enlaces que llevan el servicio en la ruta principal, la conmutación de protección ODUK-SPRing se activa para proteger los servicios, y el tiempo de conmutación de protección se encuentra dentro de 50 ms. Posteriormente, si otra conexión falla, ASON crea automáticamente una

nueva ruta de acuerdo con el cálculo de los recursos actuales, y el tiempo de restauración es generalmente dentro de segundos. En la actualidad, el anillo ODUk del tipo ODU1/ODU2 es compatible.

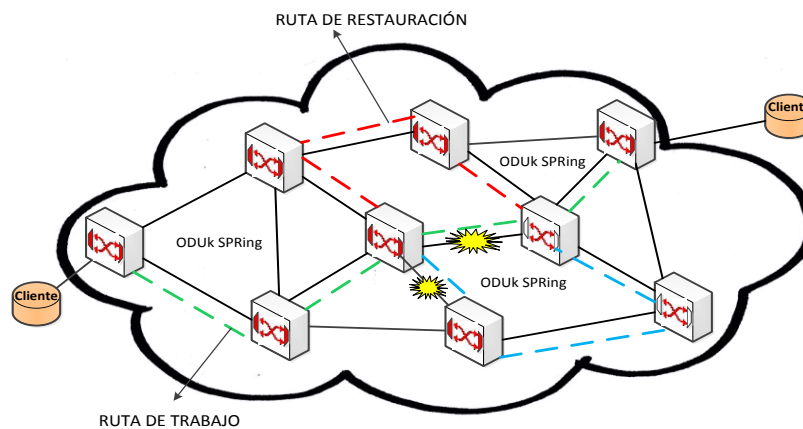


Figura 23. Protección ODUk más Restauración

Fuente: (Huawei, 2011)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Ubicación geográfica del proyecto

La Implementación de la Red de Transmisión Óptica Inteligente de alta capacidad con arquitectura ASON se realizará en la región Sierra y Costa del país, considerando sitios donde es necesario ampliar la capacidad y mejorar la disponibilidad de la red.

3.2 Definición de localidades del proyecto

Las localidades del proyecto se han definido en base a los sitios donde existen ruteadores que pertenecen al Backbone de la Red IP/MPLS de CNT EP, y por ende, donde se concentra todo el tráfico de internet, voz y datos de esas ubicaciones y de localidades aledañas.

Para la selección de localidades, también se consideró la transmisión requerida para conectar los equipos del Backbone de internet, cuyos equipos ruteadores están en Quito y Guayaquil, y que se enlazan a las salidas internacionales. En tal razón, las localidades incluidas en el proyecto se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. *Sitios definidos para el proyecto*

ITEM	PROVINCIA	CANTON	LOCALIDAD	ITEM	PROVINCIA	CANTON	LOCALIDAD
1	AZUAY	CUENCA	CUENCA	8	EL ORO	MACHALA	MACHALA
2	BOLIVAR	GUARANDA	GUARANDA	9	ESMERALDAS	ESMERALDAS	ESMERALDAS
3	CAÑAR	AZOGUES	AZOGUES	10	ESMERALDAS	CONCORDIA	LA CONCORDIA
4	CAÑAR	CAÑAR	CAÑAR	11	GUAYAS	GUAYAQUIL	CENTRO
5	CARCHI	TULCAN	TULCAN	12	GUAYAS	PROGRESO	PROGRESO
6	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	RIOBAMBA	13	GUAYAS	GUAYAQUIL	PASCUALES
7	COTOPAXI	LATACUNGA	LATACUNGA	14	GUAYAS	NARANJAL	NARANJAL

CONTINÚA



ITEM	PROVINCIA	CANTON	LOCALIDAD	ITEM	PROVINCIA	CANTON	LOCALIDAD
15	GUAYAS	MILAGRO	MILAGRO	23	MANABI	PORTOVIEJO	PORTOVIEJO
16	IMBABURA	IBARRA	IBARRA	24	PICHINCHA	QUITO	IÑAQUITO
17	LOJA	LOJA	LOJA	25	PICHINCHA	QUITO	MARISCAL
18	LOS RIOS	BABAHOYO	BABAHOYO	26	SANTA ELENA	SANTA ELENA	EMERGIA
19	LOS RIOS	QUEVEDO	QUEVEDO	27	SANTA ELENA	SALINAS	SALINAS
20	MANABI	EL CARMEN	EL CARMEN	28	SANTA ELENA	SANTA ELENA	SANTA ELENA
21	MANABI	MANTA	MANTA	29	STO DOMINGO	STO DOMINGO	STO DOMINGO
22	MANABI	PEDERNALES	PEDERNALES	30	TUNGURAHUA	AMBATO	AMBATO SUR

Nota: Sitios determinados para el proyecto

3.3 Identificación de variables

En base a la problemática de la red de transmisión actual, descrita en el capítulo 1, se ha definido las variables presentadas en la Tabla 7.

Tabla 7. *Variables de proyecto*

VARIABLE	TIPO	DIMENSION	INDICADORES
Capacidad de transmisión	Independiente	Características de la Red	Tecnología Capacidad de Transmisión
		Análisis de Capacidad de transmisión requerida y proyectada	Demanda actual Demanda proyectada
Disponibilidad de la Red de Transmisión	Dependiente	Flexibilidad de la Red	Tecnología Topología Protecciones Configuración de servicios
		Fallas en la Red Actual de Transmisión	Cortes de fibra Fallas de Equipamiento Fallas por atenuación
		Análisis de disponibilidad	Tiempo de afectación de la red mensual Índice de disponibilidad

3.4 Análisis de disponibilidad de la red de transmisión actual

Para realizar el análisis de disponibilidad, se va a definir los tipos de fallas que se han producido en la red de transmisión, para posteriormente determinar las estadísticas de las mismas y realizar el cálculo de disponibilidad de la red.

3.4.1 Tipos de fallas en la red

De acuerdo a la información obtenida de los eventos ocurridos en la Red de Transmisión, se han producido los siguientes tipos de afectaciones o fallas:

- Afectación por corte del enlace de fibra óptica
- Afectación por atenuación del enlace de fibra óptica
- Falla de equipos

Estas afectaciones se traducen en pérdidas de conexión a internet de los clientes masivos y corporativos de la CNT EP, y en pérdida de tráfico de voz nacional y parte internacional.

3.4.2 Estadísticas de fallas

Para presentar las estadísticas de falla, se ha tomado la información de los diferentes tipos de afectación ocurridos en los equipos y enlaces que se han considerado en el presente proyecto, en el período comprendido entre enero y diciembre del año 2012.

- **Estadísticas de falla por cortes de fibra**

Las estadísticas de falla por cortes de fibra óptica se presentan en la Figura 24, considerando el número de cortes de fibra por mes y el número de horas de indisponibilidad de la red.



Figura 24. Estadísticas de cortes de fibra mensual, año 2012

Fuente: Elaborada a partir de información obtenida de CNT EP

Como se observa, el año 2012 existieron 167 eventos de corte de fibra óptica. El tiempo de indisponibilidad mensual de los enlaces se encuentra en la Figura 25.



Figura 25. Tiempo de indisponibilidad de la red mensual, año 2012

Fuente: Elaborada a partir de información obtenida de CNT EP

- **Estadísticas de atenuaciones de fibra óptica**

En la Figura 26 se presenta las estadísticas de falla por atenuación de fibra óptica, en las cuales se ha tomado en consideración el número de eventos por atenuación de los enlaces que interconectan los sitios considerados en el proyecto.



Figura 26. Estadísticas de atenuaciones de fibra mensual, año 2012

Fuente: Elaborada a partir de información de obtenida de CNT EP

- **Estadísticas por falla de equipos**

Durante el año 2012, únicamente existió un evento de afectación por fallas de equipos de la Red de Transmisión actual, por lo que no será considerado en el cálculo de la disponibilidad ya que no impacta en el resultado.

3.4.3 Disponibilidad de una Red de Transmisión

La disponibilidad es un indicador que permite medir la prestación de servicios y su fiabilidad convirtiéndose en una de las principales métricas que se usa para medir los Acuerdos de Nivel de Servicio (*Service Level Agreement* - SLA) con los usuarios finales.

La alta disponibilidad consiste en garantizar la operatividad del servicio de forma ininterrumpida, es decir, asegurar que el servicio funcione durante las veinticuatro horas.

Una red de transmisión se dice que tiene alta disponibilidad si es capaz de cumplir con los propósitos para los cuales ha sido concebida asegurando la continuidad operacional durante un período de medición dado. Para medir qué tan bien cumple una red con estos propósitos, es preciso definir criterios de operatividad y encontrar la forma de decir qué tan cerca o lejos está la red de ser operativa bajo esos criterios. Ante la posibilidad de que falle un enlace, es necesario contar con enlaces alternativos con el objetivo de que la información llegue al destino, por lo que una de las topologías que más se adapta a este requerimiento es la de "Malla".

Con las mejoras tecnológicas de remotización de la gestión y configuración, así como de mecanismos de conmutación automática de redundancias, se disminuye la intervención de recursos humanos calificados para reparar un desperfecto, lo que ayuda en cierta forma a mejorar los niveles de disponibilidad de la red.

- **Cálculo de la Disponibilidad**

El tiempo de disponibilidad de una red se refiere al tiempo en que la red se encuentra operativa. La disponibilidad se expresa con mayor frecuencia a través del **índice de disponibilidad** (%); si bien se puede usar estimadores probabilísticos para medir la disponibilidad, es más común el acercamiento a través de una medida estadística en un intervalo de tiempo y bajo condiciones de medición objetivas por elemento de red o servicio. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$D = \left[\frac{T - Td}{T} \right] \times 100 \quad (1)$$

Donde:

- **D** es el porcentaje de disponibilidad de la red
- **T** es el tiempo total en el que se quiere medir la disponibilidad (puede ser mensual, anual, etc).
- **Td** es el tiempo con pérdida total del servicio de la red. Este tiempo de pérdida, será igual al que transcurre desde la apertura del incidente, hasta la restitución de la operatividad de la red (Activa Internet, 2013)

La disponibilidad suele medirse en “número de nueves”. Por ejemplo, una solución cuyo nivel de disponibilidad sea de “tres nueves” es capaz de realizar su función prevista el 99,9% del tiempo, lo que equivale a un tiempo de inactividad anual de 8,76 horas por año sobre una base de 24x7x365 (24 horas al día, siete días a la semana, 365 días al año). Valores comunes de disponibilidad para sistemas altamente disponibles son:

- 99,9% = 43.8 minutos/mes u 8,76 horas/año ("tres nueves")
- 99,99% = 4.38 minutos/mes o 52.6 minutos/año ("cuatro nueves")
- 99,999% = 0.44 minutos/mes o 5.26 minutos/año ("cinco nueves")

La disponibilidad de la red se la calculó de forma mensual, considerando únicamente las afectaciones producidas por cortes de fibra, ya que el número de afectaciones por atenuaciones y falla de equipos son mínimos y no representan una muestra significativa para este análisis.

Tomando como ejemplo el mes de enero de 2012, la disponibilidad fue calculada de la siguiente manera:

$$D = \left[\frac{T - Td}{T} \right] \times 100$$

$$D = \left[\frac{30 \text{ días} \times 24h - 12,27h}{30 \text{ días} \times 24h} \right] \times 100 = 98,30\%$$

La disponibilidad mensual durante el año 2012 se presenta en la Figura 27.

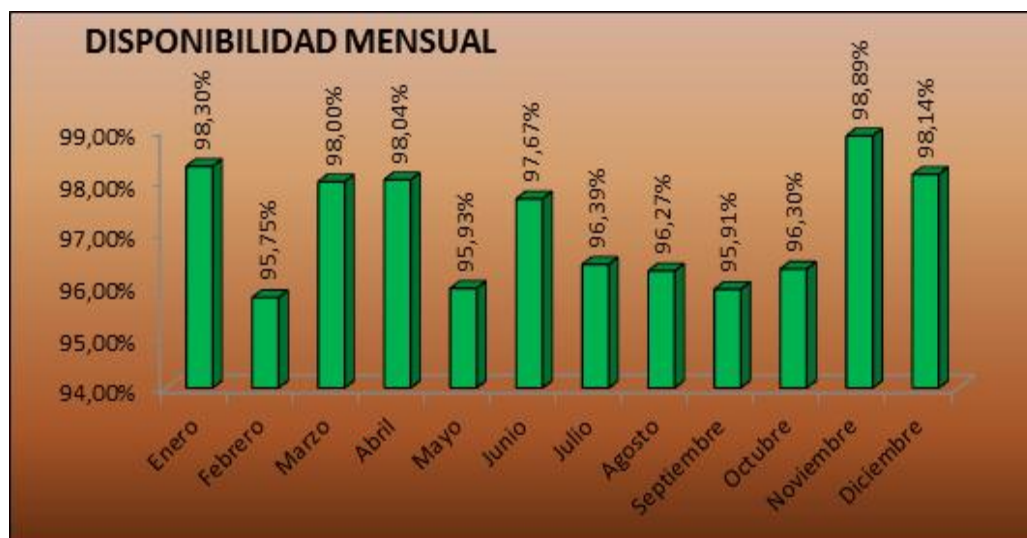


Figura 27 . Disponibilidad mensual de la Red de Transmisión año 2012

Como se observa, la disponibilidad mensual de la red de transmisión varía entre 95,75% al 98,89%, dando un promedio de disponibilidad de 97,13%, que constituye un valor bajo para un backbone de transmisión a nivel nacional considerando la meqta establecida en la Corporación para disponibilidad de este tipo de redes.

3.5 Análisis de la capacidad actual de la Red de Transmisión a nivel nacional

El análisis de la capacidad actual de la red de transmisión de la CNT EP, se realizó en los enlaces pertenecientes a las redes NG-SDH y DWDM del backbone a nivel nacional.

3.5.1 Capacidades de las Redes NG-SDH

A continuación se presenta la capacidad por tramos de las Redes del Backbone NG-SDH.

- **Red Norte**

La Tabla 8 muestra las capacidades total, operativa y disponible de los enlaces de los nodos de la red NG-SDH Norte de CNT EP.

Tabla 8. *Capacidad de la Red NG-SDH Norte*

ENLACE	CAPACIDAD TOTAL TRANSMISIÓN (Gbps)	CAPACIDAD TRANSMISIÓN OPERATIVA (Gbps)	CAPACIDAD TRANSMISIÓN DISPONIBLE (Gbps)	PORCENTAJE DE OCUPACIÓN
QUITO-CAYAMBE	5	4,5	0,5	90,00%
CAYAMBE-OTAVALO	5	4,5	0,5	90,00%
OTAVALO-IBARRA	5	4,5	0,5	90,00%
IBARRA-EL ÁNGEL	10	6	4	60,00%
EL ÁNGEL-TULCÁN	10	4,5	5,5	45,00%
TULCÁN-QUITO	2,5	2,16	0,34	86,40%

Nota: Elaborada a partir de datos obtenidos en el sistema de gestión de la Red de Transmisión, octubre 2013

La Red Norte NG-SDH tiene un alto grado de ocupación en las rutas entre Quito e Ibarra, y la ruta de respaldo que es Tulcán-Quito, no tiene la capacidad suficiente para proteger a todos los servicios que pasan por esta red.

- **Red Noroccidente**

En la Tabla 9 se presenta las capacidades total, operativa y disponible de los enlaces de los principales nodos de la red NG-SDH Noroccidente CNT EP.

Tabla 9. Capacidad de la Red NG-SDH Noroccidente

ENLACE	CAPACIDAD TOTAL TRANSMISIÓN (Gbps)	CAPACIDAD TRANSMISIÓN OPERATIVA (Gbps)	CAPACIDAD TRANSMISIÓN DISPONIBLE (Gbps)	PORCENTAJE DE OCUPACIÓN
QUITO-CAYAMBE-IBARRA	5	4,5	0,5	90,00%
IBARRA-LITA	5	3,57	1,43	71,40%
LITA-BORBÓN	5	3,57	1,43	71,40%
BORBÓN-ESMERALDAS	5	3,57	1,43	71,40%
ESMERALDAS-VICHE	5	4,5	0,5	90,00%
VICHE-LA CONCORDIA	5	4,65	0,35	93,00%
LA CONCORDIA-SANTO DOMINGO	5	5	0	100,00%
SANTO DOMINGO-QUITO	5	4	1	80,00%

Nota: Elaborada a partir de datos obtenidos en el sistema de gestión de la Red de Transmisión, oct. 2013

La Red Noroccidente tiene una ocupación promedio de 83,4% y existen tramos que están con capacidades mayores al 90% que no soportarán las demandas y protección de servicios futuros.

- Red Centro-Sur NG-SDH

La Tabla 10 ilustra las capacidades total, operativa y disponible de los enlaces de los principales nodos de la red NG-SDH Centro-Sur de CNT EP.

Tabla 10. Capacidad de la Red NG-SDH Centro-Sur

ENLACE	CAPACIDAD TOTAL TRANSMISIÓN (Gbps)	CAPACIDAD TRANSMISIÓN OPERATIVA (Gbps)	CAPACIDAD TRANSMISIÓN DISPONIBLE (Gbps)	PORCENTAJE DE OCUPACIÓN
AMBATO-RIOBAMBA	5	4,19	0,82	83,70%
RIOBAMBA-CUENCA	5	3,72	1,28	74,40%
CUENCA-LOJA	5	3,72	1,28	74,40%
LOJA-MACHALA	5	4,75	0,25	95,00%
MACHALA-GUAY. CENTRO	5	4,34	0,66	86,80%
GUAY. CENTRO-BABAHOYO	5	4,34	0,66	86,80%
BABAHOYO-GUARANDA	5	4,19	0,82	83,70%
GUARANDA-AMBATO	5	4,50	0,51	89,90%

Nota: Elaborada a partir de datos obtenidos en el sistema de gestión de la Red de Transmisión, oct. 2013

La Red Sur NG-SDH es un anillo STM-64, configurada con protección MSP-Ring a 2 fibras, por lo que la capacidad de los enlaces del anillo se reducen a la mitad. Los enlaces de transmisión Ambato-Guaranda-Babahoyo-Guayaquil son comunes tanto para esta red como para la Red Central NG-SDH. Estos enlaces tienen un alto porcentaje de ocupación, por lo que en el presente proyecto se han contemplado equipos OTN/ASON para soportar las demandas futuras.

- Red Central NG-SDH

La Tabla 11 muestra las capacidades total, operativa y disponible de los enlaces de los principales nodos de la red NG-SDH Central de CNT EP.

Tabla 11. *Capacidad de la Red NG-SDH Central*

ENLACE	CAPACIDAD TOTAL TRANSMISIÓN (Gbps)	CAPACIDAD TRANSMISIÓN OPERATIVA (Gbps)	CAPACIDAD TRANSMISIÓN DISPONIBLE (Gbps)	PORCENTAJE DE OCUPACIÓN
QUITO-LATACUNGA	10	3,2	6,8	32,00%
LATACUNGA-AMBATO	10	5,43	4,57	54,30%
AMBATO-GUARANDA	5	4,50	0,51	89,90%
GUARANDA-BABAHOYO	5	4,19	0,82	83,70%
BABAHOYO-GUAYAQUIL CENTRO	5	3,26	1,74	65,20%
GUAYAQUIL CENTRO-MANTA	2,5	2,5	0	100,00%
MANTA-SANTO DOMINGO	10	3,1	6,90	31,10%
SANTO DOMINGO-QUITO	5	4	1	80,00%

Nota: Elaborada a partir de datos obtenidos en el sistema de gestión de la Red de Transmisión, oct. 2013

La Red NG-SDH Central está formada por tres marcas de equipos con diferentes capacidades para su interconexión, provocando limitaciones en la red, por lo que no existe una protección de anillo a nivel de red. Los enlaces Ambato-Guaranda-Babahoyo-Guayaquil, también son parte de la Red NG-SDH Centro-Sur, compartiendo la capacidad en las dos redes. El enlace Santo Domingo-Quito es común para esta red y la red NG-SDH Noroccidente, por lo que la capacidad también es compartida para las dos redes.

- **Enlaces de Integración al Backbone**

En la Tabla 12 se ilustran los sitios que están contemplados en la Red OTN/ASON y que actualmente están enlazados a otros nodos del Backbone. Cabe indicar que son enlaces lineales y por tanto los servicios no tienen protección.

Tabla 12. *Capacidad de los enlaces de Integración al Backbone*

ENLACE	CAPACIDAD TOTAL TRANSMISIÓN (Gbps)	CAPACIDAD TRANSMISIÓN OPERATIVA (Gbps)	CAPACIDAD TRANSMISIÓN DISPONIBLE (Gbps)	PORCENTAJE DE OCUPACIÓN
QUEVEDO-BABAHOYO	2,5	2,5	0	100,00%
PORTOVIEJO-MANTA	2,5	2,5	0	100,00%
PEDERNALES-BAHÍA- PORTOVIEJO	0,622	0,465	0,157	74,76%
EL CARMEN-SANTO DOMINGO	0,622	0,465	0,157	100,00%
ESMERALDAS-SAME	0,622	0,465	0,157	74,76%
GUAYAQUIL CENTRO- PROGRESO-SALINAS	0,622	0,622	0	100,00%
SALINAS-SANTA ELENA	0,622	0,622	0	100,00%
SANTA ELENA-PUERTO LÓPEZ-MANTA	0,622	0,465	0,157	74,76%
CUENCA-AZOGUES	10	5,89	4,11	58,90%

Nota: Elaborada a partir de datos obtenidos en el sistema de gestión de la Red de Transmisión, oct. 2013

De acuerdo a lo indicado en la Tabla 12, existen enlaces de transmisión, que ya se encuentran con una ocupación del 100% de la capacidad, en estos casos, se ha tenido que usar hilos de fibra oscura para atender los requerimientos de capacidad de la red MPLS.

3.5.2 Capacidades en las Redes DWDM

A continuación se presenta la capacidad de las redes DWDM Central y DWDM Sur existentes actualmente.

- **Red DWDM Central**

La Tabla 13 presenta las capacidades de los enlaces de la red DWDM Central de CNT EP.

Tabla 13. *Capacidad de la Red DWDM Central*

ENLACE	SERVICIO	CAPACIDAD TOTAL	CAPACIDAD OCUPADA	CAPACIDAD DISPONIBLE	PORCENTAJE OCUPACIÓN	PROTECCIÓN DE LOS SERVICIOS
IÑAQUITO-AMBATO SUR	10 GE	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
	STM-64	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
AMBATO SUR-GUAYAQUIL CENTRO	10 GE	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
	STM-64	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
GUAYAQUIL CENTRO-IÑAQUITO	10 GE	2	2	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
AMBATO SUR-MARISCAL	10 GE	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
IÑAQUITO-SANTO DOMINGO	1 GE	2	2	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
	STM-64	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
GUAYAQUIL CENTRO-SALINAS	1 GE	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
	STM-16	4	3	1	75,00%	SIN PROTECCIÓN
GUAYAQUIL CENTRO-SALINAS IÑAQUITO-SALINAS	1 GE	2	1	1	50,00%	SIN PROTECCIÓN
	STM-16	8	7	1	75,00%	SIN PROTECCIÓN
GUAYAQUIL CENTRO-MANTA	STM-16	4	1	3	25,00%	SIN PROTECCIÓN
	STM-64	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
MANTA-SANTO DOMINGO	STM-64	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN

Nota: Elaborada a partir de datos obtenidos en el sistema de gestión de la Red de Transmisión, oct. 2013

En la tabla se muestra que todos los servicios de transmisión de esta red DWDM tradicional, no cuentan con protección, lo que le hace vulnerable a la red en caso de falla de los enlaces. Además, en la mayoría de enlaces, la ocupación de la capacidad se encuentra al 100%.

- **Red DWDM Sur**

La Tabla 14 ilustra las capacidades de los enlaces de la red DWDM Sur de CNT EP.

Tabla 14. Capacidad de la Red DWDM Sur

ENLACE	SERVICIO	CAPACIDAD TOTAL	CAPACIDAD OCUPADA	CAPACIDAD DISPONIBLE	PORCENTAJE OCUPACIÓN	PROTECCIÓN DE LOS SERVICIOS
GUAYAQUIL CENTRO-CUENCA	10 GE	2	1	1	50,00%	SIN PROTECCIÓN
AMBATO SUR-CUENCA	10 GE	2	1	1	50,00%	SIN PROTECCIÓN
AMBATO SUR-RIOBAMBA	1 GE	4	2	2	50,00%	SIN PROTECCIÓN
AMBATO SUR-ALAUÍS	STM-64	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
AMBATO SUR-AZOGUES	1 GE	2	1	1	50,00%	SIN PROTECCIÓN
AMBATO SUR-AZOGUES	1 GE	3	1	2	33,33%	SIN PROTECCIÓN
RIOBAMBA-CUENCA	1 GE	4	2	2	50,00%	SIN PROTECCIÓN
RIOBAMBA-CUENCA	STM-64	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
AZOGUES-CUENCA	1 GE	3	1	2	33,33%	SIN PROTECCIÓN
CUENCA-LOJA	1 GE	3	2	1	66,67%	SIN PROTECCIÓN
CUENCA-LOJA	STM-64	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
CUENCA-MACHALA	1 GE	4	2	2	50,00%	SIN PROTECCIÓN
MACHALA-GUAYAQUIL CENTRO	1 GE	4	2	2	50,00%	SIN PROTECCIÓN
MACHALA-GUAYAQUIL CENTRO	STM-64	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN
GUAYAQUIL CENTRO-NARANJAL	1 GE	2	1	1	50,00%	SIN PROTECCIÓN
GUAYAQUIL CENTRO-LOJA	1 GE	3	2	1	66,67%	SIN PROTECCIÓN
LOJA-MACHALA	STM-64	1	1	0	100,00%	SIN PROTECCIÓN

Nota: Elaborada a partir de datos obtenidos en el sistema de gestión de la Red de Transmisión, oct. 2013

En la red DWDM Sur, la capacidad ocupada de los servicios Ethernet no supera el 66,67%, sin embargo, todos los servicios de transmisión de esta red no cuentan con protección.

3.6 Análisis de la demanda de internet actual y futura

El análisis de la demanda de tráfico actual y futura se realiza en base al tráfico de voz y sobre todo internet que es el más significativo en consumo de recursos de la red de transmisión de CNT EP.

3.6.1 Capacidad y Demanda Actual

El análisis de la capacidad transmisión actual se calcula en función a la capacidad ocupada por el Backbone de Internet y por el Backbone de la Red

IP/MPLS por donde atraviesa el tráfico de voz, datos e internet. La demanda actual se calcula en función al tráfico que pasa por estas redes.

- **Capacidad actual del Backbone de Internet**

El Backbone de Internet de la CNT EP se encuentra formado por equipos en Quito en las estaciones de Ñaquito y Mariscal y en Guayaquil en la estación Guayaquil Centro, los cuales se conectan con la Red de Internet en Estados Unidos en el NAP de Miami y Nueva York. En la Figura 28 se presenta la Red de Internet de CNT EP.

CNT EP posee actualmente 3 puntos para conexión internacional a Internet: dos cables submarinos (Cable Panamericano y Emergia); y, un cable terrestre (Transnexa). La conexión internacional se realiza en Salinas, Emergia y en Ñaquito, a través de enlaces STM-16 y 10 GE de la Red de Transmisión DWDM. En la Tabla 15 se presenta los enlaces de transmisión usados para la Red de Internet.

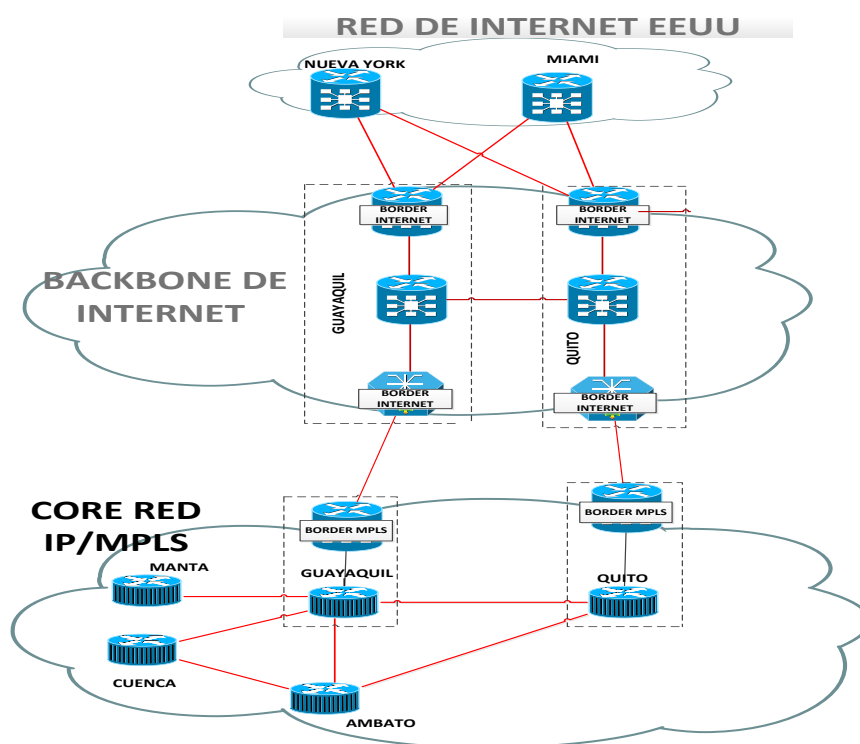


Figura 28. Esquema Conexión *Backbone* de Internet y Red MPLS de CNT EP

Tabla 15. Enlaces de Tx para conexión internacional

Enlaces con conexión internacional en Salinas	
ENLACE	STM-16
SALINAS-IÑAQUITO	7
SALINAS-GUAYAQUIL CENTRO	3
Enlaces con conexión internacional en Emergia	
ENLACE	STM-16
EMERGIA-IÑAQUITO	1
EMERGIA-GUAYAQUIL CENTRO	1
Enlaces de conexión internacional en Iñaquito	
ENLACE	10 GE
TRANSNEXA-IÑAQUITO	2

Nota: Elaborada a partir de datos obtenidos en el sistema de gestión de la Red de Transmisión, oct. 2013

En base a lo indicado en la Tabla 15, CNT EP tiene una capacidad total de 50 Gbps para la conexión internacional a internet.

- ***Demanda y capacidad actual de la Red IP/MPLS***

La red IP/MPLS es la que concentra el tráfico de internet de la redes de acceso fijo y móvil de la CNT EP, por lo cual, está soportada por la Red de Transmisión para conexión de los equipos que la conforman.

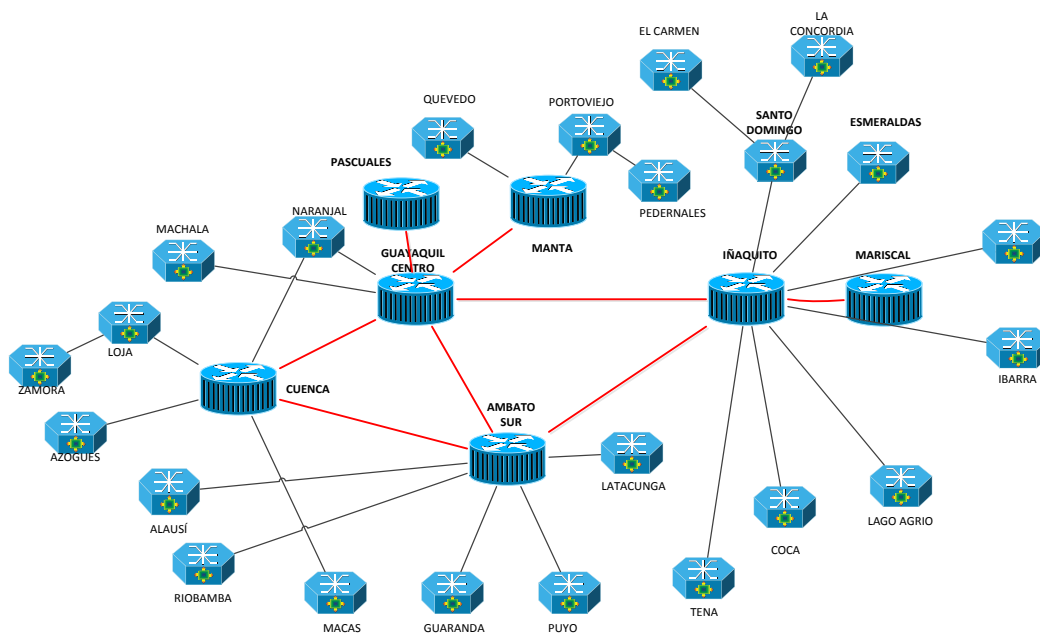


Figura 29. Red MPLS de la CNT EP

Cabe indicar que la red IP/MPLS cuenta con tres capas de funcionalidad, acceso, distribución y *core*. El *Core* de la Red IP/MPLS concentra el tráfico de los equipos de distribución y está formado por los equipos ruteadores de Iñaquito, Mariscal, Ambato Sur, Guayaquil Centro, Pascuales, Cuenca y Manta. Los equipos de distribución se encuentran ubicados en las ciudades importantes del país y son los que concentran todo el tráfico de las redes de acceso fija y móvil de las provincias. Estos equipos se conectan a los equipos del core quien concentrarán el tráfico de varias provincias. En la Figura 29 se presenta la topología de la red MPLS actual. Los equipos de la Red MPLS de Iñaquito y Guayaquil Centro se unen con la Red de Internet y la Red ISP a través de los equipos de border, como se muestra en la Figura 28.

El dimensionamiento de la capacidad actual de transmisión se realiza en función a la capacidad actual ocupada en el Core y en la Distribución de la Red IP/MPLS, que ocupan enlaces de transmisión FE, GE, 10 GE o hilos de fibra oscura.

La demanda se obtuvo del monitoreo del tráfico que pasa por los enlaces WAN entre los equipos de core y distribución o entre equipos de distribución, que corresponde al tráfico mayoritario de internet, que concentran los equipos de distribución de la/las ciudades importantes de cada provincia, y entre los equipos de core de la red MPLS, que corresponde al tráfico de varios equipos de distribución. Posteriormente se analizó los enlaces de transmisión instalados para dichas conexiones WAN, el medio de transmisión (NG-SDH, DWDM, hilos de fibra) por el cual se proveen los enlaces, la capacidad instalada y además se analizó si los enlaces de transmisión cuentan con protección. Esta información está actualizada al mes de Octubre del 2013 y fue obtenida a partir de los sistemas de monitoreo de tráfico de los enlaces de la red MPLS y de los sistemas de gestión de transmisión, y se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. *Demanda Actual por provincia y capacidad de transmisión usada*

PROVINCIA	CLIENTES	EQUIPO CONCEN TRADOR	EQUIPO DE CONEXIÓN	TRÁFICO DEL ENLACE (Gbps)	ENLACE DE TX	CAPACIDAD ENLACE DE TX (Gbps)	MEDIO DE TX	PROTE GIDO
CARCHI	6128	Tulcán	Iñaquito	0,798	1 x GE	0,750	NG-SDH	SI
ESMERALDAS	15733	Esmeraldas	Iñaquito	1,048	2 X GE	1,800	NG-SDH	Solo un enlace
		La Concordia	Santo Domingo	0,066	1xGE	0,300	NG-SDH	SI
IMBABURA	22318	Ibarra	Iñaquito	2,060	2 X GE	2,000	NG-SDH	SI
ORELLANA	5847	Coca	Iñaquito	0,676	1 X GE	0,620	NG-SDH	SI
PICHINCHA	201315	Iñaquito	Iñaquito	12,125	1X10 GE	10,000	LOCAL	No aplica
STO DOMINGO	18733	Santo Domingo	Iñaquito	2,800	2 X GE	2,000	DWDM	NO
SUCUMBIOS	7797	Lago Agrio	Iñaquito	1,114	1 X GE	1,000	NG-SDH	SI
NAPO	5549	Tena	Iñaquito	0,752	1 GE	1,000	NG-SDH	SI
BOLÍVAR	6134	Guaranda	Ambato Sur	0,381	1 x GE	1,000	NG-SDH	SI
CHIMBORAZO	24977	Riobamba	Ambato Sur	2,880	2 x GE	1,250	OTN/DWDM	NO
		Alausí	Ambato Sur	0,102	1 x GE	1,000	OTN/DWDM	NO
COTOPAXI	17391	Latacunga	Ambato Sur	0,642	2 x GE	1,500	NG-SDH	NO
PASTAZA	7447	Puyo	Ambato Sur	0,428	2 x GE	1,800	NG-SDH	SI
TUNGURAHUA	34214	Ambato Sur	Ambato Sur	2,467	1X10 GE	10,000	ENLACE LOCAL	No aplica
LOJA	23192	Loja	Cuenca	2,240	3 x GE	2,000	OTN/DWDM	NO
MORONA SANTIAGO	6023	Macas	Cuenca	0,434	1 x GE	1,000	NG-SDH	SI
ZAMORA	3891	Zamora	Cuenca	0,325	1 X GE	1,000	NG-SDH	SI
AZUAY	4351	Cuenca	Cuenca	0,370	1 x GE	1,000	LOCAL	No aplica
CAÑAR	9349	Azogues	Cuenca	0,619	1 x GE	1,000	OTN/DWDM	NO
EL ORO	24258	Machala	Guayaquil Centro	1,621	2 x GE	2,000	OTN/DWDM	NO
GALÁPAGOS	2272	Puerto Baquerizo	Guayaquil Centro	0,120	2 X FE	0,155	SATELITAL	NO
GUAYAS	100675	Guayaquil Centro	Guayaquil Centro	6,196	1X10 GE	10,000	LOCAL	No aplica
LOS RÍOS	18100	Babahoyo	Guayaquil Centro	0,718	2 X GE	1,620	NG-SDH	SI
		Quevedo	Manta	0,952	1 X GE	1,000	fibras oscuras	NO
SANTA ELENA	10785	Salinas	Guayaquil Centro	1,045	2 X GE	2,000	DWDM	NO
		Santa Elena	Salinas	0,175	1 X GE	0,300	NG-SDH	NO
MANABÍ	38855	Portoviejo	Manta	1,980	2 x GE	2,000	NG-SDH y fibras oscuras	NO
		Pedernales	Portoviejo	0,089	1 X FE	0,100	NG-SDH	NO
		El Carmen	Santo Domingo	0,091	1 X FE	0,100	NG-SDH	NO
		Manta	Manta	1,040	2 x GE	2,000	LOCAL	No aplica
TRÁFICO TOTAL				46,289				

Nota: Demanda de tráfico elaborada a partir de la información tomada del sistema de monitoreo de los enlaces de la Red MPLS_Cacti y de sistemas de gestión de transmisión, octubre 2013.

En la Tabla 17 se encuentran los enlaces 10 GE de los cuales está formado actualmente el Core de la Red MPLS.

Tabla 17. *Transmisión Actual para el Core de la Red MPLS*

ENLACE	ENLACE DE TRANSMISIÓN	MEDIO DE TRANSMISIÓN	PROTECCIÓN
IÑAQUITO - AMBATO SUR	1X 10 GE	DWDM	NO
IÑAQUITO-MARISCAL	1X 10 GE	DWDM	NO
AMBATO SUR-GUAYAQUIL CENTRO	1X 10 GE	DWDM	NO
GUAYAQUIL CENTRO-IÑAQUITO	2X 10 GE	DWDM	NO
GUAYAQUIL CENTRO-PASCUALES	1X 10 GE	FIBRAS OSCURAS	NO
GUAYAQUIL CENTRO-CUENCA	1X 10 GE	DWDM	NO
CUENCA-AMBATO SUR	1X 10 GE	DWDM	NO

Nota: Demanda de transmisión del Core de la Red MPLS elaborada a partir de la información tomada del sistema de monitoreo Cacti y de los sistemas de gestión de transmisión, oct. 2013

Como se observa en la Tabla 16, existen algunos enlaces Gigabit Ethernet (GE), cuya capacidad se da por las redes NG-SDH, donde los equipos se encargan de adaptar el tráfico a su formato de multiplexación eléctrica STM-1/4/16/64 y enviar tramas EoSDH (Ethernet sobre SDH), esto hace que algunos estén encapsulados en una capacidad en múltiplos de STM-1, menores a 1 Gbps. Adicionalmente, existen enlaces GE y 10 GE que no se encuentran protegidos debido a la falta de capacidad de la red o debido la topología de la red, lo que ha hecho disminuir la disponibilidad de la red de transmisión.

3.6.2 Demanda futura de Internet

En la actualidad, el tráfico de salida a internet es el más significativo en consumo de recursos de la red de transmisión. Se ha considerado las diferentes modalidades en las que CNT EP ofrece el servicio de salida a internet, estas son:

- Conexiones ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

- Conexiones GPON
- Clientes Corporativos
- Conexiones Inalámbricas (2G, 3G, LTE)

Para el cálculo de la demanda futura no solo se analizará la demanda en función a la cantidad de clientes por servicio, sino el consumo de ancho de banda de salida a internet que es lo que finalmente va a determinar el dimensionamiento de la capacidad de transmisión para atender este servicio.

El análisis se realizó a partir de la información de la proyección de clientes por planes de velocidades de transmisión de bajada, y de la velocidad de transmisión ofrecida por las diferentes modalidades del servicio, entre los años 2013 a 2017.

- Demanda de Internet para Servicios ADSL, GPON y clientes corporativos

Para el caso de las conexiones ADSL y GPON, se tienen diferentes velocidades de bajada comercializadas por CNT EP. Cabe indicar que la comercialización de planes a través de las redes GPON, se realizarán a partir del segundo semestre del año 2014. En la Tabla 18 se encuentra la proyección de clientes ADSL, GPON y corporativos.

Tabla 18. *Proyección Demanda Anual de usuarios de internet*

TECNOLOGÍA	CATEGORÍA	Velocidad de Bajada	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
COBRE (ADSL)	Residencial	128Kbps a 15Mbps	606.544	636.851	596.768	671.547	703.683
G-PON	Residencial	4 a 25Mbps	0	101.829	265.723	268.537	277.024
TOTAL MASIVO			606.544	738.680	862.491	940.084	980.708
TOTAL CORPORATIVO		2 a 8 Mbps	17.341	21.195	26.563	28.985	30.434
TOTAL INTERNET TOTAL			623.885	759.876	889.054	969.069	1.011.142

Nota: Información elaborada de la proyección de clientes de internet por planes entre los años 2013 y 2017 de CNT EP

Con las velocidades de los planes en cada una de las diferentes modalidades del servicio de internet, se multiplica la cantidad de suscriptores por la velocidad promedio por cliente, considerando un factor de concurrencia, un factor de utilización del canal y un parámetro de *throughput* garantizado. El factor de concurrencia (*overbooking*) está dado por el número de usuarios de internet que están conectados simultáneamente y comparten un determinado ancho de banda. Es decir, de no todas las líneas de servicio de internet van a ocupar recursos de ancho de banda de la red de transmisión al mismo tiempo.

El factor de concurrencia puede ser variable, sin embargo, dentro de la red de CNT EP, se puede monitorear la cantidad de clientes concurrentes que ocupan el servicio de internet. Para efectos de cálculo, en hora pico de uso de internet, se calculó la cantidad de clientes concurrentes y se dividió para el total de clientes, dando un valor promedio de 0,60, es decir, el 60% de usuarios están conectados simultáneamente. Al *overbooking* se lo puede utilizar ya que cuando un usuario “navega” no está constantemente utilizando el canal, ya que una vez cargado el sitio el enlace queda sin uso, éste tiempo sin uso puede ser utilizado por otro usuario, por tanto, se ha considerado una porcentaje de ocupación del canal del 80%.

El otro factor que se ha considerado es la relación de compartición, la cual es de 8 a 1, en base a lo establecido por la empresa; es decir, si la velocidad contratada es de 4 Mbps, en el peor de los casos, el *throughput* garantizado al cliente es de 500 Kbps. Para los clientes corporativos, no se realiza compartición de ancho de banda.

Con esto, el consumo total de ancho de banda de salida a internet demandado se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Ancho de banda} = \text{velocidad del plan} * \# \text{ de clientes} * \text{factor de concurrencia}(\%) * \text{factor de utilización}(\%) / \text{relación de compartición} \quad (2)$$

En la Tabla 19 se muestra los resultados del cálculo del crecimiento anual de la demanda de líneas de servicio de internet y el crecimiento del consumo de ancho de banda de salida de internet, de las diferentes modalidades de servicio.

Tabla 19. *Demanda de internet para clientes ADSL, GPON y corporativos*

	AÑO 2013		AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
	oct-13	Fin del año				
ADSL (COBRE) (Gbps)		45,89	3,89	21,91	13,08	8,95
GPON (Gbps)	46,289	0,00	28,05	44,51	17,41	7,69
Corporativos (Gbps)		2,32	2,06	5,73	5,17	3,87
Capacidad de Internet Requerida por año(Gbps)		1,92	34,00	72,15	35,66	20,50
Tráfico de Internet al final del año (Gbps)		48,21	82,21	154,36	190,03	210,53

Nota: Elaborada a partir de la demanda obtenida de clientes de servicios de internet y datos fijos

- ***Demanda de Internet para Servicios Móviles***

El análisis de demanda de internet en las Redes Inalámbricas se realizó en base a la proyección de clientes por los diferentes tipos de servicios ofrecidos entre los años 2013 a 2017. Cabe mencionar que la comercialización del plan de internet a través de la Red LTE se realizará a partir del mes de junio del año 2014. En la Tabla 20 se encuentra la proyección de clientes móviles.

Tabla 20. *Proyección de clientes móviles*

SERVICIO	PROYECCIÓN DE CLIENTES				
	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
TM 2G CON GPRS/EDGE	7.591	12.999	14.416	0	0
TM 3G CON R99	68.018	116.988	194.613	267.950	244.462
HSDPA (14.4 - 1.92)	126.506	216.644	262.104	270.657	451.717
HSUPA (14.4 - 5.76)	101.204	173.315	196.578	360.875	361.364
HSPA+ (21 - 11)	25.301	43.329	131.052	270.657	90.344
LTE	0	58.409	126.121	236.105	346.089

Nota: Elaborada a partir de proyecciones realizadas

Para el cálculo de las capacidades de internet requeridas se tomó las siguientes consideraciones:

- Porcentaje de sesiones de usuarios activas (SAU), que corresponde al número de usuarios que se encuentran conectados a la red simultáneamente.
- Porcentaje de dispositivos que han establecido un contexto de protocolo de datos de paquetes (PDP) para poder ejecutar una aplicación. Un contexto PDP describe un acuerdo entre un dispositivo móvil y el sistema global de red de comunicaciones móviles y contiene información importante, como la dirección de IP y nombre de punto de acceso (APN). Antes de cualquier aplicación para enviar y recibir datos, el dispositivo debe establecer un contexto PDP realizando una solicitud a la estación base, enviando el nombre de la APN deseado.
- *Throughput* promedio usado por cada dispositivo móvil, el cual fue tomado de información obtenida de CNT EP, basados en mediciones realizadas. En la Tabla 21 se ilustra los parámetros considerados para cada servicio.

Tabla 21. *Parámetros considerados para cálculo de capacidad requerida de internet*

SERVICIO	SAU	PDP	THROUGHPUT PROMEDIO POR USUARIO (Kbps)
TM 2G CON GPRS/EDGE	80%	100%	5
TM 3G CON R99	80%	100%	5
HSDPA (14.4 - 1.92)	50%	100%	10
HSUPA (14.4 - 5.76)	50%	100%	10
HSPA+ (21 - 11)	50%	100%	30
LTE	100%	130%	66

Nota: Elaborada a partir de información obtenida de CNT EP

Con estos parámetros, el consumo total de ancho de banda de salida a internet demandado por la red móvil se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Ancho de banda} = \# \text{ clientes} * \text{factor SAU (\%)} * \text{factor PDP (\%)} * \text{throughput por usuario} \quad (3)$$

En la Tabla 22 se presenta el crecimiento anual de la demanda de líneas de servicio de internet y el crecimiento del consumo de ancho de banda de salida de internet, de las diferentes modalidades de servicio móvil.

Tabla 22. *Demanda de internet requerida para clientes móviles*

CAPACIDAD DE INTERNET	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
THROUGHPUT 2G (Mbps)	29,66	50,79	56,32	0,00	0,00
THROUGHPUT 3G (Mbps)	1.749,37	2.995,81	5.239,54	8.095,06	6.354,61
THROUGHPUT 4G (Mbps)	0,00	4.894,06	10.567,61	19.783,05	28.998,50
THROUGHPUT TOTAL (Gbps)	1,74	7,75	15,49	27,22	35,35

Nota: Elaborada a partir de la demanda obtenida de clientes de servicios de internet móvil

Sumando la demanda de internet de las diferentes modalidades de servicios (ADSL, GPON, Clientes Corporativos, 2G, 3G, LTE), en la Tabla 23 se ilustra la demanda total de internet requerida por año y la demanda adicional requerida en cada año.

Tabla 23. *Demanda de internet por año*

	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
Tráfico internacional de Internet Masivos (ADSL, GPON) y Corporativos (Gbps)	48,21	82,21	154,36	190,03	210,53
Tráfico internacional de Internet Móvil (Gbps)	1,74	7,75	15,49	27,22	35,35
Tráfico internacional de Internet requerido al finalizar el año (Gbps)	49,95	89,96	169,85	217,25	245,88
Capacidad Adicional de Internet requerida (Gbps)	3,661	40,01	79,89	47,39	28,63

Nota: Elaborada a partir de la suma de la demanda de internet calculada

Conforme el análisis de proyección realizado, se estima que para finales del 2017 el tráfico total de salida a internet estará en 245,88 Gbps.

Este tráfico estará atravesando la Red IP/MPLS, por tanto, el cálculo de la capacidad requerida por provincia, se realizó en base a la demanda actual o inicial de cada año y la demanda total requerida al finalizar el año. A continuación se ejemplifica el cálculo de de demanda de capacidad de internet para la provincia de Esmeraldas.

EJEMPLO: Demanda de la provincia de Esmeraldas entre años 2013 y 2017

Para el caso de la provincia de Esmeraldas, la demanda actual de internet es de 1,048 Gbps y la demanda actual total es de 46,289 Gbps, mientras que la demanda total al finalizar el año 2103 es de 49,95 Gbps, la demanda en la provincia al finalizar cada año el año será de:

- Demanda de internet 2013 Provincia de Esmeraldas

$$\frac{\text{Demanda internet actual prov.}}{x (\text{Demanda internet prov. fin 2013})} = \frac{\text{Demanda total actual}}{\text{Demanda total fin 2013}}$$

$$\text{Demanda internet prov. fin 2013 (Gbps)} = \text{Dem. internet actual} * \frac{\text{Dem. total fin 2013}}{\text{Dem. total actual}}$$

$$\text{Demanda internet prov. fin2013 (Gbps)} = 1,048\text{Gbps} * \frac{49,95 \text{ Gbps}}{46,289 \text{ Gbps}}$$

$$\text{Demanda internet prov. fin2013 (Gbps)} = \mathbf{1,131 \text{ Gbps}}$$

- Demanda de internet 2014 Provincia de Esmeraldas

$$\frac{\text{Demanda internet prov. fin 2013}}{x (\text{Demanda internet prov. fin 2014})} = \frac{\text{Demanda total fin 213}}{\text{Demanda total fin 2014}}$$

$$\text{Dem. internet prov. fin 2014(Gbps)}$$

$$= \text{Dem. internet prov. fin2013} * \frac{\text{Dem. total fin 2014}}{\text{Dem. total fin 2013}}$$

$$\text{Demanda internet prov. fin2014 (Gbps)} = 1,131\text{Gbps} * \frac{89,96 \text{ Gbps}}{49,95 \text{ Gbps}}$$

Demanda internet prov. fin2014 (Gbps) = **2,037 Gbps**

- **Demanda de internet 2015 Provincia de Esmeraldas**

$$\frac{\text{Demanda internet prov. fin 2014}}{x (\text{Demanda internet prov. fin 2015})} = \frac{\text{Demanda total fin 2014}}{\text{Demanda total fin 2015}}$$

$$\text{Dem. internet prov. fin 2015(Gbps)} = \text{Dem. internet prov. fin2014} * \frac{\text{Dem. total fin 2015}}{\text{Dem. total fin 2014}}$$

$$\text{Demanda internet prov. fin2015 (Gbps)} = 2,037\text{Gbps} * \frac{169,85 \text{ Gbps}}{89,96 \text{ Gbps}}$$

Demanda internet prov. fin2015 (Gbps) = **3,846 Gbps**

- **Demanda de internet 2016 Provincia de Esmeraldas**

$$\frac{\text{Demanda internet prov. fin 2015}}{x (\text{Demanda internet prov. fin 2016})} = \frac{\text{Demanda total fin 2015}}{\text{Demanda total fin 2016}}$$

$$\text{Dem. internet prov. fin 2016(Gbps)} = \text{Dem. internet prov. fin2015} * \frac{\text{Dem. total fin 2016}}{\text{Dem. total fin 2015}}$$

$$\text{Demanda internet prov. fin2016 (Gbps)} = 3,846\text{Gbps} * \frac{217,25 \text{ Gbps}}{169,85 \text{ Gbps}}$$

Demanda internet prov. fin2016 (Gbps) = **4,919 Gbps**

- **Demanda de internet 2017 Provincia de Esmeraldas**

$$\frac{\text{Demanda internet prov. fin 2016}}{x (\text{Demanda internet prov. fin 2017})} = \frac{\text{Demanda total fin 2016}}{\text{Demanda total fin 2017}}$$

$$\text{Dem. internet prov. fin 2017(Gbps)} = \text{Dem. internet prov. fin2016} * \frac{\text{Dem. total fin2017}}{\text{Dem. total fin2016}}$$

$$\text{Demanda internet prov. fin2016 (Gbps)} = 4,919\text{Gbps} * \frac{245,88 \text{ Gbps}}{217,25 \text{ Gbps}}$$

Demanda internet prov. fin2016 (Gbps) = **5,567 Gbps**

La demanda de usuarios por provincia se calculó en base a la cantidad de usuarios actuales por provincia y total (dato tomado en octubre de 2013)

y en base a la proyección de usuarios totales proyectados por año. Por ejemplo para la provincia de Esmeraldas se calculó de la siguiente manera:

- **Cantidad de usuarios de internet 2013 Provincia de Esmeraldas**

Cantidad usuarios actual prov. ___ Cantidad usuarios nacional actual
x (Cantidad usuarios prov. fin 2013) __ Cantidad usuarios nacional fin 2013

Cantidad usuarios prov. fin 2013

$$= \text{Cantidad usuarios actual prov.} * \frac{\text{Cantidad usuarios nacional fin 2013}}{\text{Cantidad usuarios nacional actual}}$$

$$\text{Cantidad usuarios prov. fin 2013} = 15.733 * \frac{623.885}{615.334}$$

$$\text{Cantidad usuarios prov. fin 2013} = 16031 \text{ usuarios de internet}$$

- **Cantidad de usuarios de internet 2014 Provincia de Esmeraldas**

Cantidad usuarios prov. fin 2013 ___ Cantidad usuarios nacional fin 2013
x (Cantidad usuarios prov. fin 2014) __ Cantidad usuarios nacional fin 2014

Cantidad usuarios prov. fin 2014

$$= \text{Cantidad usuarios final 2013} * \frac{\text{Cantidad usuarios nacional fin 2014}}{\text{Cantidad usuarios nacional fin 2013}}$$

$$\text{Cantidad usuarios prov. fin 2014} = 16031 * \frac{759.876}{623.885}$$

$$\text{Cantidad usuarios prov. fin 2014} = 19594 \text{ usuarios de internet}$$

- **Cantidad de usuarios de internet 2015 Provincia de Esmeraldas**

Cantidad usuarios prov. fin 2014 ___ Cantidad usuarios nacional fin 2014
x (Cantidad usuarios prov. fin 2015) __ Cantidad usuarios nacional fin 2015

Cantidad usuarios prov. fin 2015

$$= \text{Cantidad usuarios final 2014} * \frac{\text{Cantidad usuarios nacional fin 2015}}{\text{Cantidad usuarios nacional fin 2014}}$$

$$\text{Cantidad usuarios prov. fin 2014} = 19494 * \frac{889.054}{769.876}$$

$$\text{Cantidad usuarios prov. fin 2014} = 22330 \text{ usuarios de internet}$$

- **Cantidad de usuarios de internet 2016 Provincia de Esmeraldas**

$$\text{Cantidad usuarios prov. fin 2015} \quad _ \quad \text{Cantidad usuarios nacional fin 2015}$$

$$x \text{ (Cantidad usuarios prov. fin 2016)} \quad _ \quad \text{Cantidad usuarios nacional fin 2016}$$

Cantidad usuarios prov. fin 2016

$$= \text{Cantidad usuarios final 2015} * \frac{\text{Cantidad usuarios nacional fin 2016}}{\text{Cantidad usuarios nacional fin 2015}}$$

$$\text{Cantidad usuarios prov. fin 2014} = 22330 * \frac{969.069}{889.054}$$

$$\text{Cantidad usuarios prov. fin 2014} = 24646 \text{ usuarios de internet}$$

- **Cantidad de usuarios de internet 2017 Provincia de Esmeraldas**

$$\text{Cantidad usuarios prov. fin 2016} \quad _ \quad \text{Cantidad usuarios nacional fin 2017}$$

$$x \text{ (Cantidad usuarios prov. fin 2017)} \quad _ \quad \text{Cantidad usuarios nacional fin 2017}$$

Cantidad usuarios prov. fin 2016

$$= \text{Cantidad usuarios final 2015} * \frac{\text{Cantidad usuarios nacional fin 2016}}{\text{Cantidad usuarios nacional fin 2015}}$$

$$\text{Cantidad usuarios prov. fin 2014} = 22330 * \frac{1'011.142}{969.069}$$

$$\text{Cantidad usuarios prov. fin 2014} = 24646 \text{ usuarios de internet}$$

El resultado de los cálculos para todas las provincias, se refleja en la Tabla 24, donde se ilustra el crecimiento anual de la demanda de líneas de servicio de internet y el consumo de ancho de banda de salida de internet por provincia.

Tabla 24. *Demanda proyectada de internet por provincia*

PROVINCIA	CIUDAD PRINCIPAL	Octubre 2013		AÑO 2013		AÑO 2014		AÑO 2015		AÑO 2016		AÑO 2017	
		CLIENTES	TRÁFICO INTERNET ACTUAL(Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)
AZUAY	Cuenca	4351	0,370	4.411	0,399	5.373	0,718	6.286	1,356	6.852	1,735	7.149	1,964
BOLÍVAR	Guaranda	6134	0,381	6.220	0,411	7.575	0,740	8.863	1,398	9.661	1,788	10.080	2,024
CAÑAR	Azogues	9349	0,619	9.479	0,668	11.545	1,204	13.508	2,273	14.724	2,907	15.363	3,290
CARCHI	Tulcán	6128	0,798	6.213	0,861	7.568	1,551	8.854	2,928	9.651	3,745	10.070	4,239
CHIMBORAZO	Riobamba	24977	2,982	25.324	3,218	30.844	5,796	36.088	10,942	39.335	13,995	41.043	15,840
COTOPAXI	Latacunga	17391	0,642	17.632	0,693	21.476	1,248	25.126	2,356	27.388	3,013	28.577	3,410
EL ORO	Machala	24258	1,621	24.595	1,750	29.957	3,151	35.049	5,949	38.204	7,609	39.862	8,612
ESMERALDAS	Esmeraldas	15733	1,048	15.952	1,131	19.429	2,037	22.732	3,846	24.777	4,919	25.853	5,567
GALÁPAGOS	Pto Baquerizo	2272	0,120	2.303	0,129	2.806	0,233	3.282	0,440	3.578	0,563	3.733	0,637
GUAYAS	Guayaquil	100675	6,196	102.074	6,686	124.323	12,042	145.458	22,736	158.549	29,079	165.433	32,912
IMBABURA	Ibarra	22318	2,060	22.628	2,223	27.561	4,004	32.246	7,559	35.148	9,668	36.674	10,942
LOJA	Loja	23192	2,240	23.515	2,417	28.640	4,354	33.509	8,220	36.525	10,513	38.110	11,899
LOS RÍOS	Babahoyo	18100	1,670	18.351	1,802	22.352	3,246	26.151	6,128	28.505	7,838	29.742	8,871
MANABÍ	Manta	38855	3,200	39.395	3,453	47.983	6,219	56.140	11,742	61.192	15,019	63.849	16,998
MORONA SANTIAGO	Macas	6023	0,434	6.107	0,468	7.438	0,843	8.702	1,593	9.485	2,037	9.897	2,305
NAPO	Tena	5549	0,752	5.626	0,812	6.853	1,462	8.018	2,759	8.739	3,529	9.119	3,995
ORELLANA	Coca	5847	0,676	5.928	0,730	7.220	1,314	8.447	2,481	9.208	3,173	9.607	3,591
PASTAZA	Puyo	7447	0,428	7.550	0,462	9.196	0,832	10.759	1,571	11.728	2,009	12.237	2,273
PICHINCHA	Quito	201315	12,125	204.113	13,085	248.604	23,566	290.866	44,493	317.044	56,907	330.809	64,407
SANTA ELENA	Salinas	10785	1,220	10.934	1,317	13.318	2,371	15.582	4,477	16.984	5,726	17.722	6,480

CONTINÚA 

PROVINCIA	CIUDAD PRINCIPAL	Octubre 2013	AÑO 2013		AÑO 2014		AÑO 2015		AÑO 2016		AÑO 2017		
		CLIENTES	TRÁFICO INTERNET ACTUAL(Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)
SANTO DOMINGO	Santo Domingo	18733	2,800	18.993	3,022	23.133	5,442	27.066	10,275	29.502	13,141	30.783	14,873
SUCUMBIOS	Lago Agrio	7.797	1,114	7.906	1,202	9.629	2,165	11.266	4,088	12.279	5,228	12.813	5,917
TUNGURAHUA	Ambato	34.214	2,467	34.689	2,663	42.250	4,795	49.433	9,054	53.882	11,580	56.221	13,106
ZAMORA CHINCHIPE	Zamora	3.891	0,325	3.945	0,351	4.805	0,632	5.621	1,193	6.127	1,525	6.393	1,726
TOTAL		615.334	46,289	623.885	49,95	759.876	89,96	889.054	169,85	969.069	217,25	1.011.142	245,88

Tabla 25. Demanda proyectada de internet en Alausí, Portoviejo, El Carmen, Quevedo, Sta Elena, Naranjal y La Concordia

Localidad	EQUIPO DE CONEXIÓN	Octubre 2013	AÑO 2013		AÑO 2014		AÑO 2015		AÑO 2016		AÑO 2017		
		CLIENTES	TRÁFICO INTERNET ACTUAL(Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)	CLIENTES	TRÁFICO INTERNET (Gbps)
ALAU SÍ	Riobamba	732	0,102	774	0,110	943	0,198	1.103	0,374	1.202	0,479	1.254	0,542
PORTOVIEJO	Manta	25.718	1,980	27.199	2,137	33.127	3,848	38.759	7,266	42.247	9,293	44.082	10,517
PEDERNALES	Portoviejo	446	0,089	472	0,096	575	0,173	673	0,327	733	0,418	765	0,473
EL CARMEN	Santo Domingo	673	0,091	711	0,098	866	0,177	1.014	0,334	1.105	0,427	1.153	0,483
QUEVEDO	Manta	10.521	0,952	11.127	1,027	13.552	1,850	15.856	3,493	17.283	4,468	18.034	5,057
STA ELENA	Salinas	2.177	0,175	2.302	0,189	2.804	0,340	3.280	0,642	3.575	0,821	3.731	0,930
NARANJAL	Guayaquil Centro	958	0,055	1.013	0,059	1.234	0,107	1.444	0,202	1.574	0,258	1.642	0,292
LA CONCORDIA	Santo Domingo	986	0,066	1.042	0,071	1.270	0,128	1.486	0,242	1.619	0,310	1.690	0,351

En la tabla se incluyó la ciudad principal donde se encuentra el equipo de la red IP/MPLS que concentra el tráfico de las redes de acceso fija y móvil de la provincia. Adicionalmente, en la tabla 25 se encuentra la demanda calculada para las localidades que se incluyeron en el proyecto y que son parte de la demanda de cada provincia.

3.7 Análisis comparativo de las funcionalidades de la red actual y una red de Transporte Óptico Inteligente

La Red de Transmisión WDM Central actual es un sistema de primera generación conocido como WDM tradicional, el cual no presta los beneficios de los actuales sistemas de transmisión de nueva generación denominados OTN/ASON. Estos equipos presentan características poco flexibles para el crecimiento y aprovisionamiento de servicios haciendo que la red se torne compleja y limitada. A continuación se presenta un análisis comparativo entre la Red WDM actual, y una Red Óptica Inteligente.

- Tecnología OTN

A diferencia de la Red WDM actual, una Red Óptica Nueva Generación se basa en la jerarquía de transporte OTN estandarizada por la ITU, la cual cuenta con una matriz de cross conexión que permite conectar servicios de menor capacidad adaptándolos en longitudes de onda de mayor capacidad. Basado en esta arquitectura, las señales tributarias son encapsuladas en unidades de datos ODUk, y convertidas en canales G.694.

Con el WDM tradicional se maneja transpondedores que integran en una sola tarjeta el lado cliente y el lado de línea óptico; es decir, en la misma tarjeta física se encuentra el puerto del lado cliente y el puerto del lado de línea DWDM. Bajo este esquema no es posible hacer un *grooming* de servicios de

una tarjeta a otra, ni tampoco combinar los servicios de diferentes tarjetas en una misma longitud de onda. Por tanto, la red es estática y cualquier cambio de servicio involucra una nueva inversión de todo el transpondedor. En la Figura 30 se puede observar lo indicado para una tarjeta de 4xGE en una red DWDM tradicional.

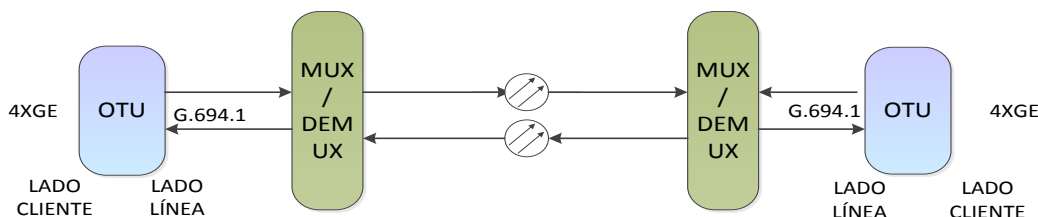


Figura 30. Representación de transpondedores en una red WDM convencional

Para resolver este problema, OTN introduce la solución que separa el lado cliente del lado de línea DWDM y entre ellos una unidad de cross conexión que se encarga de la conexión entre estos dos lados. Estas tres tarjetas se conectan entre ellas a nivel del *backplane*.

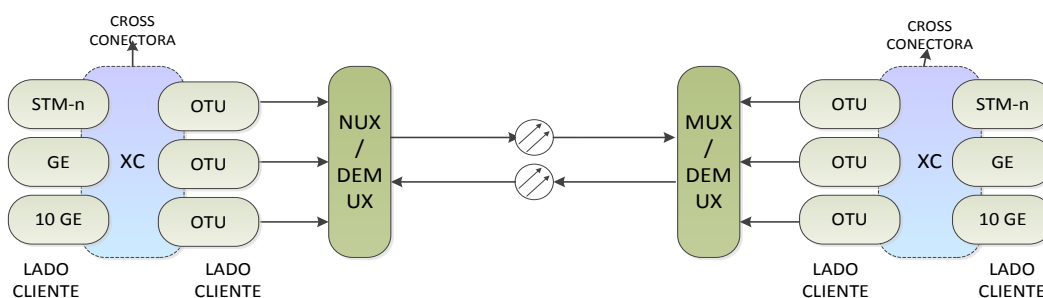


Figura 31. Solución OTN para provisión de servicios

Con esta solución, el servicio (STM-n, GE, 10GE, etc) ingresa por el lado cliente (tarjeta cliente), y se conecta mediante la unidad de cross conexión con

el lado de línea (DWDM) a nivel del backplane del equipo, siendo la tarjeta de línea la encargada de crear la longitud de onda que lleva el servicio al sistema. De esta forma se tiene una red totalmente flexible, ya que cualquier servicio podrá ser cross conectado hacia la línea DWDM desde el lado cliente, y bastará simplemente cambiar las tarjetas del lado cliente cuando se requiera brindar otro servicio, comparado con reemplazar todo el transpondedor como ocurre con la Red WDM tradicional.

- **Flexibilidad de Adición / Extracción de Longitudes de Onda**

La Red WDM actual está configurada con equipos OADM fijos donde la longitud de onda está concatenada a una sola dirección, lo que implica que no puede reconfigurarse hacia otras direcciones. Mientras tanto, los sistemas de nueva generación utilizan la característica de OADM Reconfigurable (ROADM), donde las longitudes de onda pueden subir o bajar en cualquier sitio del enlace. Esta característica mejora el uso de las longitudes de onda, reduce los costos de operación y facilita la operación y el mantenimiento.

- **Ajuste de la potencia de las longitudes de onda**

Los equipos de la red actual, no permiten el ajuste automático de potencia de cada canal óptico, ocasionados por atenuaciones en la fibra óptica o por agregación de una longitud de onda. Esta actividad se la realiza en campo de forma manual en cada sitio, con el riesgo de causar un desbalanceo en la potencia de la señal compuesta y afectar a los servicios que estén cursando por el sistema.

Los sistemas de nueva generación, incluyen la función de ecualización automática de potencia, la cual permite el ajuste automático de la potencia óptica de final de transmisión de cada canal para tener una ecualización de la misma en el extremo de recepción.

- **Ajuste de la potencia compuesta**

A medida que la atenuación de un segmento de la red se incrementa, la potencia de entrada al amplificador se reduce, para este caso, en la red actual se debe realizar un ajuste manual de los atenuadores variables que poseen los equipos, a través del sistema de gestión. Los sistemas ópticos inteligentes, automáticamente realizan el ajuste del atenuador variable, haciendo que la red tenga el mejor desempeño de trabajo. El sistema adopta la función de Control Automático de Nivel de Potencia Óptica (ALC) para controlar la potencia a lo largo del enlace, asegurando por lo tanto el nivel láser normal en la fibra óptica.

- **Plano de Control ASON para protección**

A diferencia de la red actual, las redes ópticas de nueva generación usan la arquitectura ASON que brinda características inteligentes a las redes ópticas como por ejemplo:

- Auto descubrimiento de la topología y los equipos (nodos, fibras).
- Creación automática de *path* óptico o eléctrico extremo a extremo
- Optimización del ancho de banda
- Esquemas de protección y restauración automática

- **Habilitación de servicios**

Para el caso de la red actual, la habilitación de un servicio nuevo implica la habilitación de una λ , por lo que al ser equipos OADM fijos, es necesario trasladarse a cada sitio para realizar las conexiones físicas entre los multiplexores y demultiplexores de cada dirección. Por otra parte, al agregar una nueva longitud de onda, va a existir un desbalanceo de las potencias de las longitudes de onda, por lo que es indispensable disponer de atenuadores y un analizador OSA para realizar de forma manual la ecualización.

Con los sistemas ópticos inteligentes, la habilitación se la realiza desde el centro de gestión, sin necesidad de ir a cada sitio, lo cual impacta en la reducción de costos de operación y mantenimiento en la red.

- **Utilización del ancho de banda**

En las redes tradicionales se reservan una gran cantidad de recursos para la protección de los canales y no de los servicios, en contraste con las redes ASON que cuenta con funciones de enrutamiento y restauración que permiten reservar menos recursos, optimizando la utilización del ancho de banda.

CAPÍTULO IV

SOLUCIÓN PROPUESTA

4.1 Requerimientos de CNT EP

La CNT EP requiere de una red de transmisión de alta disponibilidad que permita garantizar la prestación de los diferentes servicios que se encuentra brindando actualmente y los que se ha planificado para los siguientes años. Esta red debe permitir alcanzar la meta establecida a nivel estratégico para la disponibilidad de redes de transmisión la cual es de 99,99%.

Por otra parte, según la planificación plurianual de la CNT EP esta nueva red deberá disponer de la capacidad suficiente para soportar el tráfico de la demanda proyectada hasta el año 2017.

4.2 Requerimientos técnicos de los equipos de la Red de Transmisión

Para la implementación de una Red de Transmisión Óptica Inteligente con arquitectura ASON, se deben considerar los siguientes requerimientos técnicos:

- ***Tecnología***

- La red estará compuesta por equipamiento de telecomunicaciones de tecnología OTN con arquitectura ASON.
- Para la capa óptica se requiere equipos de tecnología DWDM configurados como ROADM, equipados con tarjetas de características WSS que permitan que las longitudes de onda puedan ser añadidas, extraídas o re-enrutadas a través de la red.
- Para la capa eléctrica, los equipos deben incluir, soportar y procesar

las funcionalidades establecidas en el estándar de redes de transporte óptico (OTN) de acuerdo a la recomendación ITU-T G.872, incluyendo provisión “*end-to-end*” y “*grooming*” de servicios.

- La funcionalidad de cross conexión OTN debe tener una capacidad de conmutación ODUk (k=0,1,2,3,4), con protección (1+1).

- **Capacidad y Escalabilidad**

- La capacidad requerida de los equipos es de ochenta (80) longitudes de onda, donde cada longitud de onda esté disponible en todas las direcciones, de acuerdo a los grados de libertad para cada uno de los nodos indicados en la topología de red de la Figura 34.
- Los equipos deben soportar longitudes de onda de 10 Gbps y 40 Gbps.
- El sistema debe incluir el equipamiento necesario para atender los requerimientos de la matriz de tráfico, protecciones y rutas de restauración.

- **Transpondedores**

- El equipamiento debe incluir transpondedores sintonizables y configurables en la canalización de frecuencias de la grilla ITU-T para DWDM (80 canales a 50Ghz, Recomendación ITU-T G.694.1

- **Tributarios**

- Todas las tarjetas de servicios (lado cliente) deben soportar diferentes velocidades de acuerdo a las matrices de tráfico.

- **Control, monitoreo y ajuste de potencia**

- El sistema debe permitir realizar el control Automático de la potencia

óptica y el monitoreo, medición y ajuste automático de la potencia de la señal compuesta y de cada canal (longitud de onda) del sistema.

- **Protección de los servicios y plano de control ASON**

- El sistema debe soportar una topología en anillo y/o malla, donde la misma longitud de onda sea transmitida de origen a destino por trayectos distintos dentro de la red, y emitida por transpondedores diferentes, a fin de garantizar la protección de camino y de tarjeta.
- Todos los servicios IP (GE, 10GE) se dimensionarán con protección (1+1) de tarjeta. La conexión hacia el cliente se realizará con una interfaz única (1+0) para conectarse a los ruteadores instalados en la red de la CNT EP.
- El tipo de protección para los servicios debe estar habilitado en configuración 1+1 más restauración.
- Para el autodescubrimiento de las rutas de restauración, el sistema debe incluir un plano de control ASON con restauración a nivel de servicios como se puede observar en la Figura 32.

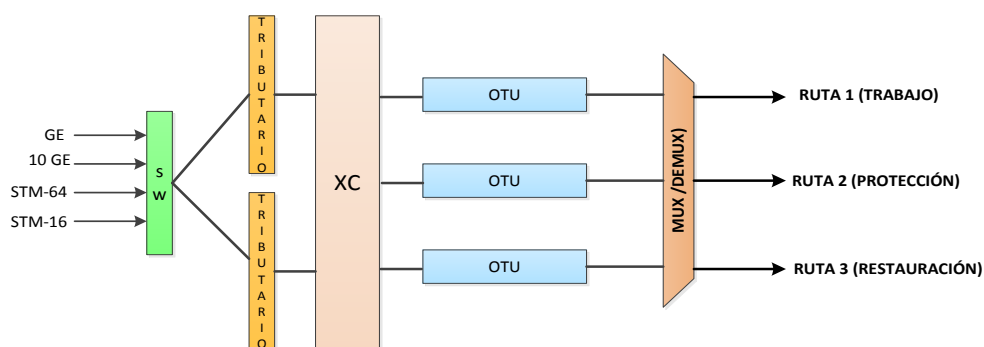


Figura 32. Protecciones de los servicios-plano de control ASON

- El sistema debe incluir desde un inicio el hardware y software para que el plano de control permita el autodescubrimiento de las rutas de restauración para asegurar la protección del servicio ante dos (2)

eventos de cortes de fibra óptica en la red.

- ***Integración de la Red DWDM Sur***

- La Red propuesta integrará la Red DWDM Sur, para formar un anillo y proteger los servicios de dicha red.

- ***Sistema de gestión***

- El Sistema de Gestión debe ser redundante, en configuración 1+1 *Hot Standby*, centralizado que permita administrar la red OTN/ASON, desde el centro de gestión en Quito y en forma remota desde Guayaquil.

4.3 Diseño de la Red de Transmisión Óptica Inteligente

A continuación se describe la solución de la Red de Transmisión Óptica Inteligente con el fin de satisfacer los requerimientos de una red de alta capacidad y disponibilidad.

4.3.1 Análisis de los enlaces de fibra óptica a integrar la Red Nacional OTN Inteligente con arquitectura ASON

La Red de Transmisión Óptica Inteligente basada en la arquitectura ASON, requiere ser implementada sobre redes de transmisión con topología tipo Malla, de lo contrario no tendría sentido el concepto de ASON, que es la restauración de rutas. Es por ello que la definición de las rutas para la red de transmisión de este proyecto se ha determinado en base a la infraestructura existente de enlaces de fibra óptica de CNT, realizando visitas en las localidades definidas inicialmente en el proyecto para obtener información de los enlaces de fibra óptica que llegan a cada sitio.

Además, se obtuvo información del tipo de fibra de los enlaces existentes, número de hilos de los enlaces, y se realizaron mediciones reflecto métricas de los enlaces de fibra para medir sus distancias y atenuación. Estas características servirán para el diseño de la capa óptica de la Red de Transmisión.

Con el levantamiento de la información indicada anteriormente, en la Tabla 26 se detallan los enlaces que se considerarán en el presente diseño:

Tabla 26. *Enlaces fibra óptica de la Red de Transmisión Inteligente OTN/ASON*

ENLACE		DISTANCIA (Km)	TIPO DE FIBRA
ESMERALDAS 2	BORBÓN	109,80	G.655
BORBÓN	LITA	111,50	G.655
LITA	IBARRA	115,13	G.655
TULCÁN	IBARRA	127,10	G.652
IÑAQUITO	CARCELÉN	7,96	G.652
CARCELÉN	POMASQUI	27,00	G.655
POMASQUI	TULCÁN	155,78	G.652
IÑAQUITO	CAYAMBE	128,44	G.652
CAYAMBE	IBARRA	70,70	G.652
IÑAQUITO	QUITO CENTRO	9,69	G.655
QUITO CENTRO	SANTA ROSA	20,20	G.652
SANTA ROSA	AMBATO SUR	123,70	G.655
AMBATO SUR	GUARANDA	106,00	G.652
GUARANDA	BABAHOYO	127,00	G.652
BABAHOYO	GUAYAQUIL CENTRO	109,70	G.652
GUAYAQUIL CENTRO	PROGRESO	72,10	G.652
PROGRESO	SALINAS	77,00	G.652
SALINAS	SANTA ELENA	13,90	G.655
SALINAS	EMERGIA	5,36	G.655
EMERGIA	SANTA ELENA	15,00	G.655
SANTA ELENA	PASCUALES	121,45	G.655
PASCUALES	NORTE	14,00	G.655
NORTE	GUAYAQUIL CENTRO	3,56	G.652
PASCUALES 2	QUEVEDO	159,00	G.652
PORTOVIEJO	PICHINCHA	102,50	G.655
PICHINCHA	QUEVEDO	53,90	G.655
MANTA	PORTOVIEJO	39,90	G.655
SALINAS	PUERTO LÓPEZ	120,00	G.655
PUERTO LÓPEZ	MANTA	123,00	G.655

CONTINÚA



ENLACE		DISTANCIA (Km)	TIPO DE FIBRA
PORTOVIEJO	BAHÍA	89,50	G.655
PORTOVIEJO	MANTA	47,00	G.652
BAHÍA	PEDERNALES	124,20	G.655
ESMERALDAS 2	SAME	82,80	G.652
SAME	EMP. SALTO	28,45	G.652
EMP. SALTO	SALIMA	55,00	G.655
SALIMA	PEDERNALES	67,30	G.655
SANTO DOMINGO	LA CONCORDIA	46,50	G.652
LA CONCORDIA	VICHE	90,74	G.655
VICHE	ESMERALDAS 3	45,98	G.655
ESMERLDA 3	ESMERALDAS 2	8,62	G.652
SANTO DOMINGO	EL CARMEN	38,91	G.655
EL CARMEN	PEDERNALES	110,00	G.655
IÑAQUITO	MIRAVALLE	13,50	G.655
MIRAVALLE	ALOAG	62,90	G.652
ALOAG	SANTO DOMINGO	105,59	G.655
QUEVEDO	SANTO DOMINGO	113,60	G.655
QUEVEDO	SANTO DOMINGO	117,50	G.652
MARISCAL	NODO SAN MARTÍN	22,17	G.652
NODO SAN MARTÍN	SANTO DOMINGO	105,20	G.655
IÑAQUITO	MARISCAL	5,70	G.652
MARISCAL	QUITO CENTRO	4,15	G.655
QUITO CENTRO	LATACUNGA	106,20	G.652
LATACUNGA	AMBATO SUR	53,20	G.652
QUEVEDO	ZUMBAHUA	101,44	G.655
ZUMBAHUA	LATACUNGA	92,00	G.655
QUEVEDO	BABAHOYO	114,77	G.655
LA CONCORDIA	S. M. DE LOS BANCOS	86,73	G.652
S. M. DE LOS BANCOS	IÑAQUITO	128,38	G.655
GUAYAQUIL CENTRO	MILAGRO	78,00	G.652
MILAGRO	CAÑAR	137,00	G.652
CAÑAR	CUENCA	38,00	G.652
MILGRO	MACHALA	149,00	G,652

Nota: Distancia de los enlaces de fibra y tipo de fibra del proyecto

En la Figura 33 se ilustra la topología de los enlaces de fibra óptica a nivel nacional.

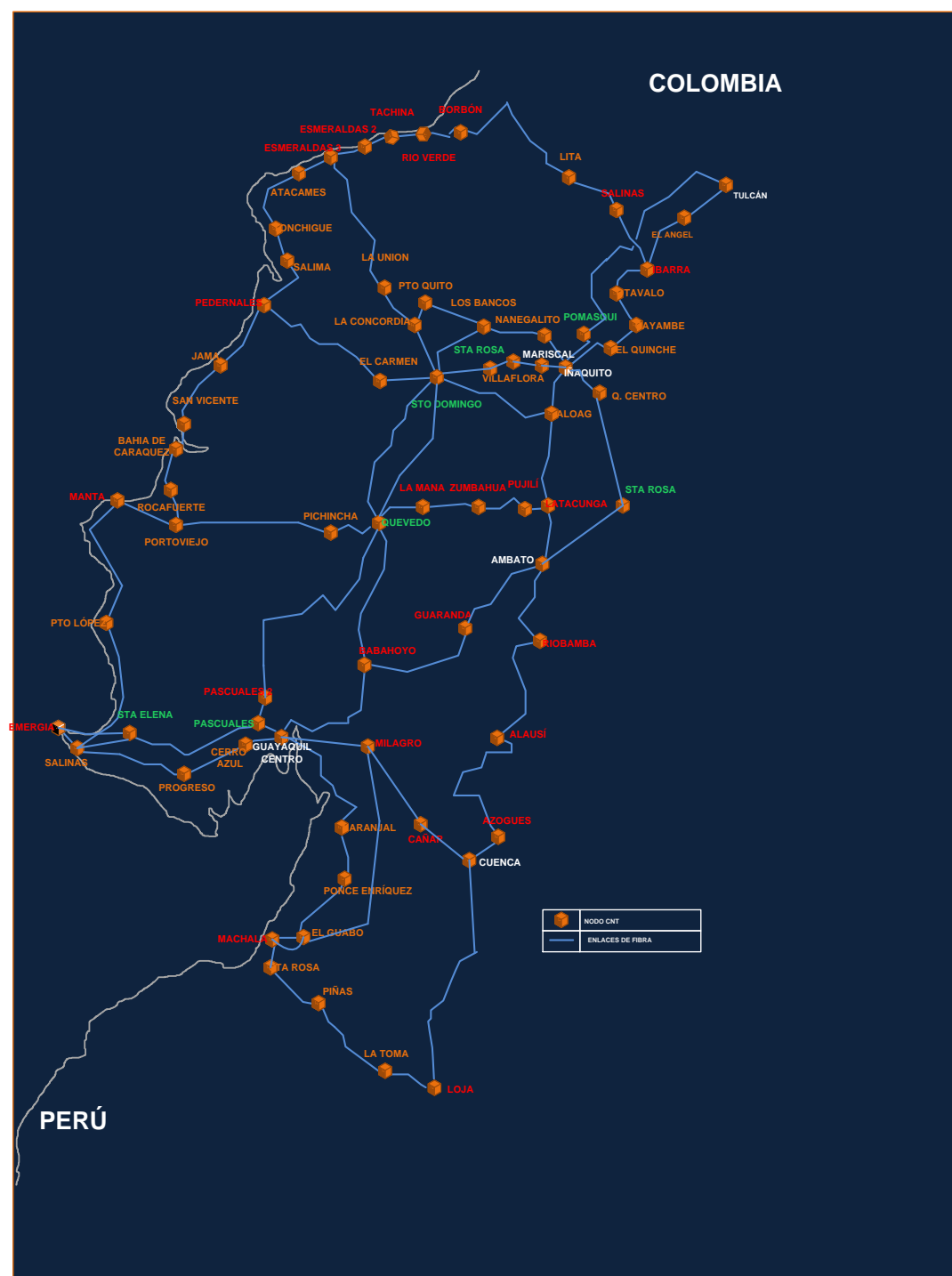


Figura 33. Topología de los Enlaces de Fibra Óptica de la Red OTN/ASON

Según la topología mostrada, la red dispondrá de diferentes rutas para restaurar los servicios en caso de falla de algún enlace, e incluso frente a cortes simultáneos de fibra óptica.

4.3.2 Topología de la Red de Transmisión

En base a los enlaces de fibra óptica seleccionados para el diseño, la presente red estará compuesta por una malla de equipos, los cuales se interconectan entre sí a través de equipamiento de transmisión de alta capacidad. El diseño contempla nodos OTN/ASON en los sitios: El Carmen, Emergia, Guaranda, Manta, Tulcán, Ambato Sur, Guayaquil Centro, Esmeraldas 2, Ibarra, Ñaquito, Mariscal, Pascuales, Quevedo, Salinas, Santa Elena, Santo Domingo, Babahoyo, La Concordia, Latacunga, Pedernales, Portoviejo, y nodos amplificadores ópticos en los sitios: Aloag, Bahía, Borbón, Cayambe, Lita, Pichincha, Pomasqui, Progreso, Puerto López, Salima, Same, San Miguel de Los Bancos, Viche, Zumbahua.

El diseño contempla además la integración de la Red DWDM Sur incluyendo nuevos equipos y enlaces (Guayaquil-Milagro, Milagro-Cañar, Cañar-Cuenca y Milagro-Machala) para contar con más de dos rutas y así incluir en el diseño las funcionalidades de un nodo OTN/ASON a los equipos de esta red, tal como se muestra en la Figura 34.

4.3.3 Determinación de matrices de tráfico para la solución propuesta

Las matrices servicios se determinarán en base al análisis de capacidad de transmisión actual y futura requerida, misma que fue analizada en el capítulo 3 de la presente tesis.

Para el Backbone de Internet se requiere una capacidad de 245,88 Gbps, la cual se dividirá 185 Gbps (75% aproximadamente) a través del Cable Panamericano con conexión en Salinas y Emergia, y 60 Gbps (25% aproximadamente) con conexión por la ruta Norte desde Ñaquito y Tulcán.

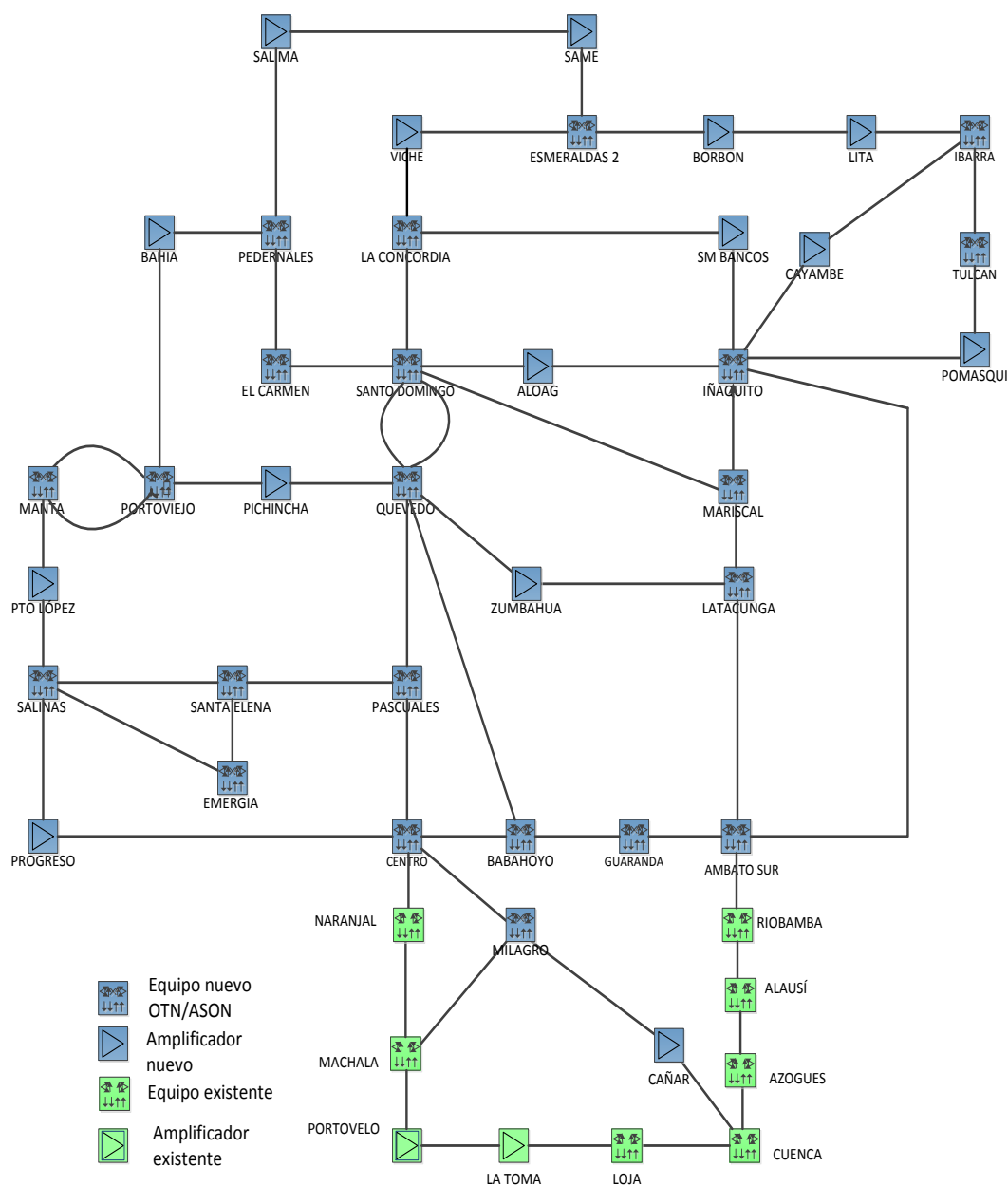


Figura 34. Topología de la Red de Transmisión Óptica Inteligente OTN/ASON

Para definir la matriz de tráfico se ha usado enlaces STM-16 y 10 GE que son los que CNT EP usa actualmente para la conexión internacional. Esta capacidad incluye los servicios existentes, los cuales deberán ser migrados con la implementación de la nueva red con la finalidad de dar una alta disponibilidad a los enlaces que llevan el tráfico de internet.

Como se indicó en el capítulo 3, por la Red MPLS atraviesa el tráfico de internet de los clientes, por tanto, en base a la demanda calculada por provincia en el capítulo 3, se determinó la capacidad de transmisión que requiere en red MPLS para soportar la demanda de servicios de internet, para lo cual se ha definido interfaces Gigabit Ethernet y 10 Gigabit Ethernet para los enlaces WAN de la Red IP/MPLS.

Tabla 27. *Matriz de Tráfico para Backbone de Internet*

Enlaces con conexión internacional en Salinas		
ENLACE	STM-16	10 GE
SALINAS-IÑAQUITO	8	4
SALINAS-GUAYAQUIL CENTRO	4	6
Enlaces con conexión internacional en Emergia		
ENLACE	STM-16	10 GE
EMERGIA-IÑAQUITO	3	2
EMERGIA-GUAYAQUIL CENTRO	3	.2
Capacidad Totales Parciales 1	45 Gbps	140 Gbps
Capacidad Total 1	185 Gbps	
Enlaces de conexión internacional en Iñaquito y Tulcán		
ENLACE	STM-16	10 GE
TRANSNEXA-IÑAQUITO	-	3
TULCÁN- IÑAQUITO	-	3
Capacidad Total 2	60 Gbps	
CAPACIDAD TOTAL (1+2)	245 Gbps	

Nota: Elaborada a partir de la demanda de internet proyectada hasta el 2017

La capacidad de los enlaces de transmisión para la conexión de los equipos de distribución (que concentran el tráfico de internet) de cada provincia con los equipos del core, de la red MPLS, se determinó en base a las capacidades calculadas de la demanda de internet por provincia. En la Tabla 28 se muestra la matriz de servicios de transmisión que se han definido para cada enlace. Cabe indicar que para una mayor disponibilidad de la Red de CNT EP, se consideró en las ciudades la conexión de un equipo de distribución a dos equipos del core de la Red MPLS, para que en caso de falla de un equipo del core, el tráfico conmutará al otro equipo del core al que está conectado. Para sitios donde la capacidad de transmisión requerida es menor a 4 Gbps, se definió enlaces de 1 GE, y para sitios son

demanda de capacidades mayores a 4 Gbps se determinó enlaces de 10 GE.

Tabla 28. *Matriz de tráfico para la Red MPLS- Capa Distribución*

PROVINCIA	DEMANDA (Gbps)	CONCENTRADOR (Origen)	EQUIPO DE CONEXIÓN (Destino)	ENLACE DE TRANSMISIÓN
CARCHI	4,239	Tulcán	Iñaquito	1 x 10 GE
			Mariscal	1 x 10 GE
ESMERALDAS	5,567	Esmeraldas	Iñaquito	1 x 10 GE
			Mariscal	1 x 10 GE
	0,351	La Concordia	Iñaquito	1 x 1 GE
IMBABURA	10,942	Ibarra	Iñaquito	1 x 10 GE
			Mariscal	1 x 10 GE
PICHINCHA	64,407	Iñaquito	Iñaquito	Enlace local
STO DOMINGO	14,873	Santo Domingo	Iñaquito	1 x 10 GE
			Mariscal	1 x 10 GE
BOLÍVAR	2,024	Guaranda	Ambato Sur	3 x 1 GE
			Guayaquil Centro	3 x 1 GE
CHIMBORAZO	15,840	Riobamba	Ambato Sur	1 x 10 GE
			Cuenca	1 x 10 GE
	0,542	Alausí	Ambato Sur	1 x 1 GE
			Cuenca	1 x 1 GE
COTOPAXI	3,410	Latacunga	Ambato Sur	4 x 1 GE
			Iñaquito	4 x 1 GE
TUNGURAHUA	13,106	Ambato Sur	Ambato Sur	Enlace local
LOJA	11,899	Loja	Cuenca	1 x 10 GE
			Guayaquil Centro	1 x 10 GE
AZUAY	1,964	Cuenca	Cuenca	Enlace local
CAÑAR	3,290	Azogues	Cuenca	4 x 1 GE
			Ambato Sur	4 x 1 GE
EL ORO	8,612	Machala	Guayaquil Centro	1 x 10 GE
			Cuenca	1 x 10 GE
GUAYAS	32,912	Guayaquil Centro	Guayaquil Centro	Enlace local
			0,292	Naranjal
LOS RÍOS	8,871	Babahoyo	Guayaquil Centro	1 x 10 GE
			Ambato Sur	1 x 10 GE
	5,057	Quevedo	Manta	1 x 10 GE
			Pascuales	1 x 10 GE
SANTA ELENA	6,480	Salinas	Pascuales	1 x 10 GE
			Guayaquil Centro	1 x 10 GE
	0,930	Santa Elena	Salinas	1 x 1 GE
			Pascuales	1 x 1 GE
MANABÍ	10,517	Portoviejo	Manta	1 x 10 GE
			Pascuales	1 x 10 GE
	0,473	Pedernales	Portoviejo	1 x GE
	0,483	El Carmen	Santo Domingo	1 x 1 GE
	16,998	Manta	Guayaquil Centro	1 x 10 GE
			Iñaquito	1 x 10 GE

Nota: Elaborada a partir de la demanda de internet proyectada por provincia hasta el 2017

Para determinar la capacidad de Transmisión para el Core de la Red MPLS, se sumaron todas las capacidades de los equipos de distribución de las provincias que se conectan al core Iñaquito-Mariscal-Ambato-Guayaquil Centro- Pascuales (ver Tabla 29) y las que se conectan al core Guayaquil Centro-Ambato-Cuenca (ver Tabla 30). No se tomó en cuenta las capacidades demandadas para Pichincha y Guayas, ya que los equipos concentradores están en Iñaquito y Guayaquil Centro, donde se conectan directamente al *Backbone* de Internet. Adicionalmente no se tomó en cuenta la capacidades de internet demandas en Ibarra y Tulcán ya que los enlaces de transmisión se conectan a Iñaquito y Mariscal, por lo que este tráfico no cursa por los otros enlaces del core.

Tabla 29. *Capacidad Core Quito-Ambato-Guayaquil*

EQUIPO DE CORE	EQUIPO DE DISTRIBUCIÓN	CAPACIDAD DE TX DEMANDADA	CAPACIDADES PARCIALES (Gbps)
Iñaquito/Mariscal	Esmeraldas	5,567	33,943
	Coca	3,591	
	Santo Domingo	14,873	
	Lago Agrio	5,917	
	Tena	3,995	
Ambato Sur	Guaranda	2,024	35,058
	Riobamba	15,840	
	Alausí		
	Latacunga	3,410	
	Puyo	2,273	
	Ambato Sur	11,511	
Guayaquil Centro/Pascuales	Puerto Baquerizo	0,637	32,987
	Babahoyo	8,871	
	Quevedo		
	Salinas	6,480	
	Santa Elena		
	Portoviejo	16,998	
CAPACIDAD TOTAL (Gbps)			101,988

Nota: Elaborada a partir de la demanda de internet por provincia

Tabla 30. *Capacidad Core Guayaquil-Ambato-Cuenca*

EQUIPO DEL CORE	EQUIPO DE DISTRIBUCIÓN	CAPACIDAD DE TX DEMANDADA	CAPACIDAD PARCIAL (Gbps)
Guayaquil Centro	Naranjal	0,292	30,088
	Machala	8,612	
Cuenca/Ambato Sur	Loja	11,899	
	Macas	2,305	
	Zamora	1,726	
	Cuenca	1,964	
	Azogues	3,29	
	CAPACIDAD TOTAL (Gbps)		

Nota: Elaborada a partir de la demanda de internet por provincia

En base a las capacidades totales que debe soportar el *core* de la red MPLS, se han definido los enlaces de transmisión, conforme en lo indicado en la Tabla 31.

Tabla 31. *Matriz de tráfico para el core de la Red MPLS*

CORE IÑAQUITO-MARISCAL-AMBATO SUR-GUAYAQUIL CENTRO-PASCUALES		
ENLACE		CAPACIDAD DE TX
Iñaquito	Ambato Sur	5 X 10 GE
Ambato Sur	Guayaquil Centro	5 X 10 GE
Guayaquil Centro	Iñaquito	5 X 10 GE
Iñaquito	Mariscal	4 X 10 GE
Guayaquil Centro	Pascuales	4 X 10 GE
CORE GUAYAQUIL CENTRO-CUENCA-AMBATO SUR		
ENLACE		CAPACIDAD DE TX
Guayaquil Centro	Cuenca	2 x 10 GE
Cuenca	Ambato	2 x 10 GE

Nota: Elaborada a partir de las demandas totales para el core de la red MPLS

4.3.4 Análisis para la selección de equipos

Para seleccionar el equipamiento necesario para la solución planteada, se debe considerar el tráfico máximo para el cual se ha dimensionado la red y el tráfico de demanda futura, la cual va a incrementar gradualmente.

Con el fin de soportar servicios de diferentes tecnologías, se requiere que los equipos tengan un sistema de transporte flexible para atender distintas capacidades según la evolución de la demanda de los clientes, es decir, el nodo debe tener la capacidad de conmutación eléctrica basada en OTN. Además, el sistema debe ser inteligente con el objetivo de garantizar un alto índice de disponibilidad en base a la protección y restauración de los servicios.

En el mercado, existen pocos proveedores que disponen de equipos de transmisión ópticos de alta capacidad con tecnología OTN y que soporten la arquitectura ASON. Los proveedores identificados en el país son: Alcatel-Lucent, Huawei, Infinera, ECI Telecom y Tellabs, cuyo equipamiento con el modelo respectivo se presenta en la Figura 35.

En base a la información de los equipos en mención, adjuntos en el **Anexo E** del presente proyecto de tesis, se puede determinar que todos cumplen con los requerimientos técnicos planteados en el numeral 4.2 de este capítulo.

Otro aspecto técnico a considerar es que la CNT EP actualmente cuenta con equipamiento DWDM Huawei, con su respectivo sistema de gestión, en la red DWDM Sur, la misma que deberá ser integrada a la red OTN/ASON que se considera en el presente análisis.






Proveedor	Equipo
Alcatel-Lucent  1830 PSS	Huawei  OSN8800
Infinera  DTN	ECI Telecom  XDM1000
Tellabs  7100	

Figura 35. Equipos OTN/ASON de diferentes Proveedores

En razón que es importante que en una red de estas características deba existir una adecuada interoperabilidad de los equipos a considerar con los equipos actuales, y con el fin de optimizar los recursos técnicos disponibles como el caso del sistema de gestión, se selecciona el equipamiento de la serie OSN 8800 y OSN6800.

4.3.5 Descripción del equipamiento seleccionado

Los equipos OptiX OSN 8800 y OptiX OSN 6800 son equipos de transmisión óptica diseñados para aplicaciones OTN/ASON de alta capacidad y aplicaciones de muy largo alcance. El equipamiento es carrier class, modular y soporta múltiples esquemas de protección que garantizan la disponibilidad del sistema, para aplicaciones punto a punto, cadena o tipo anillo, óptimo para el transporte de servicios de voz, datos y video.

4.3.5.1 Tecnología de la Capa Óptica

Soporta básicamente dos tipos de sistemas DWDM: 40 longitudes de onda con un espaciado de 100GHz y 80 longitudes de onda con un espaciado de 50 GHz (Huawei, 2011). El equipamiento permite configurar lambdas de 10Gbps, 40Gbps y 100 Gbps-

Incluye transpondedores sintonizables en toda la Banda C, con tecnología *Advanced FEC*, que incrementa la tolerancia OSNR y la tolerancia al PMD a los efectos no lineales.

El OSN 8800 dispone de 32 slots (*single side*) o 64 slots (*dual side*) con capacidad de 40 G por slot. El equipo OSN 6800 dispone de 21 slots. Para los dos casos brinda protección 1+1 de las tarjetas de control, sincronismo y cross conexión. En las Figuras 36 y 37 se ilustran los equipos en mención.



Figura 36. Lado izquierdo: OSN8800 64 slots (dual side). Lado derecho OSN8800 32 slots (single side).

Fuente: (Huawei, 2011)



Figura 37. Equipo OSN6800

Fuente: (Huawei, 2011)

Los equipos OSN 6800 y OSN 8800 pueden trabajar en configuración OADM o ROADM, poseen una tarjeta denominada WSMD que realiza la función de ROADM y pueden ser configuradas para extraer, agregar o dejar pasar dinámicamente cualquier longitud de onda a cualquier dirección. Un sistema de múltiples grados de transmisión puede transmitir las longitudes de onda en diferentes rutas y conmutar de camino automáticamente gracias a los protocolos GMPLS del plano de control de ASON. Esto es lo que permite el re-enrutamiento a nivel de longitud de onda en caso de falla de algún enlace. La Figura 38 muestra un esquema de un ROADM de 4 grados de transmisión.

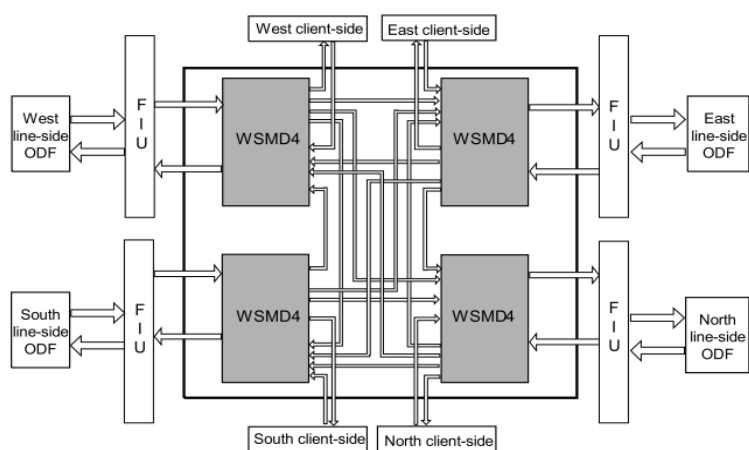


Figura 38. Esquema de un ROADM de 4 direcciones

Fuente: (Huawei, 2011)

4.3.5.2 Arquitectura de Conmutación OTN- Capa eléctrica

Los Optix OSN 8800 disponen de una matriz de conmutación universal de nivel ODUk ($k = 0,1,2,3,4$) y VCx, para proveer cualquier tipo de servicio, permitiendo alcanzar capacidades de cross-conectividad de 1.28 T/2.56T-bit para la distribución de servicios. Los equipos OSN 6800 tienen una matriz de cross conexión de 360 G (Huawei, 2011).

La matriz de cross conexión es centralizada, lo que permite separar el lado cliente (interfaz tributaria) del lado DWDM (línea), de esta manera es posible optimizar el uso del ancho de banda mapeando eficientemente los servicios hasta completar una lambda de 10G o 40G y transportarla por el DWDM. En la Figura 39 se ilustra la variedad de tarjetas de tributario y de línea que soporta el equipo OptiX OSN 8800 de Huawei y la matriz de cross conexión centralizada.

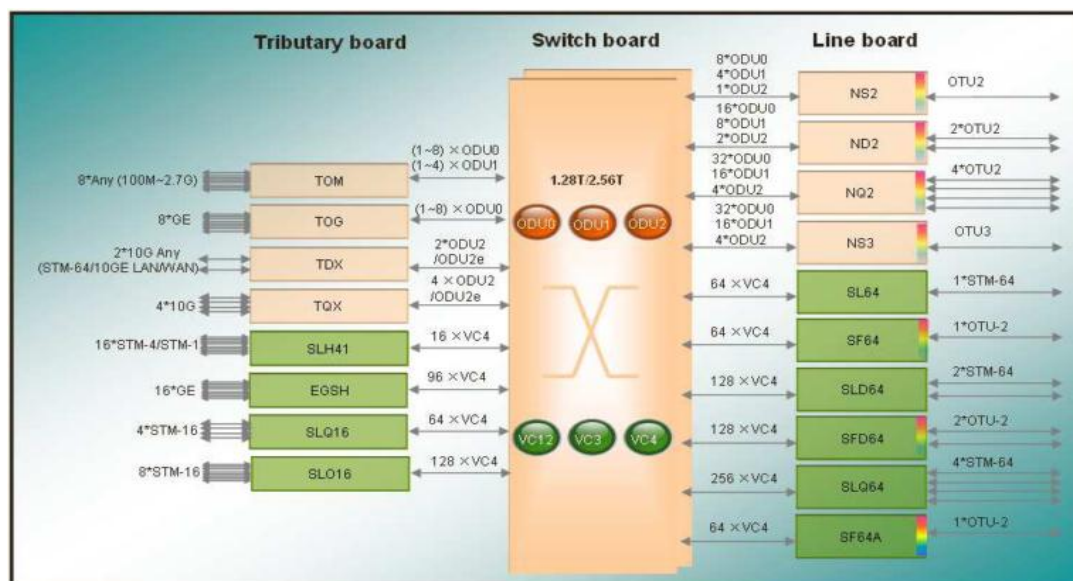


Figura 39. Tipos de interfaz del OSN8800

Fuente: (Huawei, 2011)

4.3.5.3 Tipos de protecciones

Los equipos OSN 800 y OSN 6800 poseen diferentes mecanismos de protección tanto a nivel óptico, como eléctrico, lo que proporciona una alta confiabilidad de la red.

A nivel óptico el equipo soporta: protección de línea óptica 1+1, protección de canal óptico del lado de línea WDM 1+1, protección del lado cliente 1+1, ASON a nivel óptico. A nivel eléctrico, el equipo soporta configuraciones del tipo ODUk SPRing y ODUk SNCP en OTN y MSP y SNCP en SDH, adicionalmente provee el mecanismo de protección de camino virtual con fibra compartida y ASON a nivel eléctrico (Huawei, 2011).

Soportan la funcionalidad ASON que permite de manera flexible administrar el ancho de banda de toda la red. Cualquier servicio extremo a extremo del tipo SDH, IP, o WDM puede ser configurado, reenrutado o eliminado sin afectar el tráfico existente en la red. La Figura 40 muestra un esquema de los equipos de transmisión de la serie OSN capaces de soportar las características mencionadas.

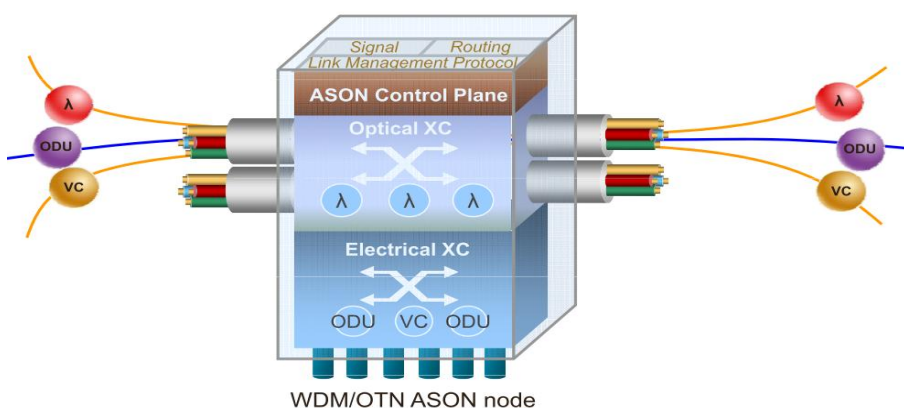


Figura 40. Esquema de los equipos OSN8800/OSN6800 para conmutación eléctrica y óptica

Fuente: (Huawei, 2011)

4.3.5.4 Control Automático de Nivel de Potencia Óptica (ALC)

Los equipos OSN 8800 y OSN 6800 cuenta con la funcionalidad de control automático de nivel ALC. Cuando esta función es activada, el efecto de la atenuación anormal de la fibra óptica, fruto del envejecimiento de la fibra, conectores y manipulación es minimizado.

A medida que la atenuación de un segmento de la red se incrementa, la potencia de entrada al amplificador se reduce, por lo que mediante el uso de ALC la potencia de entrada/salida permanecerá constante y el nivel de OSNR no se verá alterado. En las Figuras 41 y 42 se ilustra la forma de la señal involucrada en un proceso de atenuación sin la utilización de un mecanismo de contingencia y posteriormente usando ALC.

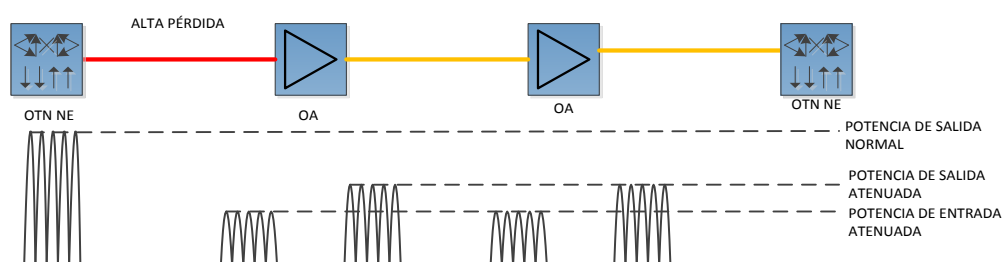


Figura 41. Sistema sin ALC

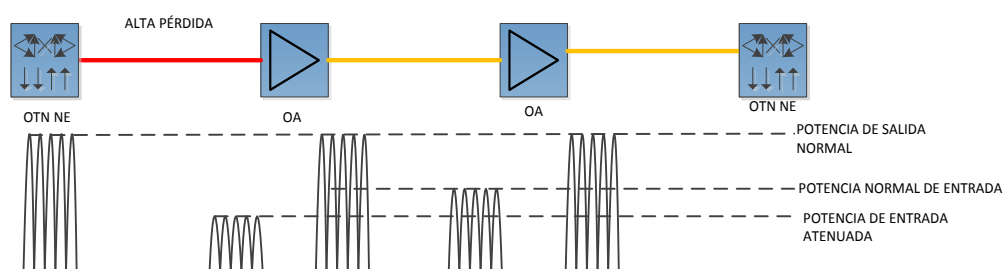


Figura 42. Sistema con ALC

4.3.5.5 Funcionalidad APE (Ecuación de Potencia Automática)

En los sistemas OTN/DWDM, debido a los cambios en el número de canales (longitudes de onda) activos, cambio en la atenuación de la fibra o

debido al envejecimiento de los equipos de red, la potencia de uno o varios canales puede cambiar, como se muestra en la Figura 43. El equipamiento seleccionado soporta la función APE, la cual permite el ajuste automático de la potencia óptica de final de transmisión de cada canal para tener una ecualización de la potencia óptica en extremo de recepción y para mantener la OSNR.

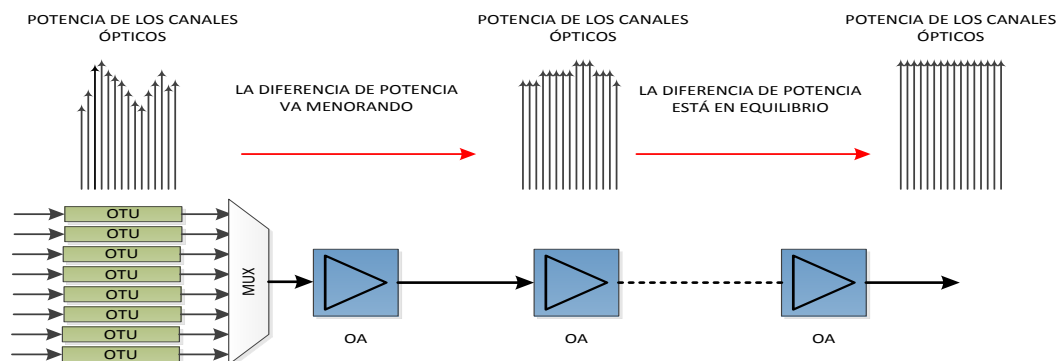


Figura 43. Función APE

Fuente: (Huawei, 2011)

4.3.5.6 Funcionalidad de Monitoreo del Espectro Óptico

El diseño incluye la unidad de monitoreo (OSA) a través la cual puede monitorear la potencia óptica de cada longitud de onda, la longitud de onda central y la relación señal a ruido (OSNR) exactamente. Esta funcionalidad es de gran ayuda al momento de realizar un análisis de performance del sistema. En la Figura 44 se ejemplifica su uso.

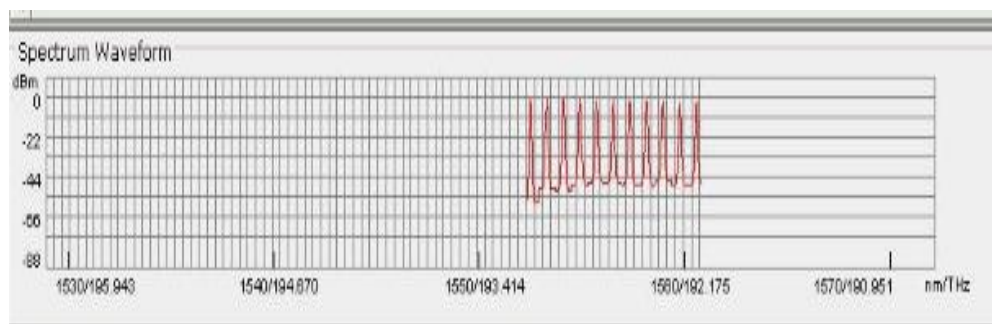


Figura 44. Monitoreo del espectro óptico

Fuente: Sistema de Gestión U2000-CNT EP

4.3.6 Criterios para el diseño de la solución

Los criterios para el diseño de la Red de Transmisión Óptica Inteligente, consideran los siguientes aspectos:

- Contemplar un esquema de redundancia completo a nivel de interfaces, transpondedores y camino para los servicios 10GE, STM-16 y GE agregados directamente sobre la red OTN/ASON.
- Protección para 2 cortes de fibra con restauración.
- Margen de potencia óptica compuesta mínimo de 3 dB para compensar la degradación del sistema, tales como: aumento de pérdidas de la trayectoria de fibra, degradación de la potencia del amplificador, pérdida de sensibilidad, etc.
- Cables de fibra óptica instalados con bobinas de 5 Km, con pérdida por empalme de 0,1 dB.
- Pérdida por conexión entre ODF's de 0,5 dB.
- Utilización de fibra del tipo G.652 y G.655 disponible.
- Servicios STM16/GE/10GE mapeados a nivel OTU2
- Más de 3 servicios de 10Gbps en el mismo origen y destino mapeados a nivel OTU3
- Uso de transpondedores de 10Gbps y 40Gbps.

4.3.7 Diseño de la capa óptica

Para el diseño de la capa óptica se contempla una red en Malla, conformada por equipamiento DWDM de largo alcance en configuración ROADM, mostrado en la Tabla 32.

En base a las direcciones o enlaces considerados desde cada sitio, se determinó el tipo de tarjeta WSS. Para los sitios que tienen hasta 2 direcciones se escogió los módulos WSMD4, que soportan hasta 4 direcciones. Para los sitios que tienen 3 o más direcciones se escogió módulos WSMD9 que soporta hasta 9 direcciones.

Tabla 32. *Nodos ROADM*

PROVINCIA	LOCALIDAD	TIPO	DIRECCIONES	TIPO WSS	PROVINCIA	LOCALIDAD	TIPO	DIRECCIONES	TIPO WSS
TUNGURAHUA	AMBATO SUR	ROADM	4	WSMD9	MANABI	PORTOVIJO	ROADM	3	WSMD9
LOS RIOS	BABAHOYO	ROADM	3	WSMD9	LOS RIOS	QUEVEDO	ROADM	6	WSMD9
GUAYAS	CENTRO	ROADM	4	WSMD9	SANTA ELENA	SALINAS	ROADM	4	WSMD9
MANABI	EL CARMEN	ROADM	2	WSMD4	SANTA ELENA	SANTA ELENA	ROADM	3	WSMD9
SANTA ELENA	EMERGIA	ROADM	2	WSMD4	SANTO DOMINGO	SANTO DOMINGO	ROADM	6	WSMD9
ESMERALDAS	ESMERALDAS 2	ROADM	3	WSMD9	CARCHI	TULCAN	ROADM	2	WSMD4
BOLIVAR	GUARANDA	ROADM	2	WSMD4	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	ROADM	2	WSMD4
IMBABURA	IBARRA	ROADM	3	WSMD9	CHIMBORAZO	ALAUÍ	ROADM	2	WSMD4
PICHINCHA	IÑAQUITO	ROADM	6	WSMD9	CAÑAR	AZOGUES	ROADM	2	WSMD4
ESMERALDAS	LA CONCORDIA	ROADM	3	WSMD9	CUENCA	AZUAY	ROADM	3	WSMD9
COTOPAXI	LATACUNGA	ROADM	3	WSMD9	LOJA	LOJA	ROADM	2	WSMD4
MANABI	MANTA	ROADM	3	WSMD9	EL ORO	MACHALA	ROADM	3	WSMD9
PICHINCHA	MARISCAL	ROADM	3	WSMD9	GUAYAS	NARANJAL	ROADM	2	WSMD4
GUAYAS	PASCUALES	ROADM	3	WSMD9	GUAYAS	MILAGRO	ROADM	3	WSMD9
MANABI	PEDERNALES	ROADM	3	WSMD9					

Debido a que la longitud entre algunos de los sitios considerados en el proyecto es muy grande, la potencia de la señal óptica irá disminuyendo con la distancia, por tal motivo, se ha considerado en sitios intermedios equipos WDM configurados como amplificadores ópticos (OLA) para amplificar la señal óptica. Estos sitios se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33. *Nodos OLA*

PROVINCIA	CANTON	LOCALIDAD	TIPO	PROVINCIA	CANTON	LOCALIDAD	TIPO
PICHINCHA	MEJIA	ALOAG	OLA	MANABI	PUERTO LOPEZ	PUERTO LOPEZ	OLA
MANABI	SUCRE	BAHIA	OLA	ESMERALDAS	MUISNE	SALIMA	OLA
ESMERALDAS	ELOY ALFARO	BORBON	OLA	ESMERALDAS	ATACAMES	SAME	OLA
PICHINCHA	CAYAMBE	CAYAMBE	OLA	PICHINCHA	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	OLA
IMBABURA	IBARRA	LITA	OLA	ESMERALDAS	QUINIDE	VICHE	OLA
MANABI	PICHINCHA	PICHINCHA	OLA	COTOPAXI	PUJILI	ZUMBHUA	OLA
PICHINCHA	QUITO	POMASQUI	OLA	CAÑAR	CAÑAR	CAÑAR	OLA
GUAYAS	PROGRESO	PROGRESO	OLA				

4.3.7.1 Capacidad soportada del sistema

Cada sitio ROADM/ASON ha sido diseñado con dos multiplexores y dos demultiplexores ópticos de 40 canales; es decir, el sistema podrá multiplexar/demultiplexar hasta 80 señales de los transpondedores de 10 Gbps y/o 40 Gbps. La pareja de multiplexores/demultiplexores y las tarjetas WSS se colocan en cada dirección con el fin de añadir o extraer una lambda, o de dejar pasarla a otra dirección. En la Figura 45 se presenta un ejemplo de la configuración de los multiplexores/demultiplexores y WSS.

4.3.7.2 Cálculo del presupuesto óptico

Para el cálculo de la pérdida de un enlace, se ha tomado en consideración la atenuación en cable de fibra y el margen de potencia óptica compuesta en línea mínimo o margen de degradación, pérdidas por conexión de ODF's y por empalmes, con lo cual el diseño del sistema queda garantizado para los márgenes de potencia calculados. Se consideró para el diseño un factor de atenuación de 0,275 dB/km para fibra G.652 y 0,22 dB/Km para fibra tipo G.655, de acuerdo a las normas de la ITU-T.

La fórmula para calcular la pérdida de los enlaces es la siguiente:

$$\text{Pérdida del enlace (dB)} = \text{Distancia} \times \text{coeficiente de atenuación} + \text{pérdidas por empalmes} + \text{pérdidas por uniones (ODF)} + \text{margen(otras pérdidas)} \quad (4)$$

Tomando como ejemplo el enlace IÑAQUITO-ALOAG, se calculó la pérdida del enlace de la siguiente manera:

Pérdida enlace Iñaquito – Aloag

$$\begin{aligned} &= (\text{Pérd. Iñaquito} - \text{Miravalle})_{G.655} \\ &+ (\text{Pérd. Miravalle} - \text{Aloag})_{G.652} \end{aligned}$$

Pérdida Iñaquito – Aloag

$$= 13,1\text{km} \times \frac{0,22\text{dB}}{\text{km}} + 0,2 \text{ dB} + 62,9\text{km} \times \frac{0,275\text{dB}}{\text{km}} + 1,2 \text{ dB} + 0,5\text{dB} \\ + 3\text{dB}$$

$$\text{Pérdida enlace Iñaquito – Aloag} = 25,08 \text{ dB}$$

La Tabla 34 detalla el presupuesto óptico calculado de todos los enlaces de la red, en base a las distancias y parámetros indicados anteriormente.

Tabla 34. Cálculo de Presupuesto de Potencia de los enlaces

ENLACE		DISTANCIA (Km)	TIPO DE FIBRA	ATENUACIÓN DE FIBRA (dB)	PÉRDIDA EMPALMES (dB)	PÉRDIDA UNIONES (dB)	MARGEN DEGRADACIÓN (dB)	PÉRDIDA ENLACE (dB)
ESMERALDAS 2	BORBÓN	109,8	G.655	24,16	2,2	0	3	29,36
BORBÓN	LITA	111,5	G.655	24,53	2,2	0	3	29,73
LITA	IBARRA	115,13	G.655	25,33	2,3	0	3	30,63
TULCÁN	IBARRA	127,1	G.652	34,95	2,5	0,5	3	40,95
IÑAQUITO	CARCELÉN	7,96	G.652	2,19	0,1			
CARCELÉN	POMASQUI	27	G.655	5,94	0,5	0,5	3	12,23
POMASQUI	TULCÁN	155,78	G.652	42,84	3,1	0	3	48,94
IÑAQUITO	CAYAMBE	128,44	G.652	35,32	2,5	0	3	40,82
CAYAMBE	IBARRA	70,7	G.652	19,44	1,4	0	3	23,84
IÑAQUITO	QUITO CENTRO	9,69	G.655	2,13	0,1			
QUITO CENTRO	SANTA ROSA	20,2	G.652	5,55	0,4	1	3	41,79
SANTA ROSA	AMBATO SUR	123,7	G.655	27,21	2,4			
AMBATO SUR	GUARANDA	106	G.652	29,15	2,1	0	3	34,25
GUARANDA	BABAHOYO	127	G.652	34,93	2,5	0	3	40,43
BABAHOYO	GUAYAQUIL CENTRO	109,7	G.652	30,17	2,1	0	3	35,27
GUAYAQUIL CENTRO	PROGRESO	72,1	G.652	19,83	1,4	0	3	24,23
PROGRESO	SALINAS	77	G.652	21,18	1,5	0	3	25,68
SALINAS	SANTA ELENA	13,9	G.655	3,06	0,2	0	3	6,26
SALINAS	EMERGIA	5,36	G.655	1,18	0,1	0	3	4,28
EMERGIA	SANTA ELENA	15	G.655	3,3	0,3	0	3	6,6
SANTA ELENA	PASCUALES	121,45	G.655	26,72	2,4	0	3	32,12
PASCUALES	NORTE	14	G.655	3,08	0,2			
NORTE	GUAYAQUIL CENTRO	3,56	G.652	0,98	0	0,5	3	7,76
PASCUALES	PASCUALES 2	9,17	G.655	2,02	0,1			
PASCUALES 2	QUEVEDO	159	G.652	43,73	3,1	0,5	3	52,45
PORTOVIEJO	PICHINCHA	102,5	G.655	22,55	2	0	3	27,55
PICHINCHA	QUEVEDO	53,9	G.655	11,86	1	0	3	15,86
MANTA	PORTOVIEJO	39,9	G.655	8,78	0,7	0	3	12,48
SALINAS	PUERTO LÓPEZ	120	G.655	26,4	2,4	0	3	31,8

CONTINÚA 

ENLACE		DISTANCIA (Km)	TIPO DE FIBRA	ATENUACIÓN DE FIBRA (dB)	PÉRDIDA EMPALMES (dB)	PÉRDIDA UNIONES (dB)	MARGEN DEGRADACIÓN (dB)	PÉRDIDA ENLACE (dB)
PUERTO LÓPEZ	MANTA	123	G.655	27,06	2,4	0	3	32,46
PORTOVIEJO	MANTA (RUTA2)	47,00	G.652	12,93	0,9	0	3	16,83
PORTOVIEJO	BAHÍA	89,5	G.655	19,56	1,7	0	3	24,26
BAHÍA	PEDERNALES	124,2	G.655	27,32	2,4	0	3	32,72
ESMERALDAS 2	SAME	82,8	G.652	21,85	1,6	0	3	26,45
SAME	EMP. SALTO	28,45	G.652	7,82	0,5	0,5	3	25,02
EMP. SALTO	SALIMA	55	G.655	12,1	1,1	0	3	19,11
SALIMA	PEDERNALES	67,3	G.655	14,81	1,3	0	3	19,11
STO DOMINGO	LA CONCORDIA	46,5	G.652	12,79	0,9	0	3	16,69
LA CONCORDIA	VICHE	90,74	G.655	19,96	1,8	0	3	24,76
VICHE	ESMERALDAS 3	45,98	G.655	10,12	0,9	0,5	3	16,04
ESMERALDAS 3	ESMERALDAS 2	8,62	G.652	1,42	0,1	0	3	14,93
STO DOMINGO	EL CARMEN	38,91	G.655	11,23	0,7	0	3	14,93
EL CARMEN	PEDERNALES	110	G.655	24,2	2,2	0	3	29,4
IÑAQUITO	MIRAVALLE	13,1	G.655	2,88	0,2	0,5	3	25,08
MIRAVALLE	ALOAG	62,9	G.652	17,3	1,2	0	3	28,01
ALOAG	STO DOMINGO	104,59	G.655	23,01	2,0	0	3	28,01
QUEVEDO	STO DOMINGO	113,6	G.655	23,3	2,2	0	3	28,5
QUEVEDO	STO DOMINGO (RUTA2)	117,5	G.652	32,31	2,3	0	3	37,61
MARISCAL	SAN MARTÍN	22,17	G.652	6,1	0,4	0,5	3	35,24
SAN MARTÍN	STO DOMINGO	105,2	G.655	23,14	2,1	0	3	4,67
IÑAQUITO	MARISCAL	5,7	G.652	1,57	0,1	0	3	4,67
MARISCAL	QUITO CENTRO	4,15	G.655	1,02	0	0,5	3	35,82
QUITO CENTRO	LATACUNGA	106,2	G.652	29,2	2,1	0	3	18,63
LATACUNGA	AMBATO SUR	53,2	G.652	14,63	1	0	3	27,32
QUEVEDO	ZUMBAHUA	101,44	G.655	22,32	2	0	3	25,04
ZUMBAHUA	LATACUNGA	92	G.655	20,24	1,8	0	3	30,45
QUEVEDO	BABAHOYO	114,77	G.655	25,25	2,2	0	3	28,55
LA CONCORDIA	LOS BANCOS	86,73	G.652	23,85	1,7	0	3	33,74
LOS BANCOS	IÑAQUITO	128,38	G.655	28,24	2,5	0	3	26,95
GUAYAQUIL CENTRO	MILAGRO	78,00	G.652	21,45	1,5	1	3	43,38
MILAGRO	CAÑAR	137,00	G.652	37,68	2,7	0	3	14,15
CAÑAR	CUENCA	38,00	G.652	10,45	0,7	0	3	39,18
MILAGRO	MACHALA	149,00	G.655	32,78	2,9	0,5	3	39,18

Nota: Cálculos elaborados a partir de las distancias de los enlaces

Basándose en los datos de la tabla se procedió a realizar el presupuesto de amplificación óptica que es la base fundamental de la red el cual permitirá que la red soporte la capacidad de 80 longitudes de onda, sin ser objeto de modificaciones de hardware.

4.3.7.3 Compensación de dispersión cromática

La máxima dispersión tolerada depende de la interfaz utilizada y la cantidad de módulos de compensación utilizados. Tomando en consideración que la solución propuesta consiste en un sistema mixto con canales de 10 Gbps y 40 Gbps, para los sistemas DWDM con canales de 10 Gbps, es necesaria la utilización de módulos de compensación de dispersión (DCM) con valores fijos los cuales, en el caso de los equipos OptiX OSN 6800 y OSN 8800, se configuran en base a la distancia de cada enlace y los parámetros intrínsecos de la fibra óptica.

Existen módulos de compensación de dispersión (DCM) para distancias de 5Km, 10Km, 20Km, 40Km, 60Km, 80Km, 100Km, 120Km, 140 Km, 160 Km, 200 Km y 240 Km, para fibra tipo G.652 y G.655, los cuales pueden configurarse independientemente o en conjunto.

La dispersión cromática de un enlace es igual a:

$$\text{Dispersión cromática (ps/nm)} = L(\text{km}) \times \text{coef. dispersión cromática (ps/nm.km)} \quad (5)$$

Donde L es la longitud del enlace.

El coeficiente de dispersión cromática fue tomado en base a las características de tipo de fibra, mostrados en la Tabla 35.

Tabla 35. *Coefficiente de dispersión cromática en fibra G.652 y G.655*

Tipo de fibra	Coeficiente de dispersión cromática (ps/nm.km)	
	Ventana 1310 nm	Ventana 1550 nm
G.652	17 ps/nm.km	20 ps/nm.km
G.655	4,5 ps/nm.km	6 ps/nm.km

Nota: Fuente (G.652 ITU-T Recommendation, 2009); (G.655 ITU-T Recommendation, 2009)

Tomando como ejemplo el transponedor ND2, de 10 Gbps del equipo OSN 8800, cuya tolerancia de dispersión es de 800 ps/nm, para un enlace de fibra G.652, operando en ventana de 1550 nm, la distancia límite que soporta sin colocar módulo de compensación cromática es:

$$L(\text{km}) = \text{Dispersión cromática} / \text{coeficiente de dispersión cromática}$$

$$L(\text{km}) = 800 (\text{ps/nm}) / 20 (\text{ps/nm.km})$$

$$\mathbf{L(\text{km}) = 40 \text{ km}}$$

En la Tabla 36 se ilustra los parámetros de tolerancia de dispersión de los transpondedores de 10 Gbps y 40 Gbps usados en este diseño.

Tabla 36. *Características de dispersión de transpondedores*

Transponedor	Tolerancia de dispersión	Longitud OMS sin DCM	
		G.652 (20 ps/nm.km)	G.655 (6 ps/nm.km)
40 Gbps	-400 ~ +400 ps/nm	-20 ~ +20 km	-67 ~ +67 km
10 Gbps	800 ps/nm	40 km	133 km

Nota: Fuente (Huawei, 2011)

Para sistemas con canales de 40 Gbps la afectación por dispersión cromática y dispersión por modo de polarización es mayor. Para solventar esta afectación existen tarjetas que integran un módulo de ajuste dinámico de dispersión que permite afinar la misma, manteniendo la calidad en la transmisión a pesar de los cambios que ocurran a lo largo del tiempo. Con

esto se garantiza la correcta operación de los servicios enviados sea por los canales de 10 Gbps o 40 Gbps.

Los módulos de compensación de dispersión (DCM) para las fibras G.652 y G.655, considerados en la presente solución, son componentes pasivos de fibra que se ubican en las etapas de amplificación tanto en transmisión como en recepción y garantizan la uniformidad de la señal que transita a través de largas distancias y que de manera natural ve deteriorada su calidad debido a los efectos de la dispersión cromática. La Tabla 37 muestra los diferentes tipos de DCMs que usan estos equipos, para fibra G.652 y G.655, los cuales serán utilizados en el diseño de la red.

Tabla 37. *Tipos de DCM para fibra G.652 y fibra G.655*

Para fibra G.652		Para fibra G.655	
Tipo de DCM	Distancia (km)	Tipo de DCM	Distancia (km)
DCM (S)	5 km	DCM (A)	20 km
DCM (T)	10 km	DCM (B)	40 km
DCM (A)	20 km	DCM (C)	60 km
DCM (B)	40 km	DCM (D)	80 km
DCM (C)	60 km	DCM (E)	100 km
DCM (D)	80 km	DCM (F)	120 km
DCM (E)	100 km	DCM (G)	140 km
DCM (F)	120 km	DCM (H)	160 km
DCM (G)	140 km	DCM (J)	200 km
DCM (H)	160 km	DCM (L)	240 km
DCM (J)	200 km		
DCM (L)	240 km		

Nota: Fuente (Huawei, 2011)

Como se puede observar, existen varios tipos de módulos de compensación de la dispersión que pueden ser combinados para brindar mayor cantidad de compensación en caso de que la capacidad de un único módulo no sea suficiente.

Por ejemplo, para el tramo IÑAQUITO-ALOAG-SANTO DOMINGO, se ha considerado los módulos de compensación cromática presentados en la Tabla 38, en base a las distancias de los enlaces.

Tabla 38. Configuración de DCM en los enlaces Iñaquito-Aloag-Santo Domingo

Enlace	Distancia	DCM
De Iñaquito a Aloag	86,40 Km	Se usa 2 DCM-A (20 Km) y uno DCM-B (40 Km)
De Aloag a Santo Domingo	105,59 Km	Se usa un DCM-F (120 Km)
De Sto Domingo a Aloag	105,59 Km	Se usa un DCM-F (120 Km)
De Aloag a Iñaquito	86,40 Km	Se usa un DCM-A (20 Km) y uno DCM-C (60 Km)

La distribución de los módulos de compensación cromática de los enlaces Iñaquito-Aloag-Santo Domingo se presenta en la Figura 45. La configuración de los DCM de la totalidad de los enlaces del diseño propuesto, se ilustra en el **Anexo A**.



Figura 45. Configuración de DCM en enlaces Iñaquito-Aloag-Santo Domingo

Fuente: Elaborada con herramienta de planeación MDS6600

4.3.7.4 *Dispersión por modo de polarización (PMD)*

La Dispersión por Modo de Polarización, PMD, es un efecto de dispersión óptico, que limita la calidad de la transmisión en los enlaces de fibra óptica. Su control se está convirtiendo en esencial, ya que limita fuertemente la capacidad de transmisión a altas velocidades, especialmente en aquellos por encima de los 10 Gbps. Es un parámetro difícil del medir y compensar dada su naturaleza estadística, y depende fuertemente de las condiciones físicas del cable (ambientales y mecánicas) (TELNET Redes Inteligentes, 2009).

El origen físico de la PMD se produce por las diferencias en las constantes de propagación en los ejes ortogonales por imperfecciones en el proceso de fabricación de la fibra o como resultado de fuerzas externas que producen doblados y tensiones en la fibra. Esto hace que ambos modos se propaguen en diferentes velocidades produciendo un retraso llamado retardo de grupo diferencial DGD, que provoca un ensanchamiento de la señal, aumentando la incertidumbre en la detección de los símbolos.



Figura 46. Efecto PMD en la fibra óptica

El retardo de grupo diferencial DGD viene dado por la fórmula:

$$DGD_{\sigma_{PMD}} = D_{PMD}(\sqrt{L}) \quad (6)$$

Donde:

L= longitud del enlace

D_{PMD} = Coeficiente de dispersión por modo de polarización

Para sistemas operando a 40 Gbps, el retardo de grupo diferencial igual a un periodo de bit, $0,1 T$, donde T es el período de bit referente a la velocidad de transmisión, corresponde a 2,5 ps (G.663, ITU-T Recommendation, 2011).

Por otra parte, el D_{PMD} máximo para el tipo de fibra G.652D y G.655 utilizados en los enlaces de la red propuesta es de $0,2 \text{ ps}/\sqrt{\text{Km}}$ (G.652 ITU-T Recommendation, 2009). Reemplazando en la ecuación (6), la máxima distancia que soportará la red a los efectos de PMD, usando lambdas de 40 Gbps, es:

$$2,5 \text{ ps} = 0,2 \text{ ps}/\sqrt{\text{Km}} (\sqrt{L})$$

$$L = 156,25 \text{ Km}$$

Los enlaces de la red son menores a la longitud calculada por lo que soportarán los efectos de PMD. Adicionalmente, el tipo de modulación en redes de muy largo alcance para las lambdas de 10G se utiliza la modulación DRZ (modulación no retorno a cero) y para las lambdas de 40G se utiliza la modulación DQPSK (modulación por desplazamiento de fase en cuadratura de polarización dual). Este tipo de modulación es utilizado para aplicaciones de altas capacidades de transmisión de larga distancia, elevando la tolerancia a los efectos no lineales del sistema y por tanto constituye la mejor alternativa de tecnología de codificación para la transmisión de 40 G de largo alcance, por lo que se garantiza la calidad de la señal ante cambios eventuales que pueda sufrir la red en el tiempo.

4.3.7.5 Diseño de los amplificadores ópticos

Durante la planificación, para garantizar la llegada de la señal a grandes distancias se necesita considerar la ubicación de amplificadores para regenerar y amplificar la señal. El OptiX OSN 6800 ofrece varios tipos de amplificadores, cuyas especificaciones se presentan en la Tabla 39.

Tabla 39. Especificaciones de los amplificadores ópticos (80 canales)

Amplificador	Potencia de salida máx. del total de canales (dBm)	Potencia de salida máx. de un canal (dBm)	Ganancia de canal (dB)	Potencia de entrada típica de un canal (dBm)	Potencia de entrada mínima (dBm)
OBU101	16	-3	20	-23	-32
OBU103	20	1	23	-22	-32
OBU104	16	-3	17	-20	-32
OAU101	20	1	20 ~ 31	-19 ~ -30	-32
OAU102	17	-2	20 ~ 31	-22 ~ -32	-32
OAU103	20	1	24 ~ 36	-23 ~ -32	-32
OAU105	23	4	23 ~ 34	-19 ~ -32	-32

Nota: Fuente (Huawei, 2011)

La Potencia total de salida máxima de los amplificadores viene dada por la siguiente fórmula:

$$P_{TOTAL} = P_{UN\ CANAL} + 10\log 80 \quad (7)$$

Donde:

P_{TOTAL} = Potencia de salida máxima del total de canales

$P_{UN\ CANAL}$ = Potencia de un canal

La selección de los amplificadores se basa en la pérdida total de la línea de cada tramo. Para esto, se debe realizar primero el cálculo del presupuesto de potencia entre estaciones. Después de la pérdida de línea y la inserción de pérdida de los DCM y de los atenuadores variables (VOA), en caso de usarse, la potencia de recepción debe cumplir con el requisito de sensibilidad.

La pérdida total del enlace está dado por:

$$\begin{aligned} \text{Pérdida Total} = & \text{Pérdida enlace} + \text{Pérdida inserción DCM} \\ & + \text{Pérdida inserción VOA} \end{aligned} \quad (8)$$

Con el valor calculado, se escoge el amplificador que compense la pérdida total. En la Tabla 40 se presenta un cuadro del posible amplificador de transmisión que se debe escoger de acuerdo al *span* (en dB), para un sistema de 80 canales.

Tabla 40. Selección de Amplificadores ópticos de acuerdo a la pérdida total

Pérdida total (dB)	Amplificadores ópticos en la transmisión
<17	OBU104/OBU101
17-20	OBU101/OBU104/OAU101
20-23	OBU103/OAU101/OAU103
24-36	OAU101/OAU103/OAU105
36-44	OAU105
≤67 y pérdida del enlace 45 - 49 dB	OAU105+RPC

Nota: Fuente (Huawei, 2011)

Estos amplificadores utilizan una tecnología EDFA (amplificador de fibra dopado de erbio) desarrollada para lograr la transmisión de larga distancia, sin embargo, se combina también amplificadores de tecnología RAMAN (RPC) para reducir el nivel de ruido del sistema y mejorar la OSNR de la señal de transmisión. Para el diseño, se ha considerado amplificadores RAMAN cuando la pérdida del enlace es mayor a 31 dB.

Como ejemplo, se muestra los cálculos para la selección de los amplificadores en los tramos Ñaquito-Aloag y Aloag-Santo Domingo:

- **Tramo Ñaquito-Aloag**

$$\mathbf{Pérdida Total} = \mathbf{Pérdida enlace} + \mathbf{Pérdida inserción DCM}$$

$$\mathbf{Pérdida Total} = 25,08 \text{ dB} + 3,7 \text{ dB(DCM}_A) + 4,5 \text{ dB(DCM}_B) = -33,28 \text{ dB}$$

De acuerdo a este resultado, se puede escoger en el lado de transmisión los amplificadores OAU101/OAU103/OAU105. Para el diseño, se seleccionó el amplificador OAU101 en el lado de transmisión en el nodo de Iñaquito.

A continuación, para la elección del amplificador en la recepción (*Pin*) en Aloag, se calcula la potencia de entrada del lado remoto (Aloag):

$$Pin = P_{OUT\ AMPLIFICADOR\ TX} - Pérdida\ Total$$

$$Pin = 1\ dBm - 33,28\ dB = -32,28\ dB$$

En base a las características de potencia de entrada de la Tabla 39, se puede escoger los amplificadores OAU102/OAU103/OAU105 ya que la potencia de entrada mínima es de -32 dB. Para el diseño, se seleccionó el amplificador OAU105 en el lado de recepción en el nodo de Iñaquito.

- **Tramo Aloag-Santo Domingo**

$$Pérdida\ Total = Pérdida\ enlace + Pérdida\ inserción\ DCM$$

$$Pérdida\ Total = 28,01\ dB + 8,2 = -36,03\ dB$$

Para el diseño, se ha seleccionado el amplificador OAU105.

Para la elección del amplificador en la recepción (*Pin*), se calcula la potencia de entrada del lado remoto (Santo Domingo):

$$Pin = P_{OUT\ AMPLIFICADOR\ TX} - Pérdida\ Total$$

$$Pin = 4\ dBm - 36,03\ dB = -32,03\ dB$$

Para el diseño, se seleccionó el amplificador OAU103.

El mismo análisis se realiza en sentido contrario. En la Figura 47 se muestra el diagrama del diseño de la capa óptica en los enlaces Iñaquito-Aloag-Santo Domingo, en el que se incluye, los multiplexores/demultiplexores, módulos WSS, compensadores de dispersión cromática y amplificadores ópticos. La configuración de la capa óptica de la totalidad de los enlaces del diseño propuesto se ilustra en el **Anexo A**, la cual fue realizada con la con herramienta de planeación MDS6600.

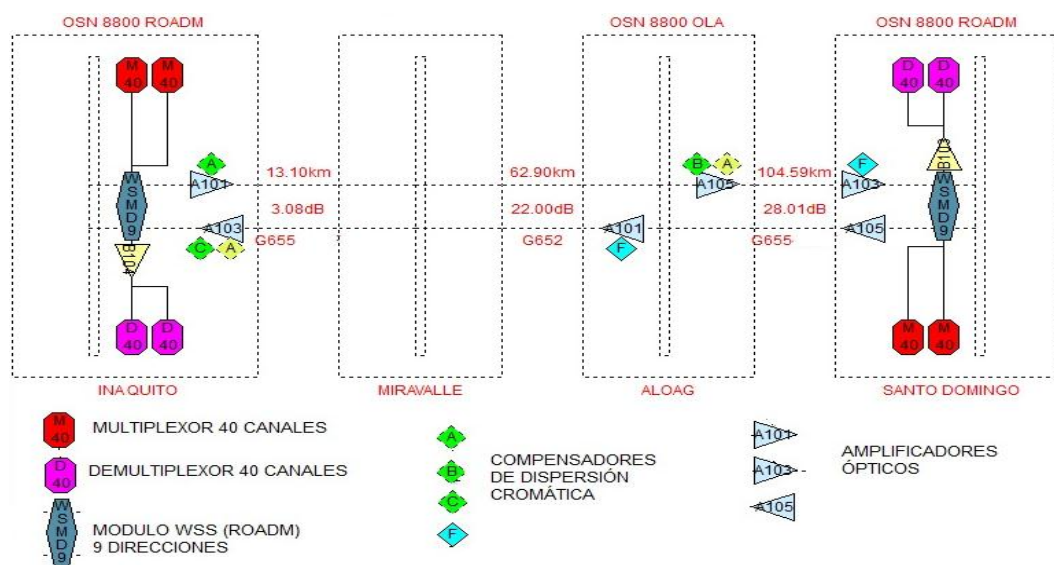


Figura 47. Configuración capa óptica en enlaces Iñaquito-Aloag-Santo Domingo

Fuente: Elaborada con herramienta de planeación MDS6600

4.3.8 Diseño de la capa eléctrica- Matriz de cross conexión

El equipamiento propuesto incluye la tecnología OTN, para lo cual se utiliza una matriz de cross conexión, con el fin de realizar cross conexión a nivel ODUk ($k=0,1,2,3,4$). El equipamiento tendrá la siguiente arquitectura:

Tributario – matriz de cross conexión centralizada – línea coloreada con tarjetas separadas (ver Figura 48); la matriz de cross conexión es una tarjeta independiente encargada de realizar cross conexión, permitiendo a un servicio ser enviado por cualquier longitud de onda.

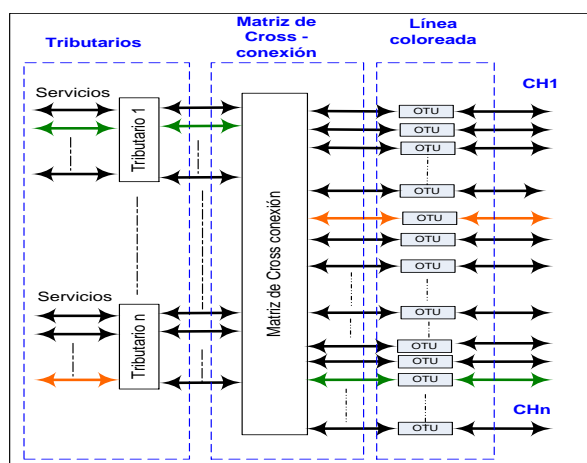


Figura 48. Configuración Tributario–matriz Centralizada–línea coloreada

Para los sitios Ñaquito, Centro Correos y Ambato Sur, que corresponden a sitios con mayor capacidad y crecimiento, se considerará el chasis con matriz de capacidad de 1,28T, mientras que para los demás sitios, se considerará una matriz centralizada de 360 Gbps, con opción a crecimiento a 1,28T.

4.3.8.1 Tipos de transpondedores e interfaces tributarias

El diseño propuesto utiliza el concepto de matriz centralizada, con lo cual es posible separar el lado cliente (Servicios) del lado DWDM (línea), otorgando flexibilidad a la red ya que en un futuro, en caso de requerir otro tipo de interfaz, se deberá simplemente cambiar la tarjeta de interfaz (o el módulo SFP/XFP) del lado cliente, mientras el lado de línea DWDM y capa óptica no sufrirán alteración alguna.

Para el lado cliente (tributario) se escogió los siguientes tipos de tarjetas:

- TOA 8 puertos para los servicios GE y STM-16.
- TQX 4 puertos para los servicios 10GE y STM-64.
- TDX 2 puertos para los servicios 10GE y STM-64.

Para el lado de línea DWDM se utilizará tarjetas transponedoras ND2 (2 puertos de 10Gbps) y NS3 (un puerto de 40Gbps), las cuales son las responsables de convertir la señal proveniente del lado cliente y la matriz de cross conexión centralizada en una señal DWDM, en una señal sintonizable dentro de la Banda C para los 80 canales, con espaciamento de 50Ghz, empezando por la frecuencia 196.05 THz (canal 1) hasta la 192.1 THz (canal 80) (G.694.1 ITU-T Recommendation, 2012).

La cantidad de tarjetas tributarias fueron calculadas de acuerdo a las matrices de tráfico y tipo de protección en el lado cliente, y se muestran en la Tabla 42.

4.3.9 Solución ASON para la Red de Transmisión

Las consideraciones de diseño de la Red de Transmisión OTN/ASON, para la protección son las siguientes:

- Seguridad de la Red: protección permanente 1+1 y restauración ante dos cortes de fibra.
- El sistema incluye la funcionalidad ASON para los Nodos OTN que forman parte de la red.

Luego del análisis de las matrices de tráfico se establece que se requieren 115 servicios con protección ASON (29 x 1GE + 68 x 10GE + 18 x STM-16). Para estos servicios se configura la Protección Permanente 1+1 más restauración, dado que se consideró protección ante 2 cortes de fibra.

4.3.9.1 Protección del servicio

El mecanismo de protección de ASON tipo 1+1 permanente, garantiza la supervivencia de la red y del servicio de manera continua; es decir que

siempre que exista disponibilidad de los recursos de la red, se podrá garantizar un camino principal y otro de protección para el servicio. En la Figura 49 se muestra este tipo de protección en su estado inicial para un servicio entre Iñaquito y Ambato Sur.

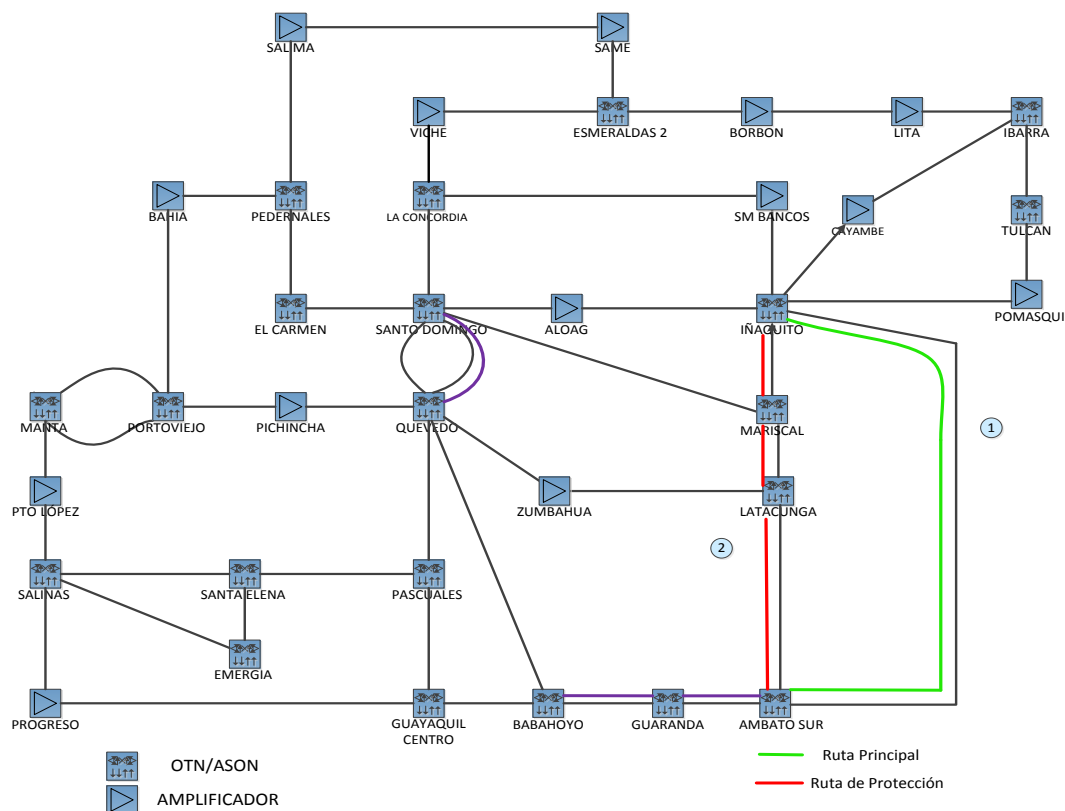


Figura 49. Protección ASON Permanente 1+1- estado inicial

La protección ASON Permanente 1+1 garantiza que cuando el camino principal falle, el servicio conmutará al camino de protección (tiempo de conmutación menor o igual a 50ms) y la restauración se activará al mismo tiempo creando otro camino del origen al destino para asegurar que el servicio esté siempre provisto de protección 1+1. Esto se ilustra en la Figura 50.

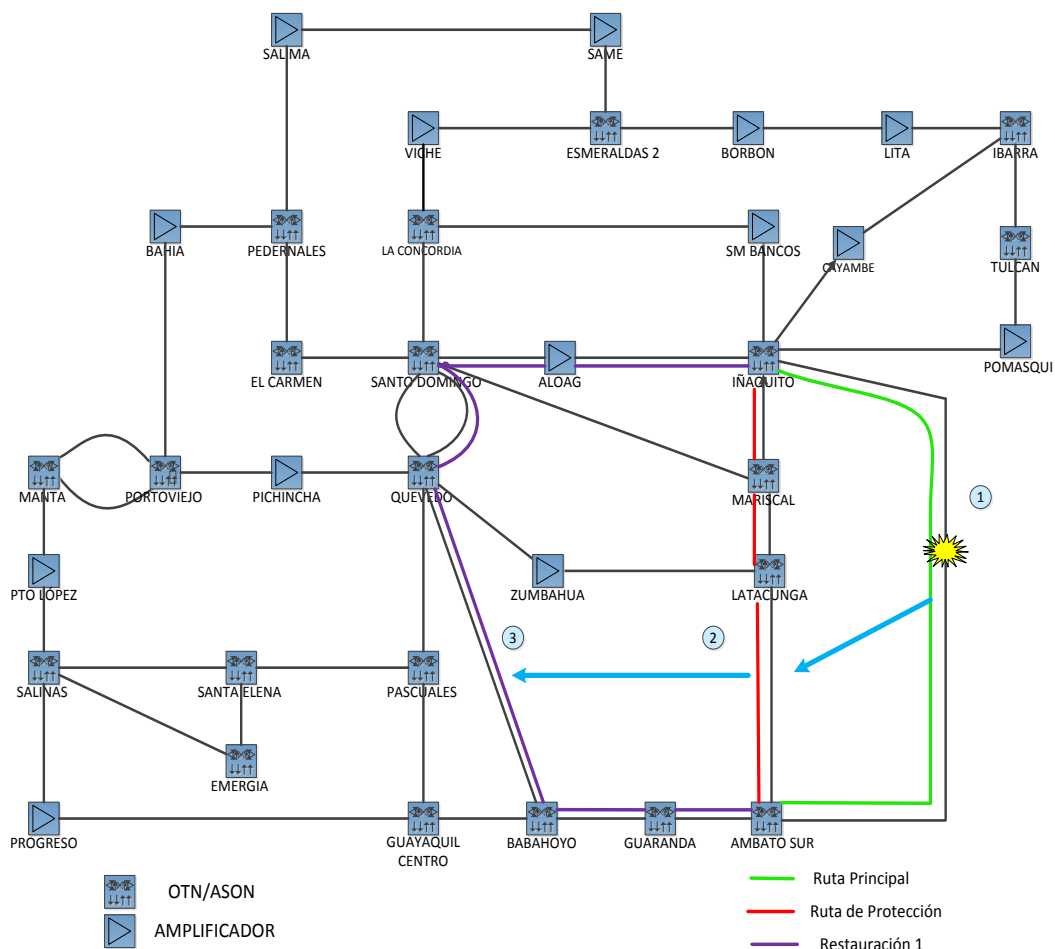


Figura 50. Protección ASON Permanente 1+1 cuando falla la ruta principal

Adicionalmente, como se muestra en la Figura 51, ASON tiene la propiedad de que cuando la ruta de protección falle, la restauración se activará (restauración 1) y creará otro camino de protección (restauración 2), sobre los recursos disponibles de la red. De esta manera se proveerá la protección 1+1 permanente del servicio.

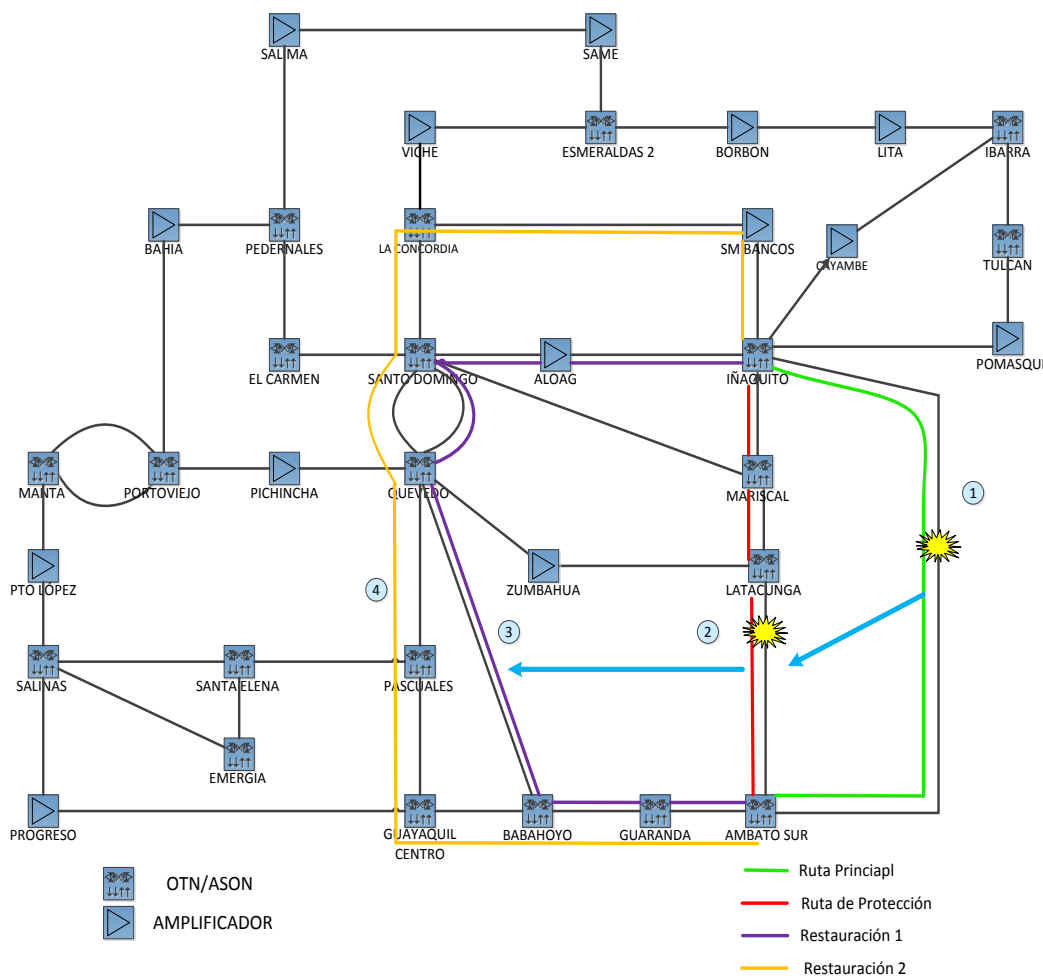


Figura 51. Protección ASON Permanente 1+1 cuando falla la ruta de respaldo

Si ambos caminos, principal y protección fallan, la restauración creará, sobre los recursos disponibles de la red, otras dos rutas para garantizar la protección 1+1. En este caso, el tiempo de interrupción del servicio será igual al tiempo de re-enrutamiento, conocido como tiempo de restauración. Por tanto, en caso de existir recursos disponibles en la red, el plano de control ASON buscará una ruta de restauración cuando existan más de dos cortes en la red.

El diseño incluye la protección de 1+1 en el lado de línea, usando transpondedores diferentes, conforme se indica en la Figura 52.

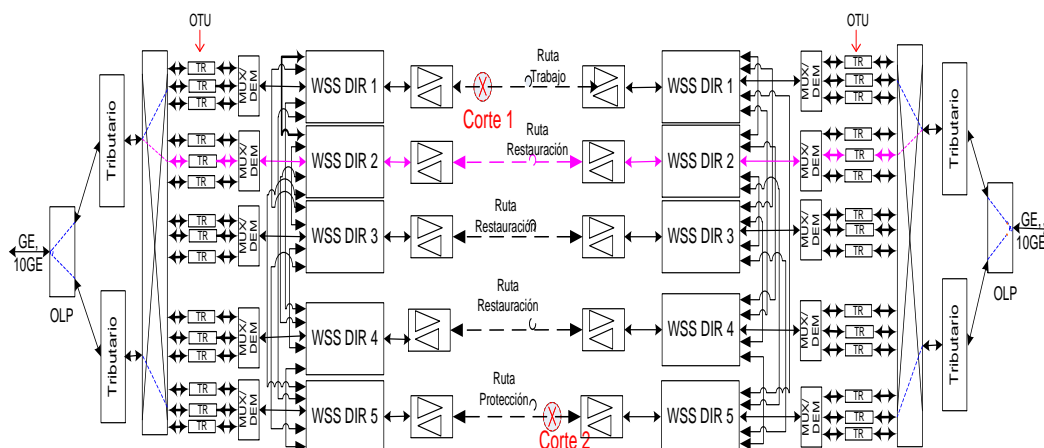


Figura 52. Esquema de protección en lado cliente y en lado de línea

Adicionalmente, se incluye protección 1+1 en el lado cliente, usando dos tarjetas tributarias para en caso de que falle la una, conmute a la otra en un tiempo menor a 50ms. La conexión hacia los equipos ruteadores se la realizará a través de una interfaz, por tal motivo, se requiere de la tarjeta OLP (o DCP) que se encarga bifurcar la señal del servicio a cada tarjeta de cliente (TOA, TQX). El plano de control incluye el aprovisionamiento de tasas de nivel ODU_k (k=0,1,2,3), para realizar protección del tipo SNCP, donde la matriz de cross conexión se encarga de hacer dicha protección de la siguiente manera:

- El servicio que va por la ruta 1 y la 2 es el mismo y la señal de transmisión se envía al mismo tiempo. En recepción se realiza la selección de la mejor señal.
- Cuando la ruta 1 falla, la DCP conmute y escoge la señal de la ruta 2.
- Cuando la ruta 2 falla, la restauración entra a funcionar en base a la funcionalidad ASON.

Por la característica de los sistemas con arquitectura ASON, en los que comparten los recursos de ancho de banda, para el cálculo de tarjetas transpondedoras ND2 y NS3 requeridores para cumplir con las rutas

principal, protección y restauración, y la protección de tarjeta 1+1, se utilizó la herramienta de planeación de redes OTN/ASON MDS6600, cuyas cantidades se ilustran en la Tabla 41.

Tabla 41. Cantidad de tarjetas tributarias y transpondedores por equipo

NODO	TOA (GE/STM-16)	TQX (4x10GE)	TDX (2X10GE)	ND2 (2X10Gbps)	NS3 (1x40 Gbps)	DCP
AMBATO SUR	2	6	0	10	6	9
BABAHOYO	0	0	2	13	0	2
GUAYAQUIL CENTRO	5	15	0	36	12	20
EL CARMEN	2	0	0	3	0	1
EMERGIA	2	2	0	13	0	5
ESMERALDAS 2	0	0	2	4	0	2
GUARANDA	2	0	0	3	2	3
IBARRA	0	0	2	6	2	2
IÑAQUITO	4	14	0	40	16	22
LA CONCORDIA	2	0	0	4	0	1
LATACUNGA	2	0	0	3	0	4
MANTA	0	2	0	8	0	2
MARISCAL	0	4	0	14	3	4
PASCUALES	2	4	0	22	5	4
PEDERNALES	2	0	0	3	0	1
PORTOVIEJO	2	0	2	3	0	2
QUEVEDO	0	0	2	21	2	2
SALINAS	3	6	0	20	6	13
SANTA ELENA	2	0	0	4	0	2
SANTO DOMINGO	2	0	2	12	0	2
TULCÁN	0	3	0	5	4	3
RIOBAMBA	0	0	2	3	0	2
ALAUÍ	2	0	0	2	0	1
AZOGUES	2	0	0	3	0	4
CUENCA	2	4	0	16	0	6
LOJA	0	0	2	3	0	2
MACHALA	0	0	2	3	0	2
NARANJAL	2	0	0	2	0	1
MILAGRO	0	0	0	4	0	0

Nota: Valores obtenidos a partir de las matrices de tráfico y tipo de protección

4.3.10 Integración de la Red DWDM Sur

La integración de la Red DWDM Sur, actualmente en configuración lineal, se realizará en los nodos de Guayaquil Centro y Ambato Sur. En los equipos OSN6800 de esta red, se instalarán tarjetas WSS en la capa óptica con el fin de convertirlos en ROADMs. Los equipos actuales de Guayaquil Centro y Ambato Sur se enlazarán a los equipos nuevos a través de las conexiones con las tarjetas WSS hacia todas las direcciones; con el fin de integrarlos como un solo equipo en el sistema de gestión para cada estación, dejar pasar longitudes de onda que empiecen en la Red DWDM Sur y terminen en un sitio de la nueva red y para contar con otras rutas para respaldo de los servicios actuales y proyectados.

Con el fin de contar con una red mallada para hacer uso de las funcionalidades de una Red ASON, el diseño contempla la inclusión nuevos equipos en Milagro y Cañar para habilitar los enlaces Guayaquil-Milagro, Milagro-Cañar, Cañar-Cuenca y Milagro-Machala, a través de fibra óptica existente, para contar con más de dos rutas y así incluir en el diseño la protección definida para los servicios.

4.3.11 Gestión de los equipos de transmisión

Para gestionar los equipos de transmisión OTN/ASON de la red diseñada, se usará el sistema de gestión existente, con el fin de optimizar los recursos. Este sistema se encuentra en configuración 1+1 Hot Standby, donde el servidor principal se encuentra en Quito y el servidor secundario en Guayaquil, por ende, dentro del diseño únicamente se debe considerar el licenciamiento para incluir la administración de los equipos OTN/ASON. LA arquitectura de la red DCN se presenta en la Figura 53.

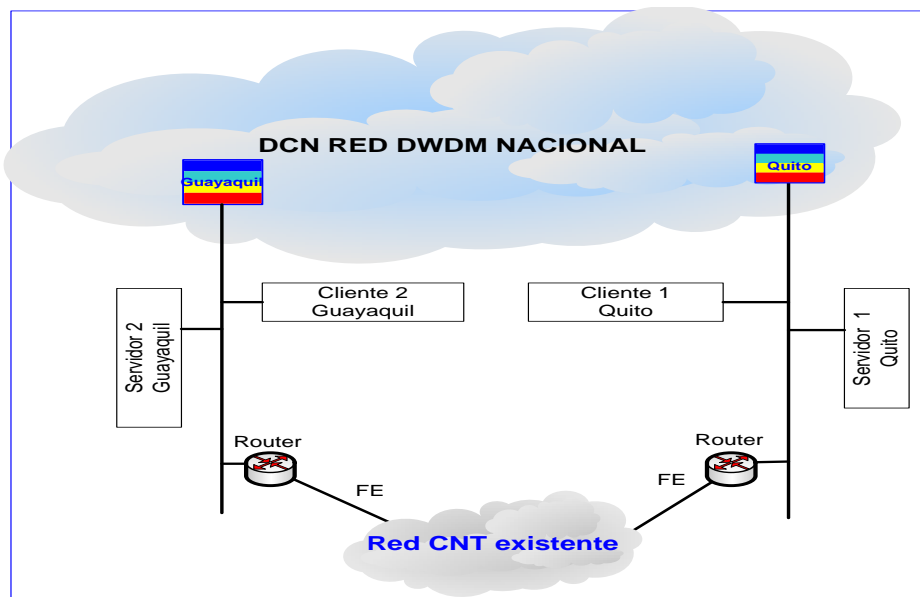


Figura 53. Arquitectura de la red DCN

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA

5.1 Análisis Técnico

A continuación se presenta el análisis realizado de la red propuesta con el fin de demostrar que tiene una alta disponibilidad y posee una alta capacidad.

5.1.1 Herramienta para la evaluación técnica

Para realizar esta evaluación técnica de la Red de Transmisión Óptica Inteligente ASON se utilizó la herramienta de simulación de Redes OTN/ASON denominada MDS6600 de propiedad de CNT EP.

El MDS6600 permite realizar el diseño, planificación y simulación de una red OTN/ASON. El MDS6600 puede garantizar la fiabilidad de los diferentes servicios y permite analizar la planificación y el diseño de una red rápida y eficaz.

El MDS6600 posee las siguientes características:

a. Diseño y Planificación eficiente

Permite al usuario planificar una red OTN (con ASON). Para planificar la red, sólo se tiene que ingresar la topología de la red y la matriz de servicios y seleccionar las reglas apropiadas. Dentro de la topología de red se debe ingresar los nodos (tipo y modelo de equipo) a usar, distancias, tipo de fibra de los enlaces, y consideraciones de las atenuaciones. Cuando la planificación se ha completado, el planificador emite información sobre la capacidad del sitio y las rutas de los servicios.

Dentro del diseño realizado se usó esta herramienta para poder calcular el número de transpondedores requeridos debido a que la Red ASON utiliza recursos compartidos para poder realizar la protección y restauración de servicios en caso de fallas en los enlaces de la red (soporte de hasta 2 cortes de fibra simultáneos). Adicionalmente esta herramienta incluye los transpondedores que regeneran las señales de los canales ópticos (OCh) cuyas rutas son de larga distancia.

b. Análisis de la Red

- Análisis gráfico de los parámetros de la capa óptica.
- Simulación gráfica de fallas y análisis de supervivencia para toda la red.

El MDS 6600 puede realizar un análisis completo de la red, que cubre los parámetros ópticos de enlaces, un escenario con una sola falla en la red, y un escenario con cualquier fallo de los servicios para toda la red, esto ayuda a determinar los riesgos potenciales de una red.

c. Diversas políticas de confiabilidad

El MDS 6600 soporta protección para diferentes granularidades en diferentes capas como la óptica (capa de longitud de onda) y la eléctrica (capa OTN). Además de las redes tradicionales (redes de la cadena o anillo), el MDS 6600 también es compatible para redes de malla como la propuesta en el presente proyecto; además, soporta la simulación de un fallo de nodo, un fallo de enlace y un grupo de fallos, lo que permite verificar la disponibilidad de la red y evaluar la protección de los servicios, y por lo tanto analizar la supervivencia de una red contra fallos.

5.1.2 Simulación de la Red Propuesta

Para el análisis técnico de la Red diseñada, se realizaron las siguientes simulaciones:

- Simulación ante un corte de enlace de fibra óptica
- Simulación ante dos cortes de enlaces de fibra óptica

Inicialmente, se creó la topología de la red con los nodos ASON considerados, distancia de los enlaces, tipo de fibra de los enlaces, consideraciones de otras pérdidas en los enlaces y margen de degradación de la fibra. Esta topología se muestra en la Figura 54.

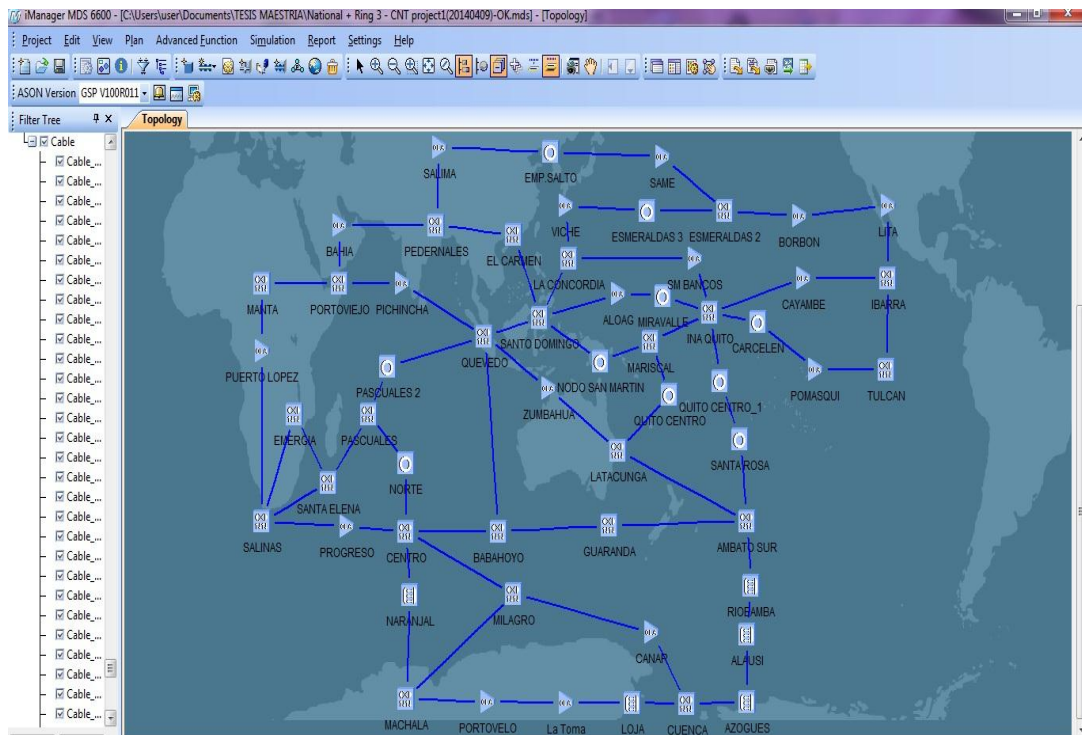


Figura 54. Topología de la Red diseñada

Fuente: Herramienta de planeación y simulación MDS6600

Posteriormente se crearon los servicios de la matriz de tráfico calculada, se configuró la protección ASON 1+1 más restauración con el fin de soportar hasta dos cortes de fibra y se definió la protección 1+1 en el lado tributario.

Para verificar el estado de los servicios ante los cortes de fibra, previamente a simular los cortes, se presenta en la Figura 55 uno de los servicios creados entre Iñaquito y Guayaquil Centro (10 GE), en el cual se observa las rutas principal (color verde), protección (color amarillo) y restauración (color rojo con violeta) del mismo.

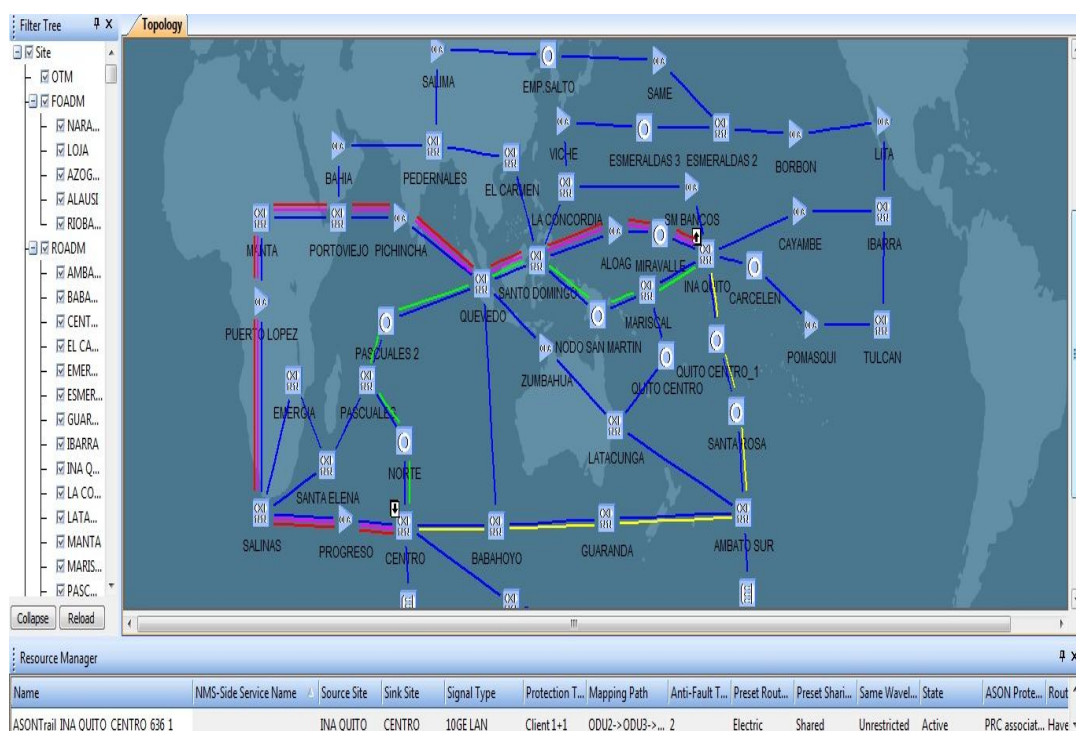


Figura 55. Rutas de un servicio de 10GE entre Iñaquito-Guayaquil Centro

Fuente: Herramienta de planeación y simulación MDS6600

a. Simulación ante un corte de fibra

El primer escenario fue simular un corte de fibra en todos los enlaces de la Red. En la Figura 56 se demuestra un ejemplo de un corte en el enlace Guayaquil Centro – Pascuales.

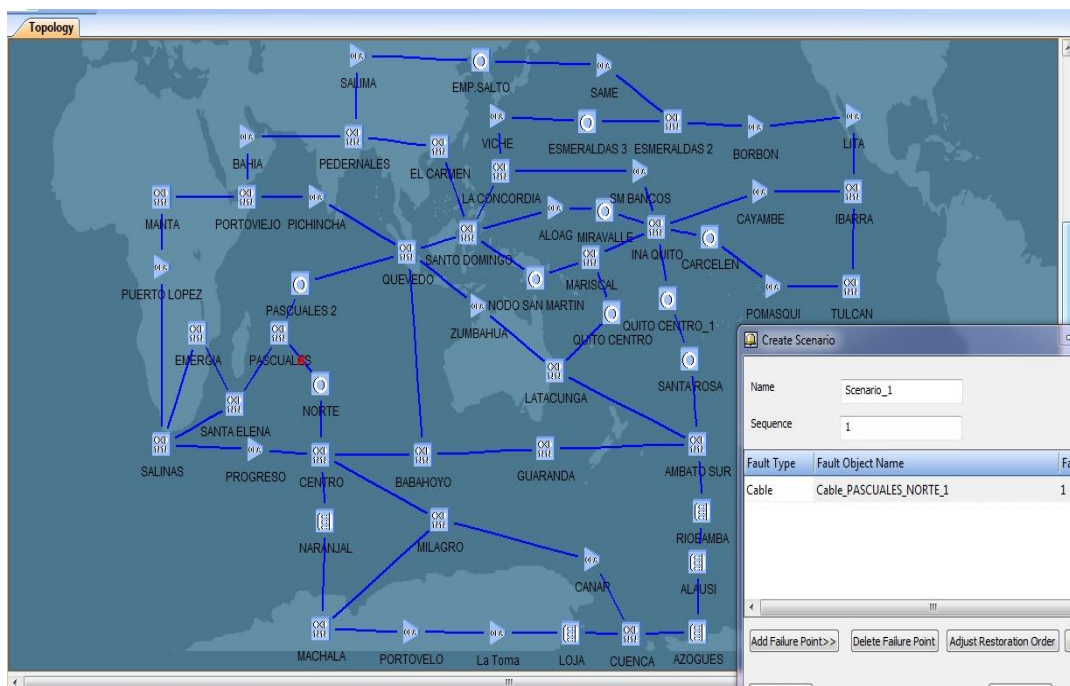


Figura 56. Escenario de fallo de Red ante un corte de fibra óptica

Fuente: Herramienta de planeación y simulación MDS6600

El simulador presenta un reporte de los servicios que atraviesan por este enlace e indica la cantidad de servicios afectados y no afectados. En la Figura 57 se puede observar que para este caso, cursan 38 servicios ASON por este enlace y no existió ningún servicio afectado (*Interrupted services:0*). Esta gráfica muestra los nombres de los servicios, la capacidad de los servicios (10 GE, GE, STM16), el tipo de protección en el lado tributario (Client 1+1) y el tipo de protección configurado, en este caso ASON. Adicionalmente presenta el resultado del estado de los servicios después de la simulación del corte; el estado “**Successful restoration**” significa que el servicio conmutó a otra ruta y que aún existe recursos disponibles (otro enlace, capacidad en algún OCh) en la red para seguir conmutando a otras rutas en caso de que se produzcan otros cortes. Estos recursos disponibles se dan debido a que se tiene una Red ASON. La simulación ante un corte se realizó en cada uno de los enlaces y no existió afectación de servicios.

b. Simulación ante dos corte de fibra

El siguiente escenario fue simular un segundo corte de fibra en los enlaces de la Red. En la Figura 59 se ilustra un ejemplo de un primer corte en el enlace Guayaquil Centro - Pascuales y un segundo corte en enlace Guayaquil Centro - Babahoyo.

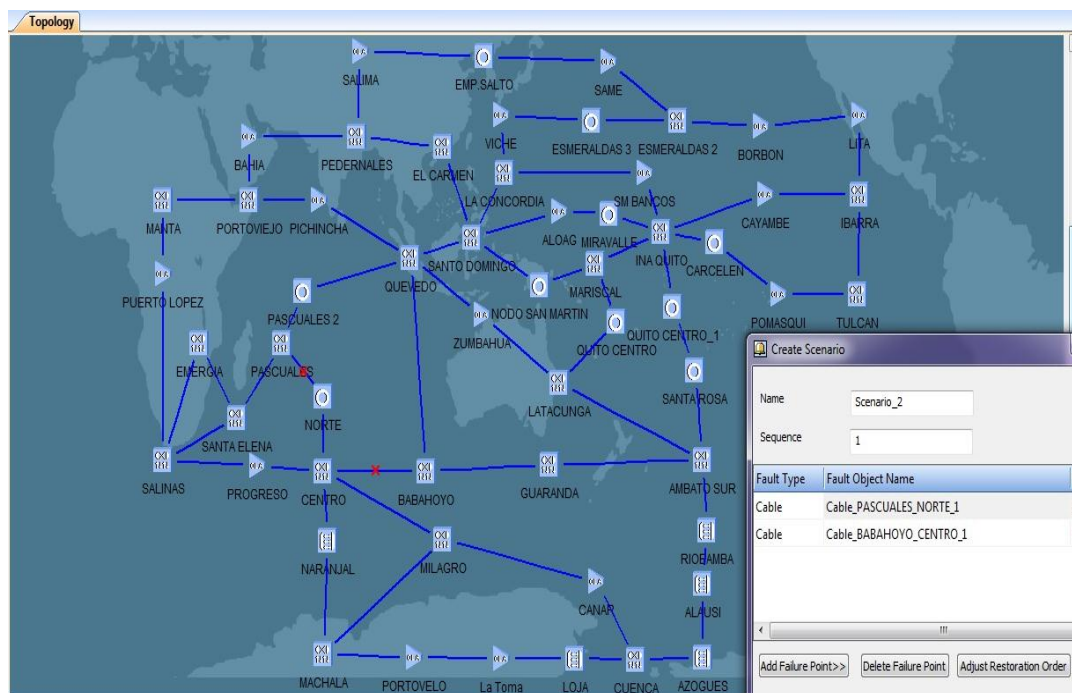


Figura 59. Escenario de fallo de Red ante dos cortes de fibra óptica

Fuente: Herramienta de planeación y simulación MDS6600

Después de que se ha producido el segundo corte, el simulador presenta el reporte de servicios e indica si fueron afectados o no durante el primer corte y durante el segundo corte. La Figura 60 muestra el reporte de la cantidad de servicios que cursan por los dos enlaces, la cual es mayor, sin embargo, no hubo ningún servicio afectado.

Fault Occurrence Sequence	Name	Rate Level	Simulation Result	Source Site	Sink Site	Service Type	Protection T.	ASON type
2	ASONTrail_INA QUITO_SALINAS_1617_1	10GE LAN	Successful restoration	INA QUITO	SALINAS	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON
2	ASONTrail_INA QUITO_SALINAS_1617_2	10GE LAN	Successful restoration	INA QUITO	SALINAS	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON
2	ASONTrail_INA QUITO_SALINAS_1617_3	10GE LAN	Successful restoration	INA QUITO	SALINAS	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON
2	ASONTrail_INA QUITO_SALINAS_1617_4	10GE LAN	Successful restoration	INA QUITO	SALINAS	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON
2	ASONTrail_CENTRO_SALINAS_1621_1	10GE LAN	Downgraded	CENTRO	SALINAS	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON
2	ASONTrail_CENTRO_SALINAS_1621_2	10GE LAN	Downgraded	CENTRO	SALINAS	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON
2	ASONTrail_CENTRO_SALINAS_1621_3	10GE LAN	Downgraded	CENTRO	SALINAS	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON
2	ASONTrail_CENTRO_SALINAS_1621_4	10GE LAN	Downgraded	CENTRO	SALINAS	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON
2	ASONTrail_CENTRO_SALINAS_1625_1	10GE LAN	Downgraded	CENTRO	SALINAS	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON
2	ASONTrail_CENTRO_SALINAS_1625_2	10GE LAN	Downgraded	CENTRO	SALINAS	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON
2	ASONTrail_MANTA_CENTRO_361_1	10GE LAN	Successful restoration	MANTA	CENTRO	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON
2	ASONTrail_INA QUITO_CENTRO_363_1	10GE LAN	Downgraded	INA QUITO	CENTRO	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON
2	ASONTrail_BABAHOYO_CENTRO_364_1	10GE LAN	Successful restoration	BABAHOYO	CENTRO	Client Service	Client 1+1	Electric-layer ASON

Successful services: 83, Downgraded services: 23, Interrupted services: 0

Figura 60. Reporte de estado de servicios ante simulación de dos cortes de fibra

Fuente: Herramienta de planeación y simulación MDS6600

De la Figura 60, los servicios con estado **“Successful restoration”**, soportarán uno o más cortes adicionales. El estado **“Downgraded”** significa que el servicio ya no soportará más cortes y se afectará ante un tercer corte en la red. Es decir todos los servicios cumplen con la configuración requerida de protección **“1+1 más restauración”**, y en caso de existir recursos disponibles en la red, mediante el plano de control ASON, algunos servicios soportarán más de de dos cortes. En la Figura 61 se muestra como el servicio en análisis usará la ruta de restauración cuando se producen dos cortes de en la red, con lo cual no se afectará.

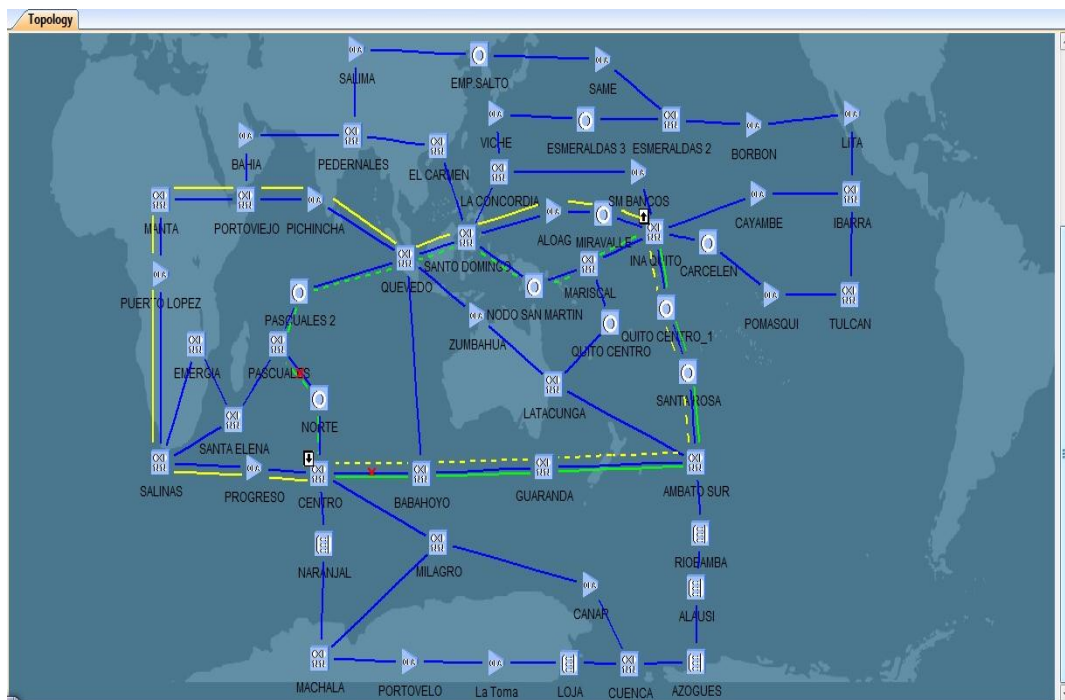


Figura 61. Ruta de restauración activa de servicio Iñaquito-Guayaquil Centro

Fuente: Herramienta de planeación y simulación MDS6600

5.1.3 Resultados de la evaluación técnica

Mediante el software de planeación, la red propuesta tiene la capacidad para soportar todos los servicios dimensionados, y mediante la simulación de fallas, el diseño propuesto permite garantizar una protección del 100% de los servicios cuando ocurra un (1) evento de corte de fibra en la red y cuando ocurra dos (2) eventos de corte de fibra en cualquier parte de la red que no corresponda a enlaces adyacentes a un nodo de dos direcciones lo cual indica que para estos casos, la supervivencia de la red queda garantizada en un 100%. Cabe mencionar que en aquellos sitios que tienen 2 direcciones, no será posible asegurar la supervivencia del servicio ante 2 cortes seguidos y adyacentes al nodo, lo cual ocurre en un 0.24% de la totalidad de servicios; en este caso, la supervivencia de la red queda garantizada para un 99.76% de los servicios que forman parte del presente diseño. Ante todas las combinaciones posibles de fallas para uno y dos

cortes, se obtuvo las estadísticas de supervivencia de la red que se presentan en la Tabla 42.

Tabla 42. *Estadística de Supervivencia de la Red ante uno y dos cortes de fibra*

ESTADÍSTICAS DE SUPERVIVENCIA DE LA RED ANTE UN CORTE DE FIBRA			
Tipo de Protección	Cantidad de servicios	Cantidad de combinaciones de fallas (1 corte de fibra)	Porcentaje Promedio de Servicios Interrumpidos
Cliente 1+1, ASON	115	68	0%
ESTADÍSTICAS DE SUPERVIVENCIA DE LA RED ANTE DOS CORTES DE FIBRA			
Tipo de Protección	Cantidad de servicios	Cantidad de combinaciones de fallas (2 cortes de fibra)	Porcentaje Promedio de Servicios Interrumpidos
Cliente 1+1, ASON	115	4556	0,24%

Nota: Elaborada de datos obtenidos de la herramienta de simulación

5.2 Análisis Financiero

El análisis financiero se realizó tomando en cuenta principalmente la siguiente información:

- Estadísticas de afectación de servicios de telefonía e internet por cortes y atenuaciones en el año 2012.
- Monto de inversión necesaria para implementar la Red de Transmisión Óptica de Alta Capacidad con arquitectura ASON.
- Costo de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos.
- Costos por activación de servicios de transmisión.
- Costo por arrendamiento de capacidades de transmisión a terceros.
- Indicadores de CNT EP a diciembre de 2013.
- Tasa de inflación anual de 3,87% tomado del promedio de los últimos tres años.

Esta factibilidad se realizó mediante proyecciones de flujo de caja descontado y criterios de evaluación (VAN, TIR, PAYBACK DESCONTADO), considerando un período de evaluación de 5 años.

5.2.1 Inversión

Para determinar la inversión del proyecto, se consideró el equipamiento dimensionado en la Propuesta Técnica, para implementar la Red de Transmisión Óptica Inteligente a nivel nacional. La Tabla 43 detalla la inversión requerida.

Tabla 43. Cuadro de Inversión para Implementación de la Red ASON

DESCRIPCIÓN	INVERSIÓN
BIENES	
EQUIPOS OTN /ASON	\$ 6'830.180,79
SISTEMA DE GESTIÓN	\$ 132.240,85
REPUESTOS (3% DE LOS BIENES)	\$ 230.903,94
EQUIPAMIENTO PARA INTEGRACIÓN Y PROTECCIÓN DE LA RED DWDM SUR EXISTENTE	\$ 866.617,24
SERVICIOS	
SERVICIOS DE INGENIERÍA E INSTALACIÓN	\$ 1'712.960,00
CAPACITACIÓN	\$ 56.800,00
TOTAL	\$ 9'829.702,82

Nota: Elaborada a partir de valores referenciales de RFQ

5.2.2 Ingresos

Para este análisis, se consideró y determinó la recuperación potencial de ingresos tanto en telefonía como en internet que la CNT EP consideraría al eliminar las fallas registradas por afectación de fibra.

Para esta estimación se consideró las estadísticas de fallas por corte de fibra óptica; no se tomó en cuenta las estadísticas de fallas por atenuaciones de fibra ni por daños de equipos, ya que en las estadísticas son muy pocas y no alterarían el resultado del análisis.

5.2.1.1 Recuperación potencial de ingresos por telefonía

Para determinar esta recuperación potencial de ingresos por telefonía, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros y consideraciones:

- La afectación de clientes se estimó tomando en cuenta la proyección de clientes de la CNT EP establecida a nivel estratégico.
- Con las estadísticas de falla del año 2012, se estimó un promedio de fallas considerando los eventos en los que se han afectado los servicios de telefonía, tiempo promedio de duración de fallas y clientes que se afectarían para el período 2013-2017. Esto se presenta en la Tabla 44.

Tabla 44. *Fallas de la Red de Transmisión que afectan los servicios de telefonía*

Descripción	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
Proyección clientes telefonía fija a nivel nacional	2'178.894	2'284.436	2'381.861	2'474.753	2'571.268
Número de cortes por año que afectan la telefonía fija	77	77	77	77	77
Tiempo total anual de fallas (horas)	507,41	507,41	507,41	507,41	507,41
Tiempo promedio por corte (horas)	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59
MOU mensual por cliente (min)	303,08	303,08	303,08	303,08	303,08
Promedio de tiempo de minutos usados al mes por cliente (min)	10,10	10,10	10,10	10,10	10,10
Tiempo promedio de afectación de tráfico telefónico por evento (min)	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
Tiempo promedio de afectación anual (min)	213,59	213,59	213,59	213,59	213,59
Clientes afectados de telefonía fija	324.617	340.341	354.856	368.695	383.074
Tipo de llamada que se afecta	Nacional-Internacional-Celular				
Localidades que se afectan por fallas (Telefonía)	Quevedo, Portoviejo, Pedernales, El Carmen, La Concordia, Esmeraldas, Naranjal, Azogues, Alausí				

- Considerando el MOU (minutos de uso) registrado en CNT EP a octubre de 2013 y el promedio de tiempo de afectación, se determinó el tráfico que se vería afectado por fallas en la Red de Transmisión actual, ya que este sería el tráfico que se recuperaría (nacional, internacional, celular).

- Para determinar la categoría de clientes se tomó como referencia la distribución registrada actualmente de los clientes de la CNT EP con corte a octubre de 2013 el cual es: Social (Popular): 3,3%, Residencial: 85,18% y Comercial 11,69%. Adicionalmente, para establecer el tipo de llamada, se consideró un porcentaje en base a la categoría de cliente, el cual se muestra en la Tabla 45.

Tabla 45. *Distribución de clientes por categoría y porcentaje por tipos de llamada*

CATEGORÍA DE CLIENTES	DISTRUBUCIÓN DE CLIENTES	TIPO DE LLAMADAS		
		NACIONAL	INTERNACIONAL	CELULAR
CLIENTES POPULARES	3,30%	95,00%	3,00%	2,00%
CLIENTES RESIDENCIALES	85,18%	80,00%	10,00%	10,00%
CLIENTES COMERCIALES	11,69%	70,00%	10,00%	20,00%

- Se consideraron las tarifas vigentes de telefonía por categorías y por tipo de llamadas según consta en el Catálogo de Productos de la CNT EP.
- El horizonte de proyección del proyecto es de 5 años.

Con estos parámetros se calcularon los ingresos potenciales que se recuperarían con el proyecto, los cuales se presentan en la Tabla 46.

Tabla 46. *Proyección de Ingresos potenciales de telefonía a recuperarse*

CATEGORÍA DE CLIENTES	RECUPERACIÓN DE INGRESOS POR AÑO				
	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
CLIENTES POPULARES	\$ 4.525,97	\$ 4.745,20	\$ 4.947,57	\$ 5.140,53	\$ 5.341,01
CLIENTES RESIDENCIALES	\$ 314.528,72	\$ 329.763,96	\$ 343.827,50	\$ 357.236,69	\$ 371.168,87
CLIENTES COMERCIALES	\$ 60.336,89	\$ 63.259,50	\$ 65.957,35	\$ 68.529,67	\$ 71.202,32
TOTAL	\$ 379.391,57	\$ 397.768,67	\$ 414.732,43	\$ 430.906,89	\$ 447.712,19

Nota: Valores obtenidos a partir de los clientes afectados y tarifas vigentes de telefonía

5.2.1.2 Recuperación potencial de ingresos por internet

Para determinar la proyección de ingresos potenciales de internet que se recuperarían, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Las fallas de la Red de Transmisión actual por cortes de fibra óptica significan una afectación de los clientes de internet tanto residencial como corporativo.
- Tomando en cuenta las estadísticas de la de CNT EP a diciembre de 2013, el 10,60% de deserciones fueron de clientes de internet residencial y el 0,80% fueron de clientes corporativos. Estos porcentajes se aplicaron a la proyección de clientes de internet 2013-2017, determinándose de esta manera las deserciones por año.

Tomando en cuenta las estadísticas sobre las causas de *churn* de internet a diciembre de 2013, se determinó que del total de deserciones, el 7,63% es debido a la mala calidad de servicio de internet, luego de este porcentaje se ha atribuido que el 30% de las deserciones se debe a las fallas de la Red de Transmisión. Con estos parámetros se determinó la cantidad de deserciones que existirán por año si no se implementa la Red de Transmisión Óptica Inteligente, estas deserciones permiten determinar los ingresos potenciales que se recuperarían al implementar la nueva red. La Tabla 47 muestra la cantidad de deserciones por año que corresponden a los clientes potenciales a retener, y la Tabla 48 presenta la proyección de ingresos potenciales de internet que se recuperarían al implementar la red propuesta.

Tabla 47. Cantidad de deserciones de clientes de internet

Detalle	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
Proyección Clientes de internet	623.885	759.876	889.054	969.069	1.011.142
Proyección Clientes de internet Residenciales	606.544	738.680	862.491	940.084	979.258
Proyección Servicios de internet corporativos	17.341	21.195	26.563	28.985	30.434
Deserción de clientes residenciales	66.132	80.547	94.240	102.721	107.181
Deserción de servicios corporativos	4.991	6.079	7.112	7.753	8.089
Deserción clientes residenciales por mal servicio de internet atribuible a Red Transmisión	1.514	1.844	2.157	2.351	2.453
Deserción servicios corporativos mal servicio de internet atribuible a Red Transmisión	114	139	163	177	185

Nota: Elaborada a partir de la proyección de clientes de internet

Tabla 48. Proyección ingresos potenciales de internet a recuperarse

TECNOLOGÍA	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
RESIDENCIAL					
COBRE	\$ 371.825,11	\$ 391.991,52	\$ 382.681,75	\$ 447.807,04	\$ 490.256,62
GPON	\$ 0,00	\$ 138.465,32	\$ 360.227,41	\$ 415.169,76	\$ 443.631,49
INGRESOS CLIENTES RESIDENCIALES	\$ 371.825,10	\$ 530.456,84	\$ 742.909,18	\$ 862.976,80	\$ 933.888,10
INGRESOS CLIENTES CORPORATIVOS	\$ 199.610,37	\$ 243.120,17	\$ 284.450,29	\$ 310.050,83	\$ 323.512,04
TOTAL INGRESOS ANUALES A RECUPERARSE	\$ 571.435,46	\$ 773.577,02	\$ 1.027.359,47	\$ 1.173.027,63	\$ 1.257.400,14

Nota: Valores obtenidos a partir de tarifas vigentes de internet

5.2.3 Costos

Para la estimación de los costos del proyecto se tomaron en consideración los siguientes rubros:

- Costos Evitados
- Costos Operacionales
- Gastos de depreciación de la Inversión

5.2.3.1 Costos Evitados

Corresponden a los costos en los que la CNT EP incurre con la red actual, y que dejaría de tenerlos con la Implementación de la nueva red de transmisión; estos costos se presentan a continuación:

a. Arrendamiento de capacidades de transmisión

Con el fin de tener rutas de respaldo para proteger el tráfico de los servicios y de proveer la capacidad necesaria para proveer internet en algunas las localidades importantes del país, CNT EP mantiene contratos de arrendamiento de capacidades de transmisión con otras empresas de Telecomunicaciones, lo cual constituye una solución técnica parcial, sin embargo, desde el punto de vista financiero esto se refleja en altos costos en los que incurre continuamente la Corporación. El costo mensual por capacidad de transmisión que CNT EP paga a otras empresas es de \$ 106.410,01. Este costo se evitaría al implementarse la Red Inteligente ya que la misma cubriría las necesidades existentes de redes de transmisión en ciertas localidades en las cuales se está brindando el servicio a través de los enlaces arrendados que se mencionó anteriormente, sea como enlaces principales o de protección.

b. Costo por mantenimiento correctivo de equipos actuales y por atenuación de fibra óptica

La CNT EP incurre actualmente en costos por el mantenimiento de equipos y atenuación de la fibra, los cuales se realizan en sitio. De acuerdo las estadísticas analizadas, en el año 2012 se presentaron 16 eventos, los cuales representaron un costo de \$ 10.240 anual. El detalle de este costo en el período en análisis, tomado en consideración la inflación anual, se presenta en la Tabla 49.

Tabla 49. *Costo por mantenimiento correctivo de equipos y atenuación de fibra*

Costo por mantenimiento correctivo de equipos y atenuación de fibra óptica					
	2013	2014	2015	2016	2017
Número de personas por mantenimiento	3	3	3	3	3
Gastos de viáticos por personas y por día	\$ 80,00	\$ 83,10	\$ 86,31	\$ 89,65	\$ 93,12
Número de días por evento	2	2	2	2	2
Número de eventos	16	16	16	16	16
Costo Total por Viáticos del personal de Operación y Mantenimiento	\$ 7.680	\$ 7.977	\$ 8.286	\$ 8.607	\$ 8.940
Costo por transporte diario	\$ 80,00	\$ 83,10	\$ 86,31	\$ 89,65	\$ 93,12
Costo por transporte del personal que ejecuta los trabajos	\$ 2.560,00	\$ 2.659,07	\$ 2.761,98	\$ 2.868,87	\$ 2.979,89
Total costos anuales por mantenimiento y atenuación de fibra	\$ 10.240,00	\$ 10.636,29	\$ 11.047,91	\$ 11.475,47	\$ 11.919,57

Nota: Elaborada a partir de información obtenida de CNT EP

Con la implementación de la nueva Red Inteligente, no se incurrirá en este costo en mantenimiento correctivo de equipamiento y atenuación de fibra, ya que la misma dispone de protección de tarjeta y además posee las funcionalidades ajuste de potencia automática (ALC) y ecualización de potencia automática (APE), por lo que no habrá necesidad de trasladarse al sitio ni se afectarán los servicios cuando se produzca una atenuación de la fibra.

c. Costo por mantenimiento de equipos actuales

La CNT EP realiza el mantenimiento preventivo de los equipos de la red de transmisión actual en un período trimestral, incurriendo al año en un costo de \$33.600. El detalle de este costo en el período en análisis, tomado en consideración la inflación anual, se presenta en la Tabla 50.

Con la implementación de la Red de Transmisión Óptica Inteligente, se considera que el número de mantenimientos preventivos se reducirá a la mitad, es decir se realizará semestralmente.

Tabla 50. Costo por mantenimiento preventivo de equipos actuales

Costo por mantenimiento preventivo de equipos actuales					
	2013	2014	2015	2016	2017
Número de personas por mantenimiento	2	2	2	2	2
Gastos de viáticos por persona y por día	\$ 80,00	\$ 83,10	\$ 86,31	\$ 89,65	\$ 93,12
Número de días por sitio	1	1	1	1	1
Número de sitios	35	35	35	35	35
Costo Total por Viáticos de personal de Operación y Mantenimiento	\$ 5.600,00	\$ 5.816,72	\$ 6.041,83	\$ 6.275,65	\$ 6.518,51
Costo por transporte diario	\$ 80,00	\$ 83,10	\$ 86,31	\$ 89,65	\$ 93,12
Número de días de transporte de personal y equipos	35	35	35	35	35
Costo por transporte del personal que ejecuta los trabajos	\$ 2.800,00	\$ 2.908,36	\$ 3.020,91	\$ 3.137,82	\$ 3.259,26
Número de mantenimientos al año	4	4	4	4	4
Total costos anuales por mantenimiento preventivo	\$ 33.600,00	\$ 34.900,32	\$ 36.250,96	\$ 37.653,87	\$ 39.111,08

Nota: Elaborada a partir de información obtenida de CNT EP

d. Costo por implementación de nuevos servicios

Debido a las características de la red de transmisión actual, para implementar un servicio, personal de CNT EP debe trasladarse a los sitios involucrados ya que la Red DWDM actual no posee la característica ROADM, por lo cual se debe realizar *patcheos* entre los multiplexores y demultiplexores de los nodos intermedios. Además no cuenta con la funcionalidad ecualización de potencia automática APE por lo que para añadir una nueva lambda se debe realizar la ecualización del grupo de lambdas involucradas en la ruta del servicio, a través de atenuadores mecánicos externos que deben colocarse en cada sitio de la ruta, lo cual genera costos para la CNT EP. Para el cálculo de costos por habilitación de nuevos servicios en los que se está incurriendo, se tomó en cuenta el número de servicios que deberán habilitarse durante el período de análisis para cumplir con la capacidad de internet calculada en función de clientes proyectados a nivel Estratégico, y se muestra en la Tabla 51.

Tabla 51. Costo por implementación de servicios

Costo de implementación de servicios					
	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
Número de personas para implementar un servicio	3	3	3	3	3
Gastos de viáticos por personas y por día	\$ 80,00	\$ 83,10	\$ 86,31	\$ 89,65	\$ 93,12
Número de días promedio para la implementación de servicios	2	2	2	2	2
Grupo de trabajos	1	1	1	1	1
Costo por Viáticos del personal de Operación y Mantenimiento	\$ 480,00	\$ 498,58	\$ 517,87	\$ 537,91	\$ 558,73
Costo por transporte diario	\$ 80,00	\$ 83,10	\$ 86,31	\$ 89,65	\$ 93,12
Costo por transporte	\$ 160,00	\$ 166,19	\$ 172,62	\$ 179,30	\$ 186,24
Total de costos por un servicio	\$ 640,00	\$ 664,77	\$ 690,49	\$ 717,22	\$ 744,97
Servicios promedio al año	19	59	89	46	28
Total costos anuales por habilitación de servicios	\$ 12.160,00	\$ 39.221,31	\$ 61.454,01	\$ 32.991,97	\$ 20.859,24

Nota: Elaborada a partir de información obtenida de CNT EP

Con la implementación de la Red de Transmisión Óptica Inteligente, no se incurriría en este costo por cuanto la tecnología OTN da la flexibilidad de enviar el servicio por cualquier transpondedor disponible en los equipos extremos, dependiendo de la dirección. Otra ventaja es que al tener una red con la funcionalidad ROADM, las tarjetas WSS (WSMD4 y WSMD9) permiten reenrutar al servicio por cualquier dirección sin tener que realizar los *patcheos* intermedios. Y por último, con la funcionalidad de ecualización de potencia automática APE, al añadir una nueva lambda, el sistema realizará automáticamente la ecualización del grupo de lambdas involucradas en la ruta del nuevo servicio a habilitar, sin tener que trasladarse a cada sitio para realizar la ecualización manual.

5.2.3.2 Costos Operacionales

Estos costos se derivan de la implementación de la nueva Red de Transmisión Óptica Inteligente y se resumen en los aspectos detallados a continuación.

a. Costo por mantenimiento preventivo de equipos nuevos

Con la implementación de la Red de Transmisión Óptica Inteligente, la CNT EP realizará el mantenimiento de los equipos nuevos en un período semestral, incurriendo anualmente en un costo, conforme se detalla en la Tabla 52.

Tabla 52. Costo por mantenimiento preventivo de equipos nuevos

Costo por mantenimiento preventivo de equipos nuevos					
	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
Número de personas por mantenimiento	2	2	2	2	2
Gastos de viáticos por persona y por día	\$ 80,00	\$ 83,10	\$ 86,31	\$ 89,65	\$ 93,12
Número de días por sitio	1	1	1	1	1
Número de sitios	35	35	35	35	35
Costo Total por Viáticos del personal de Operación y Mantenimiento	\$ 5.600,00	\$ 5.816,72	\$ 6.041,83	\$ 6.275,65	\$ 6.518,51
Costo por transporte diario	\$ 80,00	\$ 83,10	\$ 86,31	\$ 89,65	\$ 93,12
Número de días de transporte de personal y equipos	35	35	35	35	35
Costo por transporte del personal que ejecuta los trabajos	\$ 2.800,00	\$ 2.908,36	\$ 3.020,91	\$ 3.137,82	\$ 3.259,26
Número de mantenimientos al año	2	2	2	2	2
Total costos anuales por mantenimiento preventivo	\$ 16.800,00	\$ 17.450,16	\$ 18.125,48	\$ 18.826,94	\$ 19.555,54

Nota: Elaborada a partir de información obtenida de CNT EP

b. Costo por mantenimiento correctivo por cortes de fibra óptica

Debido a que los cortes de fibra dependen de varios factores, sean por desastres naturales, vandalismo, etc., estos eventos están fuera del alcance de control de la CNT EP. Por tal motivo, se ha considerado un costo por este mantenimiento en base al número de eventos de cortes de fibra del año 2012.

Tabla 53. Costo por mantenimiento correctivo por cortes de fibra

Costo por mantenimiento correctivo por cortes de fibra óptica					
	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
Suministro de material y empalme por fusión cable 48 hilos	\$ 487,88	\$ 506,76	\$ 526,37	\$ 546,74	\$ 567,90
Número promedio de eventos	167	167	167	167	167
Número de empalme por evento	1	1	1	1	1
Costo total por materiales	\$ 81.475,96	\$ 84.629,08	\$ 87.904,23	\$ 91.306,12	\$ 94.839,67
Número de personas por mantenimiento	6	6	6	6	6
Gastos de viáticos por persona y por día	\$ 80,00	\$ 83,10	\$ 86,31	\$ 89,65	\$ 93,12
Número de días por evento	1	1	1	1	1
Número de eventos	167	167	167	167	167
Costo total por viáticos	\$ 80.160	\$ 83.262	\$ 86.484	\$ 89.831	\$ 93.308
Costo por transporte diario	\$ 80	\$ 83,10	\$ 86,31	\$ 89,65	\$ 93,12
Costo por transporte de personal a sitio	\$ 13.360,00	\$ 13.877,03	\$ 14.414,07	\$ 14.971,90	\$ 15.551,31
Total costos mantenimiento correctivo anual	\$ 174.995,96	\$ 181.768,30	\$ 188.802,74	\$ 196.109,40	\$ 203.698,84

Nota: Elaborada a partir de información obtenida de CNT EP

5.2.3.3 Gastos de depreciación de la inversión

Las estimaciones de gasto de depreciación se calcularon bajo el método de línea recta y con un período de depreciación de los equipos de 10 años. Este valor se puede apreciar en la Tabla 55 del Flujo de Caja del proyecto.

5.2.4 Evaluación Financiera

Con los datos de inversión, ingresos, costos y gastos, se realizó el flujo de caja para determinar la rentabilidad del proyecto; el análisis toma en cuenta una tasa de descuento del 16,50%, la cual es la tasa mínima aceptada para determinar la rentabilidad de los proyectos de inversión de la CNT EP, y un horizonte de evaluación de 5 años. Para la evaluación del proyecto se determinó el VAN, TIR y PAYBACK DESCONTADO.

- **VAN**

El VAN es el valor actualizado de todos los flujos de caja netos que va a generar una inversión incluido el desembolso inicial. El VAN fue calculado en base a la siguiente fórmula:

$$VAN = -I + \frac{FC_1}{(1+r)^1} + \frac{FC_{12}}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+r)^n} \quad (9)$$

Donde:

I = Inversión inicial

FC = flujo neto de caja de cada periodo.

r = tasa de descuento a aplicar

n = horizonte temporal de evaluación de la inversión

- **TIR**

La Tasa Interna de Rentabilidad TIR consiste en la tasa que iguala el costo de la inversión con los flujos que produce, es decir la TIR es la tasa que hace el VAN igual a 0. La TIR se calculó mediante la fórmula:

$$VAN = 0 = -I + \frac{FC_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FC_{12}}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} \quad (10)$$

- **Payback Descontado (PRI)**

Este método permite calcular el plazo que se tardará en recuperar el desembolso inicial efectuado. Para calcularlo se utiliza la siguiente fórmula:

$$PIR = \frac{a + (I - FCA)}{FCr} \quad (11)$$

Donde:

a = Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

I = Inversión Inicial

FCA = Flujo de caja acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.

FCr = Flujo de caja del año en el que se recupera la inversión

En base a estos métodos de evaluación, los resultados obtenidos de la evaluación financiera se indican en la Tabla 54.

Tabla 54. *Resultados Evaluación Financiera*

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	VALOR
TASA DE DESCUENTO	16,50%
VAN	\$ 444.151,03
TIR	18,06%
PAYBACK DESCONTADO(AÑOS)	4,00

El proyecto presenta un VAN positivo de \$ 444.151,03 en los cinco años de vida útil del proyecto; una tasa de rentabilidad TIR de 18,06%, la cual es superior a la tasa mínima definida por CNT EP para aceptar la viabilidad financiera de un proyecto, y una recuperación de la inversión y costos operacionales a los 4 años. El flujo de caja del proyecto se encuentra en la Tabla 55.

Tabla 55. *Flujo de Caja Neto del Proyecto*

FLUJO DE CAJA NETO ANUAL DEL PROYECTO						
CONCEPTOS	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos						
Recuperación potencial de ingresos telefonía		\$ 379.391,57	\$ 397.768,67	\$ 414.732,43	\$ 430.906,89	\$ 447.712,19
Recuperación potencial de ingresos internet		\$ 571.435,46	\$ 773.577,02	\$ 1.027.359,47	\$ 1.173.027,63	\$ 1.257.400,14
Total Ingresos		\$ 950.827,04	\$ 1.171.345,69	\$ 1.442.091,90	\$ 1.603.934,52	\$ 1.705.112,33
Costos Evitados						
Contratos de arrendamiento de capacidades con terceros		\$ 1.276.920,12	\$ 1.276.920,12	\$ 1.276.920,12	\$ 1.276.920,12	\$ 1.276.920,12
Costo por mantenimiento correctivo de equipos actuales y atenuación de fibra óptica		\$ 10.240,00	\$ 10.636,29	\$ 11.047,91	\$ 11.475,47	\$ 11.919,57
Costo por mantenimiento preventivo de equipos actuales		\$ 33.600,00	\$ 34.900,32	\$ 36.250,96	\$ 37.653,87	\$ 39.111,08
Costo por habilitación de nuevos servicios		\$ 12.160,00	\$ 39.221,31	\$ 61.454,01	\$ 32.991,97	\$ 20.859,24
Costos Operacionales						
Costo por mantenimiento preventivo de equipos nuevos		-\$ 16.800,00	-\$ 17.450,16	-\$ 18.125,48	-\$ 18.826,94	-\$ 19.555,54
Costo por mantenimiento correctivo por cortes de fibra óptica		-\$ 174.995,96	-\$ 181.768,30	-\$ 188.802,74	-\$ 196.109,40	-\$ 203.698,84
Total Costos		\$ 1.141.124,16	\$ 1.162.459,58	\$ 1.178.744,79	\$ 1.144.105,09	\$ 1.125.555,63
Margen Operacional Bruto		\$ 2.091.951,20	\$ 2.333.805,26	\$ 2.620.836,69	\$ 2.748.039,61	\$ 2.830.667,97
Otros Gastos						
Depreciaciones		-\$ 982.970,28	-\$ 982.970,28	-\$ 982.970,28	-\$ 982.970,28	-\$ 982.970,28
Total Otros Gastos		-\$ 982.970,28	-\$ 982.970,28	-\$ 982.970,28	-\$ 982.970,28	-\$ 982.970,28
Utilidad/Pérdida Operativa		\$ 1.108.980,92	\$ 1.350.834,98	\$ 1.637.866,40	\$ 1.765.069,33	\$ 1.847.697,68
Impuesto a la Renta		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Flujo Operacional		\$ 1.108.980,92	\$ 1.350.834,98	\$ 1.637.866,40	\$ 1.765.069,33	\$ 1.847.697,68
Ajuste por depreciaciones		\$ 982.970,28	\$ 982.970,28	\$ 982.970,28	\$ 982.970,28	\$ 982.970,28
Inversiones	-\$ 9.829.702,82	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 4.914.851,41
Inversión Red de Transmisión Óptica Inteligente	-\$ 9.829.702,82					
Valor Residual Inversión						\$ 4.914.851,41
FLUJO NETO	-\$ 9.829.702,82	\$ 2.091.951,20	\$ 2.333.805,26	\$ 2.620.836,69	\$ 2.748.039,61	\$ 7.745.519,38
CRITERIOS DE EVALUACIÓN						
	VALOR					
TASA DE DESCUENTO	16,50%					
VAN	\$ 444.151,03					
TIR	18,06%					
PAYBACK DESCONTADO(AÑOS)	4,00					

CAPÍTULO VI

PLAN DE GERENCIAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE TRANSMISIÓN

6.1 Introducción

El Gerenciamiento de Proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requerimientos del proyecto en el tiempo y lo presupuestado.

La Gerencia de Proyectos es una disciplina relativamente joven, aunque de importancia creciente en distintos entornos, e incluso trascendental en ámbitos como las Telecomunicaciones. Así, se está convirtiendo en herramienta esencial en muchos sectores para el manejo de actividades singulares de carácter temporal, que maximiza la probabilidad de consecución de resultados a tiempo, dentro del presupuesto y con la calidad esperada.

El *Project Management Institute* (PMI) es una organización que difunde la profesión de la dirección de proyectos a través de estándares y certificaciones reconocidas mundialmente. Desarrolló la Guía del PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), la cual agrupa procesos y áreas de conocimiento generalmente aceptadas como las mejores prácticas dentro del gerenciamiento de proyectos.

El *Project Management Institute* (PMI) divide la dirección de proyectos en grupos de proceso, áreas de conocimiento, y responsabilidad profesional y social.

6.2 Grupos de Procesos

El PMBOK reconoce cinco grupos de procesos básicos: Iniciación, Planificación, Ejecución, Seguimiento y Control, y Cierre (PMI, 2009).

6.2.1 *Iniciación*

En el grupo de procesos de Iniciación se definen los objetivos, se identifican a los interesados, el director del proyecto es nombrado y se desarrolla el acta de constitución del proyecto.

6.2.2 *Planificación*

Representa el grupo de procesos más grande, donde revisa el proyecto y se organiza antes de que se lleve a cabo su ejecución.

En la Planificación se define el alcance del proyecto, se depuran los objetivos y se desarrolla el plan para el gerenciamiento del proyecto, que será la guía para conseguir un exitoso proyecto.

6.2.3 *Ejecución*

Está compuesto por los procesos donde se integran los recursos a fin de implementar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto y cumplir con las especificaciones del mismo.

6.2.4 *Seguimiento y Control*

Está conformado por los procesos para medir, inspeccionar, revisar, comparar, controlar, verificar el progreso y desempeño del proyecto (Ledó, 2013). El seguimiento y control de los procesos se toma de los resultados de los procesos de ejecución y se compara contra el plan. En caso de que se presenten diferencias entre el plan y los resultados, se debe tomar las acciones correctivas para cambiar la forma de ejecución o para cambiar el plan, con el fin de que los resultados de los trabajos estén alineados con el plan del proyecto.

6.2.5 Cierre

Está compuesto por los procesos de: Cerrar el Proyecto y Cerrar las Adquisiciones, donde se formaliza con el cliente la aceptación de los entregables del proyecto.

6.3 Áreas del conocimiento

Las áreas de conocimiento establecidas por el PMI para la gestión adecuada de proyectos, se detallan a continuación:

- Gestión de la Integración
- Gestión del Alcance
- Gestión del Tiempo
- Gestión de los Interesados
- Gestión del Costo
- Gestión de la Calidad
- Gestión de los Recursos Humanos
- Gestión de las Comunicaciones
- Gestión de los Riesgos
- Gestión de las Adquisiciones

Considerando la metodología del PMI (2009), y considerando las áreas de conocimiento, a continuación se detalla el Plan de Gestión que podrá servir de base para la implementación del presente proyecto y otros similares que puedan ser considerados en los diferentes Planes Operativos Anuales de la Corporación.

6.4 Plan de Gestión de Integración

6.4.1 Acta de Constitución del Proyecto

Este documento marca el inicio del proyecto. Sirve como una referencia para el futuro del proyecto y para comunicar el propósito del mismo a los diferentes interesados. El acta de constitución (Tabla 56) permite disponer de primera mano la información básica del proyecto en su etapa inicial, y lo más importante formaliza ante la alta gerencia al director del proyecto.

6.5 Plan de Gestión del Alcance

6.5.1 Justificación del proyecto

La creciente demanda de capacidad de transmisión, debido en gran medida al incremento de usuarios y sus requerimientos en lo que a servicios se refiere, está haciendo necesario modificar la arquitectura de la infraestructura de telecomunicación comúnmente usada hasta la actualidad, a fin de responder a esta demanda. Así, la arquitectura de red está evolucionando progresivamente hacia una red de transporte óptica OTN inteligente de alta capacidad, conocida como Red OTN/ASON.

Disponer de una red con una topología que garantice un mejor índice de disponibilidad, permitirá reducir el índice de deserción de clientes y disminuir sustancialmente la intervención humana en los equipos. La implementación de una red de transmisión flexible que permita atender la demanda de clientes internos y externos de forma rápida, reducirá los tiempos de atención y costos de operación y mantenimiento.

Tabla 56. Acta de Constitución del Proyecto

Acta de Constitución del Proyecto			
Nombre del Proyecto		Código Proyecto	
Patrocinador		Gerente de Programa	
Área Requirente		Director de Proyecto	
Fecha de Inicio		Fecha Tentativa de Finalización	
INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO			
Objetivo General			
Implementar una Red de Transmisión Óptica Inteligente de alta capacidad con arquitectura ASON para la CNT EP que permita mejorar los índices de disponibilidad y disponer de la capacidad de transmisión suficiente para el crecimiento proyectado hasta el año 2017.			
Objetivos Específicos			
Levantar los requerimientos técnicos de la Red de Transmisión.			
Implementar una plataforma con topología en malla y plano de control ASON para protección de servicios.			
Mejorar los índices de disponibilidad de la red de transmisión de la CNT EP.			
Optimizar el uso de fibras ópticas, migrando los servicios al sistema de transmisión DWDM Nacional			
Descripción del Proyecto			
Se va a implementar una Red de Transmisión de Alta capacidad a nivel nacional, en topología en Malla para protección de servicios a través de la arquitectura ASON para proveer alta disponibilidad de la Red			
Alcance / Entregables más importantes			
Implementación de nodos OTN/ASON en los sitios: El Carmen, Emergia, Guaranda, Manta, Tulcán, Ambato Sur, Guayaquil Centro, Esmeraldas 2, Ibarra, Iñaquito, Mariscal, Pascuales, Quevedo, Salinas, Santa Elena, Santo Domingo, Babahoyo, La Concordia, Latacunga, Pedernales, Portoviejo, y nodos amplificadores ópticos en los sitios: Aloag, Bahía, Borbón, Cayambe, Lita, Pichincha, Pomasquí, Progreso, Puerto López, Salima, Same, San Miguel de Los Bancos, Viche, Zumbahua.			
Integración de la Red DWDM Sur (Guayaquil, Naranjal, Machala, Portovelo, La Toma, Cuenca, Azogues, Alausí, Riobamba y Ambato) incluyendo nuevos equipos y enlaces (Guayaquil-Milagro, Milagro-Cañar, Cañar-Cuenca y Milagro-Machala).			
Supuestos			
Se dispone del presupuesto para el proyecto.			
Se tiene el apoyo de la administración general.			
El desarrollo del proyecto se realizará conforme al cronograma y diseños aprobados antes de su inicio el mismo que durante la ejecución podrá ser actualizado generando los respectivos controles de cambio..			
Existe disponibilidad de hilos de fibra óptica de los enlaces incluidos en el proyecto.			
Se contará con la capacidad de energía e infraestructura requerida para la implementación de la red.			
Todos los involucrados en el proyecto conocen el proceso de aceptación de entregables y de los criterios de aceptación que será de cierta forma comunicado con mayor formalidad con el plan de comunicación del proyecto.			
Restricciones o Limitantes			
Disponibilidad de tiempo de los involucrados en el proyecto, pues generalmente en la corporación se ejecutan proyectos en paralelo.			
Desconocimiento de la tecnología nueva a implementar por parte del personal que fiscalizará los trabajos.			
Falta de cultura en la Administración de Proyectos por parte del Equipo de trabajo.			
Áreas Involucradas Generadoras del Proyecto		Interesados (Stakeholders)	
Gerencia de Ingeniería		Gerente General /Gerente Nacional Técnico/	
Gerencia de Implementación		Gerente de Ingeniería/Gerente de O&M	
Gerencia de Planificación Empresarial		Transmisión	
		Gerente Nacional Financiero/Gerente Nacional Comercial	
		Gerente de Programa/Director del Proyecto	
		Administrador de contrato/Proveedor	
APROBACIÓN DEL INICIO DEL PROYECTO			
Patrocinador:			Fecha:
Gerente Nacional de Planificación Empresarial:			Fecha:
Gerente Nacional Área Requirente:			Fecha:
Gerente de Programa:			Fecha:
Director de Proyecto:			Fecha:

Nota: Adaptado de formato de Acta de Constitución de proyectos de CNT EP

6.5.2 Objetivo General del proyecto

Implementar una Red de Transmisión Óptica Inteligente de alta capacidad con arquitectura ASON para la CNT EP que permita mejorar los índices de disponibilidad y disponer de la capacidad de transmisión suficiente para el crecimiento proyectado hasta el año 2017.

6.5.3 Objetivos Específicos

- Levantar los requerimientos técnicos de la Red de Transmisión.
- Implementar una plataforma con topología en malla y plano de control ASON para protección de servicios.
- Mejorar los índices de disponibilidad de la red de transmisión de la CNT.
- Optimizar el uso de fibras ópticas, migrando los servicios al sistema de transmisión OTN/ASON

6.5.4 Definición del Alcance

6.5.4.1 Descripción del alcance

El alcance del proyecto incluye:

- Implementación de nodos OTN/ASON en los sitios: El Carmen, Emergia, Guaranda, Manta, Tulcán, Ambato Sur, Guayaquil Centro, Esmeraldas 2, Ibarra, Iñaquito, Mariscal, Pascuales, Quevedo, Salinas, Santa Elena, Santo Domingo, Babahoyo, La Concordia, Latacunga, Pedernales, Portoviejo, y nodos amplificadores ópticos en los sitios: Aloag, Bahía, Borbón, Cayambe, Lita, Pichincha, Pomasqui, Progreso, Puerto López, Salima, Same, San Miguel de Los Bancos, Viche, Zumbahua.
- Integración de la Red DWDM Sur (Guayaquil, Naranjal, Machala, Portovelo, La Toma, Cuenca, Azogues, Alausí, Riobamba y Ambato) incluyendo nuevos equipos y enlaces (Guayaquil-Milagro, Milagro-Cañar, Cañar-Cuenca y Milagro-Machala) para contar con más de dos rutas e incluir las funcionalidades de nodos OTN/ASON a estos equipos.

6.5.4.2 Entregables del proyecto

El presente proyecto considera los entregables presentados en la Tabla 57, los cuales se han dividido según las fases del proyecto. Cada entregable tiene un identificador que corresponde al código de la EDT (Estructura de Desglose de Trabajo) según la fase a la cual corresponde.

Tabla 57. Entregables del proyecto

CÓDIGO EDT	ENTREGABLE	DESCRIPCIÓN
FASE DE INICIO		
1.1	Levantamiento de Requerimientos	Informe que indique el análisis realizado para determinar la viabilidad del proyecto y definición de los requerimientos.
1.2	Acta de Constitución del Proyecto	Documento que autoriza formalmente un proyecto o una fase del mismo y documentar los requisitos iniciales que satisfacen las necesidades y expectativas de los interesados.
FASE DE PLANIFICACIÓN		
2.1	Plan de Gestión	Documento que describe la forma en cómo el proyecto se ejecutará y se controlará. Incluye el alcance, tiempo, gestión de costos, interesados, gestión de recursos humanos, gestión de la comunicación, gestión de la calidad, gestión de riesgos, control de cambios, gestión de adquisiciones y gestión de la integración.
2.2.1	Resumen Ejecutivo	Síntesis de los puntos más importantes de un proyecto.
2.2.2	Pliegos	Documento que incluye todas las necesidades funcionales, técnicas, comerciales, económicas y legales, para asegurar que se cumpla con todos los requerimientos solicitados por CNT EP para una correcta implementación de la red.
FASE DE EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO		
3.1	Análisis de Oferta	Documentación del análisis de la oferta durante el proceso de contratación
3.2	Contrato	Corresponde al Contrato suscrito con el proveedor que realizará la implementación de la Red de Transmisión Óptica Inteligente de alta capacidad con arquitectura ASON
3.3.1	Diseño a Implementar	Corresponde al diseño de la Red la Red de Transmisión Óptica Inteligente de alta capacidad con arquitectura ASON
3.3.2	Ingeniería de Detalle	Documentación en la que quedan definidos todos y cada uno de los subsistemas, componentes o partes que integran el proyecto, de tal manera que los documentos que lo desarrollan han de ser suficientes para llevarlo a la práctica.
3.3.3	Plan de Instalación	Plan para realizar la correcta instalación, conexión y etiquetación de todo el equipamiento de la Red de Transmisión, así como las normas de seguridad que deben aplicarse durante la instalación.
3.3.4	Organigrama de Implementación	Corresponde a la representación gráfica de la estructura de la empresa proveedora, donde consta el recurso humano asignado para el proyecto.
3.4	Equipamiento de Transmisión OTN/ASON	Corresponde a la implementación de los equipos de transmisión de la Red de Transmisión Óptica Inteligente de alta capacidad con arquitectura ASON
3.5	Reporte de Pruebas	Corresponde a los reportes de los resultados obtenidos en la ejecución de los protocolos de pruebas de aceptación locales y del sistema de la Red la Red de Transmisión Óptica Inteligente de alta capacidad con arquitectura ASON.
3.6	Reporte de Entrega Provisional de la Red	Informe técnico y acta con los cuales se acepta la implementación de la operación en línea de la Red de Transmisión, y únicamente existen pendientes menores que no afectan la operatividad de la red.
FASE DE CIERRE		
4.1	Reporte Recepción Total de la Red	Informe técnico y acta con los cuales se recibe la red, una vez que todos los pendientes menores hayan sido solventados o entregados a satisfacción de la CNT EP

6.5.4.3 Criterios de aceptación de los entregables

Para los entregables descritos, se establecieron criterios o requerimientos que cada uno de ellos debe cumplir como requisito para lograr la aceptación por parte de los responsables definidos. Estos criterios de aceptación se describen en la Tabla 58.

Tabla 58. *Criterios de aceptación de los entregables*

CÓDIGO EDT	ENTREGABLE	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN
FASE DE INICIO		
1.1	Levantamiento de Requerimientos	-Informe de factibilidad técnica del proyecto -Informe de factibilidad financiera y comercial del proyecto
1.2	Acta de Constitución del Proyecto	Informe de Levantamiento de Requerimientos aprobado
FASE DE PLANIFICACIÓN		
2.1	Plan de Gestión	Generalidades del Proyecto Plan de gestión del Alcance Plan de gestión de los Recursos Humanos Plan de gestión del Tiempo Plan de gestión de las Comunicaciones Plan de gestión de la Integración Plan de gestión del Costo Plan de gestión de Interesados Plan de gestión de Calidad Plan de gestión de Riesgos Plan de gestión de las Adquisiciones
2.2.1	Resumen Ejecutivo	- Resumen del proyecto - Justificación - Presupuesto Referencial - Modalidad de contratación - Parámetros de evaluación de la oferta - Plazo - Formas de pago - Entregas -Garantías
2.2.2	Pliegos	- Especificaciones Técnicas - Especificaciones Financieras y Comerciales - Especificaciones legales
FASE DE EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO		
3.1	Análisis de Oferta	Entrega de la oferta, informes de evaluación, negociación. Firma de la resolución de adjudicación
3.2	Contrato	El documento debe definir claramente el alcance de la contratación. Debe establecer las pautas para gestionar al menos los siguientes aspectos: - Precio - Forma de pago - Objeto - Alcance - Obligaciones de las partes - Entregas - Responsabilidades de las partes - Plazo de ejecución del contrato - Garantías - Multas - Derechos de propiedad intelectual

CONTINÚA 

CÓDIGO EDT	ENTREGABLE	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN
3.3.1	Diseño a Implementar	Validación y aprobación del diseño propuesto después de haber realizado la revisión.
3.3.2	Ingeniería de Detalle	El documento debe contener: - Documento del TSS - Especificaciones técnicas de equipos y materiales -Listado de equipos, accesorios y materiales a instalar en cada estación -Diagrama de conexiones internas entre tarjetas y conexiones externas por sitio - Asignación de hilos de fibra para los enlaces - Diagramas del equipamiento a instalar - Plano del sitio con detalle de rutas de cables y conexiones
3.3.3	Plan de Instalación	El plan debe contener: - Guía Instalación, conexión y etiquetación - Guía de seguridad industrial y salud ocupacional
3.3.4	Organigrama de Implementación	100% del personal del contratista y subcontratista de instalación de equipos deben tener experiencia y ser aprobados por CNT EP Experiencia certificada del personal encargado en configuración y puesta en operación de la Red de Transmisión. Será aprobado por CNT EP
3.4	Equipamiento de Transmisión OTN/ASON	Constatación física del equipamiento instalado en sitio, en base a lo contratado.
3.5	Reporte de Pruebas	Pruebas técnicas de hardware y funcionalidades de los equipos y del sistema realizadas con resultados fiables. Reportes de resultados de los protocolos de pruebas aceptados por CNT EP
3.6	Reporte de Entrega Provisional de la Red	Las pruebas deben haberse ejecutado en su totalidad Los casos de prueba deben haber sido documentados y finalizados La red debe operar sin errores Elaborado y entregado informe técnico de los fiscalizadores nacionales. El acta de entrega recepción total provisional debe contener los antecedentes, condiciones generales de ejecución, condiciones operativas, liquidación económica, liquidación de plazos, constancia de la recepción, cumplimiento de las obligaciones contractuales, pagos efectuados o pendientes, y cualquier otra circunstancia que se estime necesaria.
FASE DECIERRE		
4.1	Reporte Recepción Total de la Red	Levantamiento del 100% de pendientes. El acta de entrega recepción total contendrá los antecedentes, condiciones generales de ejecución, condiciones operativas, liquidación económica, liquidación de plazos, constancia de la recepción, cumplimiento de las obligaciones contractuales, pagos efectuados o pendientes, y cualquier otra circunstancia que se estime necesaria

6.5.4.4 Supuestos

En cuanto al alcance del proyecto y sus entregables, se realizan los siguientes supuestos:

- Se dispone del presupuesto para el proyecto.
- Se tiene el apoyo de la administración general.
- El desarrollo del proyecto se realizará conforme al cronograma y diseños aprobados antes de su inicio el mismo que durante la ejecución podrá ser actualizado generando los respectivos controles de cambio.

- Existe disponibilidad de hilos de fibra óptica de los enlaces del proyecto.
- Se contará con la capacidad de energía e infraestructura requerida para la implementación de la red.
- Existe disponibilidad de recurso humano para la ejecución y seguimiento del proyecto.
- Todos los involucrados en el proyecto conocen el proceso de aceptación de entregables y de los criterios de aceptación que será de cierta forma comunicado con mayor formalidad con el plan de comunicación del proyecto.

6.5.4.5 Restricciones o limitantes

- Disponibilidad de tiempo de los involucrados en el proyecto, pues generalmente en la corporación se ejecutan proyectos en paralelo.
- Desconocimiento de la tecnología nueva a implementar por parte del personal que fiscalizará los trabajos.
- Falta de cultura en la Administración de Proyectos por parte del Equipo de trabajo.

6.5.4.6 Estructura de desglose de trabajo E.D.T.

La E.D.T. se desarrolló a partir de los objetivos establecidos en el alcance del proyecto. En la Figura 62 se muestra la E.D.T. para el presente proyecto.

6.5.4.7 Diccionario de la EDT

El diccionario de la EDT constituye el documento que respalda a la EDT, describiendo a detalle a cada uno de los componentes de la misma, inclusive paquete de trabajos y actividades. Se define además un código y el responsable. La Tabla 59 presenta el diccionario de la EDT del proyecto.

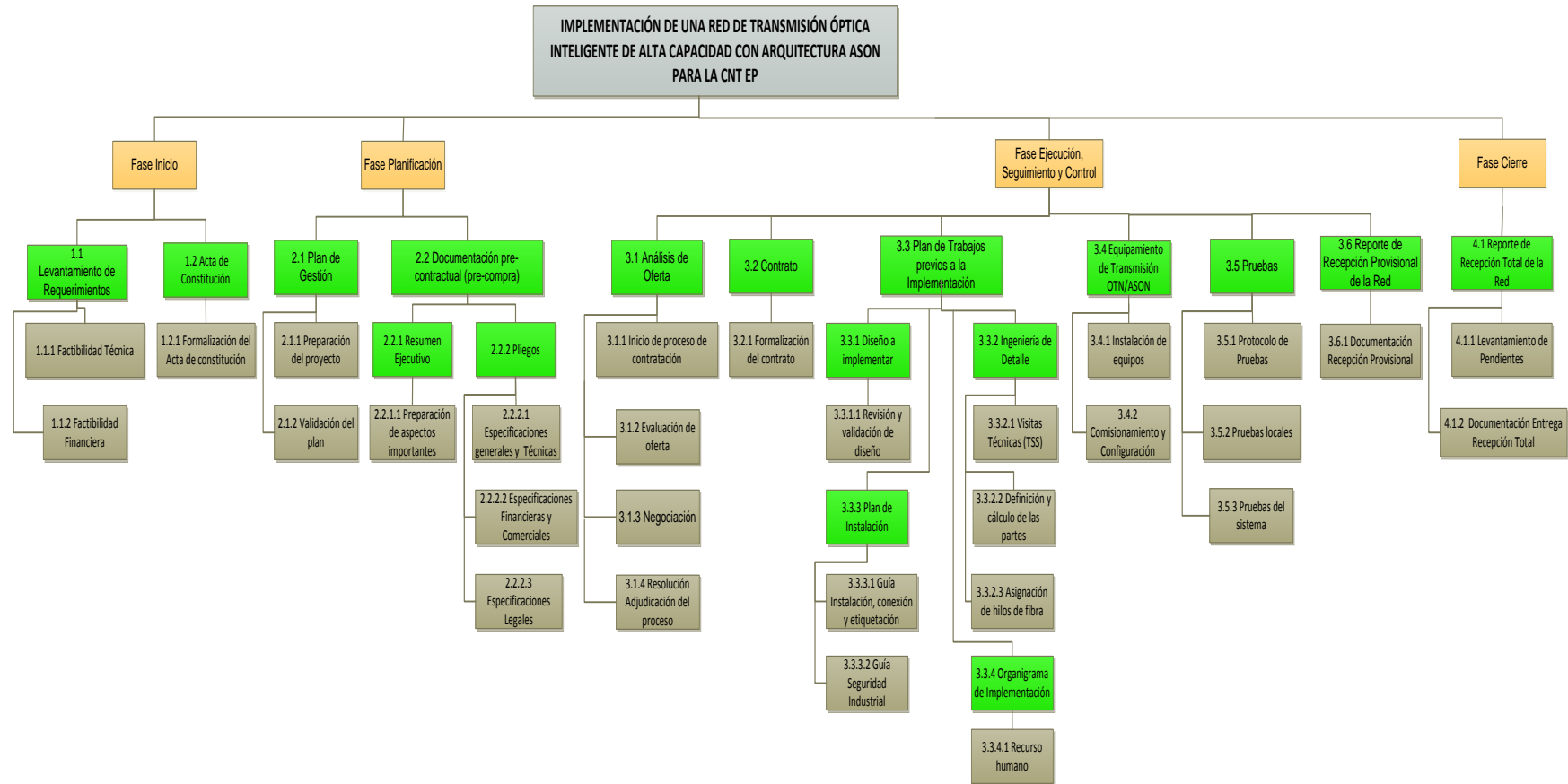


Figura 62. Estructura de Desglose de Trabajo EDT

Tabla 59. *Diccionario de la EDT*

DICCIONARIO DE LA EDT DEL PROYECTO			
FASE DE INICIO			
LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS			
CÓDIGO EDT:	1.1.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Factibilidad Técnica
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Realizar un estudio de factibilidad técnica para la implementación de una Red de Transmisión Óptica Inteligente de alta capacidad con arquitectura ASON. El estudio debe contener: Informe de la situación actual donde se indique los problemas de la red actual. Estadísticas de los problemas de la red actual. Estudio de demanda de capacidad de transmisión requerida para soportar las redes y/o servicios de CNT EP, como Red IP/MPLS, Red de Internet, Red LTE, GPON, a nivel nacional Levantamiento de requerimientos técnicos Diseño preliminar			
RESPONSABLE:	Líder Técnico		
CÓDIGO EDT:	1.1.2	PAQUETE DE TRABAJO:	Factibilidad Financiera
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Es el análisis financiero que se realiza para ver la viabilidad del proyecto, considera principalmente: Presupuesto de inversión Análisis de ingresos Análisis de costos Evaluación financiera			
RESPONSABLE:	Líder financiero		
CÓDIGO EDT:	1.1.3	PAQUETE DE TRABAJO:	Formalización de Levantamiento de Requerimientos
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Realizar el informe de Levantamiento de Requerimientos, el cual deberá ser aprobado por las autoridades superiores.			
RESPONSABLE:	Líder financiero y líder técnico		
ACTA DE CONSTITUCIÓN			
CÓDIGO EDT:	1.2.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Formalización Acta de Constitución del Proyecto
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Realizar todos los procedimientos y trámites para que se formalice el inicio del proyecto.			
RESPONSABLE:	Director de Proyecto		
FASE DE PLANIFICACIÓN			
DEFINICIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN			
CÓDIGO EDT:	2.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Preparación del Proyecto
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Describir la manera de cómo se ejecutará y se controlará el proyecto. Incluye el alcance, tiempo, gestión de costos, interesados, gestión de recursos humanos, gestión de la comunicación, gestión de la calidad, gestión de riesgos, control de cambios, gestión de adquisiciones y gestión de la integración.			
RESPONSABLE:	Director de Proyecto		
CÓDIGO EDT:	2.2	PAQUETE DE TRABAJO:	Validación del Plan de Gestión del Proyecto
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Realizar la revisión y aprobación del plan de gestión del proyecto			
RESPONSABLE:	Gerente Nacional Técnico, Gerente Nacional de Planificación Empresarial, Gerente de Programa		

CONTINÚA 

DICCIONARIO DE LA EDT DEL PROYECTO

RESUMEN EJECUTIVO

CÓDIGO EDT:	2.2.1.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Preparación de aspectos importantes
--------------------	---------	----------------------------	-------------------------------------

DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:

Realizar un breve análisis de los aspectos más importantes del proyecto. Se debe describir el producto o servicio, el mercado, los factores de éxito del proyecto, los resultados esperados, el presupuesto y las conclusiones generales.

RESPONSABLE:	Gerente Nacional Técnico, Gerente Nacional de Planificación Empresarial, Gerente de Programa
---------------------	--

PLIEGOS

CÓDIGO EDT:	2.2.2.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Especificaciones Técnicas
--------------------	---------	----------------------------	---------------------------

DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:

Documentar los requerimientos técnicos y la forma de evaluación técnica del equipamiento a adquirir, hardware, software y servicios, para la implementación de una Red de Transmisión Óptica Inteligente.
Documentar las condiciones

RESPONSABLE:	Líder Técnico
---------------------	---------------

CÓDIGO EDT:	2.2.2.2	PAQUETE DE TRABAJO:	Especificaciones Financieras y Comerciales
--------------------	---------	----------------------------	--

DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:

Documentar las condiciones comerciales y financieras como:
- Forma de evaluación financiera y económica de la oferta, precio de la oferta, plazo de ejecución del contrato, vigencia de la oferta, forma de pago, tipos de garantías.

RESPONSABLE:	Líder Financiero
---------------------	------------------

CÓDIGO EDT:	2.2.2.3	PAQUETE DE TRABAJO:	Especificaciones Legales
--------------------	---------	----------------------------	--------------------------

DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:

Documentar el proceso de contratación hasta la Adjudicación y los requerimientos legales.

RESPONSABLE:	Líder Legal
---------------------	-------------

FASES DE: EJECUCIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL

ANÁLISIS DE LA OFERTA

CÓDIGO EDT:	3.1.1.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Inicio Proceso de Contratación
--------------------	---------	----------------------------	--------------------------------

DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:

Se realiza la Resolución de Aprobación, de inicio de proceso y conformación de comisión técnica. La comisión técnica generalmente está conformada por los líderes del proyecto y algún gerente funcional.
Se debe realizar la invitación mediante el portal de compras del INCOP para el proceso de contratación

RESPONSABLE:	Área de Adquisiciones
---------------------	-----------------------

CÓDIGO EDT:	3.1.1.2	PAQUETE DE TRABAJO:	Presentación de Oferta
--------------------	---------	----------------------------	------------------------

DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:

Realizar la presentación de propuesta técnica, comercial, financiera y legal, por parte del proveedor, acerca de la solución para la implementación de la red.

RESPONSABLE:	Proveedor
---------------------	-----------

CÓDIGO EDT:	3.1.1.3	PAQUETE DE TRABAJO:	Evaluación de la Oferta
--------------------	---------	----------------------------	-------------------------

DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:

Revisión del cumplimiento de los requerimientos técnicos, financieros, comerciales y legales, solicitados en los pliegos. Se entrega un informe preliminar indicando los cumplimientos y observaciones presentadas en la oferta del proveedor, para posteriormente emitir un informe final recomendando al Gerente General se adjudique o no el proyecto.

RESPONSABLE:	Comisión Técnica
---------------------	------------------

CONTINÚA 

DICCIONARIO DE LA EDT DEL PROYECTO			
CÓDIGO EDT:	3.1.1.4	PAQUETE DE TRABAJO:	Negociación
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Corresponde a la realización de una reunión por el cual las partes interesadas resuelven conflictos, buscan beneficios individuales y/o colectivos y procuran obtener resultados que sirvan a sus intereses mutuos.			
RESPONSABLE:	Comisión Técnica, Proveedor		
CÓDIGO EDT:	3.1.1.5	PAQUETE DE TRABAJO:	Adjudicación
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Corresponde a la realización del acta de resolución de adjudicación del proyecto, bajo los términos técnicos, comerciales, económicos y legales solicitados. Esta acta es firmada por el Gerente General y la empresa proveedora.			
RESPONSABLE:	Comisión Técnica, Gerente General		
CONTRATO			
CÓDIGO EDT:	3.2.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Elaboración del Contrato
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Corresponde a la realización del Contrato suscrito con el proveedor que realizará el diseño y la implementación de la Red de Transmisión Óptica Inteligente de Alta Capacidad con Arquitectura ASON. Se describe las condiciones y obligaciones civilmente exigibles. Posterior a la firma del contrato, se realiza el pago del anticipo hacia el proveedor			
RESPONSABLE:	Líder Legal, Gerente General		
PLAN DE TRABAJO PREVIO A LA IMPLEMENTACIÓN			
DISEÑO A IMPLEMENTAR			
CÓDIGO EDT:	3.3.1.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Análisis y Validación del Diseño
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Se realizarán reuniones para verificar los requerimientos técnicos con el proveedor y para revisar el diseño propuesto por el proveedor, realizando simulaciones de cortes de fibra en la red planeada, con el fin de verificar si se ha diseñado con la protección ASON solicitada para soportar dos cortes de fibra.			
RESPONSABLE:	Proveedor, Líder Técnico		
INGENIERÍA DE DETALLE			
CÓDIGO EDT:	3.3.2.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Visitas Técnicas (<i>Technical Site survey</i>)
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Corresponde a la realización de visitas técnicas a las estaciones de CNT EP contempladas en el proyecto, para determinar los requerimientos necesarios (espacio físico, materiales requeridos, escalerillas para cableado eléctrico y de datos, canaletas de fibra, recorridos de cables, ubicación de equipos, etc.) para una adecuada instalación. El proveedor deberá elaborar y entregar un informe con los resultados de las visitas técnicas. De igual manera, estas visitas servirán para realizar las mediciones respectivas en los enlaces de fibra para la verificación de las características consideradas en la propuesta técnica.			
RESPONSABLE:	Proveedor, Fiscalizadores Nacionales, Fiscalizadores Provinciales		
CÓDIGO EDT:	3.3.2.2	PAQUETE DE TRABAJO:	Definición y cálculo de las partes
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Corresponde a calcular cantidades, descripción y ubicación del equipamiento del proyecto. Se respalda del levantamiento en campo, el cual ofrece la información necesaria para determinar cómo se va a realizar cada detalle que hace parte de la Red de Transmisión a implementar.			
RESPONSABLE:	Proveedor, Líder Técnico		
CÓDIGO EDT:	3.3.2.3	PAQUETE DE TRABAJO:	Asignación de fibras ópticas
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Realizar mediciones en campo de los enlaces de fibra óptica y asignación de los hilos de fibra que servirán para la habilitación de los enlaces.			
RESPONSABLE:	Área de Operación y Mantenimiento, Proveedor		

CONTINÚA 

DICCIONARIO DE LA EDT DEL PROYECTO

PLAN DE INSTALACIÓN			
CÓDIGO EDT:	3.3.3.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Guía de Instalación, Conexión y etiquetación
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Realizar una guía de instalación de los racks, equipos, materiales, tendido de cables eléctricos, tendido de cables ópticos. Forma de etiquetación del equipamiento y cables, de la red de transmisión			
RESPONSABLE:	Proveedor		
CÓDIGO EDT:	3.3.3.2	PAQUETE DE TRABAJO:	Guía de Seguridad Industrial
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Realizar una guía de seguridad industrial y salud ocupacional durante la implementación de la red.			
RESPONSABLE:	Proveedor		
ORGANIGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN			
CÓDIGO EDT:	3.3.4.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Recurso humano
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Definir el recurso humano calificado que participará en el proyecto, de parte del proveedor. Definir a los fiscalizadores nacionales y provinciales que participarán durante la implementación			
RESPONSABLE:	Proveedor, Administrador de Contrato, Director de Proyecto		
EQUIPAMIENTO DE TRANSMISIÓN OTN/ASON			
CÓDIGO EDT:	3.4.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Instalación de equipos de transmisión
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Corresponde a la instalación de todo el hardware referente a la Red de Transmisión, sea equipamiento y materiales de instalación, conexiones, etc.			
RESPONSABLE:	Proveedor		
CÓDIGO EDT:	3.4.2	PAQUETE DE TRABAJO:	Comisionamiento y Configuración de los equipos
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Corresponde a las configuraciones lógicas para funcionamiento del sistema de transmisión. Adicionalmente se configura las matrices de tráfico solicitadas en el proyecto, con su respectiva configuración de protección ASON.			
RESPONSABLE:	Proveedor		
REPORTE DE PRUEBAS			
CÓDIGO EDT:	3.5.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Protocolo de pruebas
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Realización de un plan de pruebas locales y de sistema de la red de transmisión, donde conste el procedimiento de ejecución de cada prueba para la verificación e inspección de operación de los equipos.			
RESPONSABLE:	Proveedor, Líder Técnico		
CÓDIGO EDT:	3.5.2	PAQUETE DE TRABAJO:	Pruebas locales
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Realizar la constatación física de los bienes ofertados en cada sitio, y realizar el protocolo de pruebas de hardware, para verificar los requerimientos técnicos solicitados. El personal designado de CNT EP emitirá un dictamen al concluir la prueba.			
RESPONSABLE:	Proveedor, Fiscalizadores Nacionales, Fiscalizadores Provinciales		
CÓDIGO EDT:	3.5.3	PAQUETE DE TRABAJO:	Pruebas de Sistema
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Realizar pruebas a nivel de enlaces de la red, con el fin de validar que el sistema cumple los requisitos de funcionamiento esperado.			
RESPONSABLE:	Proveedor, Fiscalizadores Nacionales, Fiscalizadores Provinciales		

CONTINÚA

DICCIONARIO DE LA EDT DEL PROYECTO			
REPORTE DE RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LA RED			
CÓDIGO EDT:	3.6.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Documentación Entrega Provisional
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Elaborar un informe que será documento de respaldo para realizar el acta de entrega recepción provisional, en el que se indique se han realizado y culminado todos los trabajos para que la red de transmisión empiece a operar. Este documento contiene antecedentes, resumen de instalación de equipos, resumen de las pruebas, constatación física, listado de pendientes, documentación entregada, estado de funcionamiento de equipos, conclusiones y recomendaciones. También se debe elaborar un acta que será documento habilitante para la entrega recepción provisional de la red, una vez que se haya culminado y aceptado las pruebas en la red. Se debe preparar la demás documentación legal previa la recepción provisional de la red.			
RESPONSABLE:	Fiscalizadores Nacionales, Administrador de Contrato, Proveedor		
FASES DE: EJECUCIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL			
REPORTE DE RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LA RED			
CÓDIGO EDT:	4.1.1	PAQUETE DE TRABAJO:	Levantamiento de Pendientes
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Realizar las diferentes actividades o trabajos para resolver los pendientes menores que quedaron en la red después de la entrega provisional.			
RESPONSABLE:	Proveedor		
CÓDIGO EDT:	4.1.2	PAQUETE DE TRABAJO:	Documentación Entrega Recepción Total
DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE DE TRABAJO:			
Elaborar un informe que será documento de respaldo para realizar el acta de entrega recepción total de la red, en el que se indique se han solventado los pendientes menores que existía en al red. Elaborar un acta que será documento habilitante para la entrega recepción total de la red una vez que se hayan solucionado/entregado todos los pendientes levantados en el acta provisional. Se debe preparar la demás documentación legal previa la recepción total de la red.			
RESPONSABLE:	Fiscalizadores Nacionales, Administrador de Contrato, Proveedor		

6.6 Plan de Gestión del Tiempo

6.6.1 Definición de actividades

Para la definición de las actividades del proyecto se considera el criterio del equipo del proyecto en conjunto. El nivel de detalle de las tareas se basará en las definiciones que el equipo de trabajo realizará apoyándose en su experiencia en proyectos anteriores, lecciones aprendidas y en juicios de expertos según el área de trabajo a la que pertenecen. Las actividades del proyecto se detallan en la Tabla 60.

6.6.2 Secuencia de actividades

Para el establecimiento de la secuencia de relaciones de interdependencia, "predecesoras" de las actividades incluidas en los paquetes de trabajo de la EDT, se utilizó el programa Microsoft Project. En la Tabla 60 se detalla la secuencia de actividades, alguna de las cuales podrán desarrollarse en paralelo.

Tabla 60. *Definición y secuencia de actividades*

PAQUETE DE TRABAJO	No. ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	PREDECESORA
	1	IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE TRANSMISIÓN ÓPTICA INTELIGENTE DE ALTA CAPACIDAD CON ARQUITECTURA ASON PARA LA CNT EP	
	2	FASE DE INICIO	
	3	Elaboración Levantamiento de Requerimientos	
Factibilidad Técnica	4	Documentar diagnóstico situación actual de la Red de Transmisión	
	5	Elaborar estudio de demanda de transmisión	4
	6	Listar Requerimientos Técnicos	4,5
	7	Realizar diseño preliminar	6
Factibilidad Financiera	8	Estructurar presupuesto referencial	7
	9	Realizar evaluación de viabilidad financiera (rentabilidad)	8
	10	Aprobación del Informe de Requerimientos	9
	11	Elaboración Acta de Constitución del Proyecto	
Formalización de Acta de Constitución del Proyecto	12	Estructurar acta de constitución del proyecto	10
	13	Aprobación de acta de constitución	12
	14	FASE DE PLANIFICACIÓN	2
	15	Definición del Plan de Gestión del Proyecto	
Preparación del Proyecto	16	Sesión inicial	12
	17	Formalización de la organización del proyecto	16
	18	Definición del Alcance	17
	19	Definición de los entregables y criterios de aceptación	18
	20	Desarrollo del Plan de Gestión del Proyecto	17
Validación del plan	21	Revisión del documento final del plan de gestión del proyecto	20
	22	Aprobación del plan de gestión del proyecto	21
	23	Elaboración de documentación pre-contractual	
Preparación de aspectos importantes	24	Elaboración de resumen ejecutivo	22
	25	Elaboración de Pliegos	
Especificaciones Generales y Técnicas	26	Elaboración de Especificaciones Generales	22
	27	Elaboración de Especificaciones Técnicas Equipos OTN/ASON	22
Especificaciones Financieras y Comerciales	28	Definición requerimientos financieros	22

CONTINÚA 

PAQUETE DE TRABAJO	No. ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	PREDECESORA
Especificaciones Legales	29	Definición requerimientos legales	22
	30	Aprobación documentación precontractual	29
	31	FASES DE: EJECUCIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL	14
	32	Ejecución de proceso de contratación	
Inicio Proceso de Contratación	33	Resolución de Aprobación, de inicio de proceso y conformación de comisión técnica	30
	34	Publicación de convocatoria y pliegos en el portal	33
	35	Presentación de Oferta	34
Evaluación de la oferta	36	Evaluación técnica, legal y comercial de la Oferta	35
	37	Evaluación económica de Oferta	36
	38	Estructuración de informe de evaluación	36
	39	Presentación de Informe de Evaluación	38
	40	Realizar Reunión de Negociación	38
Negociación	41	Estructuración de informe de Negociación	40
	42	Presentación de informe de Negociación	41
Resolución de Adjudicación	43	Elaboración de Resolución de Adjudicación	41
	44	Aprobación de resolución de Adjudicación	43
	45	Proceso de Compra-contrato	
	46	Elaboración de Contrato	44
Formalización del contrato	47	Entrega de documentación para contrato	44
	48	Firma de Contrato	47
	49	Desarrollo del Plan de trabajo previo a la Implementación	
Revisión y Validación de Diseño	50	Validación de requerimientos con el proveedor	48
	51	Realizar Análisis y validación de diseño a implementar	48
Visitas Técnicas	52	Realizar Visitas técnicas (site survey)	48
Definición y cálculo de las partes	53	Revisión de equipamiento, conexiones, diagramas de red, diagramas de equipamiento a instalar, planos de instalación	48
	54	Estructurar ingeniería de detalle	52
Asignación de fibras	55	Realizar mediciones de enlaces de fibra	48
	56	Asignar hilos de fibra óptica de los enlaces medidos	48
	57	Aprobación de la ingeniería de detalle	
Guía de Instalación, conexión y etiquetación	58	Elaboración Guía de Instalación, conexión, etiquetación	57
Guía de Seguridad Industrial	59	Elaboración Guía de Seguridad industrial	57
	60	Aprobación del Plan de Instalación	58
Organigrama de Implementación	61	Definición de recurso humano durante la implementación	48
	62	Aprobación del organigrama del proveedor	61
	63	Implementación de equipos de transmisión OTN/ASON	
Instalación de equipos	64	Instalación de equipos de transmisión y materiales	62

CONTINÚA 

PAQUETE DE TRABAJO	No. ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	PREDECESORA
Comisionamiento y configuración	65	Comisionamiento y configuración de equipos	64FC-33 días
	66	Configuración de los servicios	64FC-33 días
	67	Ejecución de Pruebas	
Protocolo de Pruebas	68	Revisión de protocolo de pruebas	62
	69	Aprobación de protocolo de pruebas	68
Pruebas locales	70	Constatación de equipamiento en sitio	66
	71	Pruebas de Aceptación de <i>hardware</i> local	66
Pruebas de sistema	72	Pruebas de Aceptación del sistema	71FC-27 días
	73	Aprobación de Informes de aceptación de pruebas	72
	74	Realización de Entrega provisional de la Red	
	75	Elaborar informe técnico	73
Documentación Recepción Provisional	76	Estructurar acta de recepción provisional	73
	77	Preparar documentación para Entrega Recepción Provisional	73
	78	Firma de Acta Entrega Provisional	77
	79	FASE DE CIERRE	31
	80	Realización de Entrega Total de la Red	
Levantamiento de Pendientes	81	Solventar pendientes menores de la red	78
	82	Elaborar informe técnico	81
Documentación Recepción Total	83	Estructurar acta de recepción provisional	81
	84	Preparar documentación para Entrega Total	81
	85	Firma de Acta Entrega Total de la Red	84
	86	Informe de cierre de proyecto	85

6.6.3 Asignación de recursos

En la Tabla 61 se presenta la asignación de los recursos disponibles para la obtención de los objetivos del proyecto.

6.6.4 Estimación del tiempo de las actividades

La Tabla 61 muestra la duración de las actividades del proyecto (en días calendario), los cuales fueron estimados en base a los siguientes supuestos:

- Contar con los recursos necesarios para terminar el proyecto.
- El proveedor realizará a tiempo las tareas encomendadas en cuanto a calidad y especificaciones.

- No existirán retrasos por desastres naturales o de fuerza mayor.
- No existirá retrasos por envío de equipos
- El equipo de trabajo estará disponible durante la ejecución del proyecto.

Tabla 61. *Asignación de recursos y estimación de tiempos de las actividades*

No. ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	Duración	Límite de comienzo	Límite de finalización	RECURSO HUMANO
1	IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE TRANSMISIÓN ÓPTICA INTELIGENTE DE ALTA CAPACIDAD CON ARQUITECTURA ASON PARA LA CNT EP	285 días	lun 14/10/13	vie 14/11/14	
2	FASE DE INICIO	43 días	lun 14/10/13	mié 11/12/13	
3	Elaboración Levantamiento de Requerimientos	40 días	lun 14/10/13	vie 06/12/13	
4	Documentar diagnóstico situación actual de la Red de Transmisión	5 días	lun 14/10/13	vie 18/10/13	Líder Técnico
5	Elaborar estudio de demanda de transmisión	7 días	lun 21/10/13	mar 29/10/13	Líder Técnico, Líder Financiero
6	Listar Requerimientos Técnicos	5 días	mié 30/10/13	mar 05/11/13	Líder Técnico
7	Realizar diseño preliminar	13 días	mié 06/11/13	vie 22/11/13	Líder Técnico
8	Estructurar presupuesto referencial	3 días	lun 25/11/13	mié 27/11/13	Líder Financiero
9	Realizar evaluación de viabilidad financiera (rentabilidad)	5 días	jue 28/11/13	mié 04/12/13	Líder Financiero
10	Aprobación del Informe de Requerimientos	2 días	jue 05/12/13	vie 06/12/13	Gerente General, Gerente Nacional Técnico, Gerente Nacional de Planificación Empresarial
11	Elaboración Acta de Constitución del Proyecto	3 días	lun 09/12/13	mié 11/12/13	
12	Estructurar acta de constitución del proyecto	1 día	lun 09/12/13	lun 09/12/13	Director de Proyecto
13	Aprobación de acta de constitución	2 días	mar 10/12/13	mié 11/12/13	Gerente General, Gerente Nacional Técnico, Gerente Nacional de Planificación Empresarial
14	FASE DE PLANIFICACIÓN	45 días	jue 12/12/13	mié 12/02/14	
15	Definición del Plan de Gestión del Proyecto	28 días	jue 12/12/13	mié 12/02/14	
16	Sesión inicial	1 día	jue 12/12/13	jue 12/12/13	Director de Proyecto
17	Formalización de la organización del proyecto	1 día	vie 13/12/13	vie 13/12/13	Director de Proyecto
18	Definición del Alcance	2 días	vie 07/02/14	lun 10/02/14	Director de Proyecto
19	Definición de los entregables y criterios de aceptación	2 días	mar 11/02/14	mié 12/02/14	Director de Proyecto
20	Desarrollo del Plan de Gestión del Proyecto	20 días	lun 16/12/13	vie 10/01/14	Director de Proyecto
21	Revisión del documento final del plan de gestión del proyecto	3 días	lun 13/01/14	mié 15/01/14	Director de Proyecto

CONTINÚA 

No. ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	Duración	Límite de comienzo	Límite de finalización	RECURSO HUMANO
22	Aprobación del plan de gestión del proyecto	3 días	jue 16/01/14	lun 20/01/14	Gerente Nacional Técnico, Gerente de Planificación Empresarial
23	Elaboración de documentación pre-contractual	17 días	mar 21/01/14	mié 12/02/14	
24	Elaboración de resumen ejecutivo	8 días	lun 03/02/14	mié 12/02/14	Líder Técnico
25	Elaboración de Pliegos	12 días	mar 21/01/14	mié 12/02/14	
26	Elaboración de Especificaciones Generales	12 días	mar 28/01/14	mié 12/02/14	Líder Técnico
27	Elaboración de Especificaciones Técnicas Equipos OTN/ASON	12 días	mar 28/01/14	mié 12/02/14	Líder Financiero
28	Definición requerimientos financieros	12 días	mar 28/01/14	mié 12/02/14	Líder Legal
29	Definición requerimientos legales	12 días	mar 21/01/14	mié 05/02/14	Líder Legal
30	Aprobación documentación precontractual	5 días	jue 06/02/14	mié 12/02/14	Gerente General
31	FASES DE: EJECUCIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL	132 días	jue 13/02/14	vie 15/08/14	
32	Ejecución de proceso de contratación	49 días	jue 13/02/14	vie 15/08/14	
33	Resolución de Aprobación, de inicio de proceso y conformación de comisión técnica	1 día	jue 13/02/14	jue 13/02/14	Área de Adquisiciones
34	Publicación de convocatoria y pliegos en el portal	1 día	vie 14/02/14	vie 14/02/14	Área de Adquisiciones
35	Presentación de Oferta	14 días	lun 17/02/14	jue 06/03/14	Proveedor
36	Evaluación técnica, legal y comercial de la Oferta	15 días	vie 07/03/14	jue 27/03/14	Comisión Técnica
37	Evaluación económica de Oferta	8 días	mié 06/08/14	vie 15/08/14	Comisión Técnica
38	Estructuración de informe de evaluación	10 días	vie 28/03/14	jue 10/04/14	Comisión Técnica
39	Presentación de Informe de Evaluación	1 día	vie 15/08/14	vie 15/08/14	Comisión Técnica
40	Realizar Reunión de Negociación	2 días	vie 11/04/14	lun 14/04/14	Comisión Técnica
41	Estructuración de informe de Negociación	1 día	mar 15/04/14	mar 15/04/14	Comisión Técnica
42	Presentación de informe de Negociación	1 día	vie 15/08/14	vie 15/08/14	Comisión Técnica
43	Elaboración de Resolución de Adjudicación	3 días	mié 16/04/14	vie 18/04/14	Comisión Técnica
44	Aprobación de resolución de Adjudicación	2 días	lun 21/04/14	mar 22/04/14	Gerente General
45	Proceso de Compra-contrato	8 días	mié 23/04/14	vie 15/08/14	
46	Elaboración de Contrato	8 días	mié 06/08/14	vie 15/08/14	Líder Legal
47	Entrega de documentación para contrato	5 días	mié 23/04/14	mar 29/04/14	Proveedor
48	Firma de Contrato	1 día	mié 30/04/14	mié 30/04/14	Gerente General, Proveedor
49	Desarrollo del Plan de trabajo previo a la Implementación	90 días	jue 01/05/14	vie 15/08/14	
50	Validación de requerimientos con el proveedor	7 días	jue 07/08/14	vie 15/08/14	Líder Técnico, Proveedor
51	Realizar Análisis y validación de diseño a implementar	7 días	jue 07/08/14	vie 15/08/14	Líder Técnico, Proveedor
52	Realizar Visitas técnicas (<i>site survey</i>)	15 días	lun 30/06/14	vie 18/07/14	Líder Técnico, Proveedor

CONTINÚA 

No. ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	Duración	Límite de comienzo	Límite de finalización	RECURSO HUMANO
53	Revisión de equipamiento, conexiones, diagramas de red, diagramas de equipamiento, planos de instalación	15 días	lun 28/07/14	vie 15/08/14	Líder Técnico, Proveedor
54	Estructurar ingeniería de detalle	20 días	lun 21/07/14	lun 18/08/14	Proveedor, Líder Técnico
55	Realizar mediciones de enlaces de fibra	15 días	lun 28/07/14	vie 15/08/14	Área Operación y Mantenimiento, Proveedor
56	Asignar hilos de fibra óptica de los enlaces medidos	15 días	lun 28/07/14	vie 15/08/14	Área Operación y Mantenimiento
57	Aprobación de la ingeniería de detalle	7 días	mar 29/07/14	mié 06/08/14	Líder Técnico
58	Elaboración Guía de Instalación, conexión, etiquetación	5 días	jue 07/08/14	mié 13/08/14	Proveedor
59	Elaboración Guía de Seguridad industrial	5 días	lun 11/08/14	vie 15/08/14	Proveedor
60	Aprobación del Plan de Instalación	2 días	jue 14/08/14	vie 15/08/14	Líder Técnico
61	Definición de recurso humano durante la implementación	5 días	jue 01/05/14	mié 07/05/14	Administrador de Contrato, Proveedor, Director de Proyecto
62	Aprobación del organigrama del proveedor	3 días	jue 08/05/14	lun 12/05/14	Administrador de Contrato, Director de Proyecto
63	Implementación de equipos de transmisión OTN/ASON	44 días	mar 13/05/14	vie 15/08/14	
64	Instalación de equipos de transmisión y materiales	37 días	mar 13/05/14	mié 02/07/14	Proveedor, Fiscalizadores Provinciales, Administrador de Contrato
65	Comisionamiento y configuración de equipos	40 días	lun 23/06/14	vie 15/08/14	Proveedor, Fiscalizadores Provinciales
66	Configuración de los servicios	40 días	lun 19/05/14	vie 11/07/14	Proveedor
67	Ejecución de Pruebas	69 días	lun 14/07/14	vie 15/08/14	
68	Revisión de protocolo de pruebas	7 días	mié 06/08/14	jue 14/08/14	Líder Técnico, Proveedor
69	Aprobación de protocolo de pruebas	1 día	vie 15/08/14	vie 15/08/14	Líder Técnico
70	Constatación de equipamiento en sitio	25 días	lun 14/07/14	vie 15/08/14	Fiscalizadores Provinciales, Proveedor
71	Pruebas de Aceptación de hardware local	25 días	lun 14/07/14	vie 15/08/14	Fiscalizadores Provinciales, Proveedor
72	Pruebas de Aceptación del sistema	25 días	lun 14/07/14	vie 15/08/14	Fiscalizadores Provinciales, Proveedor
73	Aprobación de Informes de aceptación de pruebas	10 días	vie 18/07/14	jue 31/07/14	Fiscalizadores Provinciales
74	Realización de Entrega provisional de la Red	11 días	vie 01/08/14	vie 15/08/14	
75	Elaborar informe técnico	7 días	jue 07/08/14	vie 15/08/14	Fiscalizadores Provinciales
76	Estructurar acta de recepción provisional	10 días	lun 04/08/14	vie 15/08/14	Administrador de Contrato, Proveedor
77	Preparar documentación para Entrega Recepción Provisional	10 días	vie 01/08/14	jue 14/08/14	Administrador de Contrato, Proveedor
78	Firma de Acta Entrega Provisional	1 día	vie 15/08/14	vie 15/08/14	Administrador de Contrato, Proveedor

CONTINÚA 

No. ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	Duración	Límite de comienzo	Límite de finalización	RECURSO HUMANO
79	FASE DE CIERRE	65 días	lun 18/08/14	vie 14/11/14	
80	Realización de Entrega Total de la Red	65 días	lun 18/08/14	vie 14/11/14	
81	Solventar pendientes menores de la red	50 días	lun 18/08/14	vie 24/10/14	Proveedor
82	Elaborar informe técnico	7 días	jue 06/11/14	vie 14/11/14	Fiscalizadores Provinciales
83	Estructurar acta de recepción provisional	10 días	lun 03/11/14	vie 14/11/14	Administrador de Contrato, Proveedor
84	Preparar documentación para Entrega Total	10 días	lun 27/10/14	vie 07/11/14	Administrador de Contrato, Proveedor
85	Firma de Acta Entrega Total de la Red	1 día	lun 10/11/14	lun 10/11/14	Administrador de Contrato, Proveedor
86	Informe de cierre de proyecto	4 días	mar 11/11/14	vie 14/11/14	Director de Proyecto

6.6.5 Desarrollo del cronograma

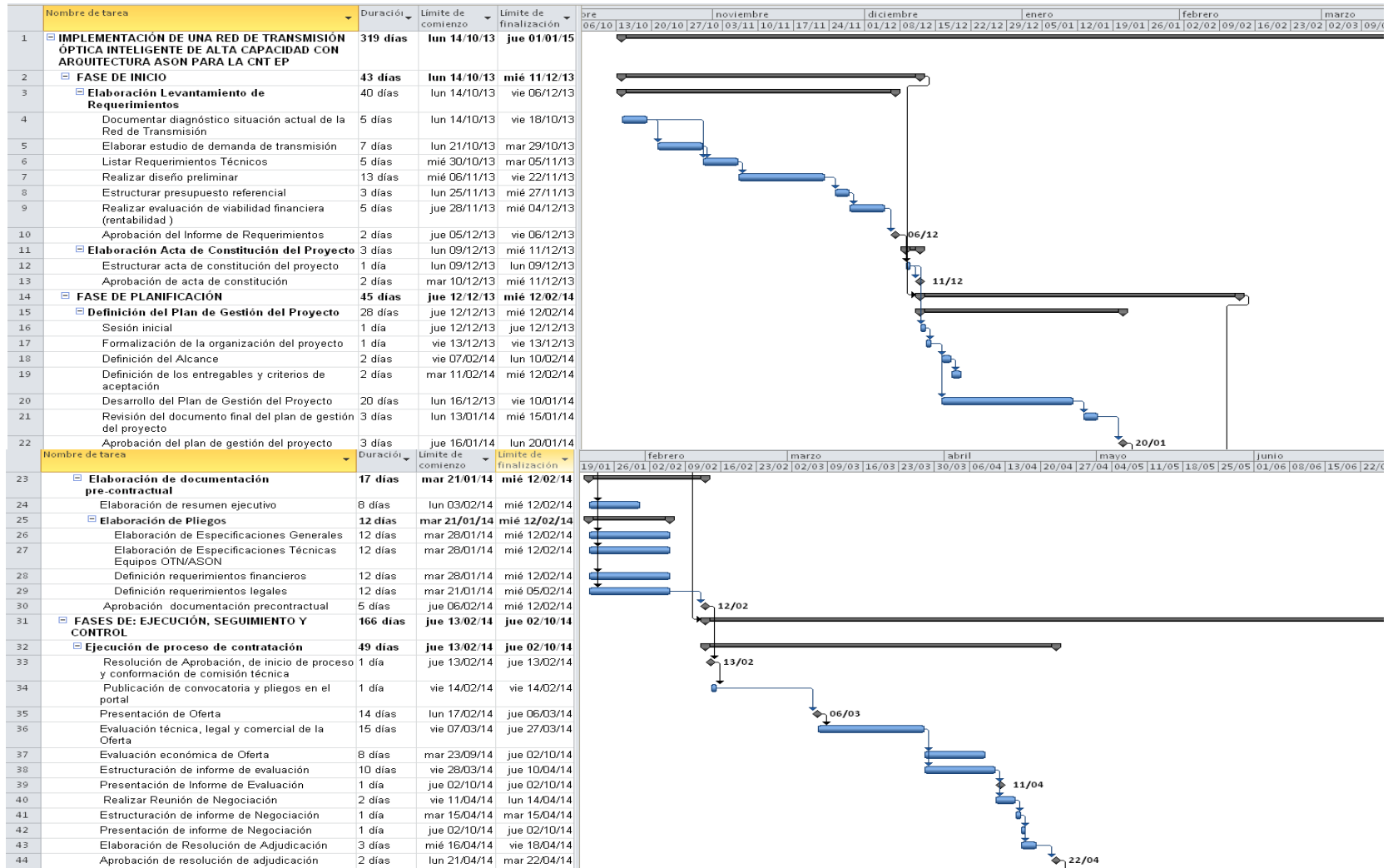
En la Figura 63 se presenta el cronograma de actividades del proyecto, en diagrama de Gantt, realizado en Microsoft Project.

6.6.5.1 Ruta Crítica

La ruta crítica corresponde al conjunto de tareas que controla las fechas de comienzo y fin calculadas para que el proyecto finalice a tiempo. Estas tareas no podrán retrasarse, ya que afectarían la fecha de fin de proyecto, sin embargo, existen tareas que tiene un margen de demora y se pueden retrasar la fecha sin afectar el proyecto. Por tanto se deberá conocer y controlar la ruta crítica del proyecto, así como los recursos asignados a cada tarea crítica, para evitar que se afecte la fecha prevista de finalización del proyecto. En la Figura 64 se muestra la Ruta Crítica del Proyecto.

6.6.5.2 Control del cronograma

El control de cronograma se realizará en base a la Línea Base del Cronograma que corresponde al cronograma consensuado con el equipo del proyecto o el cronograma original tal como fue realizado en la planificación. Este proporciona la base para medir y comparar el avance previsto en el cronograma contra el avance real; si existiera alguna desviación, se debe de tomar acciones correctivas.



CONTINÚA

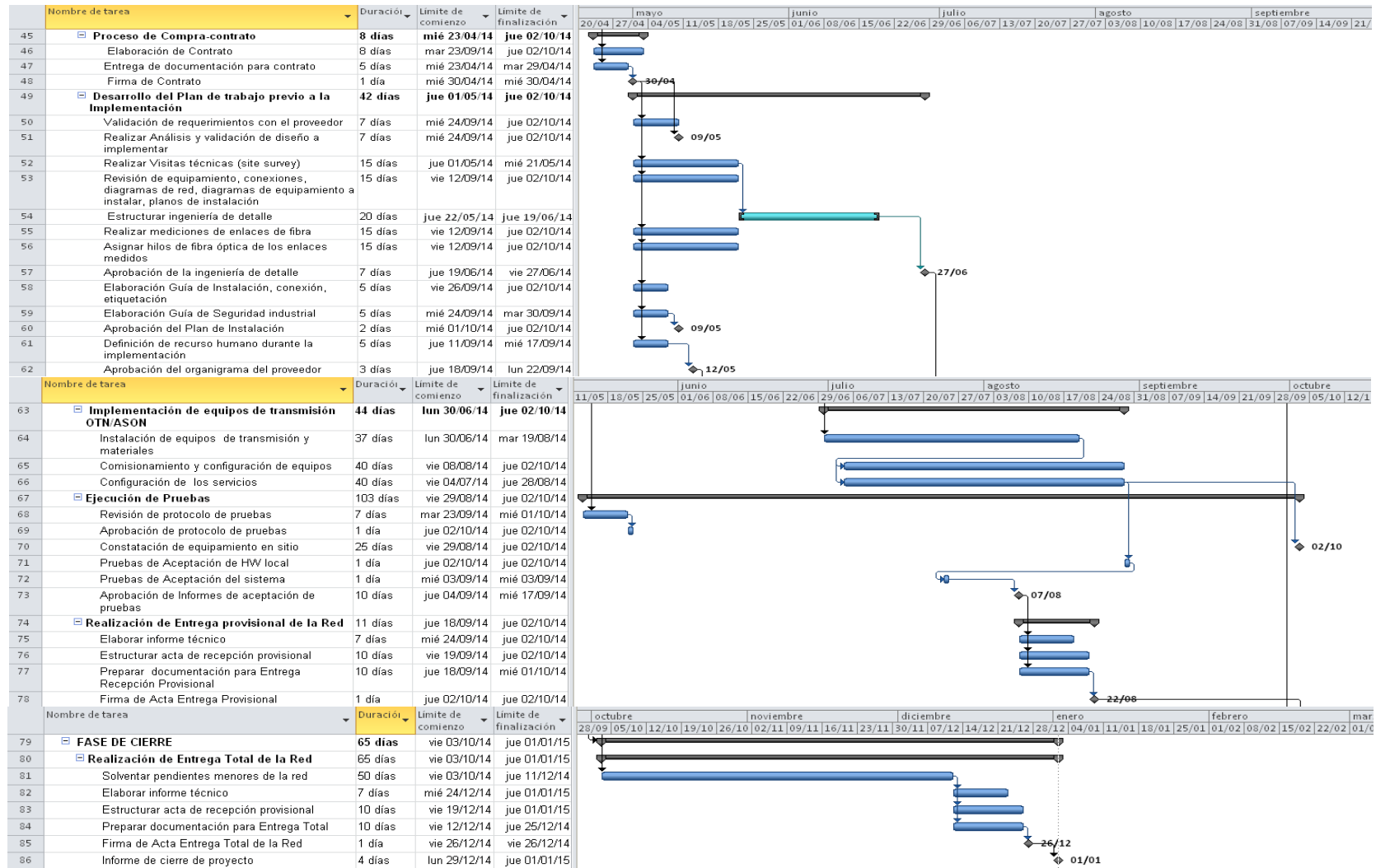


Figura 63. Cronograma del Proyecto

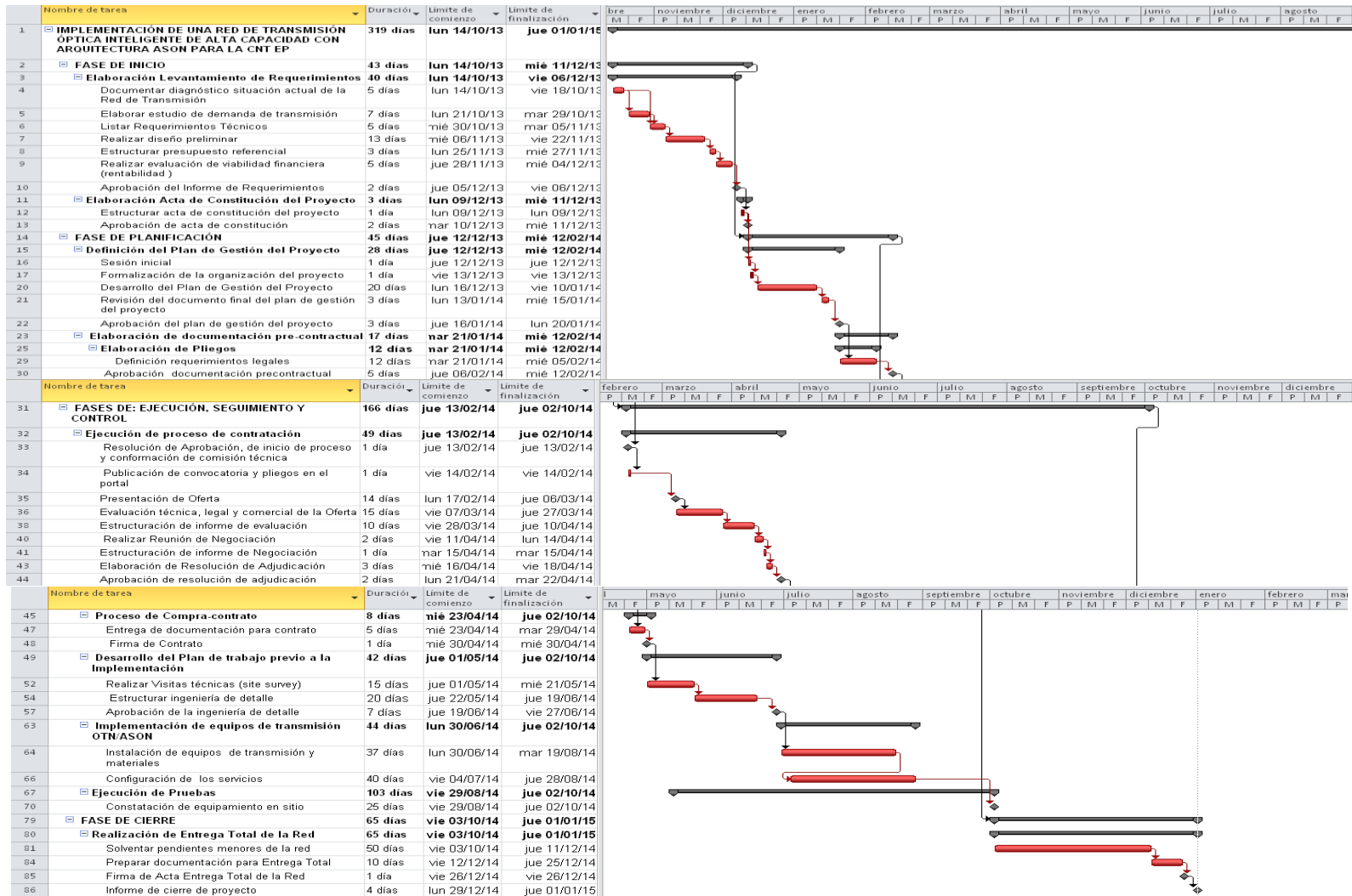


Figura 63. Ruta Crítica

6.7 Plan de Gestión de Interesados

6.7.1 Identificación de los interesados

En la Tabla 62 se identifica a todos los interesados que serían impactados por el proyecto.

Tabla 62. *Interesados del proyecto*

INTERESADOS	NECESIDADES	EXPECTATIVAS	CRITICIDAD
Gerente General	Asegurar que el proyecto cumpla con las metas estratégicas propuestas	Que el proyecto se logre implementar en forma completa, en tiempo, costo y alcance.	Alta
Gerente Nacional Técnico	Cubrir las necesidades de capacidad y disponibilidad de la red de Transmisión	Que el proyecto se logre implementar en forma completa, en tiempo, costo y alcance.	Alta
Gerente de Ingeniería	Cubrir las necesidades de capacidad y disponibilidad de la red de Transmisión	Que el proyecto se logre implementar en forma completa, en tiempo, costo y alcance.	Media
Gerente de O&M Transmisión	Disponer de la infraestructura confiable	Que el proyecto se logre implementar en forma completa en tiempo y alcance	Media
Gerente Nacional Financiero	Analizar la viabilidad financiera del proyecto	Que el proyecto sea rentable	Media
Gerencia Nacional Comercial	Disponer de la capacidad suficiente para cumplir con el crecimiento de servicios proyectado	Que el proyecto se logre implementar en forma completa en tiempo y alcance	Media
Gerente de Programa	Cumplir con los objetivos del proyecto que están relacionados con el programa a su cargo	Que el proyecto se logre implementar en forma completa, en tiempo, costo y alcance.	Media
Director del Proyecto	Ejercer un adecuado control sobre la planificación y ejecución del proyecto.	Que el proyecto se logre implementar en forma completa, en tiempo, costo y alcance.	Alta
Administrador de contrato	Contar con las herramientas necesarias para ejercer un adecuado control en la ejecución del contrato	Que el contrato se ejecute de acuerdo a los términos establecidos en el documento	Alta
Proveedor	Incrementar su cartera de clientes a través de la oferta de infraestructura tecnológica	Que el proyecto se logre implementar en forma completa, en tiempo, costo y alcance según su perspectiva.	Media

6.7.2 Gestión y control de los interesados

Para los eventuales conflictos que se presenten en el proyecto, y con mayor importancia para el administrador y director del proyecto que son los que pueden afrontar un problema legal debido a la responsabilidad que supone administrar contratos, y que pueda agravarse y llegar hasta un juicio, se deberán conservar todos los documentos y estar familiarizado con cada uno de los aspectos que afectan los escritos legales del proyecto.

Entre otros, se indica a continuación algunos aspectos principales que se debe tomar en cuenta para evitar conflictos en el proyecto, lo cuales originan disputas y demandas en proyectos de este tipo:

- Especificaciones con errores, omisiones y ambigüedades.
- Levantamiento de requerimientos técnicos incompleto
- Equipamiento implementado con características diferentes a las contratadas.
- Déficit en el cumplimiento de responsabilidades por parte de los involucrados
- del proyecto.
- Coordinación inadecuada del proyecto.

En caso de generarse algún conflicto en el proyecto es muy importante que el Administrador y el Director del proyecto cuenten con la siguiente información:

- Correspondencia de las partes en disputa: oficios, cartas, correos electrónicos.
- Informes periódicos de avance del proyecto.
- Informes de constatación física del equipamiento
- Informes de pruebas de aceptación.
- Solicitudes de pago hecho por la empresa contratista.
- Cronograma de implementación del proyecto.
- Solicitudes de cambios.
- Fotografías de avance del proyecto.
- Copia del contrato.

Puesto que los conflictos en los proyectos son inevitables, es de esperar que se presenten diferencias entre los involucrados del equipo de proyecto. Sin embargo, si bien los conflictos se caracterizan como problemas, también

pueden convertirse en situaciones positivas para mejorar las relaciones del equipo y crecer como equipo.

Existen varios métodos para el manejo de conflictos, los cuales se podrán aplicar en este proyecto: coacción, complacencia, evasión, compromiso y colaboración. Para este proyecto se deberá usar en lo posible el último método, enfocado a buscar la solución óptima del problema.

6.8 Plan de Gestión de Costo

El análisis de inversión, ingresos, costos y gastos que permiten realizar la evaluación financiera del proyecto se realizó en el capítulo 5 del presente proyecto.

6.9 Plan de Gestión de Recursos Humanos

Con el fin de lograr el mayor desempeño de las personas participantes en el proyecto, en el Plan de Gestión de Recursos Humanos se ha definido los roles y responsabilidades que le corresponden a los integrantes del grupo de trabajo del proyecto.

6.9.1 Organigrama de proyecto

La estructura organizativa del proyecto, indicada en la Figura 65, se conformó basada en la estructura organizacional de la empresa con las diferentes áreas involucradas.

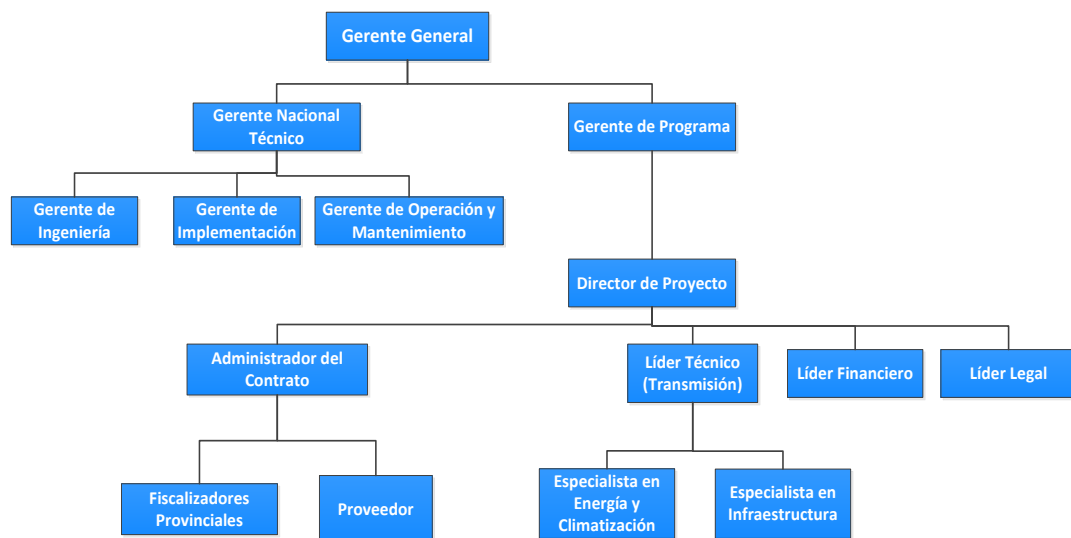


Figura 64. Organigrama del Proyecto

6.9.2 Roles y responsabilidades

Patrocinador

- Aprobar el acta de constitución y plan de gestión del proyecto.
- Aprobar el informe de Levantamiento de Requerimientos
- Aprobar la adjudicación del proceso de contratación.
- Aprobar o rechazar solicitudes de cambio del alcance sobre el proyecto que impacten en costo y tiempo.
- Revisar periódicamente los informes de avance sobre el proyecto

Gerente de Programa

- Informar al patrocinador el avance del proyecto.
- Aprobar el acta de constitución del proyecto.
- Aprobar el plan de gestión del proyecto.
- Enfocarse en el manejo de los riesgos, manejo de los cambios, o situaciones que pongan en riesgo los objetivos del programa, en

contraparte con el manejo de actividades o tareas que normalmente le toca administrar al Director de proyecto.

Gerente Nacional Técnico

- Aprobar el informe de Levantamiento de Requerimientos.
- Aprobar el acta de constitución del proyecto.
- Aprobar el plan de gestión del proyecto.
- Aprobar la documentación pre contractual referente a las especificaciones técnicas y resumen ejecutivo.
- Dar seguimiento al avance del proyecto.

Gerente de Ingeniería

- Aprobar levantamiento de requerimientos técnicos.
- Aprobar la documentación pre contractual referente a las especificaciones técnicas y resumen ejecutivo.
- Designar el recurso humano para el proyecto (líder técnico y especialistas).
- Aprobar el diseño final de la Red de Transmisión.
- Dar seguimiento al avance del proyecto.

Gerente de Implementación

- Designar el recurso humano para el proyecto (administrador de contrato y fiscalizadores).
- Dar seguimiento al avance del proyecto.
- Aprobar el informe de entrega – recepción del sistema.

Gerente de Operación y Mantenimiento

- Informar sobre la situación actual de la Red de Transmisión.

- Designar el recurso humano para el proyecto (fiscalizadores).
- Designar personal para que realice la asignación de hilos de fibra óptica para habilitar los enlaces.
- Recibir la Red de Transmisión, una vez que sea aceptada, para que empiece a operar.

Director de proyecto

- Elaborar el plan de proyecto, con un adecuado nivel de planificación.
- Dar seguimiento y control al avance de las tareas del proyecto, para el cumplimiento de los objetivos establecidos en el plan del proyecto.
- Elaborar la programación detallada del proyecto.
- Gestionar los recursos humanos, materiales, financieros entre otros, necesarios para la ejecución del proyecto.
- Liderar el equipo del proyecto.
- Mantener la comunicación directa con el proveedor, equipo de trabajo y estar pendiente de los trabajos que ejecuta e proveedor.
- Identificar, monitorear y retroalimentar de manera permanente los factores de riesgo del proyecto, las probabilidades de ocurrencia, los posibles impactos y las posibles estrategias para enfrentar los riesgos.
- Dirigir, guiar y supervisar al personal que forme parte y tenga relación directa con el proyecto.
- Controlar, evaluar y elaborar informes de los resultados obtenidos conforme con las metas y los objetivos planteados y resultados obtenidos.
- Asegurar una comunicación efectiva entre todas las áreas involucradas con el proyecto.

Administrador del contrato

- Realizar el seguimiento del avance del contrato.

- Informar periódicamente el avance del contrato al Director del Proyecto y al Gerente de Programa.
- Coordinar su trabajo con la fiscalización del contrato.
- Revisar el avance del contrato mediante reuniones periódicas con el Contratista y la Fiscalización.
- Aprobar la instalación realizada y la recepción de los servicios prestados, previo informes de fiscalización.
- Firmar actas de entrega recepción respectiva, previo informes de fiscalización.
- Velar por el cumplimiento de los términos de contratación del proyecto, durante la implementación.
- Remitir cronogramas y permisos de ingreso aprobados a las estaciones, para la instalación de los equipos.

Líder Técnico

- Realizar el estudio de factibilidad técnica del proyecto.
- Elaborar Especificaciones Técnicas y resumen ejecutivo para la adquisición de los Equipos OTN/ASON.
- Dar soporte para la evaluación de los requerimientos técnicos durante el proceso de contratación.
- Dar visto bueno a los entregables del proyecto durante la implementación de la red.
- Coordinar las actividades para realización de ingeniería de detalle.
- Revisar con el proveedor la propuesta de diseño y realizar la validación.
- Revisar y aprobar la ingeniería de detalle de cada uno de los sitios.
- Aprobar el plan o guía de instalación de los equipos a entregar.
- Aprobar la configuración de equipos y servicios en la red.
- Revisión, modificación y aprobación de los protocolos de pruebas de aceptación. El líder técnico del proyecto se asegurará que las pruebas de aceptación que se ejecuten permitan cumplir con todos los requerimientos de las especificaciones técnicas requeridas.

- Coordinar y realizar el seguimiento de la asignación de hilos de fibra óptica.
- Coordinar y realizar el seguimiento de actividades de reparación de los enlaces de fibra óptica requeridos para el proyecto.
- Elaborar informes técnicos y realizar el seguimiento que avalen los cambios técnicos dentro la ejecución del contrato.
- Reportar el avance de las tareas asignadas a su área.
- Coordinar las actividades relacionadas con la solución técnica con los fiscalizadores nacionales.

Especialistas de Energía e Infraestructura

- Colaborar con el líder técnico para revisar la disponibilidad de energía, climatización e infraestructura en las estaciones donde se instalarán los equipos de transmisión.
- Colaborar en la revisión de la guía de instalación.

Líder Financiero

- Realizar el estudio de factibilidad financiera del proyecto.
- Elaborar Especificaciones Financieras que serán parte de los pliegos para la adquisición de los Equipos OTN/ASON.
- Dar soporte para la evaluación de los requerimientos comerciales y financiera durante el proceso de contratación.

Líder Legal

- Elaborar los requerimientos legales y los pliegos de la documentación precontractual para el proceso de contratación.
- Realizar la evaluación de los requerimientos legales durante el proceso de contratación.
- Elaboración del contrato.

- Dar soporte al administrador en asuntos legales.

Fiscalizadores Provinciales

- Participar en las visitas técnicas a las estaciones involucradas en el proyecto, donde la empresa contratista realizará el levantamiento de requerimientos necesarios (espacio físico, materiales requeridos, escalerillas para cableado eléctrico, canaletas de fibra, recorridos de cables, ubicación de equipos, etc.) para una adecuada instalación. También se encargarán de realizar las revisiones y aprobaciones de los informes de dichas visitas técnicas.
- Identificar la posible existencia de errores u omisiones o ambos en forma oportuna y reportar al líder técnico y administrador del contrato..
- Supervisar y fiscalizar la instalación del equipamiento comprendido en el contrato, de acuerdo al cronograma validado, Ingeniería de Detalle y guía de instalación validada por el líder técnico de Ingeniería.
- Participar de las pruebas de aceptación conjuntamente con personal de CNT EP y de la Contratista.
- Elaborar el informe técnico de instalación de equipos, constatación física y pruebas de aceptación, poniéndolo a disposición del fiscalizador nacional para su aprobación.

Recursos Externos

En el proyecto existen recursos externos los cuales se refieren al Gerente de Proyecto por parte del Contratista y su equipo de trabajo, quienes serán los encargados de realizar la implementación de la Red de Transmisión óptica Inteligente e indicar el avance del mismo.

6.9.2.1 Matriz de responsabilidades en función de la actividad

Se ha utilizado la **matriz de la asignación de responsabilidades (RASCI)** para relacionar actividades con recursos (individuos o equipo de trabajo). De esta manera se logrará asegurar que cada uno de los componentes del alcance esté asignado a un individuo o a un equipo. Esta matriz define los roles de cada integrante (Tabla 63).

Tabla 63. Roles de la matriz de asignación responsabilidades RASCI

IDENTIFICATIVO	ROL	DESCRIPCIÓN
R	Responsable	Este rol realiza el trabajo y es responsable por su realización. Es quien debe ejecutar las actividades
A	Aprobador	Este rol se encarga de aprobar el trabajo finalizado y a partir de ese momento, se vuelve responsable por él. Es quien debe asegurar que se ejecutan las tareas.
S	Soporte	Este rol proporciona recursos adicionales para realizar el trabajo.
C	Consultado	Este rol posee alguna información o capacidad necesaria para terminar el trabajo. Se le informa y se le consulta información (comunicación bidireccional).
I	Informado	Este rol debe ser informado sobre el progreso y los resultados del trabajo. A diferencia del Consultado, la comunicación es unidireccional.

Nota: Fuente (Haughey, 2014)

En el **Anexo B** se ilustra la Matriz de Asignación de responsabilidades de acuerdo a las actividades del proyecto.

6.9.3 Adquisición del equipo de trabajo

Los miembros del equipo de trabajo se obtendrán por medio de designaciones directas de las Gerencias o jefaturas funcionales de la empresa. Se asignará al personal de acuerdo a una valoración en primera instancia de la capacidad y experiencia relacionada con los temas de transmisión, seguido de la disponibilidad del personal.

6.10 Plan de Gestión de Comunicaciones

6.10.1 Sistemas de distribución de información

Los sistemas de distribución que se usarán en la implementación del proyecto son los siguientes:

- **Correo Electrónico Corporativo:** Se utilizará para:
 - Calendarizar reuniones planificadas y no planificadas, requeridas para el desarrollo y ejecución del proyecto.
 - Realizar comunicaciones formales e informales entre los involucrados del proyecto. Se entiende por comunicaciones formales vía correo electrónico:
 - Avances del proyecto, escalamiento de problemas a gerente proyecto o gerentes funcionales o nacionales, aceptación de entregables, etc.

- **Red Corporativa:** La red corporativa se utilizará para compartir la información del proyecto como:
 - Cronograma
 - Actas de reunión
 - Informes de avance del proyecto
 - Organigrama y contactos de los integrantes del grupo de trabajo
 - Plan de fiscalización
 - Otros documentos relacionados con el proyecto

6.10.1.1 Reuniones planificadas

Las reuniones planificadas se dividen en:

- **Reuniones de Seguimiento Globales**

El equipo del proyecto comprendido por: Director de Proyecto, Administrador, Líder Técnico, y Fiscalizadores Nacionales, se reunirá cada

15 días para revisar los reportes de estado de avance, actas de reuniones, riesgos presentados y demás pendientes, conjuntamente con el proveedor, con el fin de monitorear y controlar el avance del proyecto en todos los ámbitos de acción que representa el alcance del mismo. En estas reuniones se generará un acta donde consten los acuerdos cerrados, abiertos, responsables y fechas.

- **Reuniones de líderes de Equipo**

Los líderes de equipo se reunirán para definir detalles importantes y técnicos que se deben manejar internamente con el fin de cumplir con la planificación esperada para el adecuado avance del proyecto, donde se detallará el plan de acción a seguirse con las tareas pendientes de cada uno.

6.10.1.2 Reuniones no planificadas

Durante la implementación del proyecto, se realizarán reuniones no planificadas con el fin de resolver problemas que van apareciendo, dependiendo de las necesidades que se presenten. Los motivos esenciales para realizar estas reuniones serán:

- Atender riesgos de alto impacto
- Monitoreo y respuesta de riesgos
- Resolución de conflictos

En caso de ser emergente se convocará con poca anticipación por medio de comunicación más óptimo que se considere al momento.

6.10.1.3 Políticas de manejo de información

La información del proyecto tendrá el carácter de reservado y como tal se acoge a las mismas políticas de manejo de información que mantiene la CNT EP con los empleados.

Al contratista (proveedor) involucrado en el proyecto, se exigirá firmar un acuerdo de confidencialidad previo a la entrega de información del proyecto y al inicio de las actividades de ejecución del mismo. La persona encargada de dar a conocer la información interna y externa del proyecto será el Director.

6.10.2 Matriz de comunicaciones

Se ha elaborado en la Tabla 64 la matriz de comunicaciones, que es una herramienta de gestión que contiene una descripción detallada de todos los requisitos y necesidades de información de los participantes del proyecto.

La matriz de comunicaciones está compuesta por:

- Los requerimientos de comunicación basados en los roles del proyecto.
- Quién recibe la información.
- Información que será comunicada.
- Quién lleva a cabo la comunicación.
- Medio de comunicación de la información
- Frecuencia de distribución de la información

Mediante la matriz de comunicaciones se asegurará que toda la información sobre el proyecto llegue en el momento preciso a los diferentes *stakeholders* según sus requerimientos, manteniendo a todos los involucrados en la misma línea, evitando desviaciones durante el ciclo de vida del proyecto.

Tabla 64. Matriz de comunicaciones

ROL INVOLUCRADO	INFORMACIÓN REQUERIDA	RESPONSABLE	MEDIO	FRECUENCIA
PATROCINADOR	Levantamiento de Requerimientos	Gerente de Programa	copia impresa	Fase Inicio del Proyecto
	Plan de Gestión del Proyecto		copia impresa	Fase Planificación del Proyecto
	Avance del Proyecto		reunión, copia impresa	Mensual
GERENTE DE PROGRAMA	Levantamiento de Requerimientos	Director de Proyecto	copia impresa	Fase Inicio del Proyecto
	Acta de Constitución del Proyecto		copia impresa	Fase Inicio del Proyecto
	Plan de Gestión del Proyecto		copia impresa	Fase Inicio del Proyecto
	Avance del Proyecto		correo electrónico, reunión, copia impresa	Fase Planificación del Proyecto
	Avance de ejecución del contrato		correo electrónico, reunión, copia impresa	Semanal / quincenal
	Actas de reunión		repositorio documental	Semanal / quincenal
DIRECTOR DE PROYECTO	Contrato	Administrador del contrato	copia impresa, correo electrónico	Fase Ejecución del Proyecto
	Avances de ejecución del contrato		correo electrónico, reunión, copia impresa	Semanal / quincenal
	Actas de reunión con contratista		correo electrónico, reunión, copia impresa	Semanal / quincenal
ADMINISTRADOR DE CONTRATO	Plan de Gestión del Proyecto	Director de Proyecto	correo electrónico, reunión, copia impresa	Fase Ejecución del Proyecto
	Avance de ejecución del Contrato	Fiscalizadores de Contrato		Semanal / quincenal
LÍDER TÉCNICO	Análisis de factibilidad financiera y comercial	Líder Financiero	correo electrónico, reunión	Fase Inicio del Proyecto
	Pliegos	Líder Legal	correo electrónico, reunión	Fase Planificación del Proyecto
	Avances de ejecución del contrato	Administrador del contrato	correo electrónico, reunión	Semanal / quincenal
LÍDER LEGAL	Especificaciones Técnicas y financieras	Líder Técnico/Líder Financiero	correo electrónico	Fase Planificación del Proyecto
LÍDER FINANCIERO	Análisis de requerimientos técnicos	Líder Técnico	correo electrónico, reunión	Fase Inicio del Proyecto
	Pliegos	Líder Legal	correo electrónico	Fase Planificación del Proyecto
FISCALIZADORES DE CONTRATO	Contrato	Administrador del contrato	correo electrónico, reunión, copia impresa	Semanal / quincenal
	Actas de reunión			Semanal / quincenal
EQUIPO DE TRABAJO	Actas de reunión	Director de Proyecto	correo electrónico, reunión, copia impresa	Semanal / quincenal

6.11 Plan de Gestión de Calidad

El propósito de este plan de calidad es especificar la organización, responsabilidades, procesos y procedimientos necesarios para asegurar la calidad de los productos y servicios adquiridos en este proyecto.

6.11.1 Grupo de aseguramiento de calidad

El grupo de aseguramiento de calidad estará integrado por:

- a. Director de proyecto
- b. Administradores de Contrato
- c. Líder técnico y especialistas
- d. Fiscalizadores

El grupo de aseguramiento de calidad tendrá las siguientes responsabilidades:

- a. Monitorear la documentación de ingeniería de detalle, Guía de instalación y protocolos de prueba para aceptación, asegurando que toda la documentación esté aprobada.
- b. Mensualmente presentará reportes de avance del plan de calidad
- c. Realizar reuniones de calidad con los proveedores para asegurarse que todos los bienes y servicios cumplan con los requerimientos especificados en el contrato y en el plan de calidad.
- d. Mantener el Plan de Calidad
- e. Monitorear los resultados de todas las inspecciones y auditorías de los Sistemas de Gestión de la Calidad
- f. Realizar Auditorías como parte de este Plan de Calidad.
- g. Evaluación de proveedores del Contratista (Sub contratistas).
- h. Contribuir a las reuniones de arranque de las fases del proyecto, revisiones del proyecto y manejo de riesgos.
- i. Colaborar con la preparación, documentación y difusión de las lecciones aprendidas del proyecto.

6.11.2 Control de calidad

En el **Anexo C** se ilustra la plantilla del Plan de Gestión de Calidad del proyecto, en la cual se definen los responsables, procedimientos, criterios de aceptación, registro y recursos o información, para controlar las actividades asociadas con la calidad.

6.12 Plan de Gestión de Riesgos

El proceso de Registro/Evaluación/Respuesta al riesgo, es usado cuando se identifica un riesgo. El registro de riesgos y planes de contingencia se usa cuando el riesgo ha sido evaluado. La intención es documentar la totalidad del riesgo, evaluar su impacto y planificar las respuestas.

6.12.1 Registro y seguimiento de riesgos

Una vez que se ha identificado un posible riesgo, este es registrado en el formulario de Registro y Seguimiento de los Riesgos para su documentación, análisis, evaluación, respuesta y seguimiento.

6.12.2 Evaluación del riesgo

Una vez que el riesgo se ha detectado, el Director del Proyecto y el equipo del proyecto deben evaluar su impacto (costo, cronograma, alcance, etc.) y su probabilidad de ocurrencia. Con estos valores se debe calcular el valor global del riesgo. El Director del Proyecto, deberá clasificar por escrito el riesgo como Alto, Medio o Bajo y deben designar la estrategia de la respuesta al riesgo a seguir: Mitigar, Eliminar, Evitar, Explotar, Aceptar o Transferir.

Para realizar la evaluación del riesgo, se usará una **Matriz de Probabilidad e Impacto** que ayudará a priorizar los riesgos:

Tabla 65. *Matriz de Probabilidad e Impacto*

PROBABILIDAD \ IMPACTO	IMPACTO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
BAJA	BAJO	MEDIO	MEDIO
MEDIA	MEDIO	MEDIO	ALTO
ALTA	MEDIO	ALTO	ALTO

6.12.3 Plan de Acción

Cuando se identifica un riesgo que pueda impactar al proyecto en gran magnitud, el Director del Proyecto en conjunto con su equipo de proyecto deberá elaborar un plan de acción para los riesgos con impactos críticos. Este plan debe detallar las acciones, los responsables de tomar esas acciones y cuándo deben tomarse. El plan de acción se debe distribuir entre los miembros del equipo de proyecto y los responsables de tomar las acciones. Es responsabilidad del equipo de proyecto comunicar la aparición de estos riesgos para que el Director del Proyecto analice el riesgo, y de ser crítico, elabore el plan de contingencia.

6.12.4 Respuesta al riesgo

Dependiendo de la estrategia seleccionada, el Director del Proyecto debe preparar la respuesta al riesgo, estimar los recursos requeridos (recursos humanos, tiempo), designar las personas responsables, definir las actividades a ejecutar y definir cuándo se debe activar la respuesta.

El Director del Proyecto y el Gerente de Programa deben preparar los documentos de control del riesgo que deben ser discutidos en las reuniones de avance. Dependiendo de su impacto, la respuesta al riesgo debe ser ejecutada cuando no afecte los tiempos y costos de la entrega del proyecto. Cuando la respuesta al riesgo afecta los costos y/o tiempos de la entrega, su implantación debe ser negociada como un cambio en el alcance del proyecto. Dependiendo de la magnitud de la respuesta al riesgo, se puede

generar una Solicitud de Cambio de Alcance. En estos casos, estos cambios deben ser aprobados en las reuniones de avance del proyecto.

En el **Anexo D** se muestra el plan de Registro y Seguimiento de los Riesgos del presente proyecto.

6.13 Plan de Gestión de las Adquisiciones

6.13.1 Planificación de las adquisiciones

El Plan de Adquisiciones permitirá identificar la cantidad y tipo de procedimientos de adquisiciones, contrataciones y/o actividades con financiamiento total o parcial de CNT EP contempladas para ejecutar durante el período del proyecto, y ayudará a identificar avances y desviaciones de lo programado versus lo ejecutado para seguimiento del mismo.

6.13.1.1 Inicio del plan de adquisiciones

La fuente de información para preparar el plan de adquisiciones es el plan de proyecto. En este punto, se recopila una lista de los requerimientos de bienes, servicios u obras. Una de las consideraciones a tomar es la fecha cuando los bienes, servicios y obras son requeridos. La solicitud de adquisiciones incluirá:

- Nombre del bien o servicio
- Descripción de los bienes, servicios y obras requeridas
- Cantidad a adquirir
- Justificación
- Plazo requerido
- Presupuesto

En la Tabla 66 se ilustra la solicitud del Plan de Adquisiciones.

Tabla 66. Solicitud del Plan de Adquisiciones

PLAN DE ADQUISICIONES						
NOMBRE DEL PROYECTO:			GERENTE DE PROGRAMA:			
DIRECTOR DE PROYECTO:						
NOMBRE DEL BIEN, OBRA o SERVICIO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	FECHA PARA LA CUAL DEBE CONTRARSE EL BIEN, OBRA o SERVICIO	PRESUPUESTO PROYECTADO	
1	1	Implementación de una Red de Transmisión Óptica Inteligente de Alta Capacidad con arquitectura ASON	Instalación de equipamiento de tecnología OTN/ASON, configuración y puesta en funcionamiento de la Red de Transmisión Óptica Inteligente de Alta Capacidad con arquitectura ASON a nivel Nacional para formar el Backbone de Transmisión de CNT EP	Mejorar la disponibilidad y contar con una red de alta capacidad, para la provisión de servicios de clientes internos y externos.	Se coloca la fecha estimada en el cronograma	\$ 9.829.702,82
TOTAL:						
ELABORACIÓN Y APROBACIÓN						
ELABORADO POR (DIRECTOR DE PROYECTO):				FECHA:		
APROBADO POR (GERENTE DE ÁREA):						

6.13.1.2 Tipo de adquisición o contratación

Basados en la Guía del PMBOK (PMI, 2009), para el presente proyecto se considera el “**Contrato de Precio Fijo Cerrado**” o llave en mano. El precio de los bienes y servicios se fijará al comienzo y no se alterará, salvo exista un cambio en el alcance, puesto que en el caso de este proyecto, existirá una etapa de negociación previa a la adjudicación, el precio se fijará luego de esta etapa.

De acuerdo a las diferentes modalidades de contratación establecidas en la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública del Ecuador, se elige la modalidad de **Régimen Especial- Contratación Directa**, considerando el tipo de equipamiento que fue analizado y seleccionado en el numeral 4.3.4 del Capítulo 4.

- Elaboración de pliegos

Una vez aprobada la solicitud de adquisiciones, presupuesto disponible y especificaciones técnicas, se debe elaborar los pliegos, que constituye un documento con los requerimientos técnicos (indicados en el numeral 4.2 del Capítulo 4), comerciales, financieros y legales, así como se especifican condiciones, responsabilidades y obligaciones de cada una de las partes contratantes y sus competencias en los campos de actuación respectivos.

Este documento se realizará en base al método de adquisición o contrato que se decidió para adquirir los bienes, y servicios, el cual estará en concordancia con el plan de adquisiciones.

6.13.2 Efectuar las adquisiciones

6.13.2.1 Proceso de oferta- documentos de la adquisición

Una vez que se selecciona el tipo de contrato y se ha elaborado los pliegos, se procederá a la invitación del proveedor, solicitando su propuesta

(*RFP Request for proposal*), basado en los requerimientos, condiciones, responsabilidades y obligaciones indicados en los pliegos.

Cuando el proyecto entra en su fase de ejecución, se designa una comisión técnica para la evaluación de la oferta.

6.13.2.2 Evaluación de la oferta

En esta etapa se realizará la evaluación de la propuesta entregada por el proveedor, con el fin de verificar los cumplimientos técnicos, legales, comerciales y financieros solicitados en los pliegos.

Inicialmente se realiza la evaluación técnica y legal, y una vez que cumpla con todos los requerimientos, se procede a la evaluación económica.

Antes de realizar la adjudicación, la Comisión Técnica podrá recomendar al Gerente General, la negociación, con el fin de obtener las mejores condiciones técnicas o económicas para la CNT EP.

6.13.2.3 Elaboración del contrato

Con los resultados de la negociación, se procede a realizar la Resolución de Adjudicación y posteriormente a elaborar el contrato, el cual será firmado por las partes involucrada.

6.13.3 Administrar las adquisiciones

Durante la etapa de Ejecución y Seguimiento y Control del Proyecto, el Administrador de contrato, director de proyecto, y el equipo de trabajo, verificarán que los entregables del proyecto estén en concordancia con los términos contractuales, así como también se evaluará el desempeño del proveedor verificando si cumplió con el alcance, calidad y cronograma del

proyecto, teniendo como respaldo de los planes de gestión de alcance, calidad y tiempo.

6.13.4 Entrega de la red y cierre de las adquisiciones

La entrega de la red se realizará en dos partes:

- Entrega Recepción Provisional de la Red
- Entrega Recepción Total de la Red

- *Entrega recepción provisional de la red*

Para llevar a cabo la firma del acta de recepción provisional de la red, se establece el siguiente procedimiento:

- a. Una vez cerrados y firmados todos los entregables del proyecto, el Director realiza una solicitud de revisión final de entregables a los miembros del Equipo del Proyecto.
- b. El Equipo de trabajo realiza una verificación final de la aceptación de todos los entregables y de todos sus criterios de aceptación, revisando que solo existan pendientes menores que no afecten la operación de la red.
- c. El administrador del contrato solicita a los fiscalizadores nacionales un informe técnico. Este informe contiene antecedentes, resumen de instalación de equipos, resumen de las pruebas, constatación física, listado de pendientes, documentación entregada, estado de funcionamiento de equipos, conclusiones y recomendaciones.
- d. El administrador de contrato elabora un acta que será documento habilitante para la entrega recepción provisional de la red, una vez que se haya culminado y aceptado las pruebas en la red y verificado la aceptación de entregables. El acta de entrega recepción provisional debe contener los antecedentes, condiciones generales de ejecución, condiciones operativas, liquidación económica, liquidación de plazos, constancia de la recepción, cumplimiento de las obligaciones

contractuales, pagos efectuados o pendientes, y cualquier otra circunstancia que se estime necesaria..

- e. Finalmente, se procede a la firma del acta de aceptación del proyecto, entre al administrador y el proveedor.

- ***Entrega recepción total de la red***

Para llevar a cabo el cierre del proyecto y la firma del acta de recepción total de la red, se establece el siguiente procedimiento:

- a. El administrador solicita al proveedor que solvante los pendientes menores que quedaron en la red.
- b. Una vez solventado la totalidad de pendientes, el proveedor solicita al administrador la firma del acta de recepción total de la red.
- c. El administrador del contrato solicita a los fiscalizadores nacionales un informe técnico acerca de la solución de la totalidad de los pendientes menores.
- d. El administrador de contrato elabora un acta que será documento habilitante para la entrega recepción total de la red. El acta de entrega recepción total debe contener los antecedentes, resumen de pendientes solucionados, condiciones generales de ejecución, condiciones operativas, liquidación económica, liquidación de plazos, constancia de la recepción, cumplimiento de las obligaciones contractuales, pagos efectuados o pendientes, y cualquier otra circunstancia que se estime necesaria.
- f. Se firma del acta de aceptación final del proyecto, entre al administrador y el proveedor.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- Las Redes de Transmisión actuales tienen un porcentaje alto de ocupación que no soportarán las demandas de servicios futuros, basado en la proyección de clientes entre los años 2013 y 2017.
- La falta de capacidad y topología de las Redes de Transmisión actuales han hecho que varios servicios de transmisión se creen sin protección, haciendo vulnerable a la red en caso de fallas en los enlaces.
- La tecnología DWDM actual pierde un 75% del ancho de banda de los canales de 10 Gbps cuando la transmisión de servicios es de 2.5G o 1GbE, respectivamente, por lo que se desaprovecha el ancho de banda dentro de la red. Esto se debe a que en la misma tarjeta física se encuentra el puerto del lado cliente y el puerto del lado de línea DWDM. En este esquema no es posible hacer combinar los servicios de diferentes tarjetas en una misma longitud de onda, por tanto, la red es estática y cualquier cambio de servicio involucra una nueva inversión de todo el transpondedor.
- La disponibilidad mensual de la Red de Transmisión Actual oscila entre el 95,75% y el 98,89% lo que constituye un valor bajo al tratarse de un *backbone* de transmisión a nivel nacional.
- El estudio de la capacidad de transmisión futura se efectuó en función a la demanda de internet proyectada que es la más significativa en consumo de recursos de la red de transmisión de la CNT EP.
- Del estudio realizado, la demanda de internet fijo calculada para la proyección de clientes de la CNT EP hasta el año 2017 es de 210,53

Gbps y la demanda de internet móvil es de 35,35 Gbps, resultando una demanda total de internet de 245,88 Gbps.

- Del análisis de demanda de internet calculada por provincia, se determinó la capacidad de transmisión requerida para cada equipo de distribución de la Red IP/MPLS, que son los encargados de enrutar el tráfico de internet de los clientes de cada provincia.
- Del estudio realizado de la demanda de internet calculada por provincia, se determinó que la capacidad requerida hasta el año 2017 para el *core* de la Red IP/MPLS formado por los equipos de Iñaquito-Mariscal-Ambato-Guayaquil Centro-Pascuales es de 101,988 Gbps, mientras que la capacidad para el *core* de la Red IP/MPLS formado por los equipos Guayaquil Centro-Ambato-Cuenca es de 30,088 Gbps.
- La implementación de una red de Transmisión Óptica Inteligente permitirá soportar la demanda de tráfico calculada garantizando una alta disponibilidad, soportada en una topología en malla y con la utilización de mecanismos de protección y restauración basados en la arquitectura ASON.
- Para el soporte de la Red de Backbone de Internet, cuyos equipos están en Iñaquito y Guayaquil Centro, la Red de Transmisión diseñada está compuesta de enlaces STM-16 y enlaces de 10 GE, con una capacidad total de 245 Gbps, los cuales fueron divididos para las diferentes salidas internacionales en Salinas, Emergia y Tulcán.
- Para los enlaces de core de la Red IP/MPLS se estableció en el diseño de la Red de Transmisión, servicios con capacidades de 10 Gbps (10 Gigabit Ethernet), mientras que para los enlaces de los equipos de distribución de la Red IP/MPLS se incluyó enlaces de 1 Gbps (Gigabit

Ethernet) para sitios donde la demanda calculada fue menor a 4 Gbps, y enlaces de 10 Gbps donde la demanda calculada fue mayor a 4 Gbps.

- Los equipos seleccionados permitirán integrar la Red DWDM Sur, ya que disponen de similares características al ser del mismo proveedor, y así formar una red en malla y proveer protección a los servicios actuales y futuros que cursan por dicha red.
- Para cumplir con la demanda de internet proyectada hasta el año 2017, la Red de Transmisión Óptica Inteligente diseñada contempla 115 servicios ASON en configuración Protección Permanente 1+1 más restauración, con el fin de soportar 2 cortes de fibra.
- Por medio de la inteligencia proporcionada por el plano de control ASON y la topología en malla, el diseño de la red garantizará la protección permanente 1+1 ante 2 cortes de fibra, conmutando al camino de protección en un tiempo menor o igual a 50 ms en caso de una falla, y activando la restauración (otro camino) desde el origen al destino, para asegurar que el servicio esté siempre provisto de protección 1+1. Si la ruta de protección falla, la restauración se activará, con el fin de soportar los dos cortes, sin embargo, al estar configurado con protección 1+1 permanente, y si existe recursos disponibles de la red, se creará otro camino de protección. De esta manera, mientras existan recursos disponibles en la red, el servicio seguirá conmutando a la nueva ruta de restauración en caso de una nueva falla; en otras palabras, podrá soportar más de 2 cortes en la red.
- La Red Óptica Inteligente OTN con arquitectura ASON permite que el ancho de banda disponible de los canales DWDM sean utilizados como canales de restauración de los servicios, en caso de fallas en la red.

- Con la nueva red se eliminará sustancialmente la intervención humana en los equipos puesto que con la implementación del plano de control la red dispondrá de una inteligencia que permitirá minimizar los riesgos de pérdida de tráfico al definir automáticamente una línea de trabajo con mejores condiciones y eliminar el riesgo de corte de tráfico cuando ocurra una falla en la red.
- Mediante la simulación de eventos de fallas en los enlaces de la red diseñada, con la herramienta de planeación MDS6600, se obtuvo un porcentaje de 0% de servicios afectados, de un total de 115 servicios, cuando se produce un (1) evento de corte de fibra en la red y cuando ocurra dos (2) eventos de corte de fibra en cualquier parte de la red que no corresponda a enlaces adyacentes a un nodo de dos direcciones, es decir, la supervivencia de la red en estos casos es del 100%.
- Solamente en los sitios que tienen 2 direcciones, no es posible asegurar la supervivencia del servicio ante 2 cortes adyacentes y seguidos al nodo, lo cual ocurre en un 0.24%, en este caso la supervivencia de la red queda garantizada para un 99.76%; es decir de las 4556 combinaciones de fallas (2 cortes de fibra), existe un promedio de 0,24% de servicios afectados.
- La inversión que deberá realizarse para la implementación de la Red de Transmisión Óptica Inteligente es de \$ 9'829.702,82, la cual incluye la integración de la Red DWDM Sur actual y habilitación de servicios y protección en dicha red, de acuerdo a las demandas calculadas.
- De la evaluación financiera realizada para la implementación del proyecto se obtuvo un Valor Actual Neto positivo de \$ 444.151,03 en 5 años de horizonte del proyecto, y la recuperación de la inversión y de los costos operacionales se conseguirá a los 4 años de implementada la

Red de Transmisión Óptica Inteligente, por lo que se concluye que el proyecto es rentable.

- Conforme a los resultados obtenidos en la evaluación financiera, la Tasa Interna de Retorno obtenida es de 18,06% la cual es superior a la tasa mínima requerida de la CNT EP, que es de 16,50%, por lo tanto, se justifica la viabilidad financiera del proyecto.

- Crear un plan de gestión para los proyectos de transmisión, considerando la metodología de gestión o gerenciamiento de proyectos, permitirá:
 - Asegurar que el producto resultado del proyecto esté claramente definido y acordado por todas las partes implicadas.
 - Permitir que los objetivos del proyecto estén claramente definidos e integrados perfectamente dentro de los objetivos empresariales de la organización.
 - Facilitar el que la responsabilidad de cada parte del proyecto está perfectamente clara, asignada y acordada.
 - Fomentar la utilización de buenas técnicas de planificación y realización de estimaciones más precisas.
 - Dar confianza al demostrar un control visible.
 - Obtener menores desviaciones en tiempo, costo, alcance y calidad.
 - Optimizar la capacidad interna de ejecución de los recursos humanos, materiales y de tiempo.

7.2 Recomendaciones

- Para el diseño de Redes de Transmisión Ópticas que constituyen el *Backbone* Nacional, se recomienda diseñar una red en topología en malla con el fin de disponer varias rutas para la restauración de los servicios y así garantizar una alta disponibilidad.

- Se recomienda implementar la Red de Transmisión Inteligente OTN con arquitectura ASON por cuanto la tecnología OTN permite acoplar diversos servicios de diferentes capacidades dentro de los canales DWDM de acuerdo las necesidades del tráfico, sin desaprovechar el ancho de banda dentro de la red, como sucede con la Red DWDM actual.
- Se recomienda implementar esta red con el objetivo de soportar las demandas de servicios futuros y lograr una alta disponibilidad de la red de CNT EP para disminuir los costos operacionales y minimizar la deserción de clientes.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

Alcatel. (2011). *1830 Photonic Service Switch 36/32/16 (PSS-36/PSS 32/PSS-16)*. Estados Unidos.

Huawei. (2011). *OptiX OSN 8800 T64/T32 Intelligent Optical Transport Platform*. Shemzhen, China.

Lledó, P. (2013). *Director de Proyecto*. Canadá: Trafford Publishing.

PMI. (2009). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Estados Unidos: PMI Publications.

TESIS

Palacios, A. (Noviembre de 2011). Diseño de una Red de Transmisión Óptica Inteligente para el sur del Perú, utilizando tecnología ASON/GMPLS. *Proyecto de Titulación, Pontificia Universidad Católica de Perú*. Lima, Perú.

Rodríguez, E., & Sandoval, C. (2010). Estudio de las redes ASON e integración con el protocolo GMPLS (Generalized Multiprotocol Label Switching) y diseño de la red wan (ason) entre la matriz, intendencia norte y estaciones técnicas de la SUPERTEL en la ciudad de Quito. *Proyecto de Titulación, Escuela Politécnica Nacional*. Quito, Ecuador.

Vásquez, D. (2009). Estudio de redes de transporte Óptico (OTN), como plataforma para redes multiservicios. *Proyecto de Titulación, Escuela Politécnica Nacional*. Quito, Ecuador.

RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EN LÍNEA

- Activa Internet. (2013). Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA). Obtenido de <http://www.activait.com/es/public/corporate.sla.asp>
- Aponte, A., & Cardozo, J. (Marzo de 2006). *Sistemas de telecomunicaciones. Concepto de IP en las nuevas redes Integradas*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos33/telecomunicaciones/telecomunicaciones.shtml>
- Díaz, B., & Jiménez, M. (2010). *Estudio de la Conmutación de Longitudes de Onda para Multiprotocolo (MPλS) en Redes ASON (Automatically Switched Optical Network)*. Obtenido de http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/1007/2/Beatriz_D%C3%ADaz.pdf
- ECI Telecom. (2011). *XDM-1000 All Native Packet Optical*. Obtenido de <ftp://ftp.rtc.kz/xdm-1000.pdf>
- Haughey, D. (2014). *RACI Matrix*. Obtenido de <http://www.projectsmart.co.uk/raci-matrix.php>
- Infinera. (2013). *DTN-X: Multi-Terabit Packet Optical Transport Network (P-OTN) Platform*. Obtenido de http://www.infinera.com/pdfs/dtn/infinera_dtn_brochure.pdf
- Kasahara, H., Nishikido, J., Oda, K., Onishi, K., & Kajiyama, Y. (2014). *Network Core Technologies for a Next Generation Network*. Obtenido de <https://www.ntt-review.jp/archive/ntttechnical.php?contents=ntr200706sf2.html>
- Tellabs. (2013). *Tellabs 7100 Optical Transport System: Fully Integrated Transport and Services Delivery Platform*. Obtenido de <http://www.tellabs.com/products/7000/tlab7100ots.pdf>
- Telnet Redes Inteligentes. (Noviembre de 2009). *Fibra óptica para NGN - Dispersión Cromática y PMD*. Obtenido de http://www.telnet-ri.es/fileadmin/user_upload/preventa/presentaciones/whitepaper%20-Fibra%20optica%20para%20NGN-dispersion%20cromatica%20y%20PMD-Telnet-RI%20-%20ES.pdf

RECOMENDACIONES

- G.652 ITU-T Recommendation. (Noviembre de 2009). *Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks/ Transmission media and optical systems characteristics – Optical fibre cables "Characteristics of a single-mode optical fibre and cable"*.
- G.655 ITU-T Recommendation. (Noviembre de 2009). *Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks/ Transmission media and optical systems characteristics – Optical fibre cables "Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable"*.
- G.663 ITU-T Recommendation. (Abril de 2011). *Series G: Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks/ Transmission media and optical systems characteristics- Characteristics of optical components and subsystems "Application-related aspects of optical amplifier devices and subsystems"*.
- G.694.1 ITU-T Recommendation. (Febrero de 2012). *Series G: Transmission Systems and Media Digital Systems and Networks/ Transmission media and optical systems characteristics " Characteristics of optical systems Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid"*.
- G.709 UIT-T Recommendation. (Febrero de 2012). *Series G: Transmission Systems and Media Digital Systems and Networks/ Digital terminal equipments – General "Interfaces for the optical transport network"*.