

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE INGENIERÍA
PARA LA MIGRACIÓN DE LOS ANILLOS 6 Y 7 ALCATEL
DE LA REGIÓN LOS ANDES**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Quispe Z. Juan S.
Para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2016

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE INGENIERÍA
PARA LA MIGRACIÓN DE LOS ANILLOS 6 Y 7 ALCATEL
DE LA REGIÓN LOS ANDES**

Prof. Guía: Ing. Rashmir Orellana
Tutor Industrial: Leonardo Gómez

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Quispe Z. Juan S.
Para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2016

RECONOCIMIENTO Y AGRADECIMIENTO

Principalmente a la Universidad Central de Venezuela (U.C.V.) por brindarme esta oportunidad así como a mí, a muchos jóvenes que quieren contribuir con el desarrollo del país y la sociedad.

Agradecer a la profesora Rashmir Orellana por su apoyo y enseñanzas, así como a todos los profesores y jefes de departamentos de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería.

Al Ing. Leonardo Gómez y a la empresa STARTEL C.A. por brindarme la oportunidad de poder realizar este Trabajo Especial de Grado. A los compañeros que ahí laboran por su buena comunicación y apoyo.

Sin olvidar a los amigos y compañeros de estudios, así como a mi familia, sin su apoyo, cariño y amistad, esto nunca habría sido posible, a ustedes se lo debo.


CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 29 de abril de 2016


Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Juan S. Quispe Z., titulado:

“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE INGENIERÍA PARA LA MIGRACIÓN DE LOS ANILLOS 6 Y 7 ALCATEL DE LA REGIÓN LOS ANDES”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Luis Fernández
Jurado


Prof. Igor Arias
Jurado


Prof. Rashmir Orellana
Prof. Guía

DEDICATORIA

A toda mi familia, en especial a mi padre Juan Quispe, a mi madre Isabel Zambrana, a mis hermanos Richard y Edwin Quispe, que fueron mi soporte y apoyo durante la culminación de la carrera.

Juan Santiago Quispe Zambrana

Juan S Quispe Z

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE INGENIERÍA
PARA LA MIGRACIÓN DE LOS ANILLOS 6 Y 7 ALCATEL
DE LA REGIÓN LOS ANDES**

**Prof. Guía: Ing. Rashmir Orellana. Tutor Industrial: Ing. Leonardo Gómez.
Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.
Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Telecomunicaciones STARTEL
(Gerencia de Operaciones). Septiembre 2014 – Febrero 2015.**

Palabras Claves: Diseño de Ingeniería, Estudio de Factibilidad, Migración de Servicios, SDH.

Resumen. Con el transcurso del tiempo, las redes SDH se han convertido en la tecnología de mayor importancia para las redes digitales de transmisión, ya que éstas se caracterizan por permitir el crecimiento de clientes a medida de la demanda del servicio que ofrece; esto sucede gracias a la permanente actualización de las redes digitales. De este modo, CANTV (Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela) ha decidido modernizar sus redes de transmisión, motivados por la obsolescencia de los equipos que actualmente operan y por la falta de suministro de repuestos por parte de los proveedores, como consecuencia de esto, existen problemas técnicos con el soporte y gestión de los servicios. En atención a la problemática expuesta anteriormente, y para efectos de este Trabajo Especial de Grado, CANTV ha solicitado la migración de los servicios pertenecientes al Anillo 6 y 7 ALCATEL de la Región Los Andes con la finalidad de optimizar las redes en funcionamiento. La migración consiste en llevar los servicios cursados a través de los equipos ALCATEL de 2.5 Gb/s a una mayor capacidad de 10 Gb/s, se propone como solución por parte del cliente usar los servicios que ofrece el equipo HUAWEI OSN3500. Para ello, la empresa Telecomunicaciones STARTEL, C.A. se encarga de realizar la ingeniería de detalle que es el producto de diferentes análisis de las estaciones involucradas con el propósito de realizar la futura migración.

INDICE GENERAL

Constancia de Aprobación	iv
Dedicatoria	v
Resumen	vi
Lista de Figuras	ix
Lista de Imágenes	x
Lista de Tablas	xi
Acrónimos	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema	4
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3 Alcance	6
1.4 Justificación	7
1.5 Limitaciones	8
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	
2.1 Medios de Transmisión Guiados	9
2.1.1 Par Trenzado sin blindaje	9
2.1.2 Par Trenzado Blindado	10
2.1.3 Cable Coaxial	11
2.1.4 La Fibra Óptica	12
2.1.5 Fibra Monomodo	12
2.2 Fundamentos básicos de PDH y SDH	15
2.3 Gestión SDH	21
2.4 Sincronismo SDH	23
2.5 Multiplexores Huawei	24
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE TRABAJO	
3.1 Metodología	27
3.1.1 Levantamiento de Información	27
3.1.2 Supervisión y visitas a los nodos CANTV	29
3.1.3 Comparación de información	29
3.1.4 Verificación de Datos	31
3.1.5 Elaboración del informe de Factibilidad y Diseño de Ingeniería	31

CAPÍTULO IV

RED ACTUAL DE EQUIPOS ADD/DROP MULTIPLEXER ALCATEL EN LOS ANILLOS 6 Y 7 CANTV DE LA REGION LOS ANDES

4.1 Arquitectura de red Anillos 6 y 7 CANTV región Los Andes	32
4.2 Red de Transporte	34
4.3 Topología tipo Anillo Mixto	36
4.4 Equipos Add/Drop Multiplexer Alcatel actualmente en gestión	36
4.5 Equipo ALCATEL 1664SM	37
4.5.1 Bits dedicados	39
4.5.2 Configuración utilizada	39
4.5.3 Protección del anillo	40
4.6 Equipo ALCATEL 1641SM	42
4.6.1 Transmisión y Recepción	44
4.6.2 Especificaciones Técnicas	44
4.7 Concepto SDH aplicado para los Tributarios finales	45
4.8 Formación de tramas	46
4.9 Equipo Optix OSN3500 HUAWEI a instalar	48

CAPÍTULO V

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

5.1 Recopilación de información en los gestores de CANTV	51
5.2 Matriz de tráfico sobre información SISE Anillos 6 y 7 Alcatel	51
5.3 Visitas a los nodos	52

CAPÍTULO VI

SOLUCIÓN AL PROBLEMA

6.1 Solución General	54
6.2 Consideraciones generales para instalación de equipos Optix Huawei OSN3500	54
6.3 Consideraciones generales para la configuración de equipos Optix Huawei OSN3500 en el T2000 Huawei SNMS for Transmission Network	57

CAPÍTULO VII

VISITAS A LOS NODOS

7.1 Estación San Cristóbal	82
7.1.1 Verificación del estatus en los enlaces actuales de los equipos 1664 / 1641 ALCATEL	86
7.1.2 Resultados de medición de señal en los E1's pertenecientes al Rack DDF	87
7.1.3 Ubicación del equipo Optix Huawei OSN3500	88
7.2 Estación San Juan de Colón	91
7.2.1 Resultados de medición de señal en los E1's pertenecientes al Rack DDF	93

7.3 Estación La Fría	96
7.3.1 Resultados de medición de señal en los E1's pertenecientes al Rack DDF	98
7.4 Levantamiento de Información	101
7.5 Verificación de Datos	103
CAPITULO VIII	
INFORME DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE INGENIERÍA	
8.1 INFORMACIÓN GENERAL	109
8.2 INFORME DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE INGENIERÍA	110
8.2.1 Introducción	110
8.2.2 Alcance	110
8.2.3 Situación Actual del Proyecto	110
8.2.4 Matriz de Información	110
8.2.5 Propuesta de Migración	111
8.2.6 Plan de Procura	111
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
ANEXOS	118
PLANO N°1 SALA DE TRANSMISIÓN SAN CRISTÓBAL	119
[ANEXO 1]	120
INFORME DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE INGENIERÍA	122
[ANEXO 2]	123
ESPECIFICACIONES HUAWEI OSN3500	131
[ANEXO 3]	132
MATRIZ DE TRÁFICO	133
[ANEXO 4]	134
PLAN DE PROCURA	141
[ANEXO 5]	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Par trenzado sin blindaje [17]	10
Figura 2.	Par trenzado blindado [17]	10
Figura 3.	Cable Coaxial [2]	11
Figura 4.	Propagación de luz por fibra unimodal de índice escalonado [2]	13
Figura 5.	Fibra óptica Monomodo [17]	13
Figura 6.	Estructura de cable de Fibra óptica monomodo [17]	15
Figura 7.	Estructura de Trama STM-1 [17]	18
Figura 8.	Estructura de Multiplexación SDH [17]	19
Figura 9.	Estructura VC4 a partir de TU-12's [17]	19
Figura 10.	Topologías de redes SDH [17]	20
Figura 11.	Multiplexor Huawei Optix OSN 3500 [23]	27
Figura 12.	Esquema de Metodología de Trabajo [17]	27
Figura 13.	Ejemplo de Información SISE recolectada de los servidores CANTV [17]	28
Figura 14.	Matriz de tráfico creada para identificar y organizar los enlaces en cada nodo [17]	30
Figura 15.	Arquitectura de los anillos 6 y 7 CANTV de la región Los Andes [17]	32
Figura 16.	Equipos conectados directamente Anillo 6 y 7 CANTV [17]	33
Figura 17.	Línea Bidireccional de Anillo Conmutado a 4 Fibras [19]	34
Figura 18.	Características técnicas de Fibra Estándar [3]	35
Figura 19.	Repisa del equipo Alcatel 1664 SM [5]	38
Figura 20.	Protección compartida en anillo [17]	42
Figura 21.	Repisa del equipo Alcatel 1641 SM [20]	44
Figura 22.	Repisa del equipo OSN3500 [23]	50
Figura 23.	Distancia de 25 Km entre el Nodo de San Cristóbal y San Juan de Colon Distancia de 20 km entre el Nodo de San Juan de Colon y La Fría [41]	53
Figura 24.	Rack DDF ALCATEL [17]	86
Figura 25.	Ubicación de equipos Optix Huawei OSN3500 y DDF Huawei a instalar [17]	88
Figura 26.	Edificio CANTV sede San Cristóbal [17]	82
Figura 27.	Vista General Equipos Alcatel SM 1641 y Alcatel SM 1664 [17]	83
Figura 28.	Vista Frontal Equipo ADM 1664 / 1641 ALCATEL [17]	84
Figura 29.	Rack DDF ALCATEL [17]	85
Figura 30.	Hewlett Packard 2M Test Set [17]	86
Figura 31.	Panel de conectores E1's Rack DDF [17]	86
Figura 32.	Rack para Equipos HUAWEI [17]	89
Figura 33.	Rack B [17]	89
Figura 34.	Rack DDF Huawei [17]	90
Figura 35.	Rack 02 [17]	90
Figura 36.	Sede CANTV San Juan de Colón [17]	91
Figura 37.	Sala de Transmisión San Juan de Colón [17]	91

Figura 38.	Vista frontal Rack 01 y 02 [17]	92
Figura 39.	Rack DDF [17]	92
Figura 40.	Vista superficial Espacio Reservado Equipo Huawei Rack DDF [17]	95
Figura 41.	Vista Frontal Espacio Reservado Equipo Huawei Rack DDF [17]	95
Figura 42.	Sala de Transmisión La Fría [17]	96
Figura 43.	Vista Frontal del Rack 01 y 02 [17]	97
Figura 44.	Rack DDF [17]	97
Figura 45.	Vista Frontal Espacio Reservado Equipo Huawei [17]	100
Figura 46.	Rack DDF Huawei [17]	100
Figura 47.	PDB Lorain Sala de Trasmisión de Datos Nodo San Cristóbal [17]	107

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1.	Íconos de área de trabajo	57
Imagen 2.	Inicialización lectura de reconocimiento del equipo	58
Imagen 3.	Ventana principal Main Topology	59
Imagen 4.	Ventana Create Topology Object	60
Imagen 5.	Primera ventana NE Configuration Wizard	60
Imagen 6.	Segunda ventana NE Configuration Wizard	61
Imagen 7.	Tercera ventana NE Configuration Wizard	61
Imagen 8.	Ventana Final NE Configuration Wizard	62
Imagen 9.	Barra de herramientas de vista principal [Main Topology]	63
Imagen 10.	Ventana Select Fiber/Cable Source	63
Imagen 11.	Segunda ventana Create Fiber/Cable	64
Imagen 12.	Ventana NE Explorer > Configuration > Board 1+1 Protection	65
Imagen 13.	Ventana 1+1 Protection List	65
Imagen 14.	Ventana inicial Main Topology/Configuration/Protection View	66
Imagen 15.	Subnetwork Level Crear de Protección SDH Anillo de 4 fibras bidireccional	66
Imagen 16.	Ventana de propiedades de protección	67
Imagen 17.	Segunda ventana de propiedades de protección	68
Imagen 18.	Ventana Link	69
Imagen 19.	Menú protection Subnet Attributes	69
Imagen 20.	Ventana Main Topology > Main Topology > Configuration > NE Explorer	70
Imagen 21.	Create SDH Service Configuration	71
Imagen 22.	Ventana Create SDH Service	71
Imagen 23.	Ventana NE Explorer	72
Imagen 24.	Create SCNP Service	73
Imagen 25.	Acceso Trail View > SDH Trail Creation	73
Imagen 26.	Ventana Trail View-Networkwide	74
Imagen 27.	Ventana Select Board Port Source Link	75
Imagen 28.	Maintenance Configuration > General Attributes	75
Imagen 29.	Query Relevant Trails	76
Imagen 30.	Ventana SDH Management	76
Imagen 31.	Ventana Ethernet Interface Management	77
Imagen 32.	Ventana Clock Configuration	78
Imagen 33.	Ventana Add Clock Source	78
Imagen 34.	Mensaje desplegado Internal Clock Source	79
Imagen 35.	Ventana Networkwide Mirror Alarm	79
Imagen 36.	Prueba de Loopback	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Jerarquías PDH	16
Tabla 2.	Dirección NSAP	23
Tabla 3.	Protección Optix OSN 3500 Huawei	26
Tabla 4.	Itinerario de Visitas a los Nodos Seleccionados	52
Tabla 5.	Enlaces a Migrar Nodo CANTV San Cristóbal	87
Tabla 6.	Enlaces a Migrar Nodo CANTV San Juan de Colón	93
Tabla 7.	Enlaces a Migrar Nodo CANTV La Fría	98
Tabla 8.	Inventario de Equipos San Cristóbal	101
Tabla 9.	Inventario de Equipos San Juan de Colón	102
Tabla 10.	Inventario de Equipos La Fría	103
Tabla 11.	Servicios a migrar San Cristóbal	104
Tabla 12.	Servicios a migrar San Juan de Colón	105
Tabla 13.	Servicios a migrar La Fría	105
Tabla 14.	Relación de tarjetas del OSN 3500 para el cálculo de recursos	106
Tabla 15.	Equipamiento disponible en Salas de Transmisión	107
Tabla 16.	Equipamiento disponible en Salas de Transmisión	112
Tabla 17.	Servicios a migrar San Juan de Colón	113
Tabla 18.	Servicios a migrar La Fría	114
Tabla 19.	Configuración OSN3500. San Cristóbal	116
Tabla 20.	Configuración OSN3500 San Juan de Colón	117
Tabla 21.	Configuración OSN3500 La Fría	117
Tabla 22.	Información General San Cristóbal	133
Tabla 23.	Información General San Juan de Colón	137
Tabla 24.	Información General La Fría	139
Tabla 25.	Plan de Procura	141

ACRÓNIMOS

ADM	<i>Add Drop Multiplexer</i>
AFI	<i>Authority and Format Identifier</i>
DXC	<i>Digital Cross connect</i>
ALCATEL	<i>Alsacienne de Cables et de Telephones</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
CANTV	<i>Compañía Anónima Nacional de Teléfonos de Venezuela</i>
CNT	<i>Centro Nacional de Telecomunicaciones</i>
DCC	<i>Data Communication Channel</i>
DSP	<i>Domain Specific Part</i>
DSS	<i>Sistema de Señalización Digital</i>
HLDC	<i>High-Level Data Link Control</i>
IDP	<i>Initial Domain Part</i>
IDI	<i>Initial Domain Identifier</i>
ITU	<i>Unión Internacional de Telecomunicaciones</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LAP-D	<i>Link Access Protocol for D-Channel</i>
LLC	<i>Logical Link Control</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
MSOH	<i>Multiplexer Section Overhead</i>
MPLS	<i>Multi Protocol Label Switching</i>
MPLS-TP	<i>Multi Protocol Label Switching -Transport Profile</i>
MSP	<i>Managed Service Provider</i>
NSAP	<i>Network Service Access Point</i>
OSN	<i>Optical switching node</i>
PDH	<i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i>
PRC	<i>Primary Reference Clock</i>
RJ	<i>Registered Jack</i>
RSOH	<i>Regenerator Section Over Head</i>
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
SEC	<i>Synchronisation Equipment Clock</i>
SISE	<i>Sistema Integrado de Servicios Especiales</i>
SNCP	<i>Sub-Network Connection Protection</i>
SOH	<i>Section Over Head</i>
SONET	<i>Short for Synchronous Optical Network</i>
SSU	<i>Synchronization Supply Unit</i>
STM	<i>Synchronous Transport Module</i>
STP	<i>Shielded twisted pair</i>
TDM	<i>Time division multiplexing</i>
UTP	<i>Unshielded twisted pair</i>
WDM	<i>Wavelength Division Multiplexing</i>

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo especial de grado se realizara de manera continua en la compañía TELECOMUNICACIONES STARTEL C.A. sociedad mercantil que surgió a partir del año 2005 con personal de gran experiencia en el área de Telecomunicaciones ofreciendo servicios de Asesoría, Consultoría, Ingeniería, Instalación, Pruebas, Operación, Mantenimiento, Asistencia Técnica de Equipos y Componentes de Telecomunicaciones y Redes.

La Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV) ha consolidado una robusta red de transmisión de fibra óptica de más de 7.800 kilómetros para unir todas las principales ciudades del país a través de siete grandes anillos capaces de transportar datos a una velocidad de 10 Gbps (gigabits por segundo) sobre un par de hilos de fibra óptica y lograr una capacidad total de transporte de 160 Gbps. El 90% de la red está digitalizada y permite más de 50 diferentes tipos de servicios, cuando en 1991 sólo ofrecía cuatro. Para este Trabajo de Grado se realizará la factibilidad y el diseño de ingeniería sobre los anillos 6 y 7 que cubren la Región de los Andes, específicamente sobre los nodos de San Cristóbal, San Juan de Colón y Coloncito.

La evolución de las tecnologías de la información y de la comunicación hacen necesaria la constante evolución de los sistemas que usamos para dicho fin. Para grandes corporaciones, la migración de una tecnología a otra más novedosa presenta un gran reto, ya que cada vez más, todo su negocio está digitalizado y todas sus comunicaciones se hacen usando medios electrónicos. Dicha razón crea la necesidad de buscar formas de migrar de tecnología sin perder conectividad.

La constante evolución de las tecnologías y sistemas de comunicación hacen que las redes se queden atrás y requieran evoluciones. En algunos casos, se requieren mejoras que pueden ser soportadas por tecnologías o infraestructuras antiguas a base de modificaciones o pequeños cambios.

El proyecto Migración de servicios de los Anillos 6 y 7 nace en el 2005 como una de las iniciativas del Proyecto Centinela, el cual abarcaba lo referente a la Modernización de Redes de Transmisión de vieja generación, motivada por la obsolescencia de sus equipos y la falta de provisión de repuestos por parte de los proveedores, lo cual causa inconvenientes para la correcta ejecución de las labores de soporte y corriendo el riesgo de importantes pérdidas de servicio.

Para esto se realizara una migración de los servicios que presta la empresa CANTV en los anillos 6 y 7 de la Región Los Andes, que en esta Primera fase se tomara en cuenta las regiones de San Cristóbal, San Juan de Colon, La Fría, Coloncito, El Vigía y Mérida. El modelo del equipo SDH instalado en la actualidad es el ADM 1664-SM perteneciente a la familia de ALCATEL. (Multiplexor Síncrono de Extracción / Inserción STM-16). Esta migración de servicios de Red será tal que se obtendrá como respuesta una nueva Red con capacidad de escalabilidad mayor, dando a su vez una mejor respuesta ante posibles cambios a futuro en la Red. Esto se realizara mediante la propuesta de instalación del equipo Huawei OptiX OSN 3500.

El objetivo general de este trabajo de grado, es realizar un estudio de factibilidad y diseño de ingeniería para la migración de los anillos 6 y 7 ALCATEL (Equipo Local del Cliente), basado en la matriz de tráfico de cada nodo en la región de Los Andes, que permita al personal calificado para realizar la migración de servicios de manera efectiva, utilizando la ingeniería como apoyo para realizar el trabajo de migración de servicios.

El presente trabajo de grado consta de ocho capítulos, en el Capítulo I se realiza el planteamiento del problema, se propone el objetivo general y los objetivos específicos, además tenemos el Alcance del proyecto, Justificación y las Limitaciones del mismo para su realización. En el Capítulo II se expone la base teórica requerida para el desarrollo de la solución propuesta, en el Capítulo III se presenta la metodología de trabajo a seguir para una correcta construcción de la solución, la cual posee cinco fases a seguir para la construcción del objetivo final de este proyecto, en

el Capítulo IV se presenta la red actual de equipos add/drop multiplexer ALCATEL en los anillos 6 y 7 CANTV de la Región Los Andes, con las propiedades que la caracterizan, presentando su arquitectura, red de transporte, topología de anillo, equipos actualmente en gestión como el ALCATEL 1664SM y el 1641SM, presentando además sus características y funciones que procesan en el anillo 6 y 7 Región Los Andes, se presenta además el concepto SDH aplicado para los tributarios finales, así como la formación de tramas y el equipo Huawei OSN 3500 a instalar, en el Capítulo V se realiza el Levantamiento de Información explicando cuales fueron los pasos que se siguieron para su obtención, este contiene la Recopilación de información en los gestores de CANTV, la Matriz de tráfico sobre información SISE de los Anillos 6 y 7 Alcatel y además se presenta el itinerario de visitas a los nodos que se siguió para terminar de realizar una actualización de los datos de la Matriz de información en el sitio, en el Capítulo VI se describe la solución al problema, presentando una solución general desde el punto de vista de los requerimientos del cliente en cuanto a consideraciones generales para la instalación y configuración de equipos Huawei, en el Capítulo VII se tomó un registro fotográfico de los resultados obtenidos en las visitas a los nodos de San Cristóbal, San Juan de Colon y La Fría, además se construyeron tablas con información actualizada usando los nuevos datos que se recogieron en el sitio, información que sirvió para actualizar los datos en la matriz de tráfico, se verificaron los estatus de los enlaces a migrar, además de la presentación de los resultados de las mediciones en las señales de los E1 en cada Nodo, en el Capítulo VIII se presentan las pautas mediante las cuales fue realizado el Informe de Factibilidad y Diseño de Ingeniería. Finalmente en los Anexos se proporciona el Informe de Factibilidad y Diseño de Ingeniería como la solución al problema planteado.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV) pionera en el desarrollo de las Telecomunicaciones en Venezuela, dedicada a la explotación e implementación de nuevas tecnologías en beneficio de la mejora en sus sistemas, como también en cuanto a crecimiento en la prestación de servicios para la población y más aún luego de su nacionalización, se caracterizó siempre como una empresa altamente competitiva, persiguiendo el crecimiento tecnológico que le permitiera estar a la par de las grandes empresas de telecomunicaciones a nivel mundial. CANTV se dedicó a implementar en el país la interconexión de varias de las principales ciudades a través del medio de transmisión con más potencial y ventajas que existen hoy en día como lo es la fibra óptica.

Las ciudades de San Cristóbal, San Juan de Colon y Coloncito, se encuentran ubicadas en la zona Central del Estado Táchira en la región de Los Andes. Ciudades financieras, productoras y Turísticas, altamente comerciales y con un elevado índice de crecimiento económico y poblacional. Allí existe un importante sector económico del país, como lo es la agricultura y la ganadería, por lo cual en ellas las telecomunicaciones son un factor primordial para asegurar su desarrollo y crecimiento, actual y futuro.

Las redes de transporte existentes en los anillos 6 y 7 CANTV de la región de Los Andes, poseen una tecnología SDH. El modelo del equipo SDH (Synchronous Digital Hierarchy) instalado en la actualidad es el ADM 1664-SM perteneciente a la familia de ALCATEL. (Multiplexor Síncrono de Extracción / Inserción STM-16), el equipo instalado está formado por 16 señales STM-1 con una velocidad de transmisión de datos de 2,488320 Gbits/seg. Esta red presenta limitaciones actualmente debido a que

las nuevas tecnologías y clientes que demandan más velocidad de transmisión así como un aumento considerable del número de usuarios de Internet que requieren una mejora en la red actual.

Asumiendo estos factores, los anillos 6 y 7 de la región de los Andes perteneciente a la red nacional de fibra óptica CANTV, no posee solución a futuro para esta problemática.

La puesta en práctica de una migración de los servicios que presta la empresa CANTV en los anillos 6 y 7 perteneciente a la Región de Los Andes hacia una plataforma actualizada basada en nuevos equipos como el Huawei OSN3500 que pueda aumentar la velocidad de transmisión de hasta unos 10 Gbits/seg y de posibilitar el incremento del número de abonados en la red, aportaría solución a los problemas presentes en la actualidad y abarcaría mejoras a futuro para poder ofrecer una mejor calidad de servicios sobre la red nacional de fibra óptica CANTV.

Objetivos

Objetivo General

- Realizar un estudio de factibilidad y diseño de ingeniería para la migración de los anillos 6 y 7 ALCATEL (Equipo Local del Cliente), basado en la matriz de tráfico de cada nodo en la región de Los Andes.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento de información en los gestores CANTV sobre los aspectos básicos y los servicios ofrecidos por CANTV en los anillos 6 y 7 Región Los Andes.
- Construir la matriz de tráfico con la información compilada sobre los equipos en los gestores CANTV.

- Realizar el levantamiento de información en el sitio (site survey), de cada nodo perteneciente a los Anillos 6 y 7 Región Los Andes, a través de pruebas de análisis de señal, con el fin de conocer su estatus.
- Comparar la información levantada en el sitio y la suministrada por el cliente a través de su base de datos, a fin de establecer el tráfico real que se quiere migrar.
- Estudiar los parámetros y propiedades del equipo Optix OSN 3500 de Huawei a conectar, para realizar la migración de los servicios.
- Proyectar cada uno de los nodos involucrados a migrar, partiendo de la matriz de tráfico diseñada de los anillos 6 y 7 Región Los Andes, para complementar el equipamiento necesario para la migración.
- Elaborar la Ingeniería de Detalles, específicamente sobre los 3 nodos seleccionados para este Trabajo de Grado, tomando en cuenta la información recopilada en los puntos anteriores, para la migración de los anillos 6 y 7 Región Los Andes.

1.2 Alcance

El alcance del presente Trabajo Especial de Grado está enfocado hacia la realización del estudio de factibilidad del proyecto Migración de servicios de los Anillos 6 y 7 ALCATEL, basado en la matriz de tráfico de cada nodo en la Región Los Andes. Este proyecto abarca lo referente a la Modernización de Redes de Transmisión de vieja generación, motivada por la obsolescencia de sus equipos y la falta de provisión de repuestos por parte de los proveedores, lo cual causa inconvenientes para la correcta ejecución de las labores de soporte y corriendo el riesgo de importantes pérdidas de servicio. Para realizar la migración de los servicios CANTV que se encuentran conectados a un equipo con tecnología SDH, que es en la actualidad el ADM 1664-SM perteneciente a la familia de ALCATEL. (Multiplexor Síncrono de Extracción / Inserción STM-16), se plantea que este Trabajo de Grado tenga un alcance de un diseño de una Ingeniería de Detalle.

Al finalizar este Trabajo de Grado se deberá cumplir con actividades o tareas como:

1. Seleccionar el software que permitirá realizar una matriz de servicios a Migrar del equipo SDH actualmente conectado que hará parte del proyecto.
2. Seleccionar el Equipo SDH que se instalara de acuerdo a los requerimientos del sistema de comunicación existente y a la demanda futura del servicio a través de la red nacional de fibra óptica de CANTV.
3. Llenar la matriz de servicios a Migrar con la información obtenida de los servidores CANTV.
4. Realizar el estudio de instalaciones físicas (Nodos y estaciones base) basados en la revisión fotográfica de equipos y planos de salas de transmisión en función de medidas para que el equipo a instalar cumpla con normas y estándares de seguridad industrial.
5. Dimensionar los equipos a utilizar según la disponibilidad de espacio en las estaciones base.
6. Realizar los cálculos preliminares de cada sistema que hace parte del proyecto (Energizado, eléctrico, conexión y localización).
7. Realizar la lista inicial de equipos: Tuberías, cable, fuentes de alimentación y en general todo lo que hará parte del proyecto.

1.3 Justificación

Como se mencionó anteriormente, existe un alto crecimiento del número de usuarios de la red y el avance tecnológico de los equipos de telecomunicaciones demandan mayor velocidad de transmisión. La empresa CANTV consciente de esta problemática se propone realizar actualizaciones en los equipos SDH que forman parte del sistema de red nacional de fibra óptica. Siendo este trabajo parte de las mejoras a realizar sobre los anillos 6 y 7 de la región Los Andes, se desarrolla este Proyecto que garantiza incrementos en el número de usuarios en la red así como del

aumento de la velocidad de transmisión de datos, siendo esta mejora en la red como parte de la Migración de los servicios CANTV ofrecidos por el equipo ADM 1664-SM ALCATEL con tecnología SDH, formado por 16 señales STM-1 con una velocidad de transmisión de datos de 2,488320 Gbits/seg.

La Propuesta de aumentar la velocidad de transmisión de datos mediante la actualización de los equipos que distribuyen el servicio de internet, aumentando así la velocidad de transmisión de datos a un nivel de calidad internacional de hasta unos 10 Gbits/seg, llevaría a CANTV a colocarse como una de las empresas que ofrece un mejor servicio de internet a nivel nacional con calidad de servicios.

1.4 Limitaciones

El presente proyecto incluye un estudio de factibilidad en donde se abarcan todas las identificaciones de los servicios brindado por los nodos seleccionados, se realizara una matriz de información con la información recabada sobre los servidores de CANTV, luego se llevara a cabo una visita a los nodos para complementar la información sobre las locaciones en cuanto a espacios para el montaje de los nuevos equipos en las estaciones base. Seguidamente se pondrá en práctica una metodología para seguir un plan de trabajo con la finalidad de elaborar un informe técnico el cual especifique como se efectuará la migración de los servicios brindados en la actualidad por el equipo ADM 1664-SM ALCATEL con tecnología SDH, teniendo como mayor limitación que se debe de usar la misma red nacional de fibra óptica y cualquier modificación al momento de realizar la migración deberá de hacerse en caliente o sea con el equipo nuevo en Gestión. Se deberá proceder de esta manera debido a que el usuario no deberá percibir la transición.

Este Trabajo de Grado no incluye las actividades pertinentes a la Ingeniería de Detalles, como tampoco un análisis económico del sistema a instalar; todo esto queda fuera de los objetivos planteados.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Para este Trabajo Especial de Grado haremos hincapié en los medios de transmisión guiados comúnmente usados en este tipo de Migración de servicios, de manera de tener una base teórica que nos sirva de apoyo para un mejor entendimiento de lo que es la elaboración de una un estudio de factibilidad y diseño de ingeniería.

2.1 Medios de Transmisión Guiados

Son los medios de comunicaciones alámbricas o conducidas en las que las señales se propagan por un cable, bien de tipo eléctrico u óptico. Entre los medios de Transmisión guiados debemos destacar los grupos de medios Eléctricos (Par Trenzado, Par Blindado, Cable Coaxial) el cual está formado por un cable metálico, normalmente de cobre, por el que circula la electricidad. Por otro lado tenemos los medios Ópticos (Fibra Óptica) el cual emplea la fibra como medio conductor, que tiene la propiedad de poder transmitir un haz de luz introducido por uno de sus extremos y que se refleja en sus paredes, quedando confinado en el interior de la misma, es decir, la señal que se propaga es luz, no electricidad [1].

2.1.1 Par Trenzado sin blindaje

Un cable de par trenzado se forma torciendo entre sí dos conductores aislados, como se observa en la *Figura 1. Par trenzado sin blindaje*, los pares vecinos se trenzan con distintos pasos (Longitud de torcimiento) para reducir la interferencia debida a la inducción mutua entre los pares. Las constantes primarias del cable de par trenzado son sus parámetros eléctricos, entre los cuales se destaca una impedancia característica de 100 Ohmios [2].

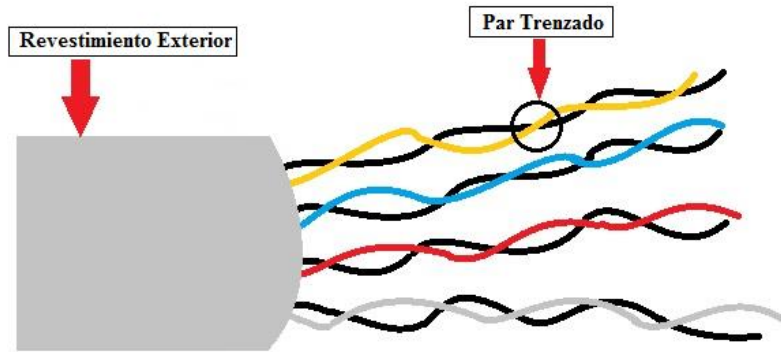


Figura 1. Par trenzado sin blindaje [17].

2.1.2 Par Trenzado blindado

Para reducir las pérdidas por radiación y la interferencia, con frecuencia las líneas de transmisión se encierran en una malla de alambre metálica y conductora. La malla se conecta a tierra y funciona como blindaje. También la malla evita que se irradien señales fuera de ella, y evita que la interferencia electromagnética llegue a los conductores de señal. En la *Figura 2. Par trenzado blindado*, se observa que el par está formado por alambres conductores trenzados. Toda la estructura se forra con un blindaje de papel metálico y después se cubre con un revestimiento exterior [2].

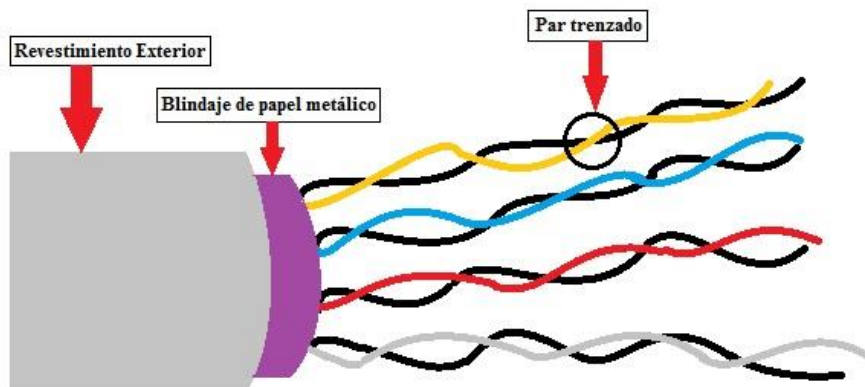


Figura 2. Par trenzado blindado [17].

2.1.3 Cable Coaxial

Las líneas de transmisión de conductores a altas frecuencias aumentan demasiado sus pérdidas por radiación y en dieléctrico, así como su susceptibilidad a la interferencia externa. Por lo anterior se usan mucho los conductores Coaxiales en aplicaciones de alta frecuencia, para reducir las pérdidas para aislar las trayectorias de transmisión. El cable coaxial básico consiste en un conductor central rodeado por un conductor externo concéntrico, a distancia uniforme del centro. A frecuencias de trabajo relativamente altas, el conductor externo coaxial proporciona un excelente blindaje contra la frecuencia externa. Sin embargo no es económico usar un blindaje con frecuencias relativamente bajas. También, casi siempre el conductor externo de un cable coaxial se conecta a tierra, y eso limita su empleo a aplicaciones desbalanceadas o asimétricas. La *Figura 3. Cable coaxial* flexible nos muestra que el conductor externo es una malla de alambre flexible, y es coaxial respecto al conductor central. El material aislante es polietileno macizo no conductor, que proporciona tanto soporte como aislamiento eléctrico entre los conductores interno y externo. El conductor interno es un alambre flexible de cobre, que puede ser macizo o hueco [2].

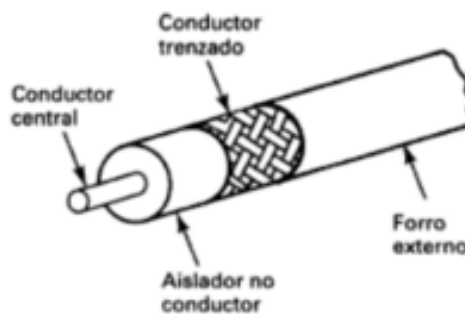


Figura 3. Cable coaxial [2].

2.1.4 La Fibra Óptica

Se emplea la fibra óptica como medio conductor, que tiene la propiedad de poder transmitir un haz de luz introducido por uno de sus extremos y que rebota o se refleja en sus paredes, quedando confinado en el interior de la misma, es decir, la señal que propaga es luz, no electricidad; esto le confiere una total inmunidad frente a los siempre presentes ruidos eléctricos [1].

Se pueden clasificar en fibras monomodo y multimodo, pero para efectos de este trabajo especial de grado nos enfocaremos en la Fibra Monomodo por sus características y su uso en la red nacional de fibra óptica de CANTV.

2.1.4.1 Fibra Monomodo

La fibra unimodal de índice escalonado tiene un núcleo central con la pequeñez suficiente como para que en esencia sólo haya una trayectoria que pueda seguir la luz para propagarse por el cable. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 400 km máximo, mediante un láser de alta densidad) y transmitir elevadas tasas de información a través de una banda de paso del orden de los 100GHz. Km.

La fibra óptica monomodo usa fibra de índice escalonado y una fuente de luz muy enfocada que limita los rayos a un rango muy pequeño de ángulos, todos cerca de la horizontal. La fibra monomodo se fabrica con un diámetro mucho más pequeño que las fibras multimodos y con una densidad (índice de refracción) sustancialmente menor. El decrecimiento de la densidad da como resultado un ángulo crítico que está muy cerca de los 90 grados para hacer que la propagación de los rayos sea casi horizontal. En este caso, la propagación de los distintos rayos es casi idéntica y los retrasos son despreciables. Todos los rayos llegan desde el destino juntos y se pueden recombinar sin distorsionar la señal [2].

Una fibra óptica monomodo transmitirá un solo modo para todas las longitudes de onda que sean mayores que su longitud de onda de corte [2].



Figura 4. Propagación de luz por fibra unimodal de índice escalonado [2].

Los rayos de luz propagándose por una fibra unimodal de índice escalonado se pueden apreciar en la *Figura 4. Propagación de luz por fibra unimodal de índice escalonado*. Como la dimensión radial de la fibra es suficientemente pequeña, sólo hay una trayectoria que puede seguir cada uno de los rayos al recorrer la longitud de la fibra. En consecuencia, cada rayo de luz viaja la misma distancia en determinado tiempo, y los rayos tienen exactamente la misma relación en el otro extremo que la que tenían cuando entraron al cable. El resultado es que no hay dispersión modal o ensanchamiento del pulso [2].

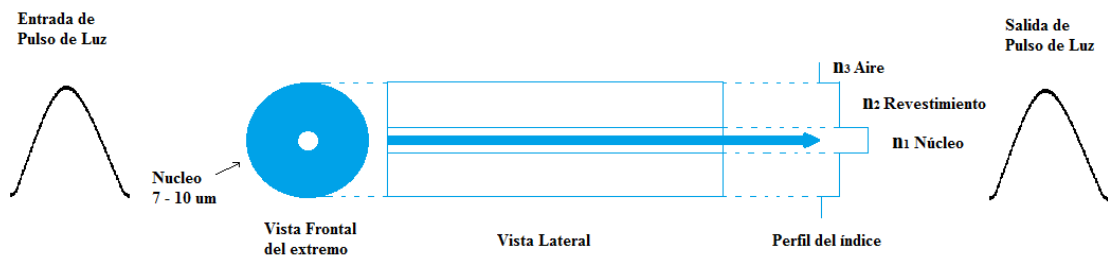


Figura 5. Fibra óptica Monomodo [17].

La entrada de una señal de pulso de luz a través de una fibra monomodo se puede apreciar en la *Figura 5. Fibra óptica Monomodo*, donde además podemos apreciar el perfil del índice, las magnitudes de la fibra y los medios de revestimiento. Las fibras ópticas se definen por la relación entre el diámetro de su núcleo y el diámetro de su cubierta, ambas expresadas en micras (micrómetros). La fibra Monomodo tiene una relación 8,3/125 entre su Núcleo y la Cubierta tal como se observa en la *Figura 6. Estructura de cable de Fibra óptica monomodo*. Entre las ventajas desventajas del uso de la fibra óptica como medio de transmisión podemos nombrar las siguientes.

Ventajas:

1. Hay dispersión mínima. Como todos los rayos que se propagan por la fibra toman aproximadamente la misma trayectoria, tardan aproximadamente el mismo tiempo para recorrer el cable. En consecuencia, un pulso de luz que entra al cable se puede reproducir con mucha exactitud en el extremo de recepción.
2. Debido a la gran exactitud de reproducción de los pulsos transmitidos en el extremo de recepción, son posibles mayores anchos de banda y mayores capacidades de transmisión de información con las fibras unimodales de índice escalonado que con los otros dos tipos de fibra (fibra multimodal de índice escalonado y fibra multimodal de índice graduado).

Desventajas:

1. Debido a que el núcleo central es muy pequeño, es difícil acoplar la luz hacia adentro y hacia afuera de esta clase de fibra. La abertura de la fuente a la fibra es la más pequeña de todos los tipos de fibra.
2. También debido al pequeño núcleo central, se requiere una fuente luminosa muy direccional, como por ejemplo un láser, para acoplar la luz en una fibra unimodal de índice escalonado.
3. Las fibras unimodales de índice escalonado son costosas, por ser difíciles de fabricar [2].

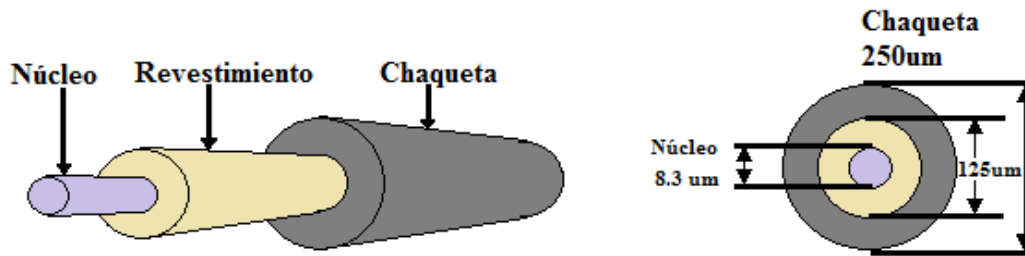


Figura 6. Estructura de cable de Fibra óptica monomodo [17].

2.2 Fundamentos básicos de PDH y SDH

En los sistemas de telecomunicaciones existen siempre las redes de transporte, las cuales están caracterizadas por las primeras capas del modelo OSI; estas se encargan de llevar la información de un sitio a otro para cumplir con los requerimientos de las capas superiores. Dentro de la red de transporte podemos encontrar sistemas de transmisión, sistemas de modulación, sistemas de multiplexación, etc. Uno de los estándares utilizados para realizar este tipo de tareas es el denominado PDH o jerarquía digital plesiocrona; posteriormente surge la jerarquía digital síncrona SDH.

La Jerarquía PDH permite enviar varios canales telefónicos por un mismo medio de transmisión utilizando multicanalización por división de tiempo, el término plesiocrona significa que no está totalmente sincronizada, es decir, los elementos pertenecientes a la red están casi sincronizados con relojes independientes pero que comparten la misma temporización (timing), el flujo de datos funciona nominalmente a la misma velocidad pero permitiendo una muy pequeña variación en el tiempo.

PDH está basado en canales telefónicos de 64kbps/s, debido a que la señal analógica es muestreada cada 125 microsegundos que es equivalente a ocho mil muestras en un segundo; cada muestra es cuantizada y codificada con 8 bits (un byte). Las ocho mil muestras por segundo multiplicadas por 8 bits equivalen a los 64kbps/s. Existen tres jerarquías para multiplexar los canales dentro de cada nivel PDH, estos niveles también reciben el nombre de tributarios de baja velocidad; las cuales son: la

jerarquía japonesa, la norteamericana y la europea que es la mayormente utilizada en Venezuela [15].

	Europa			Norteamérica			Japón		
Nivel	Canales	Mbits/s	Designación	Canales	Mbits/s	Designación	Canales	Mbits/s	Designación
1	30	2,048	E1	24	1,544	T1	24	1,544	J1
2	120	8,448	E2	96	6,312	T2	96	6,312	J2
3	480	34,368	E3	672	44,736	T3	480	32,064	J3
4	1920	139,264	E4	2016	274,176	T4	1440	97,728	J4

Tabla 1. Jerarquías PDH. Recomendación G.702 de la ITU [17].

Estas velocidades binarias de la jerarquía digital mostradas en la tabla 1 se encuentran en la recomendación G.702 de la ITU [41]. En Venezuela se utiliza la jerarquía Europea, cuyos niveles son denominados E1, E2, E3 y E4. El primer nivel, E1, posee 32 canales, de los cuales 2 de ellos se encargan de la señalización; los 30 restantes son utilizados para prestar servicios no solo de telefonía, también Ethernet (EoPDH), entre otros. El primer nivel (E1) posee una velocidad de 2048kbits/s que es equivalente a los 32 canales mencionados multiplicados por 64kbits/s, los demás niveles derivan de este nivel. PDH realiza dentro del sistema de transmisión la multiplexación en tiempo de todos los canales telefónicos, los cuales funcionan simultáneamente y en forma bidireccional (full dúplex). Las características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas se encuentran especificadas en la recomendación G.703 de la UIT [42].

A comienzos de los noventa la ITU publica una serie de recomendaciones donde especifica una nueva jerarquía que implica que los elementos de la red estén sincronizados totalmente, la misma está definida como SDH o jerarquía digital

síncrona. Las recomendaciones G.707 [23], G.708 [24] y G.709 [25] definen SDH como un conjunto de estructuras jerárquicas que insertadas en módulos de transporte sincrónicos (STM) realizan la multiplexación en tiempo de tramas ATM, tramas PDH tales como E1s, T1s, etc. La jerarquía SDH fue desarrollada en Estados Unidos por la ANSI bajo el nombre de SONET, como consecuencia de la necesidad de transmisión por fibra óptica y la creciente demanda de un ancho de banda mayor.

La jerarquía digital síncrona establece topologías de red en forma de anillos para protección de tráfico; debido a que posee mecanismos de detección y resguardo de rutas, que le permiten al operador de red crear los caminos secundarios en caso de fallas; la gestión completa de una red SDH puede ser monitoreada a través de un computador, donde el operador puede tener acceso a la configuración de todos y cada equipo presente dentro del sistema; crear o modificar rutas, adicionar equipos dentro del anillo, entre otras funciones.

La estructura básica de SDH es el STM-1 o módulo de transporte síncrono, el cual está compuesto por una trama de 2430 bytes, que pueden ser organizados en 9 filas y 270 columnas de bytes. Como puede verse en la *Figura 7. Estructura de Trama STM-1* según la Recomendación G.708 de la ITU, la carga útil está separada, de la información de señalización y gestión. Los bytes son transmitidos uno a uno empezando por la primera fila de izquierda a derecha y continua con las demás filas de arriba abajo, la carga útil consta de 2349 bytes y está compuesta por la información a transmitir como por ejemplo los bytes correspondientes de los canales de voz de 64kb/s; la información de señalización y gestión está conformada por 81 bytes, dentro del cual se encuentra el encabezado de sección de regeneradores (RSOH), de multiplexado (MSOH) y área de punteros.

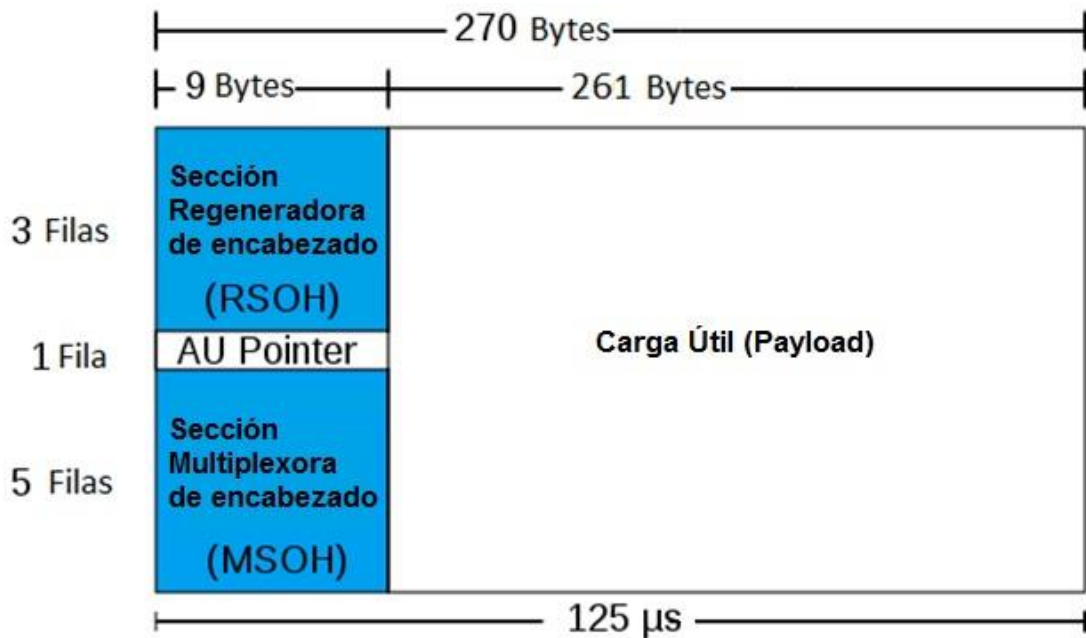


Figura 7. Estructura de Trama STM-1 (Recomendación G.708 de la ITU) [17].

La sección regeneradora de encabezados RSOH (Regeneration Section OverHead) y la sección multiplexora de encabezado MSOH (Multiplexer Section Overhead) son utilizados por los equipos multiplexores para reconocer el inicio de la trama STM-1, contiene información del monitoreo de bits errados, permiten el monitoreo remoto de errores, calidad del sincronismo, comunicación con otros equipos, etc. La forma en que se multiplexan las distintas señales PDH dentro de un módulo de transporte síncrono se puede ver mediante la *Figura 8. Estructura de Multiplexación SDH* según la Recomendación G.707 de la UIT, donde se encuentran las distintas jerarquías PDH como la europea, norteamericana y japonesa.

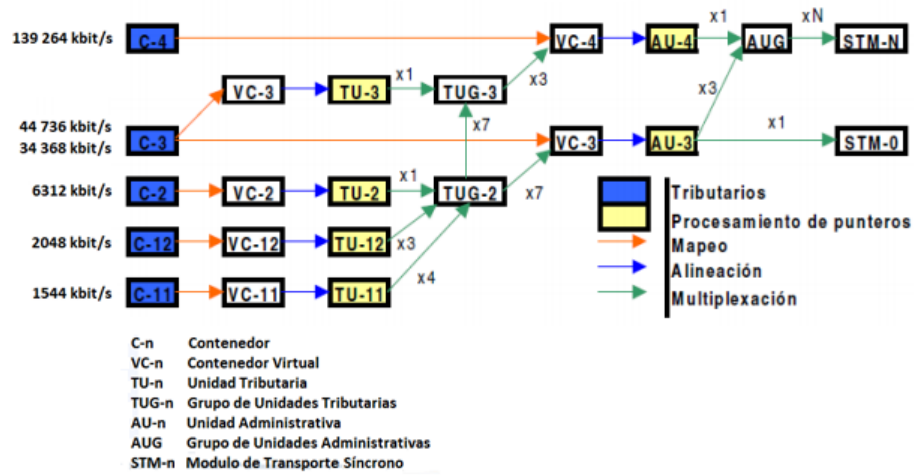


Figura 8. Estructura de Multiplexación SDH. (Recomendación G.707 de la UIT) [17].

Para formar un STM-1 a partir de varias unidades tributarias de 2,048 Mb/s se arma la estructura VC4 como se muestra en la Figura 9. Estructura VC4 a partir de TU-12's según las Recomendaciones G.707 - G.709 UIT, se observa que un STM-1 puede transportar 63 E1's como máximo, la forma de identificarlos en el proceso de destreamado STM-1 se realiza mediante la identificación lógica TU-12 del puerto en cuestión.

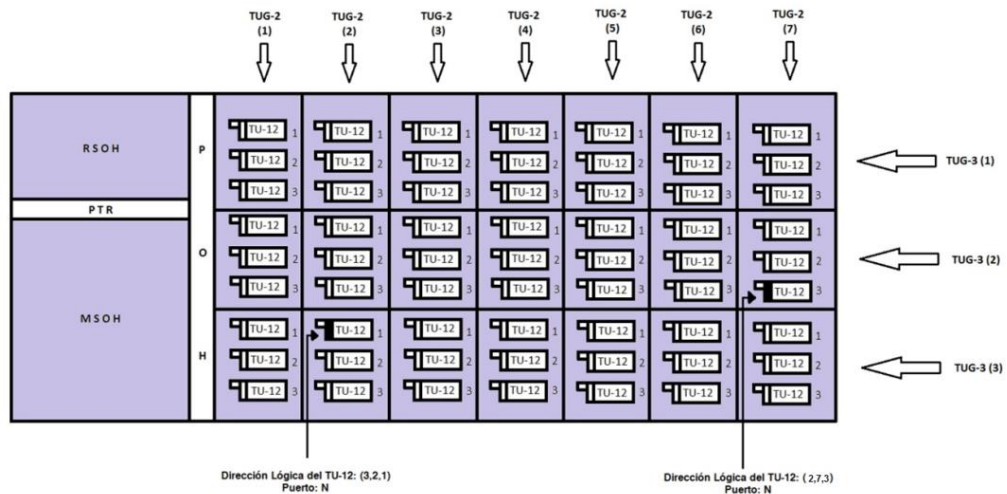


Figura 9. Estructura VC4 a partir de TU-12's Recomendaciones G.707 - G.709 UIT [17].

La jerarquía digital síncrona SDH puede ser utilizada bajo distintas topologías de red de acuerdo a las características de los servicios que se van a prestar y a la disponibilidad. Se puede observar en la *Figura 10. Topologías de redes SDH* las distintas topologías como la de anillo, malla, bus, estrella y mixta. Comúnmente para transporte de información en SDH se utiliza la topología de anillo, ya que de esta forma se pueden crear rutas alternativas para protección de tráfico.

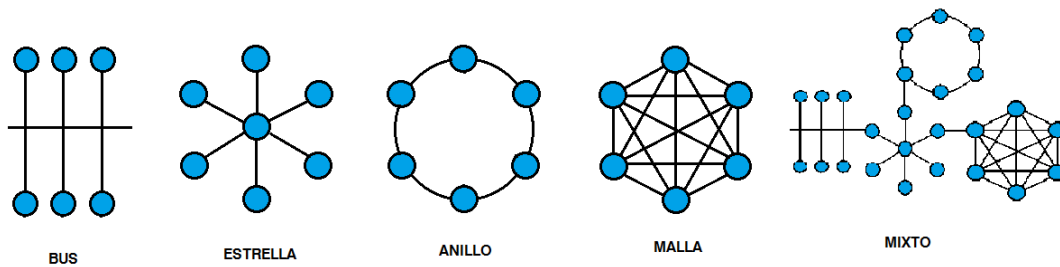


Figura 10. Topologías de redes SDH [17].

Bajo la plataforma SDH existen dos equipos principales que son el multiplexor ADM (Add Drop Multiplexer) y el DXC (Digital Cross Connect). El multiplexor ADM se encarga de adicionar los tributarios de menor velocidad a la red SDH y realiza el proceso inverso, gracias a que esta jerarquía se encuentra totalmente sincronizada no es necesario colocar varios multiplexores en cascada para extraer un tributario en particular; la forma en que es adicionado este tributario a la red SDH es por medio de la creación de Cross conexiones. Las Cross conexiones son las rutas lógicas implantadas dentro del multiplexor para conducir el tráfico hacia un camino en particular; el equipo DXC no es un multiplexor sino que es puramente cross conector, mayormente utilizado para crear rutas de datos a altas velocidades [15].

2.3 Gestión SDH

La gestión de los equipos SDH se realiza a distintos niveles, permitiendo la administración completa de la red, de acuerdo con la recomendación de la ITU-T M.3010 [26] estos niveles son:

1. Business Management Layer (BML) → Capa de análisis de Mercado
2. Service Management Layer (SML) → Capa de Facturación
3. Network Management Layer (NML) → Capa de Conectividad
4. Element Management Layer (EML) → Capa de Equipamiento
5. Network Element Layer (NEL) → Capa de Equipo de Red
6. Network Element (NE) → Equipo de Red

La gestión de los equipos se puede realizar localmente o remotamente, para la gestión local todos los elementos de red SDH; ya sean multiplexores Add Drop, Cross conectores, equipos de radio enlace o fuentes de sincronismo; poseen una interfaz F o serial que permiten la conexión con el sistema de operaciones del equipo y admite la conexión de una PC o laptop como sistema de gestión local, que por lo general es utilizada para configurar el equipo por primera vez y para ponerlo en gestión remota a través de la conexión con otros equipos.

La gestión remota se puede llevar a cabo con distintos protocolos, los cuales pueden ser:

- Comunicación entre estaciones mediante el canal DCC (data communication channel) el cual está incluido en la trama STM-1

La comunicación entre dos equipos que forman un enlace SDH ubicados en distintas estaciones se realiza mediante un canal dedicado dentro de la trama STM-1/4/16/64. Este canal llamado DCC se encuentra dentro del encabezado SOH de la trama STM-1, la transmisión es bidireccional full dúplex, utiliza protocolo HDLC a 192kbps que es mejor conocido como

LAP-D (*Link Access Protocol for D-Channel*); utilizado en el sistema de señalización DSS1 para usuarios de la ISDN. El modelo de capas perteneciente a cada protocolo se encuentra determinado en la recomendación G.784 de la UIT [27].

- Interfaz Q de conexión al exterior. Normalmente se trata de una red LAN-Ethernet

Las interfaces Q1 y Q2 se indican en la norma ITU-T G.771 [28] y Q3 en Q.513 [29]. Existen 5 variantes para Q3 propuestas y denominadas A1/A2/B1/B2/B3. La variante Q3/B2 se usa para la comunicación con protocolo X.25 mientras que la variante Q3/B3 se usa para una salida LAN- Ethernet (La LAN pertenece al sistema de operación). Normalmente los equipos SDH disponen de una interfaz física de conexión que permite acceder al equipo mediante una LAN. El protocolo de capa 2 es el definido en la Norma IEEE 802.3 [30] (MAC y LLC). Para configurar correctamente la LAN se debe programar a cada equipo con una dirección MAC distinta.

- Interfaz hacia otros equipos idénticos de la misma estación

Este último caso está disponible en algunos modelos de equipos para facilitar la extensión de la conexión de gestión a otros enlaces similares. Se trata de una extensión del canal DCC (DCC Link) o una interfaz serie (bus V) de interconexión.

Para lograr el direccionamiento y poder alcanzar un equipo dentro de un anillo a través del gestor remoto es necesario que cada equipo SDH tenga una dirección única, ésto se observa mejor en la *Tabla 2. Dirección NSAP* (Network Service Access Point). La dirección NSAP consiste en una secuencia jerárquica de bytes (generalmente entre 14 a 17 bytes, máximo 20 bytes); entre el cual se encuentra el Dominio de red, Sistem ID, código de área, etc., característico de cada equipo [15].

IDP		DSP						
AFI	IDI	VER	AUTH	RES	DOM	AREA	SYSTEM ID	SEL
1 BYTE	2 BYTES	1 BYTE	3 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	6 BYTES	1 BYTE

Tabla 2. Dirección NSAP [15].

2.4 Sincronismo SDH

El sincronismo en la redes SDH es de vital importancia no solo para mantener la integridad de la información sino también para mantener el entendimiento entre dispositivos. Un equipo SDH puede obtener el sincronismo de varias formas y poseer distintas fuentes, logrando así mayor confiabilidad a la hora de que una pueda fallar. El sincronismo para el procesamiento de datos debe ser tal que el receptor lea los pulsos en los instantes precisos y de esta forma interpretar correctamente el bit que representa; también se encuentra la sincronización de trama, la cual fija el fin y el inicio de la misma para poder identificar las secuencias de bits en una estructura de grupos predefinidos.

El sincronismo obedece también a una jerarquía, la cual está dividida en tres grupos, el nivel de referencia primario (PRC Level), El nivel de unidad de sincronización (SSU Level) y el nivel de sincronismo de equipos (SEC Level). Estos niveles dependen de la fuente de sincronismo, las cuales se describen como:

- Fuente interna: Proviene de un reloj interno al dispositivo SDH de calidad (10^{-11} PPM) según la Recomendación G.813 de la ITU [31]. Estos también son llamados reloj de referencia primaria o PRC por sus siglas en inglés (Primary Reference Clock). Por lo general estos relojes suelen ser muy costosos y poseen la más alta jerarquía de sincronismo. Puede ser colocado en un equipo en particular por el cual a través del mismo otros dos equipos obtendrán el sincronismo utilizando fuente derivada.

- Fuente Derivada: Sincronismo proveniente de un puerto PDH o SDH de otro equipo, calidad (10^{-9} PPM) según la Recomendación G.812 de la ITU [32], es el más utilizado debido a que presenta mayor precisión que la fuente interna y no es tan costoso como la fuente externa de tipo GPS o reloj atómico; por lo general se utilizan varias fuentes de este tipo y en el equipo se configuran de acuerdo a la confiabilidad en un orden de prioridad. Existe un límite para interconectar varios dispositivos por esta vía que puede ir desde 10 hasta 60 equipos consecutivos (contándolos a partir del equipo que tenga una fuente externa o PRC) dependiendo de la jerarquía de sincronización de la red [15].

2.5 Multiplexores Huawei

Los equipos requeridos por CANTV en las distintas estaciones estudiadas pertenecen a la familia OSN (Optical Switching Node) de Huawei, cuyos modelos son Optix OSN 500, Optix OSN 550, Optix OSN 580, Optix OSN 1500, Optix OSN 3500, Optix OSN 7500 y el Optix OSN 7500 II. Para efectos de este Trabajo Especial de Grado el cliente (CANTV) seleccionó previamente el equipo de la *Figura 11. Multiplexor Huawei Optix OSN 3500*. Las características principales del Multiplexor Seleccionado son las siguientes:

El OptiX OSN 3500 es un sistema inteligente de conmutación óptica con arquitectura de "doble núcleo". Esto permite que pueda ser utilizado en modo de paquetes o en modo TDM. Cuando se utiliza con otros equipos Huawei, admite varias aplicaciones de networking, como la aplicación en modo de paquete puro, la aplicación de red híbrida (central telefónica virtual en modo paquete y modo TDM) y la aplicación en modo TDM puro. Mediante el uso de una solución de red adecuada, el servicio de datos y el servicio convencional SDH pueden ser procesados de manera óptima. El OptiX OSN 3500 transmite servicios de voz y datos en la misma plataforma con alta eficiencia [17].



Figura 11. Multiplexor Huawei Optix OSN 3500 [23].

Con una arquitectura de doble núcleo, el equipo OptiX OSN cumple con los requisitos para el transporte de servicios convencionales y para un número cada vez mayor de servicios de paquetes. Para hacer frente a los requisitos de backhaul 3G móviles, los equipos de Huawei ofrecen soluciones completas de transmisión en el dominio de paquetes, con convergencia y grooming de servicios en la capa de core de una red inalámbrica. El equipo OptiX OSN utiliza la tecnología WDM integrada para transmitir varias longitudes de onda sobre una fibra óptica. En este contexto, el OptiX OSN puede interconectarse con equipos WDM.

Además los equipos de la familia Optix OSN permiten una interconexión entre equipos troncales de larga distancia, poseen la ventaja que pueden ser implementados en la red a nivel de acceso o a nivel de core. Los cuatro tipos de protección que soporta este equipo Optix OSN 3500 de Huawei se puede apreciar en la Tabla siguiente.

Numero	Tipo de protección-Red	Tiempo de conmutación
1	1:1 o 1+1 1, Protección lineal de multiplexación	0 a 20 ms
2	2 fibras anillo MSP	0 a 50 ms
3	4 fibras anillo MSP	0 a 20 ms
4	Protección de conexión de subred. SNCP	0 a 20 ms

Tabla 3. Protección Optix OSN 3500 Huawei [18].

Para observar en detalle las características del equipo HUAWEI OSN 3500 se puede ir a la sección de ESPECIFICACIONES HUAWEI OSN3500 [ANEXO 3].

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Metodología

Para desarrollar el proyecto y cumplir con los objetivos planteados, se decidió seguir una metodología de forma tal que fuese desarrollada en cinco (5) etapas como se aprecia en la *Figura 12. Esquema de Metodología de Trabajo*, las cuales se concretaron de manera específica para la realización de este proyecto de Trabajo Especial de Grado.



Figura 12. Esquema de Metodología de Trabajo [17].

Las actividades realizadas en cada una de las etapas de este Proyecto de Trabajo de Grado, son las siguientes:

3.1.1 Levantamiento de Información

Es de mucha importancia el poder contar con una base teórica acerca del tema, para poder estar al tanto del tema que se está tratando en el presente Trabajo Especial de Grado, se encontraron manuales de los equipos que forman parte del anillo 6 y 7 CANTV Región Los Andes. El equipo instalado en la actualidad con tecnología SDH es el ADM 1664 SM perteneciente a la familia ALCATEL, que se va a migrar por un por un equipo Optix OSN 3500 Huawei. Además se documentó el medio de transmisión usado para la transmisión de los datos (fibra óptica, cable coaxial), así como también se documentó acerca de conceptos como PDH y SDH que es la

tecnología que se implementa para que exista la comunicación entre cada uno de los nodos.

Se recabo la información SISE (Servicio Integrado de Servicios Especiales), información que se presenta como se observa en la *Figura 13. Ejemplo de Información SISE recolectada de los servidores CANTV*, para tener la información de cuáles son los enlaces conectados a los equipos AMD 1664 SM de la familia ALCATEL que están en estado operativo desde los servidores CANTV ubicados en el CNT CANTV ubicado en la Av. Libertador, Edificio Nea, Urbanización Maripérez, Caracas, Municipio Bolivariano Libertador de Caracas, Distrito Capital, Venezuela. Con esta información se procedió a llenar la matriz de información donde se pueden encontrar los enlaces con toda su información de nodos.

```

* Las fechas están en formato 'mm/dd/yyyy'

FECHA: 09/02/2014
HORA: 15:01:34
PAGINA: 1
C A N T V
-----

O R D E N   D E   S E R V I C I O
-----

Datos de la Solicitud:
-----
No Solicitud: I00IRI10235          Nro.
Circuito:0001041      Modelo de Atención:
Proyecto:CANTV -AMPLIACION RED ATM/FR  Analista
Responsable: LUIS ENRIQUE ALMEIDA
Teléfono Analista: 212-5008561      Ruta: ACA/ETO
Movimiento: INST. DE RED INTERNA    Fecha Registro:
2000-03-27 13:51:31
Central de Origen: ACARIGUA II      ( 5571 )
Fecha Compr. de Instalación: 09/11/2001  Fecha
Instalado: 09/05/2001
Fecha Ultimo Movimiento: 09/05/2001
Fecha Req. Cliente: 08/30/2001      Tiempo Disp.
Ejecución: 0
Fecha Adecuación del Cliente: 08/30/2001
Fecha Cita del Cliente:
Ejecutivo de Cuenta: JUAN FIGUEIRA   Teléfono
Ejecutivo: 212-5007480

Datos del Cliente:
-----
Nombre Cliente: C A N T V
Tipo de Cliente: CLIENTE SIN DEFINIR
Unidad de Negocio: EXENTOS CANTV
Teléfono: 2128001111                Fax:

Datos Técnicos:
-----
Servicio: INTERCONEXION TERRESTRE
Tipo de Red: RED DE TRANSMISION (E1)  Clase Servicio:
INTERURBANO
Uso: 34 MBPS (E3)                    Tipo de
Conexion:
Tipo Señalización: R2                 Clasific. de
Servicio:                             1

Valor Añadido: C.F.E.

```

Figura 13. Ejemplo de Información SISE recolectada de los servidores CANTV [17].

3.1.2 Supervisión y visitas a los nodos CANTV

Conocer y visitar las locaciones donde se realizaran los trabajos de migración de los servicios CANTV en los anillos 6 y 7 Región Los Andes es de mucha importancia; para ello se plantea un viaje a la Región de Los Andes con los permisos de CANTV para acceder a los nodos seleccionados a estudiar en este Trabajo Especial de Grado. Mediante estas visitas se podrá verificar la información faltante o ambigua, recolectada mediante los servidores SISE de CANTV.

También se tomaran las dimensiones de los equipos y posibles cambios que se deban realizar en cada uno de los nodos para poder migrar los servicios de una manera rápida y eficiente. También se debe de tener en cuenta los posibles materiales necesarios para realizar la migración de manera que al realizar la migración de los servicios, estos se vean afectados de la menor manera posible, de forma tal que los servicios sean interrumpidos en lo más mínimo posible.

3.1.3 Comparación de información

Luego de realizar las visitas a los nodos se debe de realizar una comparación entre la información SISE recolectada mediante los datos obtenidos desde los servidores CANTV y la información obtenida a través de las visitas de campo en los nodos. Se podrán conocer mejor las dimensiones de cada una de las estaciones bases, además se obtendrá un registro fotográfico identificando cada equipo y el espacio disponible para los nuevos equipos, así como también los diagramas de conexiones y la fachada de Rack's.

Para realizar de una manera más rápida y eficiente la comparación de información de la información de los enlaces en el sitio, se procede a hacerlo mediante la revisión de la matriz de tráfico creada, se observa la forma de dicha matriz en la *Figura 14. Matriz de tráfico creada para identificar y organizar los enlaces en cada nodo.*

Al final de este Informe de Trabajo Especial de Grado se encuentra una versión en documento Word de la Matriz de Tráfico, ya que originalmente ésta matriz se realizó sobre una Hoja de Cálculo, dicha Matriz de tráfico en su versión Word nos muestra la Información General de los tres (3) nodos seleccionados, San Cristóbal, San Juan de Colón y La Fría; la matriz de tráfico se encuentra al final de este informe en la sección de MATRIZ DE TRÁFICO [ANEXO 4].

INFORMACION GENERAL									
N°	ENLACE	N° CIRCUITO	VELOCIDAD	ORDEN Y SE	CLIENTE	SERVICIO ASOCIADO	ESTATUS DEL ENLACE	ORIGEN	DISTINO
	D5198	439	2Mb	I06IRI08096	C A N T V	DATOS	IMPLEMENTADO	ACARIGUA II	SN FRANCISCO GUANARE
	D8144	1407	2Mb	I06ICP21271	TELECOMUNICACIONES MOVILNET	TX	IMPLEMENTADO	ACARIGUA II	BARINAS CENTRO II
	E5248	1610	2Mb	I07ICP26850	TELECOMUNICACIONES MOVILNET	TX	IMPLEMENTADO	ACARIGUA II	BARINAS CENTRO II
	E9980	1590	2Mb	I10MDE11759	TELECOMUNICACIONES MOVILNET	TX	ALLOCATED	ACARIGUA II	BARINAS CENTRO II
	E9979	1588	2Mb	I07ICP22077	TELECOMUNICACIONES MOVILNET	TX	IMPLEMENTADO	ACARIGUA II	BARINAS CENTRO II
	TELEV	SIN INF	34Mb	SIN INF	SIN INF	SIN INF	IMPLEMENTADO	41ACA05	41BR506
	ETOR	SIN INF	140Mb	SIN INF	SIN INF	SIN INF	IMPLEMENTADO	64ACA02	64BTC07
	54577	360	2Mb	I02IRI15435	C A N T V	DATOS	IMPLEMENTADO	SN FRANCISCO GUANARE	ACARIGUA II
	54578	361	2Mb	I02IRI15444	C A N T V	DATOS	IMPLEMENTADO	ACARIGUA II	ACARIGUA II
	54579	362	2Mb	I02IRI15447	C A N T V	DATOS	IMPLEMENTADO	ACARIGUA II	ACARIGUA II
	53950	1098	2Mb	I01IRI27169	C A N T V	TX	IMPLEMENTADO	ACARIGUA II	SN FRANCISCO GUANARE
	53571	1041	34Mb	I00IRI10335	C A N T V	TX	IMPLEMENTADO	ACARIGUA II	BARQUISIMETO-CENTRO

Figura 14. Matriz de tráfico creada para identificar y organizar los enlaces en cada nodo [17].

3.1.4 Verificación de Datos

El siguiente paso consiste en verificar los datos mediante el análisis de la información ingresada en la matriz de tráfico creada, filtrando la información por nodo o por número de red (identificador de enlace), con la finalidad de optimizar los recursos. También se realizara el cálculo de los materiales necesarios para llevar a cabo la migración de los servicios CANTV en los anillos 6 y 7 Región Los Andes, específicamente en los tres nodos seleccionados.

3.1.5 Elaboración del informe de Factibilidad y Diseño de Ingeniería

En esta etapa final del proyecto se presentara un informe técnico con ingeniería de detalles de acuerdo a cada una de los puntos desarrollados en el transcurso de la investigación. Esto se realizara mediante el análisis y comparación de los equipos actuales y los equipos a conectar, características, velocidades de transmisión, puesta en gestión, flexibilidad y recomendaciones.

CAPITULO IV

RED ACTUAL DE EQUIPOS ADD/DROP MULTIPLEXER ALCATEL EN LOS ANILLOS 6 Y 7 CANTV DE LA REGION LOS ANDES

4.1 Arquitectura de red Anillos 6 y 7 CANTV región Los Andes

En la actualidad los anillos 6 y 7 CANTV de la región Los Andes, están conformados por una red de equipos ADM Alcatel 1664 SM a cuatro fibras, de capacidad 2,5Gb/s STM-16 en los nodos de Mérida, El Vigía, San Cristóbal, San Juan de Colon, La Fría, Coloncito, Ejido, Barquisimeto, Acarigua, Guanare, Barinas, Socopó, Santa Bárbara de Barinas y El Piñal. Se aprecia en la configuración de anillo de la red en la *Figura 15. Arquitectura de los anillos 6 y 7 CANTV de la región Los Andes* además se resaltan los nodos en los cuales se realizó el estudio para desarrollar este Trabajo de Grado.

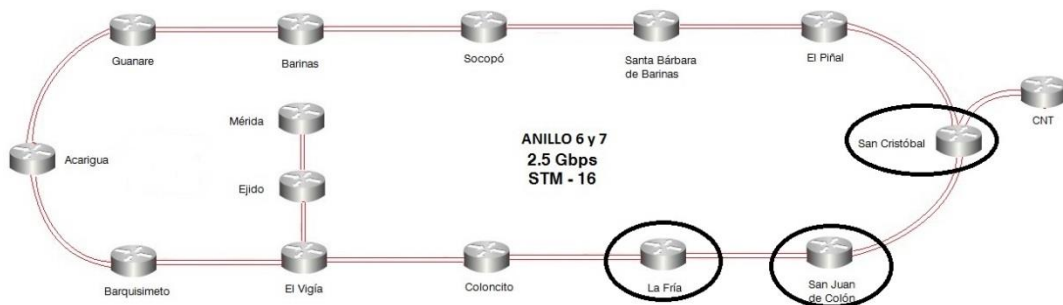


Figura 15. Arquitectura de los anillos 6 y 7 CANTV de la región Los Andes [17].

Los anillos 6 y 7 CANTV de la región Los Andes forman parte de la red nacional de fibra óptica. A su vez están conectados a la red Metro Ethernet los equipos Alcatel 1664 SM que están trabajando bajo la tecnología SHD a una capacidad de 155,520 Mbit/s sobre una trama STM - 1. En la *Figura 16. Equipos conectados directamente Anillo 6 y 7 CANTV*, además se aprecia la cantidad de fibras que conectan a los 3 nodos seleccionados, configuración de la red de transporte que se verá más adelante.

Para realizar el levantamiento de información se procedió primero a recolectar la documentación del funcionamiento de los elementos que conforman los anillos 6 y 7 CANTV de la Región Los Andes.

Los equipos conectados actualmente en los nodos seleccionados son los equipos ALCATEL 1664SM equipo conectado con tecnología de transporte SDH con niveles de trama STM - 16 directamente sobre la red Metro Ethernet con capacidad de 2,5 Gbps. Conectado a éste tenemos el ALCATEL 1641SM equipo conectado con tecnología de transporte SDH con niveles de trama STM – 1 con capacidad de 155,520 Mbps, para finalmente entregar el servicio a los clientes con una velocidad de transmisión de 2 Mb [3].

Esta información acerca de los equipos que forman los la red de anillos 6 y 7 Alcatel región Los Andes pertenecientes a CANTV fue otorgada a la empresa Startel C.A. como información previa para realizar la migración. Información que se verá verificada más adelante al realizar las visitas a los 3 nodos seleccionados para realizar este Trabajo Especial Grado, los cuales son: San Cristóbal, San Juan de Colon y La Fría.

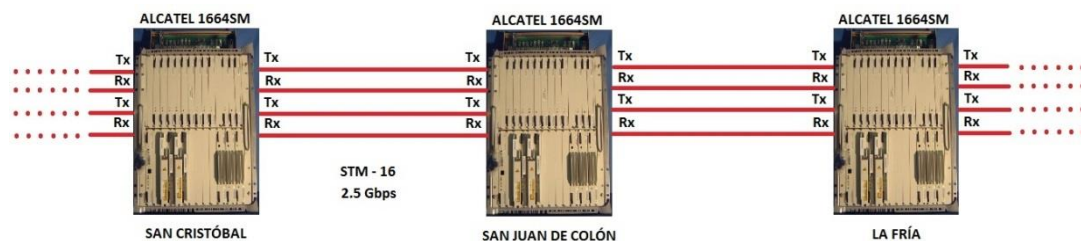


Figura 16. Equipos conectados directamente Anillo 6 y 7 CANTV [17].

4.2 Red de Transporte (Backbone)

La evolución de las telecomunicaciones en las redes troncales pertenecientes a CANTV han sido evidentes con el pasar de los años, el último trabajo de actualización sobre la red de transporte se realizó en el transcurso de la pasada década, conformando actualmente una red de fibra nacional perteneciente a la empresa CANTV mediante un sistema de anillos que cubren todo el país y lo dividen por regiones. Esta red de transporte cumple con los requerimientos de un enlace punto a punto ya que los nodos pertenecientes al anillo 6 y 7 Alcatel están comunicados directamente. La tecnología implementada es SDH sobre una fibra óptica monomodo a 4 hilos o 4 longitudes de onda se aprecian en la *Figura 17. Línea Bidireccional de Anillo Conmutado a 4 fibras*, que a la vez cumple con la Recomendación G.654 de la ITU [33]. La línea Bidireccional de Anillo Conmutado utiliza dos trayectorias paralelas de transporte: una activa y otra de reserva. La información se transmite a través de la trayectoria activa y en caso de suscitarse alguna falla, entra en funcionamiento la vía alterna. Esta configuración se utiliza principalmente en aplicaciones de red metropolitana.

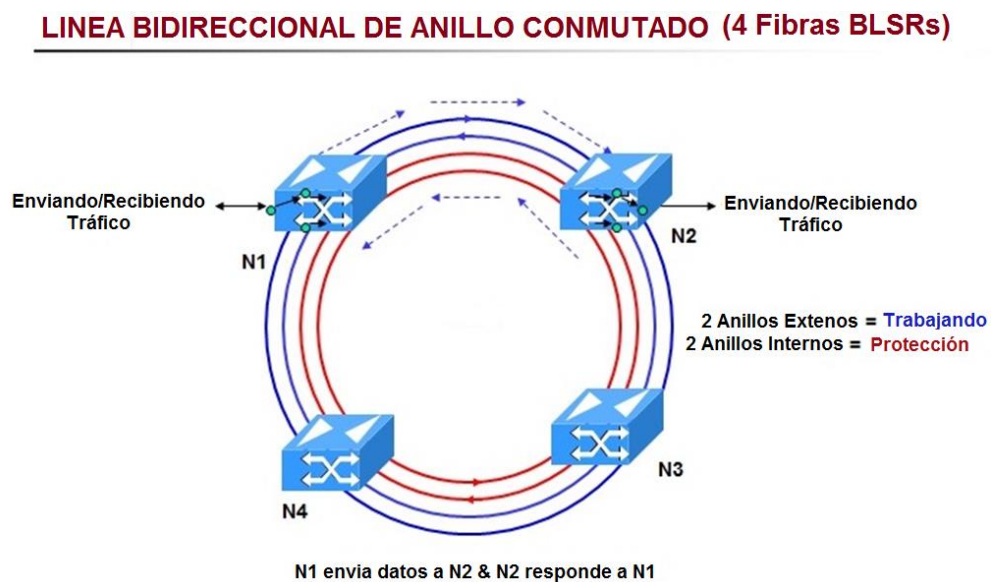


Figura 17. Línea Bidireccional de Anillo Conmutado a 4 Fibras [19].

La fibra óptica presente en este enlace es la fibra monomodo de índice abrupto, debido a que tiene la capacidad de transmitir mayor ancho de banda y es la fibra indicada para largas distancias. En lo que concierne a las características de la fibra óptica a utilizar en el enlace se puede apreciar mejor en la *Figura 18. Características técnicas de Fibra Estándar Monomodo*, por estándar de la empresa CANTV, se indica utilizar la fibra monomodo que cumple con la Recomendación G.654 de la UIT [33], conocida también como “fibra estándar”. La utilización de esta fibra se estableció a partir de 1999, después de estudios realizados por la empresa a las características de la fibra, comprobándose su efectividad en proyectos anteriores.

Características	Unidad	Valor
Diámetro del Núcleo	μm.	8.6 a 9.5
Diámetro del Revestimiento	μm	125
Diámetro externo del Recubrimiento	μm	245 ± 2%
Error de no circularidad del Revestimiento	%	< 2
Error de Concentricidad del Campo Modal	%	< 1
Coefficiente de Atenuación	dB/km.	≤ 0,25
Coefficiente de Dispersión Cromática	ps/nm×km	≤ 17
S _{omax} a la λ _o pendiente de dispersión nula.	ps/ nm ² ×km.	- 0.,093
Rango de Dispersión Nula	nm.	1300 - 1324
Coefficiente de Dispersión de PMD para una distancia máxima de 400 Km. para un STM-64	(ps/km) ^{1/2}	< 0,5
Incremento de las pérdidas a 1550 nm para 100 vueltas de fibra, enrollada a un radio de 37,5 mm	dB.	< 1
Tensión de Prueba σ _p	Gpa	0.35

Figura 18. Características técnicas de Fibra Estándar Monomodo [3].

La adquisición del cable de fibras ópticas se lleva a cabo por la empresa CANTV, a través de la apertura de un proceso de licitación en el cual las principales casas comerciales del ramo, exponen sus mejores productos y los costos de los mismos o se utiliza el cable de fibras ópticas que se encuentre en los almacenes de materiales; siempre y cuando cumpla con los parámetros antes mencionados. Esta decisión requiere de un análisis económico que queda fuera de los alcances de este proyecto de Trabajo Especial de Grado [16].

4.3 Topología tipo Anillo Mixto

La red de nodos CANTV de la región Los Andes tiene una topología de anillo como se puede observar en la Figura 15, debido a que esta topología da como resultado una estructura de red de elevada confiabilidad, puesto que en caso de suscitarse una falla en los equipos o cables, la red puede configurarse manteniendo la continuidad del servicio.

Además se tienen dos tipos de protección para el anillo como lo son la unidireccional y la bidireccional. En el anillo de protección unidireccional el tráfico se encamina en ambas direcciones. Este tipo de configuración es usado principalmente en redes de acceso de abonados. El anillo de protección bidireccional utiliza dos trayectorias paralelas de transporte: una activa y otra de reserva. La información se transmite a través de la trayectoria activa y en caso de suscitarse alguna falla, entra en funcionamiento la vía alterna. Esta configuración se utiliza principalmente en aplicaciones de red metropolitana.

La configuración utilizada en los anillos 6 y 7 CANTV Región Los Andes es de tipo Anillo Mixto (Figura 12), debido a que este anillo se comunica a su vez con el CNT (Centro Nacional de Telecomunicaciones) y de ahí se conectan a otros anillos de otras regiones a nivel nacional [17].

4.4 Equipos Add/Drop Multiplexer Alcatel actualmente en gestión

Después de realizar las visitas a los nodos de San Cristóbal, San Juan de Colon y La Fría, pertenecientes a la Red de equipos que forman el anillo 6 y 7 Alcatel. Pudimos constatar que los equipos existentes en los nodos son del tipo Add/Drop Multiplexer Alcatel 1664SM y 1641SM. Equipo de tipo Terminal para el caso del Alcatel 1664SM que forma parte directa de lo que es el Anillo 6 y 7 Alcatel con conexión directa entre equipos del mismo modelo, multiplexa sincrónicamente señales STM – 4 (622 Mbps) y para señales de línea STM – 16 (2,5 Gbps) sobre el

anillo de fibra óptica 6 y 7 Alcatel, mientras que el equipo Alcatel 1641SM se encarga de Multiplexar sincrónicamente señales STM – 1 (155 Mbps) y para señales de líneas STM – 4 (622 Mbps).

Cabe destacar que una de las razones principales que llevo a CANTV a elegir estos equipos Alcatel en su momento fue el hecho de que los mismos se pueden utilizar tanto en redes PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona) como en redes SDH (Jerarquía Digital Sincrónica). Debido a dicha compatibilidad es que se podrían realizar mejoras en la red en el futuro sin tener que cambiar los equipos, además de que el equipo era el más compacto, de dimensiones pequeñas y de fácil instalación.

Es por esto que a continuación caracterizaremos estos equipos Alcatel 1664SM que forma parte directa del anillo con trama STM – 16 con capacidad de 2,5 Gbps y el equipo Alcatel 1641SM que forma parte del procesamiento de las data para finalmente llegar a los clientes con trama STM – 1 mediante la configuración de uno de sus puertos. El conocer el funcionamiento de los equipos que forman parte de la red es de gran importancia para poder realizar el estudio de factibilidad para la migración de los anillos 6 y 7 Alcatel, basado en la matriz de tráfico de los nodos seleccionados pertenecientes a la región Los Andes. Conociendo la configuración del equipo actual en gestión es que podremos realizar la planificación para llevar a cabo el estudio de factibilidad sobre la migración de los servicios en los nodos de San Cristóbal, San Juan de Colon y La Fría hacia el equipo Huawei OSN 3500 [17].

4.5 Equipo ALCATEL 1664SM

El 1664 SM es un sistema STM-16 para transmisión y de inserción / extracción de señales STM-1 y STM-4. Este equipo forma parte de la red Metro Ethernet que conforma el Anillo 6 y 7 Alcatel, el cual está unido a través de una red de fibra óptica monomodo a 4 hilos, con capacidad de Transmisión de 2,5 Gbps Sobre una trama STM-16. El equipo 1664SM se aprecia mejor en la *Figura 19. Repisa del equipo Alcatel 1664 SM*; que es un multiplexor que posee un diseño modular, por lo tanto se

le puede añadir o remover módulos de una forma sencilla lo que le permite adaptarlo para otras aplicaciones, como un Multiplexor Add/Drop o como en nuestro caso como multiplexor terminal con interfaces ópticas o eléctricas STM – 16 a 2,5 Gbps respectivamente, donde hasta dos tributarios son manejados por una tarjeta o Unidad Bitributario. Los tributarios pueden ser 140/155 Mbit/s eléctrica, STM-1 óptica y óptica STM-4. Hasta 8 + 1 (piezas) 140 Mbit /s o STM-1 unidades tributarias o hasta 4 STM-4 afluente puede ser alojado en el 1664 SM. Cualquier combinación de las unidades tributarias anteriores es posible en el mismo estante. El panel de equipo da cabida hasta para 8 tributarios + 1 protección.

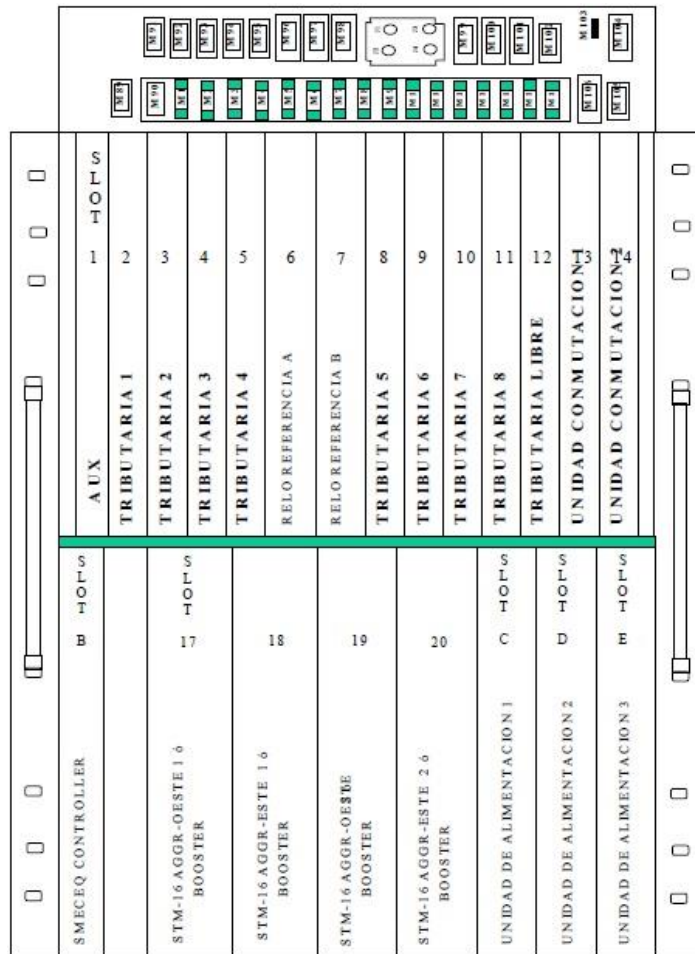


Figura 19. Repisa del equipo Alcatel 1664 SM [5].

Las unidades de agregado son las que se interconectan con el lado STM-16 y cuando el equipo se configura en la modalidad de Extraer/Insertar ADM, puede interconectar hacia los lados Este (East) y Oeste (West) con un máximo de cuatro agregados [5].

4.5.1 Bits dedicados

Haciendo uso de los Bytes dedicados de la estructura SDH, el equipo permite el acceso a una gran variedad de servicios, facilitando de esta manera la operación y el mantenimiento del enlace. Para esta operación se conecta con:

- Computadora personal (Local Craft Terminal), mediante la interfaz F (Para personal de mantenimiento).
- Sistema de administración de la red por medio de la interfaz Q (Para personal de CM, CRS y CNS).

Lo anterior permite el análisis de la condición de alarmas, el configurar mediante el software correspondiente el equipamiento terminal al tiempo de poder realizar funciones de administración de la red.

4.5.2 Configuración utilizada

La función de Extraer/Insertar ADM (Add/Drop Multiplexor) del equipo le facilita el poder configurar el tipo de estructura en anillo (*Figura 12*). La topología implantada (UIT-T G.803) vendrá determinada por los requerimientos de flexibilidad y fiabilidad del operador de la red. La tecnología SDH apuesta por topologías en anillo, constituidas por ADMs unidos por 4 fibras ópticas. Los anillos permiten conseguir redes muy flexibles, pudiendo extraer señales tributarias del tráfico agregado en cualquiera de los nodos que conforman el anillo.

Las distancias máximas entre equipos SDH dependen del tipo de interfaz STM-N (Recomendaciones G.957 [34] y G.958 [35] de la UIT) y de la ventana utilizada en la transmisión, en el caso de utilizar fibra óptica monomodo convencional.

Un parámetro extrínseco a la fibra óptica es la ventana de trabajo. Cuando hablamos de ventanas de trabajo nos referimos a la longitud de onda central de la fuente luminosa que utilizamos para transmitir la información a lo largo de la fibra. La utilización de una ventana u otra determinará parámetros tan importantes como la atenuación que sufrirá la señal transmitida por kilómetro. Las ventanas de trabajo más corrientes son: Primera ventana a 850 nm, segunda ventana a 1300 nm y tercera ventana a 1550 nm. La atenuación es mayor si trabajamos en primera ventana y menor si lo hacemos en tercera. El hecho de que se suele utilizar la primera ventana en la transmisión de una señal es debido al menor coste de las fuentes luminosas utilizadas, al ser tecnológicamente más simple su fabricación.

La ventana de transmisión por fibra óptica utilizada actualmente es la segunda. La segunda a 1.300 nm, está caracterizada por una dispersión casi nula y una atenuación de alrededor de 0,5 dB/Km. En la segunda ventana las distancias máximas entre equipos, sin considerar amplificadores, son de alrededor de 47 Km para STM-1, 51 Km para STM-4, y 39 Km para STM-16.

4.5.3 Protección del anillo

Los ADMs también ofrecen mecanismos de encaminamiento alternativo o protección bajo varias configuraciones según la Recomendación T G.841 de la ITU [36], para ofrecer una disponibilidad máxima y sobreponerse a cortes en la fibra y a fallos en los equipos. Por ejemplo, la solución de protección 1+1 da lugar a los denominados anillos híbridos autoregenerables, en los cuales el tráfico se encamina simultáneamente por dos caminos, siendo recogido en el nodo destinatario; en caso de la caída de algún equipo intermedio o el corte de una fibra, el nodo destinatario conmutará al otro camino, lo cual es conseguido en menos de 50 ms. Por otro lado,

las redes SDH constituyen un sistema de transmisión punto a punto, estableciéndose como una auténtica red de comunicaciones, incluyendo, además de la red de transporte, la de sincronización, la de gestión, y la de comunicaciones de datos.

La protección en anillo con cuatro fibras le permite redireccionar el tráfico en caso de ruptura de la fibra o falla en alguno de los nodos que hacen parte de la red, esto se puede observar en la *Figura 20. Protección compartida en anillo*. En un Anillo de 4 fibras con Línea Bidireccional Conmutada (BLSR/4) de Fibra óptica - los 4 anillos de fibra bidireccionales tiene configurados los Interruptores de Protección de Dirección Inversa (RDPS). Estos son colocados ya sea a ambos lados de cada ADM, o puede ser incluido en el sistema electrónico del propia ADM. Además detectan cortes de fibra y cortes de servicio en equipos mediante una constante verificación de los datos enviados y recibidos. Si se produce un corte de señal en la fibra el RDPS procede de inmediato a cambiar el medio de transmisión de los datos utilizando el par fibra secundario de respaldo, de esta manera se restaura el servicio en cuestión de milisegundos.

La red de fibra nacional de CANTV, específicamente el anillo 6 y 7 Alcatel ubicado en la región de Los Andes esta interconectado de manera directa a cuatro (4) fibras entre equipos Alcatel 1664 SM, en gran parte debido a la facilidad y seguridad que ofrece el equipo sobre la configuración de anillo.

4-Fiber BLSR (Bidirectional Line Switched Ring)

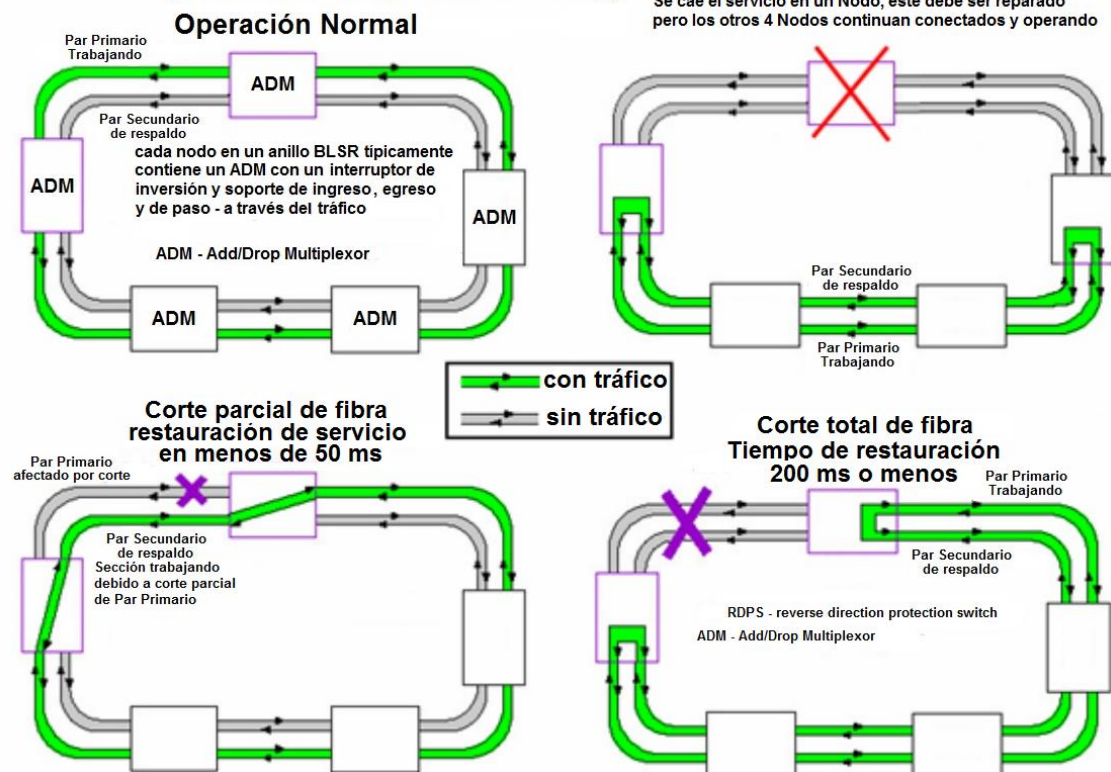


Figura 20. Protección compartida en anillo [17].

4.6 Equipo ALCATEL 1641SM

El equipo 1641SM es un equipo multiplexor síncrono del tipo Extraer/Insertar (ADM), definido como un módulo de transporte síncrono que está configurado actualmente para trabajar a un nivel 1 (STM - 1). Este multiplexor posee un diseño modular, por lo que se puede añadir o remover módulos de una forma sencilla lo que nos permite adaptarlo para otras aplicaciones como puede ser con un multiplexor Add/Drop o como este caso como multiplexor terminal con interfaces ópticas o eléctricas. El Alcatel 1641SM se puede observar en la *Figura 21. Repisa del equipo Alcatel 1641 SM*, se utiliza para establecer un sistema de transmisión a 155,520 Mbit/s y debido a su gran flexibilidad, permite implementar varias configuraciones entre las que se destacan la de multiplexor terminal o la de multiplexor tipo

Extraer/Insertar ADM con diversas protecciones que incluyen el funcionamiento de redes en anillo.

Los tributarios son del tipo síncronos a 2 Mb/s y eléctricos STM-1 con capacidad de hasta 155 Mbit/s respectivamente, donde hasta dos tributarios son manejados por una tarjeta o Unidad Bitributaria. El panel de equipo da cabida hasta para 8 tributarios + 1 protección. Las unidades de agregado son las que se interconectan con el lado STM - 1 y cuando el equipo se configura en la modalidad Extraer/Insertar ADM, puede interconectar hacia los lados Este (East) y Oeste (West) con un máximo de 21 agregados. A continuación se muestran los principales circuitos funcionales bidireccionales:

- PPI: (Interfaz física Plesiócrona). Interconecta la señal de 34 Mb/s (2Mb/s) con la fuente externa extrayendo Temporización (en el lado transmisor).
- Mux/Demux: (Para la señal de 34 Mbps únicamente) Demultiplexa (en la transmisión) la señal de 34 Mbps en 16 señales de 2 Mbps. Multiplexa (en la recepción) los 16 flujos de 2 Mbps en una señal de 34 Mbps.
- LPT: (Terminación de vía de orden inferior). Administra el byte de control (POH) estructurando por lo tanto el contenedor virtual (VC-12).
- LPA: (Adaptación de vía de orden inferior). Extrae/Inserta la señal plesiócrona de 2Mb/s de/ en el contenedor sincrónico C12.
- HPA: (Adaptación de vía de orden superior). Procesa el indicador de la TU12.
- LPC: (Conexión de vía de orden inferior). Interconecta cualquier posición de la tramaSTM-1 que interconecta los agregados.
- MSP: (Protección de sección multiplex y protección de conexión de subred Inherente).
- SNCP/1: Escoge entre las unidades principal/de reserva (MSP) y el lado Este/Oeste (SNCP/1) de las señales recibidas de los agregados.

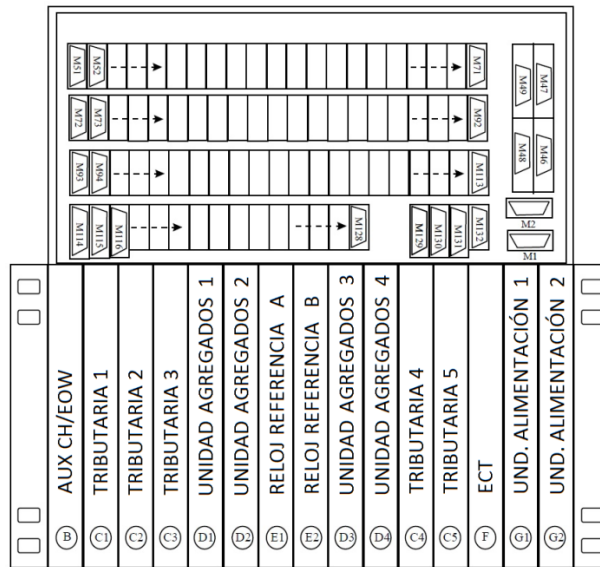


Figura 21. Repisa del equipo Alcatel 1641 SM [20].

4.6.1 Transmisión y Recepción

El equipo Alcatel 1641SM es un equipo terminal que se encarga de recibir la información sobre una trama STM-4 con velocidad de transmisión de 622 Mbps y realiza la conectorización hacia el lado de los tributarios con trama STM-1 a una velocidad de transmisión de 2 Mb/s. La unidad interconecta el tributario plesiócrono de 34 Mbps, los cinco tributarios de 2 Mbps y la estructura digital sincrónica STM-1.

4.6.2 Especificaciones Técnicas

Interfaces Eléctricas

Según las recomendaciones del ITU-T G.703.

- Interfaz HDB3 de 2 Mb/s 21 por módulo.
- Interfaz HDB3 de 34 Mb/s 3 por módulo.
- Interfaz CMI de 140 Mb/s 1 por módulo.
- Interfaz CMI de 155 Mb/s 1 por módulo.

Suministro de Poder

- Valores nominales para generación de voltaje VC. 48 V y 60 V.
Rango 36 V a 75 V.
- Consumo de potencia a 60 V.
Para configuración de sub-rack simple 70 W a 160 W
Para configuración de sub-rack doble 125 W a 330 W

Interface de reloj

- Interfaces para sincronización de red
T3 y T4 (G.703) 2048 KHz

4.7 Concepto SDH aplicado para los Tributarios finales (clientes)

SDH trabaja con una estructura o trama básica denominada STM-1, que tiene una duración de 125 microsegundos (se repite 8.000 veces por segundo), y se corresponde con una matriz de 9 filas y 270 columnas (ver figura 9), cuyos elementos son octetos de 8 bits; por consiguiente, la trama tiene una velocidad binaria de $(9 \times (270 \times 8)) \times 8.000 = 155,520$ Kbps. La transmisión se realiza fila por fila, empezando por el byte en la esquina superior izquierda y terminada en el byte en la esquina inferior derecha.

El estándar SDH está definido originalmente para el transporte de señales de 1,5 Mbps, 2 Mbps, 6 Mbps, 34 Mbps, 45 Mbps y 140 Mbps a una tasa de 155 Mbps, y ha sido posteriormente desarrollado para transportar otros tipos de tráfico, como por ejemplo ATM ó IP, a tasas que son múltiplos enteros de 155 Mbps. La flexibilidad en el transporte de señales digitales de todo tipo permite, de esta forma, la provisión de todo tipo de servicios sobre una única red SDH: servicio de telefonía, provisión de

redes alquiladas a usuarios privados, creación de redes MAN y WAN, servicio de videoconferencia, distribución de televisión por cable, etc.

4.8 Formación de tramas

A continuación se explica el proceso de formación de la trama STM-1 (ITU-T G.707) a partir de los diferentes tributarios incluidos en ella (ITU-T G.709).

El contenedor o C-n (Container) es la unidad básica de empaquetamiento para los canales tributarios. Se tiene un contenedor especial para cada señal tributaria de PDH (ITU-T G.703 [3]): C-4 para señales de 140 Mbps, C-3 para 45 y 34 Mbps, C-2 para 6,3 Mbps, C-12 para 2 Mbps, y C-11 para 1,5 Mbps. Estos contenedores tienen siempre un tamaño mayor que la carga a transportar. La capacidad remanente es utilizada, en parte, para la justificación; con el fin de eliminar las desviaciones temporales entre las señales PDH (siempre dentro de las tolerancias establecidas por el ITU-T). Cuando se hace la correspondencia con tributarios síncronos, se insertan bytes de relleno fijos, en vez de bytes de justificación.

Las señales ATM pueden ser transportadas en la red SDH en los contenedores C-11, C-12, C-3 y C-4; aunque en este caso el entramado no es continuo como en el caso de PDH. Aunque, en teoría, una señal ATM está formada por celdas discontinuas de 53 bytes, los intervalos entre estas celdas se rellenan con celdas vacías, que son insertados por el equipo ATM cuando se conecta a una interfaz SDH, formando de esta forma una señal continua. Por lo general, las celdas ATM son transportadas sobre la carga útil de un VC-4 o de varios VC-4s concatenados (ITU-T G.707 [3]). La señales IP son transportadas sobre la red SDH siguiendo, por lo general, el método PoS (Packet over SONET). Para ello, primero es necesario que la señal IP sea encapsulada mediante PPP (IETF RFC 1661-1662), siendo transportada la trama sobre la carga útil de un VC-4 o de varios VC-4s concatenados (IETF RFC 2615).

Un contenedor virtual o VC-n (Virtual Container) es el conjunto de un contenedor y la tara de trayecto. La tara de trayecto o POH (Path OverHead) tiene como misión monitorizar la calidad e indicar el tipo de contenedor; por lo tanto, el formato y tamaño del POH depende del tipo de contenedor. El VC es la entidad de carga útil que viaja sin cambios a lo largo de la red, siendo creada y desmantelada en los distintos puntos de acceso o terminación del servicio de transporte.

El siguiente paso para formar la señal STM-N completa, consiste en añadir un puntero en una posición fija indicando el comienzo del VC dentro de la trama. En consecuencia, el VC puede flotar dentro del área de carga que le es destinado, debiendo el puntero alinearse en consecuencia. La unidad formada por el puntero y el VC se denomina unidad administrativa o AU-n (Administrative Unit), o bien unidad de tributario o TU-n (Tributary Unit).

Como hemos visto, las taras u OHs son bytes reservados para la información del propio sistema. Parte de ellos son asignados a los VCs y otros a los STMs. La información contenida en las taras se utiliza básicamente para la monitorización de la calidad, detección de errores, canales de comunicaciones, canales de datos, protección automática, etc. La tara de trayecto o POH se asigna al contenido útil al multiplexarse en el VC, permaneciendo con este VC hasta que sea demultiplexada la carga útil. De esta forma, un trayecto es el tramo de la red SDH comprendido entre dos puntos de ensamblado y desensamblado de VCs. La tara de sección o SOH forma parte de la trama STM. Puesto que una sección de multiplexación puede estar formada por varias secciones de regeneración, la SOH se divide en la tara de sección de multiplexación o MSOH y la tara de sección de regeneración o RSOH. En los regeneradores sólo se tiene acceso a la RSOH. De este modo, una sección es aquella parte de un trayecto en la que se mantiene la integridad de la señal STM-N, es decir, la multiplexación o demultiplexación se realiza sólo en los extremos.

La utilización de punteros en SDH supone muchas ventajas respecto a la utilización de bits de justificación en PDH, desempeñando principalmente dos

funciones. La primera misión del puntero es identificar la posición de los VCs en la trama correspondiente, que será una AU o TU. Esto permite asignar de forma flexible y dinámica el VC con la información útil dentro de la trama AU o TU. La segunda misión del puntero es adaptar la velocidad binaria de los VC a la velocidad binaria del canal de transmisión. Es decir, mediante un mecanismo de justificación positiva, negativa o nula, permiten absorber las diferencias de frecuencia entre las diferentes señales que forman un STM-N.

Finalmente, una vez creada la trama STM-N, esta es transmitida utilizando los códigos de línea NRZ y RZ en el caso de la interfaz óptica. En el caso del STM-1 e interfaz eléctrica, el código de línea utilizado es CMI. Para evitar la transmisión de largas cadenas de 0s ó 1s que pueden dificultar la recepción de la señal, se utiliza un mezclador o scrambler en el momento de generar la señal óptica. Los únicos bytes que no son mezclados son los tres primeros, siendo los dos primeros aquellos que identifican el inicio de las tramas y el tercero aquel que identifica el número de trama STM-1 dentro de una trama STM-N.

4.9 Equipo Optix OSN3500 HUAWEI a instalar

El OptiX OSN 3500 es el equipo seleccionado por el cliente CANTV para actualizar la red que conforma el anillo 6 y 7 Alcatel, para esto se plantea la migración de servicios CANTV hacia una nueva red Huawei, con este equipo se busca disponer de redes de mayor capacidad, 10Gb/s (STM-64), de tecnología SDH ó DWDM de última generación, tal como las redes Huawei existentes. Se puede observar en la *Figura 22. Repisa del equipo OSN3500*, que es un equipo de inserción/extracción de señales, con variaciones de configuración de tarjetas de control y procesamiento, dependiendo de los requerimientos del sistema puede llegar a tener una transmisión con capacidad compatible con STM-16 y STM-64. Este equipo esta seleccionado para que forme parte de la red Metro Ethernet que conforma el Anillo 6 y 7, el cual se proyecta su instalación a través de una red de fibra óptica

monomodo a 4 hilos, pudiendo tener una capacidad de Transmisión de 64 Gbps sobre una trama STM-64.

El equipo soporta conmutación de paquetes y la transmisión, hereda todas las características de la tecnología MSTP, e integra el SDH/PDH, Ethernet, WDM, ATM, ESCON/FC/FICON, DVB-ASI (Digital Video Broadcast-interfaz serie asíncrono), y RPR tecnologías. Por lo tanto, el equipo es compatible con redes SDH y MSTP convencional.

Es un sistema inteligente de conmutación óptica con arquitectura de "doble núcleo". Esto permite que pueda ser utilizado en modo de paquetes o en modo TDM. Cuando se utiliza con otros equipos Huawei, admite varias aplicaciones de networking, como la aplicación en modo de paquete puro, la aplicación de red híbrida (central telefónica virtual en modo paquete y modo TDM) y la aplicación en modo TDM puro. Mediante el uso de una solución de red adecuada, el servicio de datos y el servicio convencional SDH pueden ser procesados de manera óptima. El OptiX OSN 3500 transmite servicios de voz y datos en la misma plataforma con alta eficiencia.

Con una arquitectura de doble núcleo de conmutación universal, el equipo OptiX OSN cumple con los requisitos para el transporte de servicios convencionales y para un número cada vez mayor de servicios de paquetes. El equipo OptiX OSN utiliza la tecnología WDM integrada para transmitir, el equipo ofrece soluciones de transmisión completas en el dominio de paquetes, para soportar las nuevas tecnologías que exigen un alto rendimiento en la transmisión de paquetes de alta velocidad como la tecnología 4G/LTE.

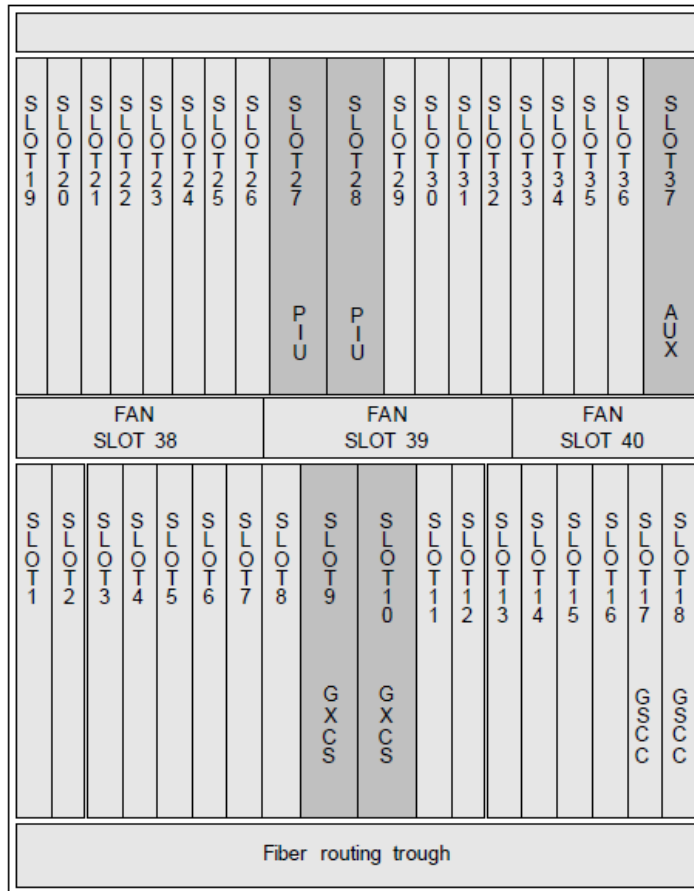


Figura 22. Repisa del equipo OSN3500 [10].

CAPITULO V

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

5.1 Recopilación de información en los gestores de CANTV

Como primer paso para conocer mejor la arquitectura, los equipos Alcatel en gestión y sus características debimos recurrir a la base de datos existente en CANTV CNT ubicada en Av. Libertador, Edificio Nea, Urbanización Maripérez, Caracas, Municipio Bolivariano Libertador de Caracas, Distrito Capital, Venezuela.

Obtuvimos una serie de archivos en formato de notas de texto, Información SISE (Servicio Integrado de Servicios Especiales) la cual fue recolectada de los servidores CANTV, estos datos fueron facilitados por la empresa CANTV para realizar una matriz de tráfico que facilite la ubicación de enlaces puntuales, así como de equipos conectados y nodos. Se puede apreciar el formato usado en la Información SISE recolectada de los servidores CANTV en la Figura 10 ubicada en la metodología usada para la realización de este Trabajo Especial de grado.

5.2 Matriz de tráfico sobre información SISE Anillos 6 y 7 Alcatel

Dicha matriz de información fue realizada sobre una hoja de cálculo, ésta fue organizada y llenada con la información SISE como se mencionó anteriormente, con esta matriz se podrá trabajar de manera más eficiente al momento de realizar la migración de los enlaces conectados a los equipos Alcatel. Se puede apreciar la organización de la información en la matriz de tráfico en los Anexos 1 ubicados en la parte final de este documento.

La matriz de tráfico diseñada para este Trabajo Especial de Grado se realizó para la totalidad de nodos que conforman el Anillo 6 y 7 Alcatel, pero se escogieron 3 nodos

en específico para este Trabajo Especial de Grado, los cuales fueron San Cristóbal, San Juan de Colón y La Fría.

5.3 Visitas a los nodos (Site Survey)

Para poder verificar la información ofrecida por la empresa CANTV sobre los equipos Alcatel en gestión y la información SISE obtenida a través de la base de datos de CANTV se debió realizar las visitas a los Nodos, siendo más específicos para la realización de este Trabajo Especial de Grado, los Nodos de San Cristóbal, San Juan de Colón y La Fría, se puede apreciar la distancia entre las estaciones y su ubicación en la imagen capturada del mapa de Google Earth de la *Figura 23. Distancia de 25 Km entre el Nodo de San Cristóbal y San Juan de Colón Distancia de 20 km entre el Nodo de San Juan de Colón y La Fría.* Estas visitas a los nodos se realizaron entre los días 13 y 16 de Julio de 2015. Se puede apreciar en la Figura 14 la ubicación geográfica de los nodos visitados, como también se puede apreciar el itinerario de visitas realizadas a los nodos en la *Tabla 4. Itinerario de Visitas a los Nodos Seleccionados.* A continuación se presenta un itinerario de lo que fueron las visitas a los nodos de San Cristóbal, San Juan de Colón y La Fría.

NODO	SAN CRISTÓBAL	SAN JUAN DE COLÓN	LA FRÍA
FECHA	13/ 07/ 2015 14/ 07/ 2015 15/ 07/ 2015	16/ 07/ 2015	16/ 07/ 2015
UBICACIÓN	Urb/Sector: Pasaje Acueducto Dirección: Esquina Carrera 23, Edif. CANTV, Pasaje Acueducto, San Cristóbal, Estado Táchira.	Urb/Sector: Centro Dirección: Estación CANTV San Juan de Colón Centro, Calle 6 con carrera 8, Colón, Estado Táchira.	Urb/Sector: Centro Dirección: Estación CANTV La Fría Centro, La Fría, Estado Táchira.

Tabla 4. Itinerario de Visitas a los Nodos Seleccionados

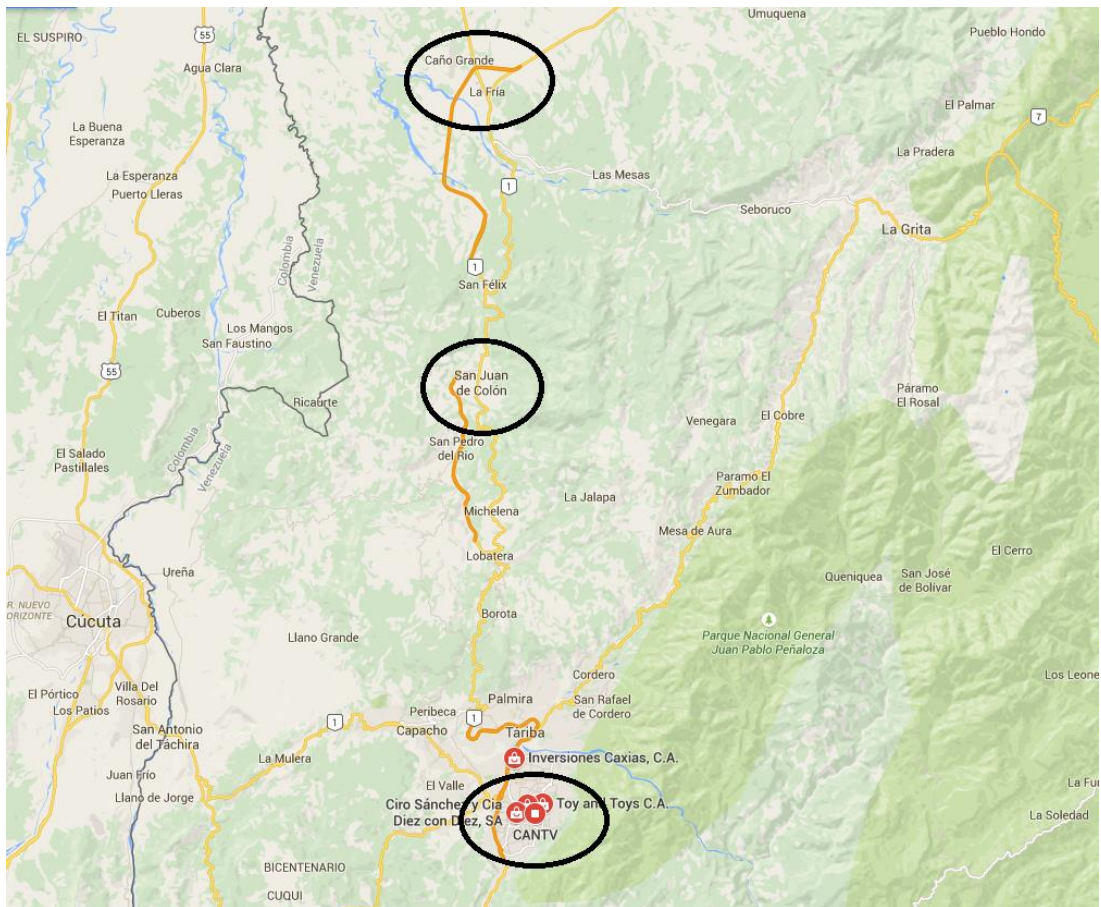


Figura 23. Distancia de 25 Km entre el Nodo de San Cristóbal y San Juan de Colon
Distancia de 20 km entre el Nodo de San Juan de Colon y La Fría.

Fuente: Google Earth, 2016.

CAPITULO VI

SOLUCIÓN AL PROBLEMA

6.1 Solución General

Con el propósito de cumplir los requerimientos de la empresa CANTV se realizó un estudio de las estaciones involucradas, visitas a los sitios (site surveys) y posteriormente se efectuó la ingeniería de detalles para la instalación, configuración y puesta en gestión de los equipos OSN. La realización de la ingeniería de detalles se basó en ciertas consideraciones, éstas fueron ejecutadas mediante la recaudación de información proveniente de criterios y normas del cliente en sus estaciones, manuales de los equipos OSN3500 [17], recomendaciones de la UIT y demás información basada en la experiencia de las empresas involucradas como Startel y Huawei.

6.2 Consideraciones generales para instalación de equipos Optix Huawei OSN3500

1. Posicionamiento de los equipos: Los Optix Huawei OSN3500 deben ser instalados en un rack especialmente diseñado para tal fin, el OSN3500 Rack de 19 pulgadas [38]. Un Rack puede albergar 2 equipos Optix Huawei OSN3500.
2. Ubicación del Rack dentro de la estación : Para poder establecer una buena ubicación del rack es necesario tomar en consideración los siguientes aspectos:
 - Posición del rack con respecto a los demás dispositivos o paneles que pudieran ser conectados con el nuevo equipo.
 - El recorrido del cableado de datos debe ser óptimo y preferiblemente alejado del cableado de energía.

- El cableado de energía debe seguir un recorrido que no esté expuesto a riesgos de cortocircuito y que pueda ser fijado correctamente a la estación a través de paneles o escalerillas según sea el caso.
 - Tomar en consideración expansiones futuras.
 - La separación entre los Rack's adyacentes debe tener un mínimo de 15 cm como aproximado, respetando siempre las columnas o filas de Rack's presentes en la estación.
 - Debe existir un espacio mínimo libre de aproximadamente 1 mt en la parte de enfrente para facilitar la manipulación del equipo.
 - La ubicación debe ser de tal forma que se respeten los radios de curvatura de los cables, ductos de fibra óptica, etc. Además debe de permitir la apertura y acceso a los tableros de servicios eléctricos, incendio, etc.
3. Instalación del rack, equipos y tarjetas: El rack debe ser anclado al piso con materiales especialmente diseñados para tal fin, de tal forma que éste quede firme y completamente aislado eléctricamente del suelo. El Rack puede ser aterrado al ser conectado al anillo de tierra de la estación mediante un conductor de cobre verde con un calibre no menor a 6 AWG. Para realizar la conexión del equipo a tierra se debe hacer a través del Rack que lo soporta mediante un conductor de chaqueta color verde y un calibre sugerido por el fabricante del equipo, en caso de que éste no sea especificado debe seleccionarse uno que esté acorde a la capacidad de corriente, normalmente se utiliza el calibre 14 AWG. Las tarjetas que utilizará el equipo dependerán de las necesidades del operador de red y deberán ser colocadas en sus respectivos slots de acuerdo al manual de instalación de los mismos.
4. Energía: Estos equipos son alimentados con voltaje DC; Este tipo de alimentación puede ser tomada del PDB (Power Distribution Board) Lorain, existen normalmente sistemas de +24 VDC, -48 VDC, éste último a veces de un conversor DC-DC de +24 a -48V, el cual se ubica normalmente en el

mismo PDB. El voltaje de alimentación para el OSN3500 va de -38,4 a -72 V DC; 110/220V AC el consumo de corriente para el OSN3500 es de 20A como corriente máxima. Para la alimentación de este equipo se utilizará el voltaje de -48V DC tomados de la barra de distribución proveniente del conversor DC-DC. Cuando se realice alguna conexión a la barra DC dentro del PDB, se debe verificar que la suma del consumo de todos los elementos conectados a ella no exceda el 70% de la capacidad disponible, se deberá instalar un módulo rectificador/ conversor nuevo o incluso un nuevo sistema de DC. Esto se realiza previendo, que en caso de falla de alguno de los convertidores, el resto de ellos pueda soportar la carga. Una vez que la alimentación llegue al rack ésta será conectada a un dispositivo llamado PDU (Power Distribution Unit). La Unidad de Distribución de Energía (PDU) ofrece soluciones de suministro de energía a los productos Huawei inalámbricos, además proporciona funciones de distribución de alimentación de corriente continua y de protección contra sobretensiones.

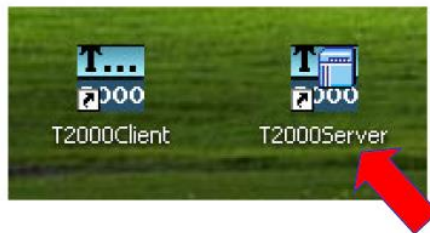
La Unidad de Distribución de Energía (PDU) [39] ofrece las siguientes funciones:

- Proporcionar doce salidas de -48V DC divididos en dos bancos para satisfacer múltiples requerimientos de distribución de energía en escenarios de distribución y estaciones base separadas.
- Proporcionar doce salidas de 10 Amp (Interruptores BTicino Mod F/B 10) dividido en dos bancos para satisfacer requerimientos de distribución de energía en escenarios de distribución y estaciones base separadas.
- Proporcionar un aumento de la protección contra sobretensiones DC a través de la unidad de protección (Atlantic Scientific Mod MA15) conectado al banco A.
- Proporcionar cuatro espacios libres para unidades adicionales de breakers.

Desde el PDU hacia el equipo se deben conectar dos salidas de alimentación, brindándole de esta forma redundancia de energía en caso de que una línea llegase a fallar. Se puede observar información detallada sobre características del PDU (Power Distribution Unit) Model TAB-DC en el manual del equipo revisado por Huawei, éste se encuentra ubicado en los anexos al final de este Trabajo Especial Grado.

6.3 Consideraciones generales para la configuración de equipos Optix Huawei OSN3500 en el T2000 Huawei SNMS for Transmission Network

1. Carga de software y configuración: Para modelos de equipo Huawei, lo primero que hay que hacer luego de tener los equipos energizados, es cargarle el software *iManager T2000 Huawei SNMS for Transmission Network* con el que realizará todas sus funciones incluyendo su conexión a la red desde donde será gestionado remotamente. Luego de esto se procede con la configuración típica que comienza con la selección del icono T2000Server como se observa en la *Imagen 1. Íconos de área de trabajo*, esto para iniciar la lectura de reconocimiento del equipo a configurar como se aprecia en la *Imagen 2. Inicialización lectura de reconocimiento del equipo*.



Primero se debe seleccionar el icono T2000Server

Imagen 1. Íconos de área de trabajo.

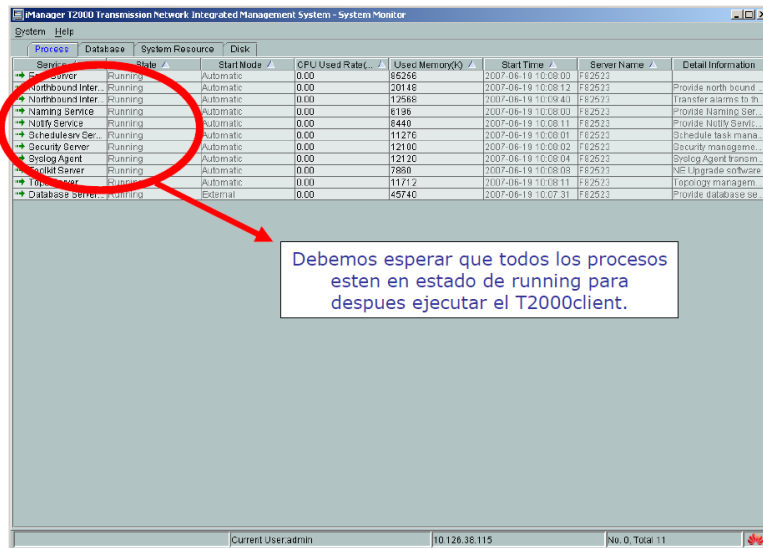


Imagen 2. Inicialización lectura de reconocimiento del equipo

Una vez que todos los procesos estén en estado running se debe minimizar la pantalla. Para luego hacer doble clic sobre el icono de T2000Client. A continuación debemos iniciar sesión haciendo Login y colocando *User: admin* y *Password: 127.0.0.1:9801* por defecto. En el servidor podemos ejecutar solo el server ó podemos ejecutar también el Client pero el Ip del servidor debe ser colocado como ip de bucle (127.0.0.1), y contará como un Client, en las otras computadoras solo debemos ejecutar el Client, y en el Ip para el servidor colocamos el Ip de la computadora del server. Una vez en la ventana principal como se observa en la *Imagen 3. Ventana principal Main Topology*, podemos observar las diferentes opciones de configuración del que disponemos para usar.

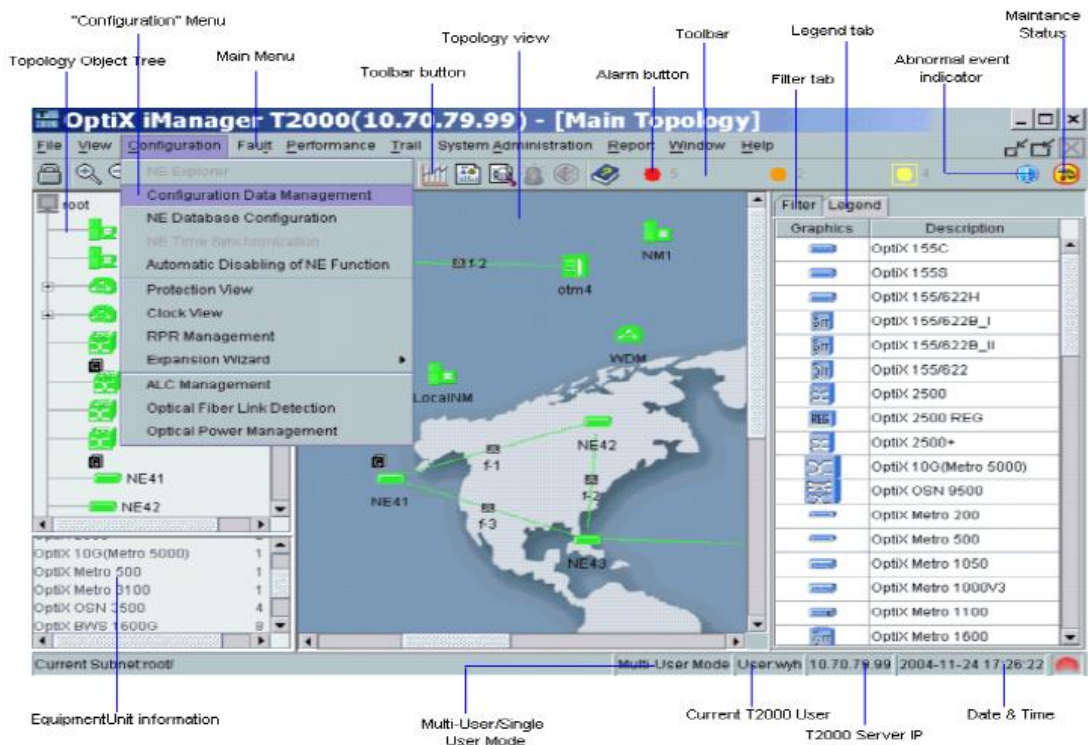
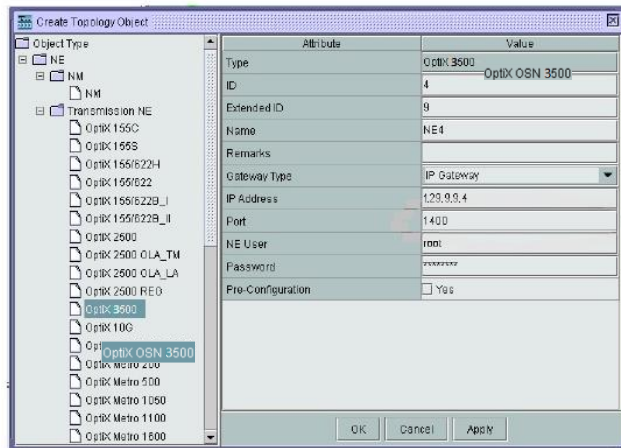


Imagen 3. Ventana principal Main Topology

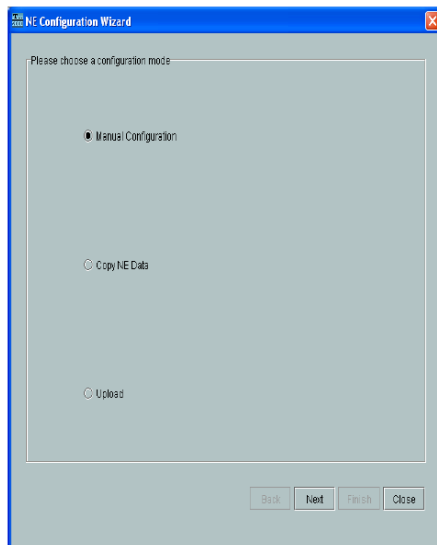
Haciendo click con el botón derecho sobre el mapa accedemos a un submenú donde seleccionamos Create/ Subnet Topology, esto para poder configurar un nuevo equipo en nuestra Red. Luego de esto debemos esperar a que cargue la ventana como se observa en la *Imagen 4. Ventana Create Topology Object*, que es el primer paso para crear un NE (Network Element), este proceso se repite para crear los diferentes NE.



ID – el número de identificación de elemento en la red
Extend ID – por default será siempre 9, cambiaremos cuando tuviéramos diferentes subredes
Name – Nombre del elemento
Remarks – observaciones (opcional)
Gateway – El elemento 4, será seleccionado como IP Gateway.
IP address – Solo cuando el elemento es un IP gateway
Port – Puerto de comunicación con el elemento de red.
NE user – usuario del elemento de red, por default tenemos el *root*, pero podemos crear otros (el usuario es diferente del usuario de acceso al software)
Password – la contraseña del usuario del NE (default – *password*)
Pre-Configuration – seleccionado cuando creamos un elemento off-line

Imagen 4. Ventana Create Topology Object

Luego de creados los NE debemos de configurar cada uno de ellos, haciendo doble click sobre cada elemento en pantalla, podremos acceder como se observa en la *Imagen 5. Primera primera ventana NE Configuration Wizard*, para proceder a provisionar los NE.



Vamos a tener la ventana de configuración:

Upload – Busca las configuraciones que están en la base de datos local del NE.

Copy NE Data – proceso de copia de datos de un elemento de red ya creado para otro.

Manual configuration – este proceso solo debe ser ejecutado cuando empezamos una red, pues esta acción borra toda las configuraciones del NE elegido; esto quiere decir, que si existe algún tráfico por el NE, en el momento en que este proceso se termine, el tráfico será borrado.

Imagen 5. Primera ventana NE Configuration Wizard

Se procede a provisionar de características a los Network Element como se observa en la *Imagen 6. Segunda ventana NE Configuration Wizard*, se debe hacer click en Next para avanzar al siguiente paso de la configuración.

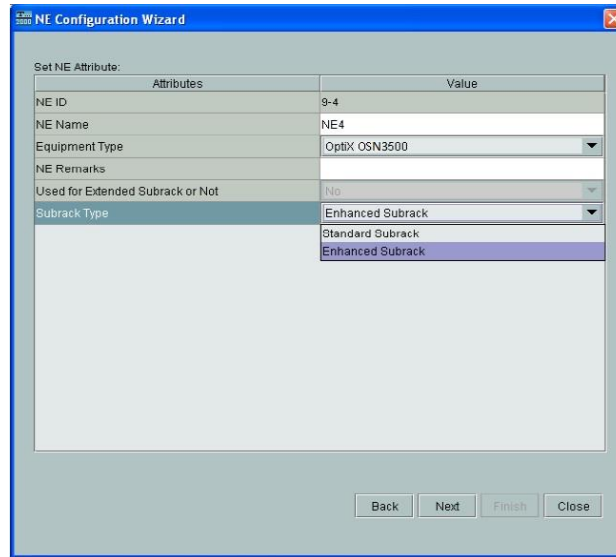
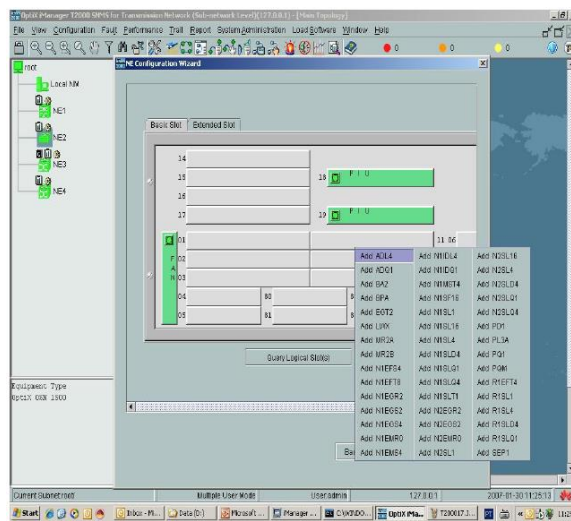


Imagen 6. Segunda ventana NE Configuration Wizard

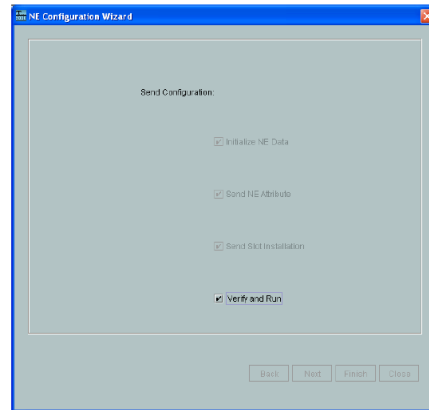
A continuación se muestra en la *Imagen 7. Tercera ventana NE Configuration Wizard*, en la cual podemos observar nuestro Elemento de Red con las tarjetas insertadas en el elemento real.



En esta ventana podemos buscar información de configuración de tarjetas que están en el elemento real, con la opción "Query logical slots" ó "Query Physical Slots" o podemos hacer la configuración manual.

Imagen 7. Tercera ventana NE Configuration Wizard


Como paso final para terminar con la configuración de los NE a través de la interfaz *iManager T2000 Huawei SNMS for Transmisión Network*, debemos hacer check en la casilla *Verify and Run* como se observa en la *Imagen 8. Ventana final de NE Configuration Wizard*. Para cerrar y guardar la configuración debemos hacer click en Finish.



Seleccionamos la opción "Verify and Run" y le damos click en la opción finish.

Imagen 8. Ventana Final NE Configuration Wizard

Creación de Conexiones: Para acceder a esta configuración debemos ingresar al menú inicial como se observa en la *Imagen 9. Barra de herramientas de vista principal [Main Topology]*, para poder crear las conexiones debemos ingresar de la siguiente manera.

- Seleccionar el icono  en la barra de herramientas de la vista principal y luego el cursor cambiará a "+".
- Hacer click sobre el NE de origen en *Main Topology*.
- Seleccionar la tarjeta y el puerto de origen.
- Hacer click en "OK" y el cursor cambiará a "+".
- Hacer click sobre el NE destino en *Main Topology*.
- Seleccionar la tarjeta y el puerto destino.
- Hacer click en "OK".

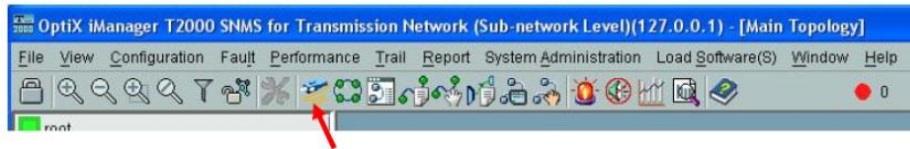
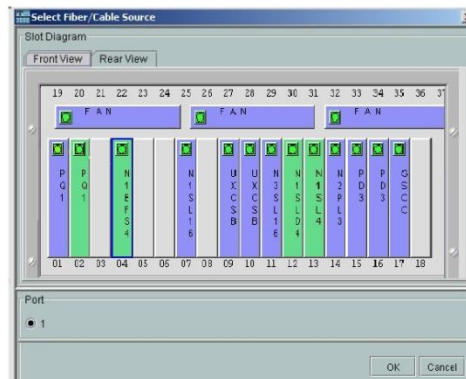


Imagen 9. Barra de herramientas de vista principal [Main Topology]

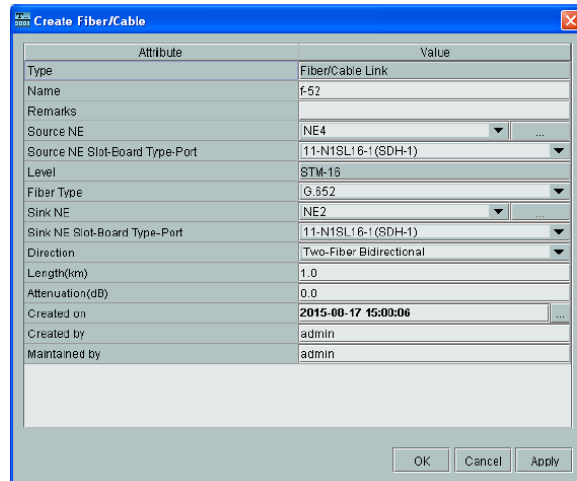
En este paso accedemos como se observa en la *Imagen 10. Ventana Select Fiber/Cable Source*, donde se procederá a conectar los NE con Slots de tarjetas agregadas, hacemos click sobre la tarjeta N1SLD4, seleccionamos *Port 1* y seguidamente le damos a *OK*.



Después de seleccionar la herramienta el cursor se transformará en una cruz y tenemos que seleccionar los NE extremos.
Después de seleccionado el NE, tenemos la ventada de las tarjetas del NE para elegir la tarjeta donde se va a conectar la fibra.

Imagen 10. Ventana Select Fiber/Cable Source

Seguidamente se observará la *Imagen 11. Segunda ventana Create Fiber / Cable* (Imagen 11), en ella podemos apreciar las características de la fibra creada.



Attribute	Value
Type	Fiber/Cable Link
Name	f-52
Remarks	
Source NE	NE4
Source NE Slot-Board Type-Port	11-N1SL16-1(SDH-1)
Level	STM-16
Fiber Type	G.652
Sink NE	NE2
Sink NE Slot-Board Type-Port	11-N1SL16-1(SDH-1)
Direction	Two-Fiber Bidirectional
Length(km)	1.0
Attenuation(dB)	0.0
Created on	2015-08-17 15:00:06
Created by	admin
Maintained by	admin

Después de seleccionados los dos extremos tenemos una ventana con las características de la fibra creada, para que podamos poner el nombre de la fibra y otras informaciones adicionales.

Imagen 11. Segunda ventana Create Fiber/Cable

Protección a Nivel de Equipo: El acceso a esta configuración se realiza mediante el NE Explorer menú que posee cada Network Element sobre nuestra Red. Haciendo click sobre nuestro *NE Explorer*, ahí hacemos click sobre la *carpeta Configuration* e ingresamos a la subcarpeta como se observa en la *Imagen 12. Ventana NE Explorer > Configuration > Board 1+1 Protection*. La Protección 1+1 provee un respaldo para las tarjetas de cross-conexión y de control. Si la tarjeta activa llegase a fallar, sus servicios conmutarían a la tarjeta de protección.

NE Explorer > Configuration >
Board 1+1 Protection

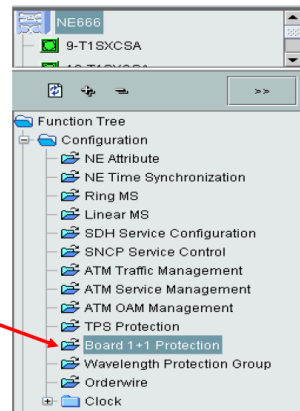


Imagen 12. Ventana NE Explorer > Configuration > Board 1+1 Protection.

Para terminar con la configuración de protección a nivel de equipo debemos seleccionar como se observa en la *Imagen 13. Ventana 1+1 Protection List*, haciendo click derecho sobre la tarjeta que queremos conmutar en caso de una falla en nuestra tarjeta de cross-conexión.

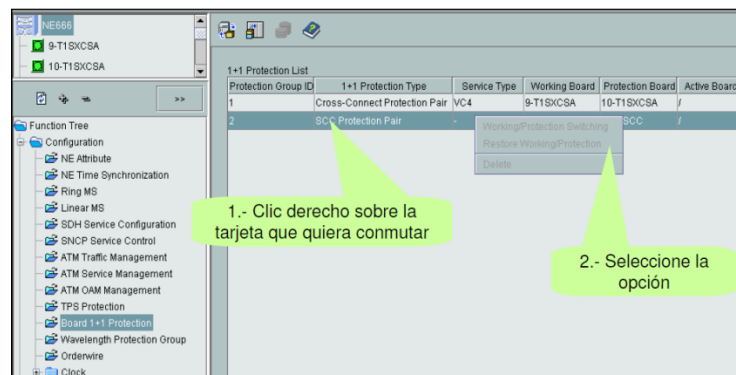


Imagen 13. Ventana 1+1 Protection List

Protección a Nivel de Red: Para crear las protecciones debemos ubicarnos como lo indica la *Imagen 14. Ventana inicial Main Topology/Configuration/Protection View*. Esto se puede configurar una vez creadas las fibras.

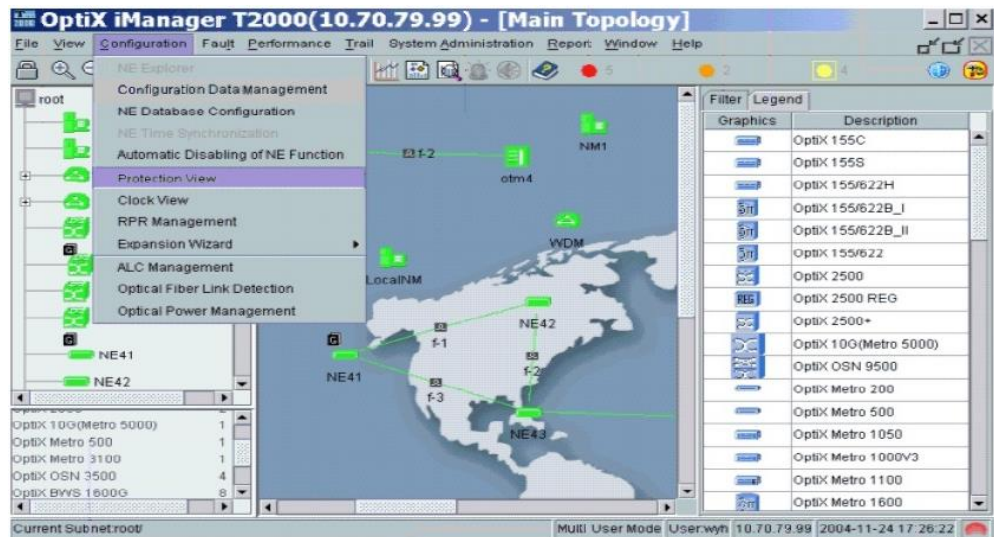
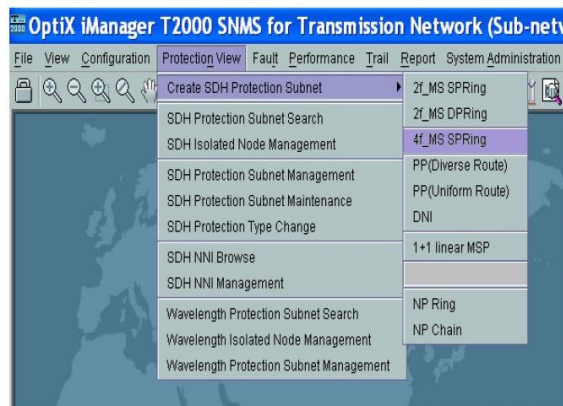


Imagen 14. Ventana inicial Main Topology/Configuration/Protection View

Creación de Protección: Para crear una protección 4f_MS SPRing – (MSP Anillo de 4 fibras bidireccional) debemos acceder como se observa en la *Imagen 15. Subnetwork Level Crear de Protección SDH Anillo de 4 fibras bidireccional*, se debe seleccionar en el menú Protection View > Create SDH Protection Subnet > 4f_MS SPRing.

Tenemos 10 opciones de creación de protección



- 2f_MS SPRing** – MSP Anillo 2 fibras bidireccional
- 2f_MS DPRing** – MSP Anillo 2 fibras unidireccional
- 4f_MS SPRing** – MSP Anillo 4 fibras bidireccional
- PP (Diverse Route)** – PP Anillo bidireccional
- PP (Uniform Route)** – PP Anillo unidireccional
- DNI** – Dual Node Interconnection
- 1+1 linear MSP**
- NP Ring**
- NP Chain**

Imagen 15. Subnetwork Level Crear de Protección SDH Anillo de 4 fibras bidireccional

Seguidamente seleccionamos los NE, como se observa en la *Imagen 16*. *Ventana de propiedades de protección*, le damos un nombre a la protección y elegimos el nivel de la misma. Además debemos hacer click en Search para buscar los Nodos a cuales se les va a brindar Protección.

Revertive Mode

- Non-Revertive: El servicio no conmutará automáticamente al canal activo una vez que se haya reparado la falla.
- Revertive Mode: El servicio conmutará automáticamente al canal activo una vez que se haya reparado la falla.

Switching Mode

- Single-Ended Switching: La conmutación ocurrirá en el puerto receptor si la falla fue en el receptor o en el puerto transmisor si la falla ocurrió en el transmisor.
- Dual-Ended Switching: La conmutación ocurrirá en tanto en el puerto receptor como el transmisor independientemente del origen de la falla.

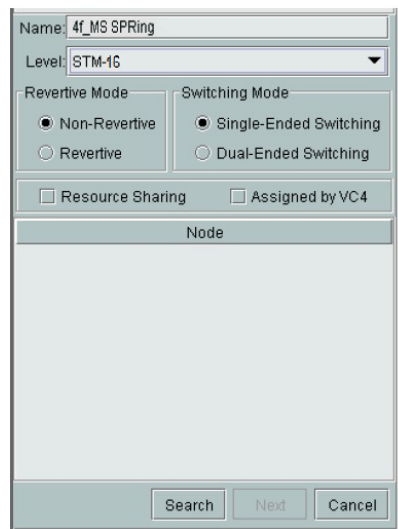


Imagen 16. Ventana de propiedades de protección

Después de seleccionado cada elemento, luego de darle un nombre a la protección y de elegir el nivel de protección se debe seleccionar en cada nodo los Node Attributes como MSP Node (Multiplex Section Protection Node) como se puede observar en la *Imagen 17. Segunda ventana de propiedades de protección*. Luego debemos hacer click en Next.

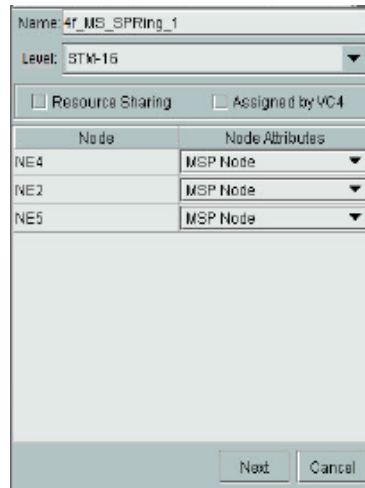


Imagen 17. Segunda ventana de propiedades de protección

Como último paso debemos seleccionar los links de la protección, como se observa en la *Imagen 18. Ventana Link* observamos (Physical Link Information) la información Física de cada enlace. Debemos finalizar haciendo click en Finish, debemos esperar obtener un mensaje de operación exitosa.

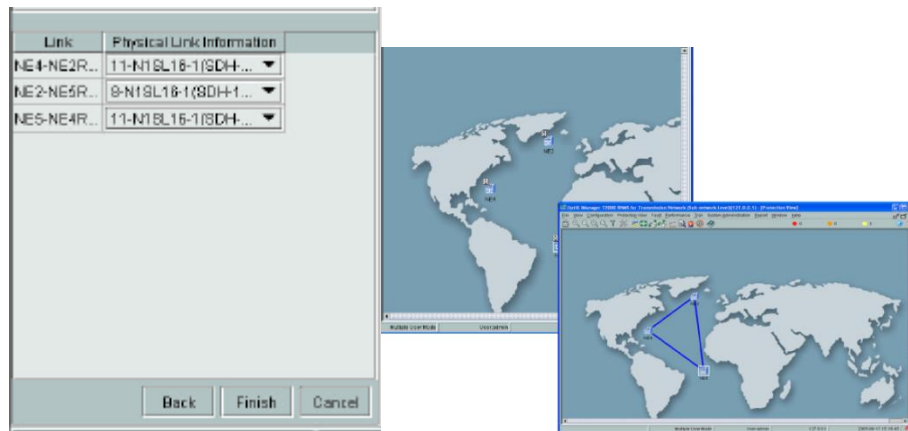


Imagen 18. Ventana Link

Para ver y modificar los parámetros de la protección, se debe hacer click derecho sobre la protección como se observa en la *Imagen 19*. Menú *protection Subnet Attributes* y acceder al menú *Protection Subnet Attributes*.

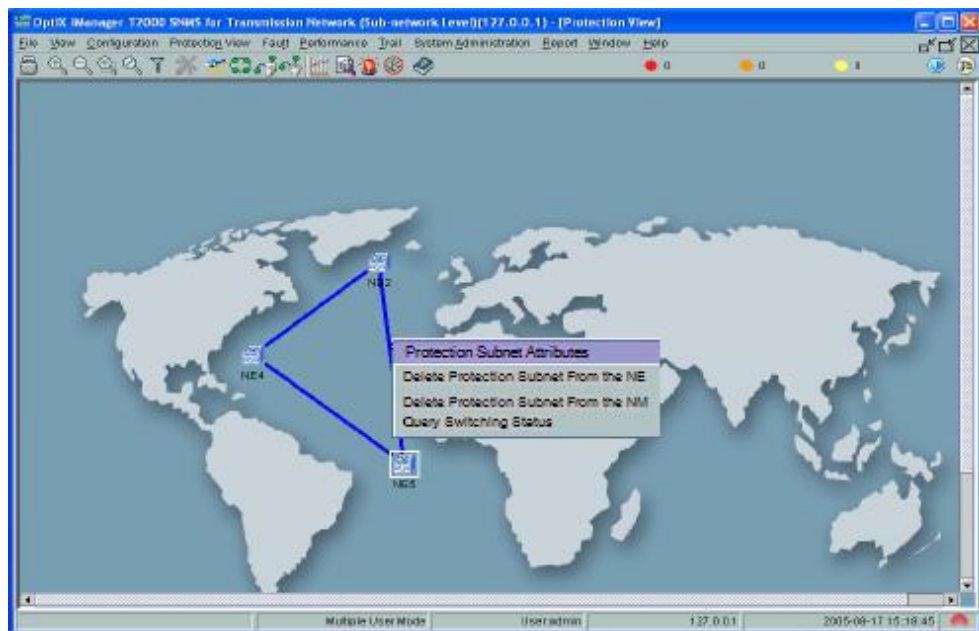


Imagen 19. Menú Protection Subnet Attributes

Creación de Servicios SDH: Para la creación de servicios podemos hacerlo de dos maneras, una manual (Cross conexión) y otra automática (Trail).

Creación de una Cross - conexión: Para ingresar debemos hacer click como se indica en la *Imagen 20. Ventana Main Topology > Configuration > NE Explorer*.

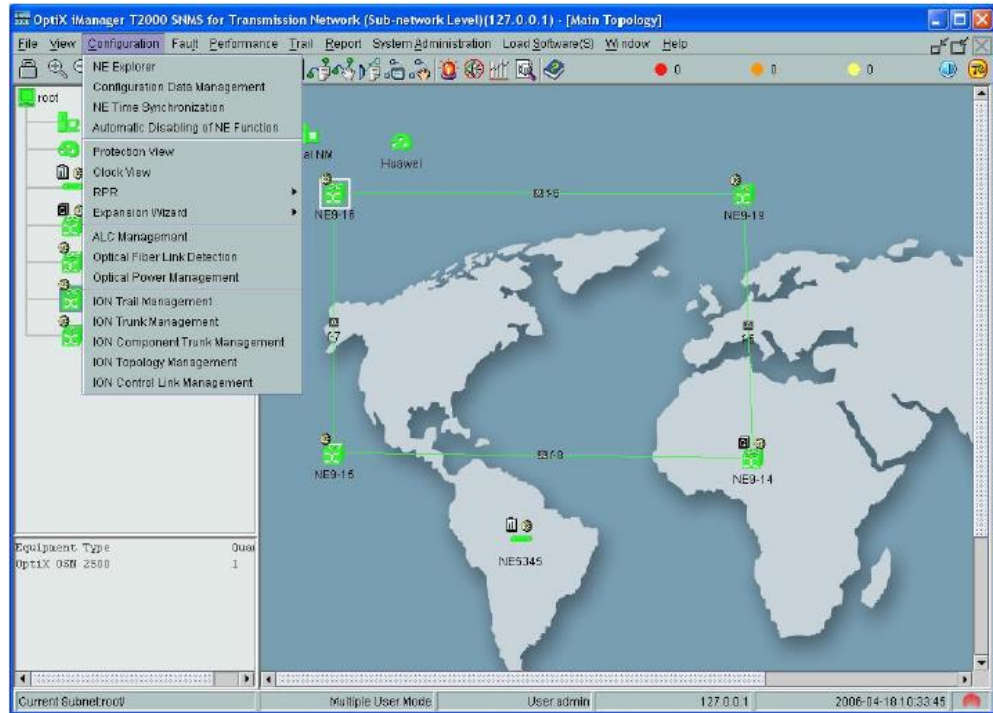


Imagen 20. Ventana Main Topology > Main Topology > Configuration > NE Explorer

Luego de haber seleccionado NE Explorer debemos hacer click en la dirección *Function Tree > Configuration > SDH Service Configuration*, como se indica en la *Imagen 21 Create SDH Service Configuration*.

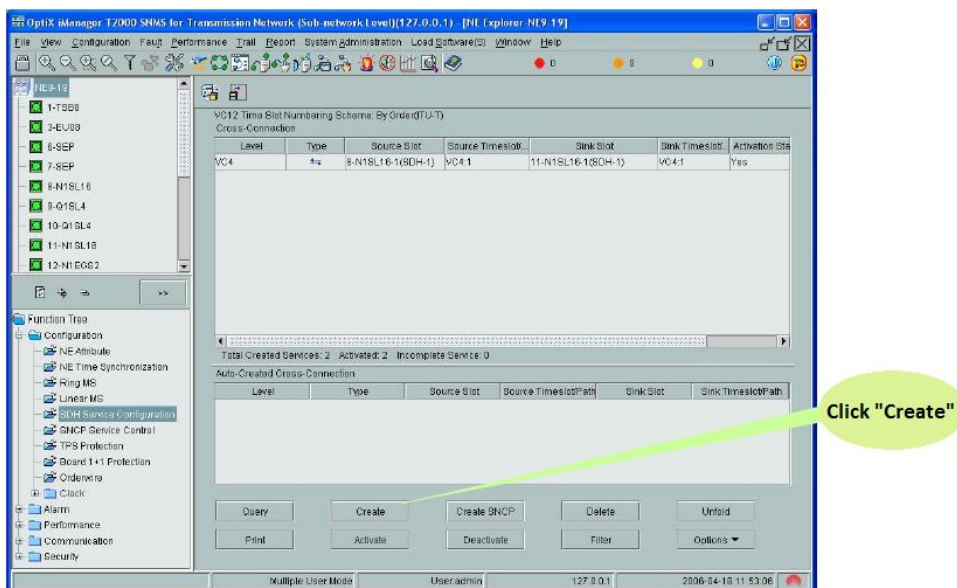


Imagen 21. Create SDH Service Configuration

Seguidamente se ingresa como lo indica la *Imagen 22. Ventana Create SDH Service*, debemos elegir el Nivel (*Level*) de contenedor virtual acorde a la multiplexación a utilizar, elegir la tarjeta, puerto y timeslot tanto de origen (*Source Slot, Source VC4 y Source Time Slot Range*) como de destino (*Sink Slot, Sink VC4 y Sink Time Slot Range*), activar el servicio y finalmente hacer Click en *Ok*.

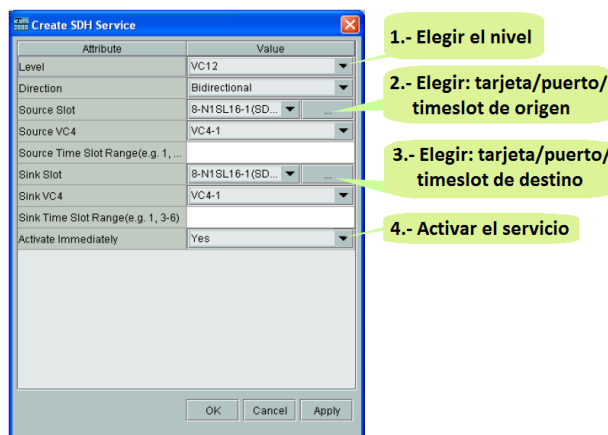


Imagen 22. Ventana Create SDH Service

Una vez dentro como se observa en la *Imagen 23. Ventana NE Explorer*, también se puede crear una protección SNCP, para esto debemos hacer click en *Create SNCP*, ubicado en *Function Tree > Configuration > SDH Service Configuration*.

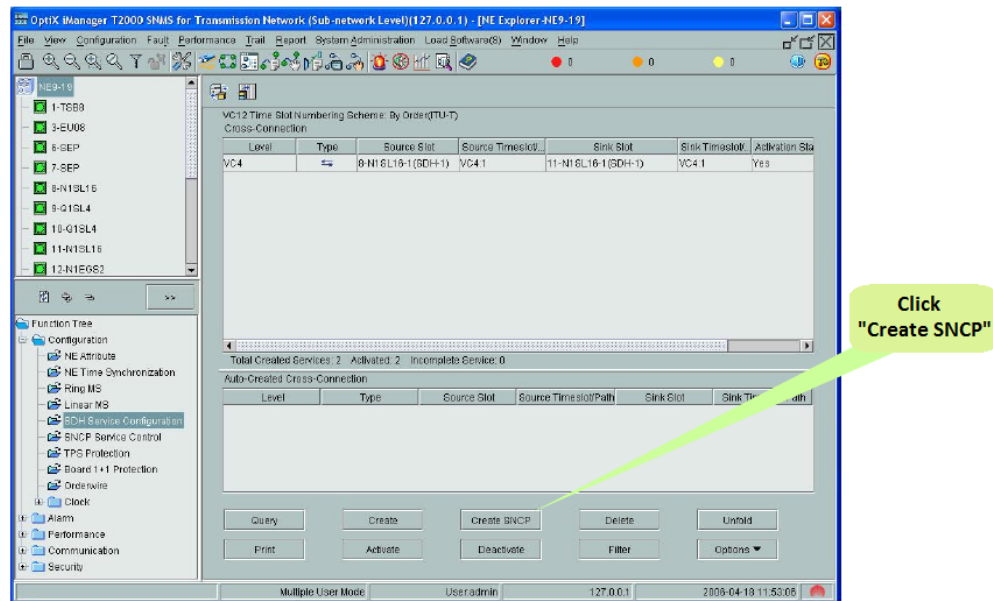


Imagen 23. Ventana NE Explorer

Teniendo acceso a la ventana de la *Imagen. 24. Create SNCP Service*, debemos elegir el Tipo de Servicio (Service Type), Nivel de Servicio (*Service Level*) de contenedor virtual acorde a la multiplexación a utilizar, elegir la tarjeta, puerto y timeslot tanto de origen (*Source Slot, Source VC4 y Source Time Slot Range*) como de destino (*Sink Slot, Sink VC4 y Sink Time Slot Range*), activar el servicio y finalmente hacer Click en *Ok*.

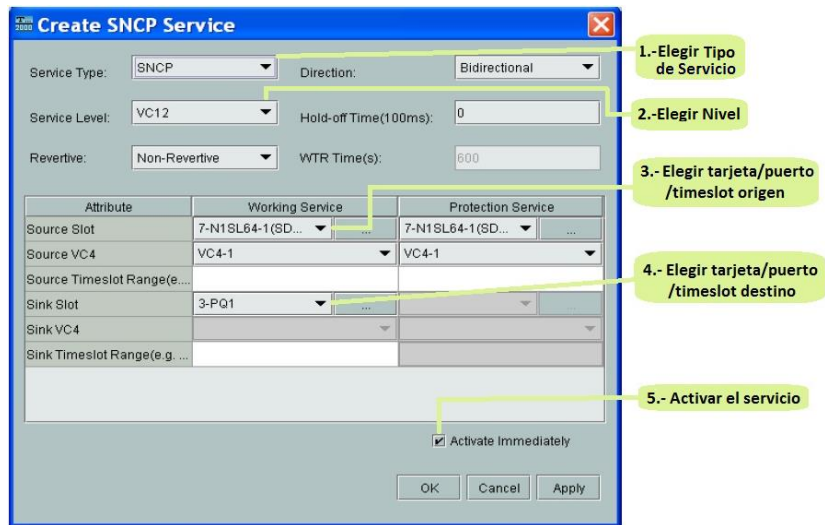


Imagen 24. Create SCNP Service

Creación de un Trail: Para crear un servicio de manera automática lo haremos con un ejemplo de un servicio de Cross – conexión con protección SNCP. Como primer paso debemos hacer click en *Main Topology > Trail View > SDH Trail Creation*, como se observa en la *Imagen 25. Acceso Trail View > SDH Trail Creation*

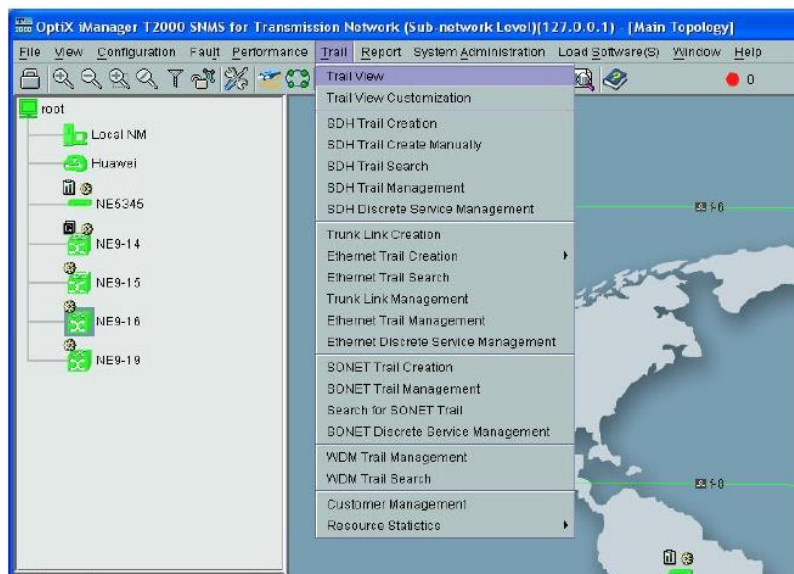


Imagen 25. Acceso Trail View > SDH Trail Creation

Después de seleccionada la opción de SDH Trail Creation se accede al ambiente de la *Imagen 26. Ventana Trail View-Networkwide*, en ésta se podrá realizar la configuración del Server Trail, procederemos como un ejemplo a seleccionar el nivel de contenedor virtual VC12 para crear un Servicio de 2 Mb. Luego debemos hacer doble click sobre cada equipo involucrado.

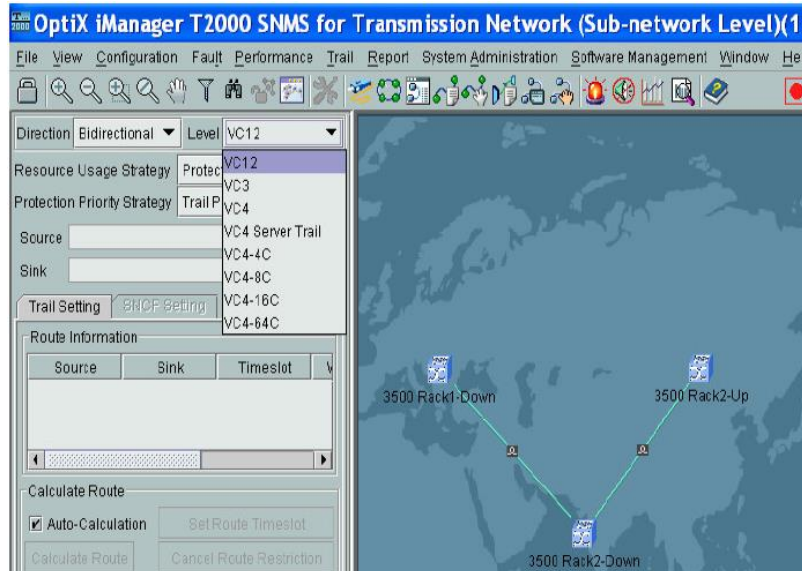


Imagen 26. Ventana Trail View-Networkwide

Al hacer doble click sobre cada uno de los equipos involucrados, seguidamente se accederá a la *Imagen 27. Ventana Select Board Port Source Link*, luego se debe seleccionar la tarjeta mediante la cual se otorgara el servicio, en este ejemplo se seleccionó la tarjeta PQ1, tarjeta a nivel de E1's que controla la cantidad de 63 VC-12 en uno de los equipos, para finalizar se debe hacer click en Ok, luego se debe repetir el mismo procedimiento en el otro equipo involucrado en el servicio. Una vez preparado el camino se pueden pasan las tramas E1.

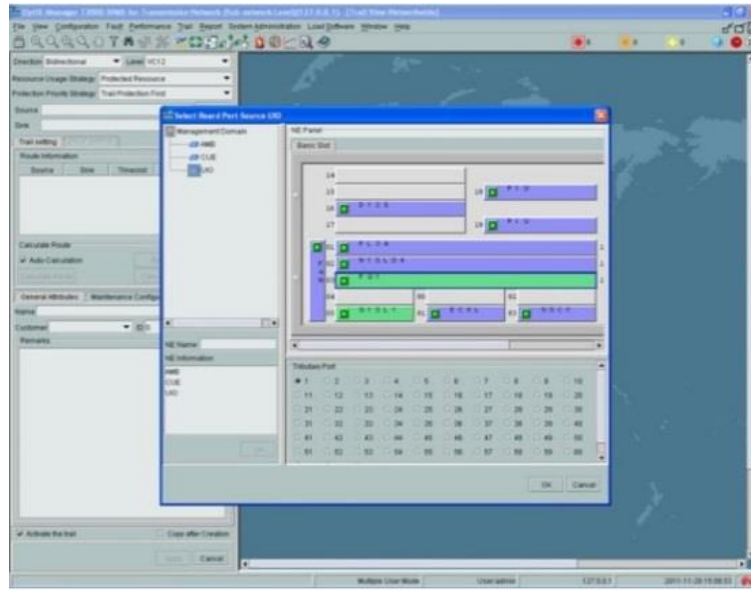


Imagen 27. Ventana Select Board Port Source Link

Una vez finalizada la creación en ambos equipos se debe seleccionar el Trail, se debe identificar los General Attributes como se indica en la *Imagen 28*. *Maintenance Configuration > General Attributes*, se debe colocar además Nombre, Activar el Trail y como último hacer click en Apply.

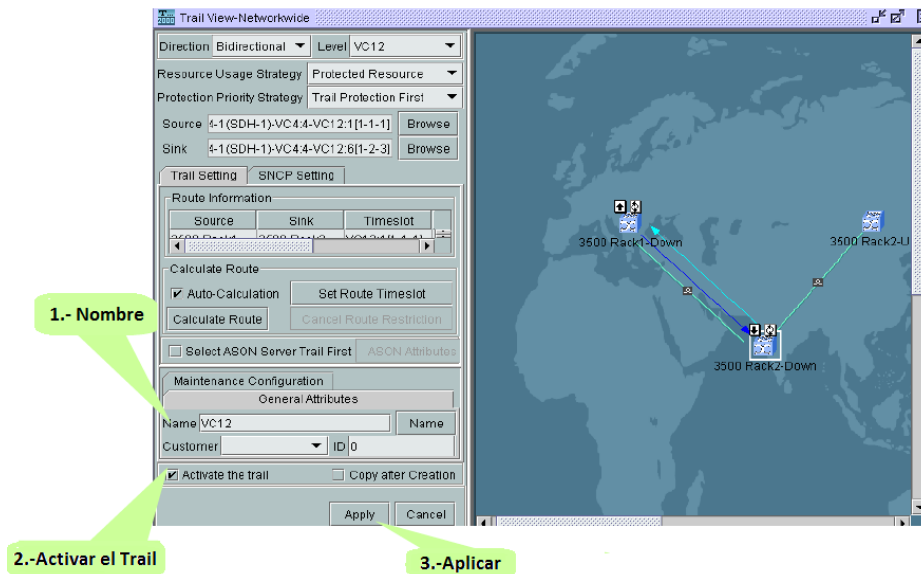


Imagen 28. Maintenance Configuration > General Attributes

Se pueden ver los Trails haciendo click derecho sobre el enlace, como se observa en la *Imagen 29. Query Relevant Trails*, haciendo click en éste submenú se puede acceder a una ventana de características SHD del Trail seleccionado.

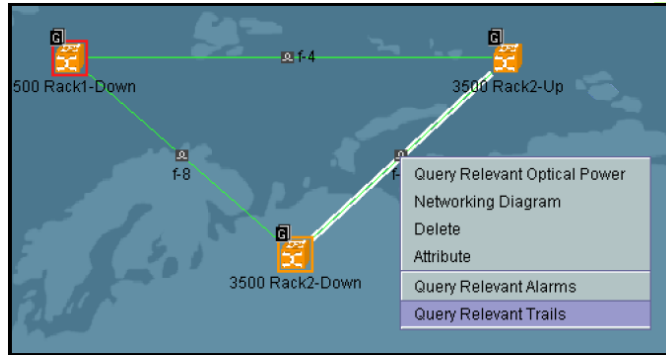


Imagen 29. Query Relevant Trails

Una vez dentro de la ventana de características SDH podremos observar la *Imagen 30. Ventana SDH Management*, en ésta se pueden apreciar los Trails creados en una tabla. Además se pueden apreciar diferentes características de éstos, entre lo que se puede observar Serial Number, Level, Direction, Service Status, Alarm Status, Name Source y Source Timeslot.

Serial Num...	Level	Direction	Service Sta...	Alarm Status	Name	Source	Source Timeslot
1	VC4 Server ...	Bidirectional	Active	Non-Alarme...	STrail 2	3500 Rack2-Down-11-N3...	VC4:1
2	VC12	Bidirectional	Active	Non-Alarme...	3500 Rack...	3500 Rack2-Down-4-N1E...	VC4:4-VC12:1[1-1-1]
3	VC12	Bidirectional	Active	Non-Alarme...	3500 Rack...	3500 Rack2-Down-4-N1E...	VC4:4-VC12:2[1-1-2]
4	VC12	Bidirectional	Active	Non-Alarme...	3500 Rack...	3500 Rack2-Down-4-N1E...	VC4:4-VC12:3[1-1-3]
5	VC12	Bidirectional	Active	Non-Alarme...	3500 Rack...	3500 Rack2-Down-4-N1E...	VC4:4-VC12:4[1-2-1]
6	VC12	Bidirectional	Active	Non-Alarme...	3500 Rack...	3500 Rack2-Down-4-N1E...	VC4:4-VC12:5[1-2-2]

Total: 6 Selected: 0 Relevant View Filter Create Alarm Performance Maintena

Imagen 30. Ventana SDH Management

Para crear la Gigabit Ethernet se procede de la forma anterior, se elige por ejemplo la tarjeta EGT2, haciendo click en la ventana NE explorer sobre la opción Configuración > Ethernet Interface Management, de esta forma podremos observar la *Imagen 31. Ventana Ethernet Interface Management*, Luego se procede al encapsulamiento y mapeo, Ethernet Interface External Port/ Internal Port.

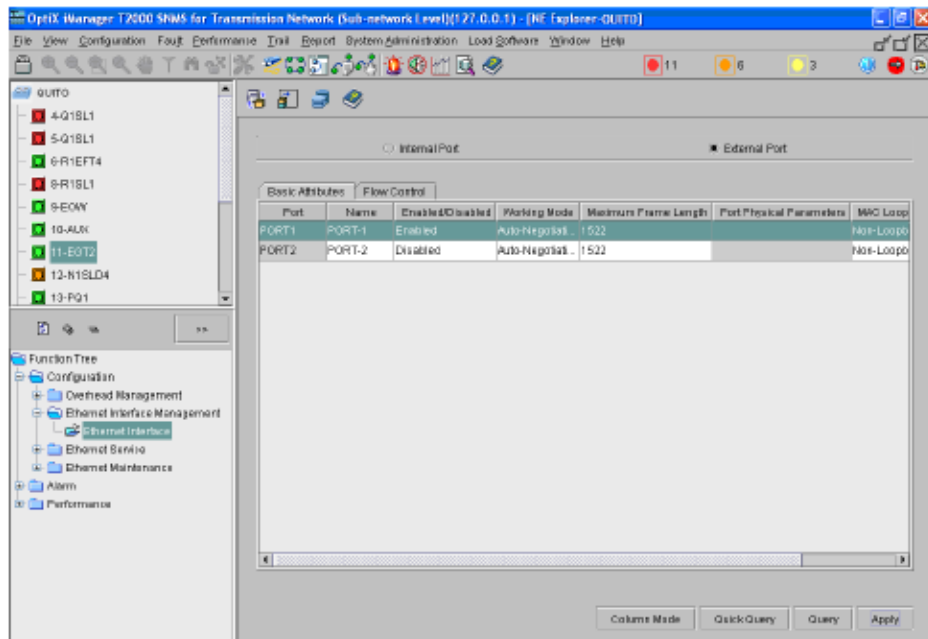


Imagen 31. Ventana Ethernet Interface Management

Configuración de Clock: Se debe hacer click derecho sobre el NE en Main Topology, En el Menu NE explorer, ya una vez en el ambiente de la *Imagen 32. Ventana Clock Configuration*, se debe hacer click en *Configuration > Clock > Clock Source Priority*, se debe hacer click derecho sobre *Add Clock Source*.

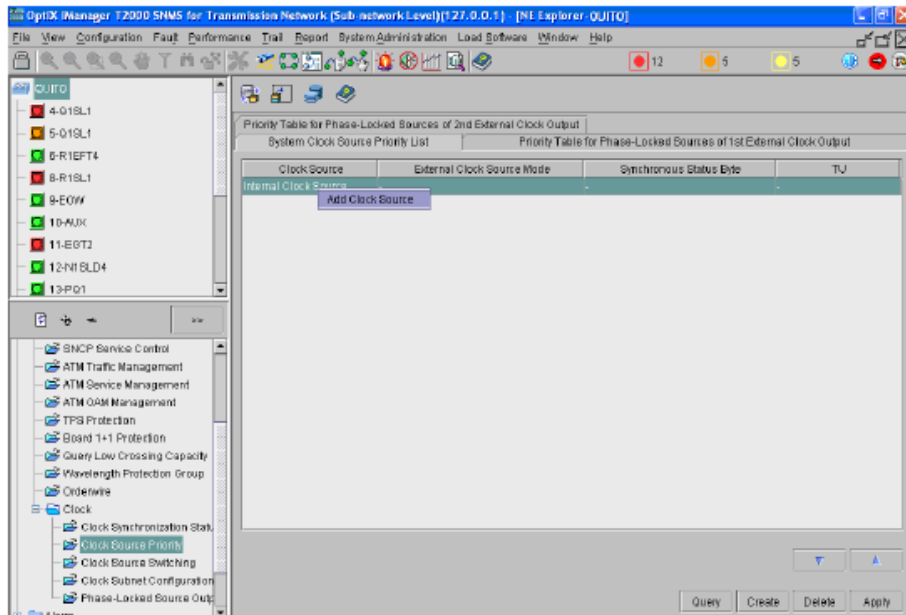


Imagen 32. Ventana Clock Configuration

Observamos que se despliega la *Imagen 33. Ventana Add Clock Source*, en la cual seleccionamos el origen de la señal del clock (Imagen 33), seleccionando la tarjeta y seguidamente haciendo click en *Ok*.

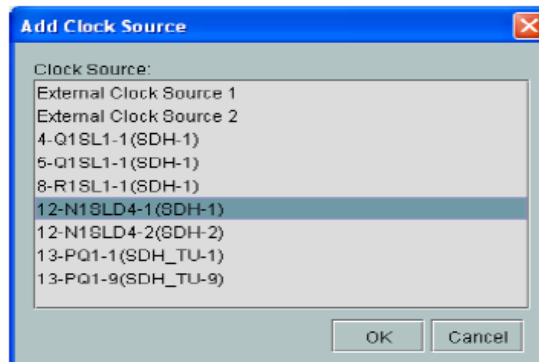


Imagen 33. Ventana Add Clock Source

Luego de seleccionar la Tarjeta y hacer click en *Ok*, observamos que se despliega un mensaje debajo de la Tarjeta seleccionada como se muestra en la *Imagen 34. Mensaje desplegado Internal Clock Source*.

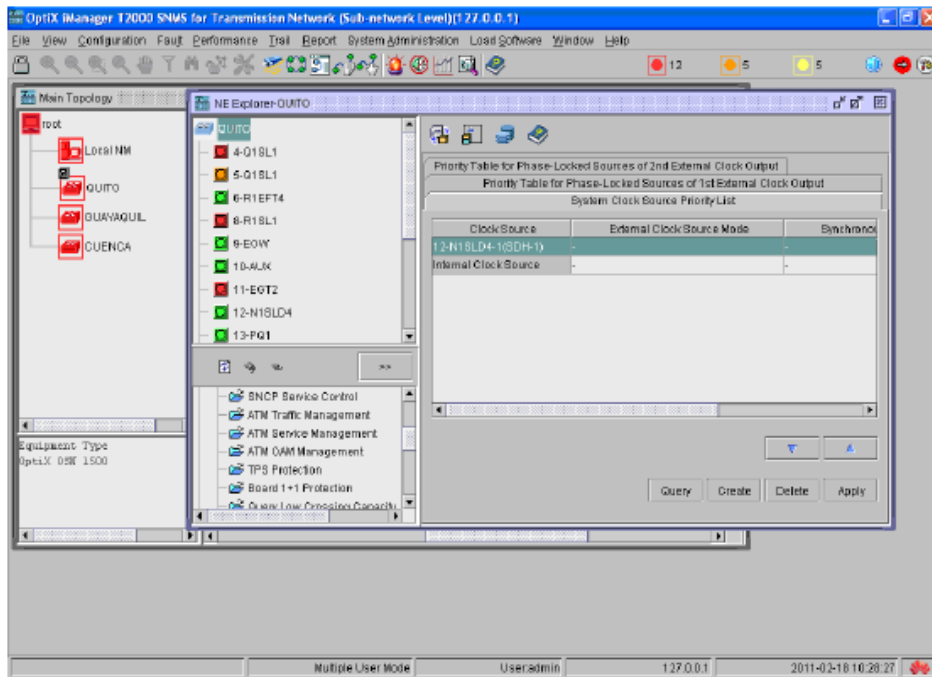


Imagen 34. Mensaje desplegado Internal Clock Source

Una vez que se termina de configurar las señales de Clock, se obtiene la *Imagen 35. Ventana Networkwide Mirror Alarm*, donde se observa las propiedades de configuración de clock.

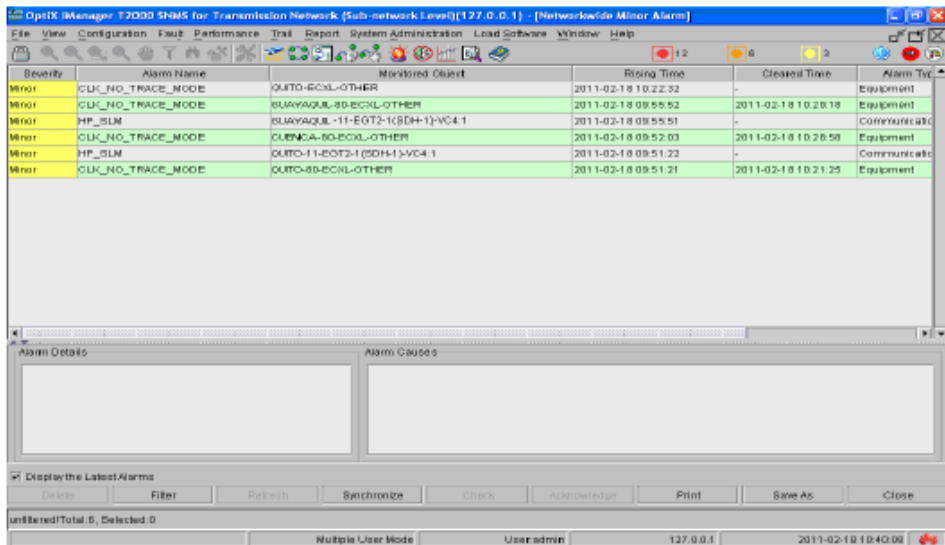


Imagen 35. Ventana Networkwide Mirror Alarm

Finalmente se debe de realizar la Prueba de Loopback para verificar el correcto funcionamiento de los enlaces. Para esto se debe hacer click derecho sobre un NE hacer click en *Open*, hacer click sobre la tarjeta a realizar la prueba a seleccionar y hacer click sobre *VC4 Loopback* como se observa en la *Imagen 36. Prueba de Loopback*.

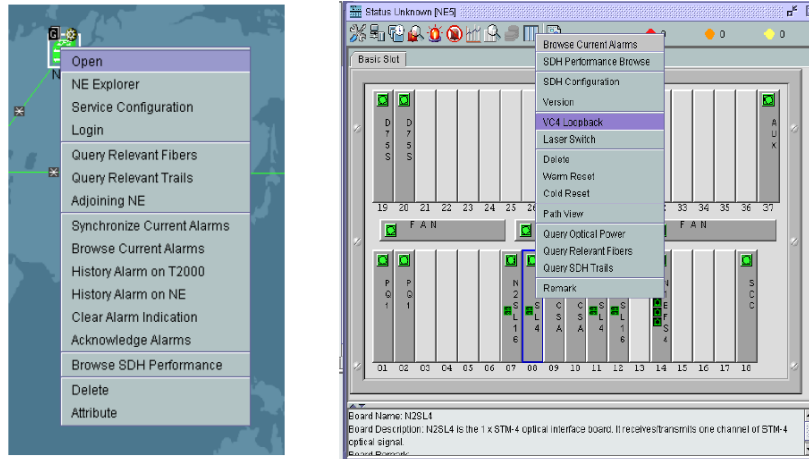


Imagen 36. Prueba de Loopback

2. Sincronismo: Básicamente en una red de transporte óptica SDH la importancia radica en la sincronización de todos sus elementos de red para recibir y enviar información digital a altas velocidades. Lo más importante en una configuración de equipos en una red SHD es el sincronismo y por esto se debe seguir las consideraciones de rigor para una mejor elección de la calidad y precisión.
 - Se deben establecer al menos dos fuentes de sincronismo en cada equipo sin incluir la fuente interna.
 - Establecer como prioridad la señal de sincronismo con mayor calidad y confiabilidad, que a su vez será establecida de la misma forma para las demás.

- El uso de un reloj Máster para sincronizar un área específica compuesta por una cierta cantidad de nodos, sin sobrepasar los 60 elementos distribuidos como lo indica la recomendación UIT-T G.803.
 - La sincronización Máster – Esclavo utiliza una jerarquía de relojes en la que cada nivel jerárquico está sincronizado con referencia a un nivel superior.
 - Se establece un Reloj de Referencia Primario (PRC) o reloj máster, éste se define como un dispositivo autónomo que genera una señal de reloj que se basa en el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de calidad ($10^{-11}PPM$) según lo indica la recomendación G.811.
 - Si se da el caso de no contar con una fuente externa de sincronismo se puede utilizar una fuente derivada proveniente de una señal PDH o SDH de otro equipo, ya que posee una calidad G.812. ($10^{-9}PPM$), se recomienda establecer como prioridad el puerto SDH o PDH que provenga del equipo que este más cercano a la referencia primaria.
 - Si el equipo pierde todas sus fuentes de sincronismo tomará la fuente interna (G.813) como último recurso, pero este caso no puede ser tomado como una solución permanente.
3. Gestión: Para configurar los parámetros de conexión al gestor es necesario conocer mediante que protocolo de inclusión será agregado el quipo al gestor remoto, el cual dependerá de la disponibilidad de la red. Si se utilizará interfaz Ethernet, estos equipos deben ser habilitados con la opción Ethernet y configurar una dirección Ip para definir como Servidor, mientras que los otros equipos están configurados con otra dirección diferente definidos como Clientes, de esta forma se evitan equipos con la misma dirección. Si ambos puertos fuesen configurados con el mismo rol no habría comunicación entre ellos.

CAPITULO VII

VISITAS A LOS NODOS

7.1 Estación San Cristóbal

El *Edificio CANTV sede San Cristóbal (Figura 26)* se encuentra ubicado en la Urbanización /Sector Pasaje Acueducto, Esquina Carrera 23, Edif. CANTV, Pasaje Acueducto, San Cristóbal, Estado Táchira.



Figura 26. Edificio CANTV sede San Cristóbal.

En esta visita se accedió a la Sala de Transmisión Piso 2, se realizó un registro fotográfico que se puede apreciar en *Vista General Equipos Alcatel SM 1641 y Alcatel SM 1664 (Figura 27)* equipos involucrados en el proceso para realizar la migración de los servicios, éstos se encuentran localizados en el Rack 01, Rack 02, Rack 03 y Rack 04, también ubicados en el Plano N° 1 (Anexos) con el numero 38 llamado Equipo ADM 1664 / 1641 ALCATEL.



Figura 27. Vista General Equipos Alcatel SM 1641 y Alcatel SM 1664.

Ubicamos el Rack DDF al cual están conectados los servicios STM – 1 en forma de Conectores E1 con Velocidad de Transmisión 2Mb ofrecidos mediante los equipos ALCATEL 1641 SM y 1664 SM en el Nodo San Cristóbal por la empresa CANTV, en estos conectores E1 verificamos el estatus de los enlaces para poder medir la cantidad de enlaces a migrar hacia los equipos Optix Huawei OSN 3500 debido a que corresponden a la propuesta de este Trabajo Especial de Grado.

Podemos observar de manera más clara en la *Figura 28. Vista Frontal Equipo ADM 1664 / 1641 ALCATEL*, lo que es el Rack 01: equipos ALCATEL 1641 01, 1641 02, Rack 02: equipos ALCATEL 1664 03, 1664 04, 1664 05, 1664 06, Rack 03:

equipos ALCATEL 1664 07, 1664 08, 1664 09, 1664 10, Rack 04: equipos ALCATEL 1664 11, 1664 12, 1664 13 y 1664 14.



Figura 28. Vista Frontal Equipo ADM 1664 / 1641 ALCATEL.

De igual manera se localizaron los conectores E1 ubicados en el Rack DDF, servicio ofrecido por la empresa CANTV para enlaces con velocidad de transmisión de 2Mb mediante el uso de los equipos Alcatel 1641 SM y Alcatel 1664 SM.

Se realizó el reporte fotográfico de los E1's que conforman el Rack DDF, para verificar la cantidad de enlaces previamente contabilizada según los reportes SISE recabados con la base de datos existente en CANTV.

Se puede apreciar la Magnitud de este rack en la *Figura 29. Rack DDF ALCATEL*, en el que están instalados los 491 E1's que conforman los enlaces de 2Mb ofrecidos como servicios por los equipos Alcatel SM 1664 que están conectados a su vez a los equipos Alcatel SM 1641 que forman parte directa de lo que es el Anillo 6 y 7 Alcatel Región Los Andes.

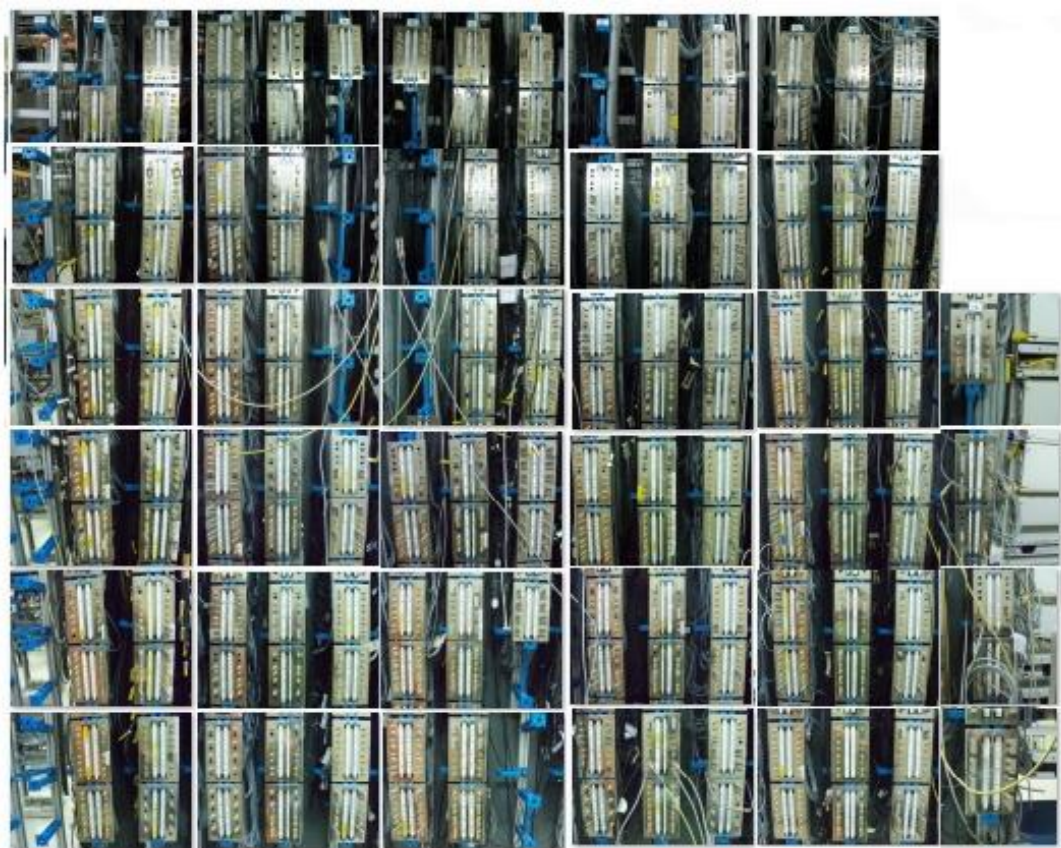


Figura 29. Rack DDF ALCATEL.

7.1.1 Verificación del estatus en los enlaces actuales de los equipos 1664 / 1641 ALCATEL

Se realizó mediante la medición de calidad de la señal de 2 Mb recibida en cada uno de los puertos E1 ubicados en el Rack que se observa en la posición N° 37 del Plano N° 1 ubicado en la sección de Anexos. A continuación se presenta un zoom a la zona donde se encuentran ubicados los equipos ALCATEL en el plano N° 1 de la sala de Transmisión San Juan de Colón.

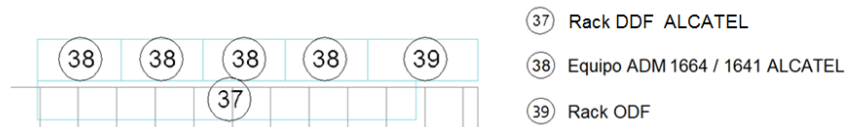


Figura 24. Rack DDF ALCATEL

Para verificar el estatus de los enlaces se realizaron mediciones de las señales de 2Mb sobre los conectores de los 491 E1's instalado en los 160 paneles en el Rack DDF ALCATEL. Se observa un panel de E1's en la *Figura 31. Panel de conectores E1's Rack DDF*, con 8 del lado Tx y 8 del lado Rx. Para la medición de las señales se utilizó un equipo de medición de señal HEWLETT PACKARD 37742A 2M TEST SET, el cual se puede apreciar en la *Figura 30. Hewlett Packard 2M Test Set*, equipo facilitado por el personal de CANTV en la Sede de San Cristóbal.



Figura 30. Hewlett Packard 2M Test Set.



Figura 31. Panel de conectores E1's Rack DDF.

7.1.2 Resultados de medición de señal en los E1's pertenecientes al Rack ODF

La medición de la señal de los 491 E1's ubicados en el Rack DDF ALCATEL nos mostró el verdadero estatus de los enlaces de 2Mb ofrecidos como servicios por la Empresa CANTV, también se apreciaron 2 enlaces de 34 Mb dichos resultados se pueden apreciar en la siguiente Tabla 5. de enlaces a migrar en el nodo San Cristóbal.

Método de conteo de enlaces a migrar	Datos revisados	N° de Enlaces	Velocidad de Transmisión
Matriz de Tráfico	Cantidad de enlaces inicial	491 E1's	2Mb
Matriz de Tráfico	Cantidad de enlaces inicial	2 E3's	34Mb
Verificación en el sitio	Cantidad de enlaces con estatus RETIRADO o PERDIDA DE TRAMA	377 E1's y 1 E3	2Mb
Verificación en el sitio	Cantidad de enlaces con estatus OK	114 E1's	2Mb
Verificación en el sitio	Cantidad de enlaces con estatus OK	1 E3's	34Mb

Tabla 5. Enlaces a Migrar Nodo CANTV San Cristóbal.

Luego de realizar las visitas al Nodo San Cristóbal pudimos verificar el verdadero estatus de los enlaces a migrar, observando que la cantidad inicial de 491 E1's que teníamos en un principio, basándonos en la Matriz de Tráfico se vieran reducidos, luego de verificar en el sitio y realizar la medición de las señales en los E1's instalados en el Rack DDF ALCATEL obtuvimos la cantidad de 114 E1's que están operando correctamente (estatus OK). Se observa resaltado en amarillo la cantidad de enlaces de 2Mb a migrar o lo que es lo mismo la cantidad de E1's operativos en el Rack ODF, además confirmamos que los datos que inicialmente fueron organizados en la matriz de tráfico utilizando la base de datos de CANTV no estaba actualizada.

Una vez verificado que existen E1's que fueron retirados o que poseen una pérdida de trama nos dimos en la tarea de comprobar en el sitio que esos enlaces fueron migrados en trabajos anteriores por otra empresa, pudimos observar la ubicación de los nuevos equipos Rack Huawei situados en la misma sala de Transmisión, equipada con espacio para instalar nuevos equipos y que nos servirán

para terminar de realizar la migración de los 114 E1's que están prestando servicio en los equipos Alcatel.

7.1.3 Ubicación del equipo Optix Huawei OSN3500

El equipo a instalar en la Estación San Cristóbal se ubicará en el Rack DDF MPX272-F5 HUAWEI colocado en la posición N° 12, también se instalará el Equipo HUAWEI OPTIX DDFs en los Rack Huawei disponibles colocados en la posición N° 10, se puede apreciar en la *Figura 25. Ubicación de equipos Optix Huawei OSN3500 y el DDF Huawei a instalar.*

Se realizó modificaciones sobre el Plano de la Sala de Transmisión facilitado por CANTV, cumpliendo con la Norma COVENIN 3473:1999 (ISO 1791:1983) [40], ya que debido a la magnitud de la sala éste plano además de ayudar como referencia de magnitud también puede ser de gran ayuda al momento de la ubicación de los nuevos equipos Huawei.

Referirse al Plano N° 1 ubicado en la sección de Anexos

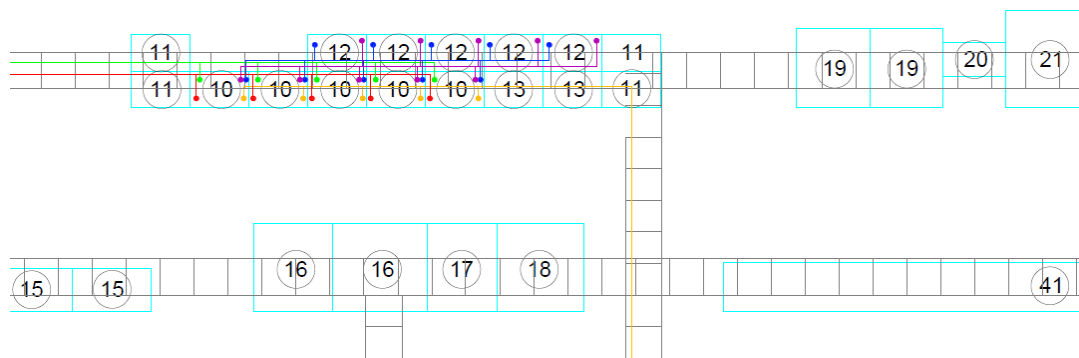


Figura 25. Ubicación de equipos Optix Huawei OSN3500 y DDF Huawei a instalar.

Además de la ubicación de los equipos Optix Huawei OSN 3500 se realizó un registro fotográfico de los mismos, verificando así el espacio disponible para la instalación de los equipos y así realizar la migración de los 114 E1's y 1 E3 en estatus

activo (OK), resaltando que se dispone del Rack E que está completamente disponible para la instalación de equipos Huawei. Se pueden apreciar en la *Figura 32. Rack para Equipos Huawei*, el cual está conformado por los Rack A, Rack B, Rack C, Rack D y Rack E, habilitados para terminar de realizar la migración de los servicios, estos poseen alimentación, aterramiento y espacio necesario para la instalación del equipo que permita llevar a cabo la migración de servicios CANTV de los equipos ALCATEL SM 1641 y SM 1664.

Podemos observar la magnitud y espacio dentro de los Rack para equipos Huawei Optix OSN 3500, se observa en la *Figura 33. Rack B* el equipo instalado en él, pudiendo apreciarse que corresponde a un equipo configurado como Maestro, además se puede visualizar lo que es el Área de Interfaz así como el Área de Servicios y el Espacio Disponible en el Rack disponible para instalar otro equipo de la misma familia.



Figura 32. Rack para Equipos HUAWEI.



Figura 33. Rack B.

El Rack DDF se aprecia de forma más clara en la *Figura 34. Rack DDF Huawei*, el cual está ubicado al otro lado del pasillo, estos están conformados por 5 Rack DDF Huawei: numerados del 01 al 05, los cuales poseen la cantidad de conectores E1's suficientes para realizar la migración de servicios.

Además se dispone de suficiente espacio acondicionado para la colocación de otro Rack DDF Huawei, éste se observa remarcado con puntos rojos al lado del Rack 05, para posibles nuevos clientes que requieran el servicio de conectividad con E1's. Destacando que apreciamos disponibilidad de conectores E1's tanto en el equipo Rack 05 así como de espacio disponible para la instalación de otro equipo Rack resaltado en puntos rojos.



Figura 34. Rack DDF Huawei.



Figura 35. Rack 02.

Observamos que los Rack poseen una buena distribución de conectores E1's con capacidad de hasta 15 regletas sencillos habilitado con 10 puertos por regleta tanto para Tx como para Rx. Teniendo un total de 10 E1's por panel para Tx y Rx, esto se muestra en la *Figura 35. Rack 02.*

7.2 Estación San Juan de Colón

La *Sede CANTV San Juan de Colón (Figura 36)* se encuentra ubicada en la Urbanización /Sector Centro, estación CANTV San Juan de Colón Centro, Calle 6 con carrera 8, Colón, Estado Táchira.



Figura 36. Sede CANTV
San Juan de Colón.



Figura 37. Sala de Transmisión
San Juan de Colón.

En esta visita se accedió a través de la *Sede CANTV San Juan de Colón (Figura 36)* ingresando a mano izquierda en la Planta Baja pudimos ubicar la *Sala de Transmisión San Juan de Colón (Figura 37)*, se realizó un registro fotográfico del sitio en el cual se puede apreciar la *Vista Frontal del Rack 01 y 02 (Figura 38)* con Equipos Alcatel SM 1664 y Alcatel SM 1664 equipos involucrados en el proceso para realizar la migración de los servicios, éstos se encuentran localizados en el Rack

01 y Rack 02, ubicados fácilmente en la Sala de Transmisión debido a que ésta es pequeña comparada con la sala de Transmisión del Nodo San Cristóbal.

Ubicamos el Rack DDF al cual están conectados los servicios STM – 1 en forma de Conectores E1 con Velocidad de Transmisión 2Mb ofrecidos mediante los equipos ALCATEL 1641 SM y 1664 SM en el Nodo San Juan de Colón por la empresa CANTV, en estos conectores E1 verificamos el estatus de los enlaces para poder medir la cantidad de enlaces en estado activo (OK) a migrar hacia los equipos Huawei OSN 3500.

De igual manera se localizaron los conectores E1 ubicados en el Rack DDF, servicio ofrecido por la empresa CANTV para enlaces con velocidad de transmisión de 2Mb mediante el uso de los equipos Alcatel 1641 SM y Alcatel 1664 SM.

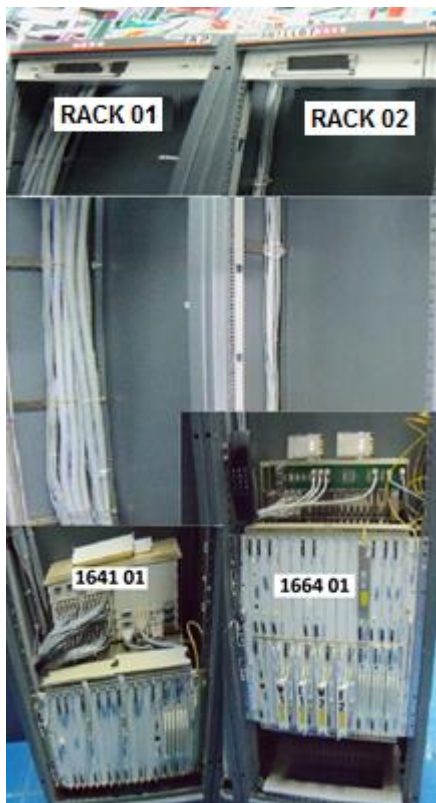


Figura 38. Vista frontal Rack 01 y 02.

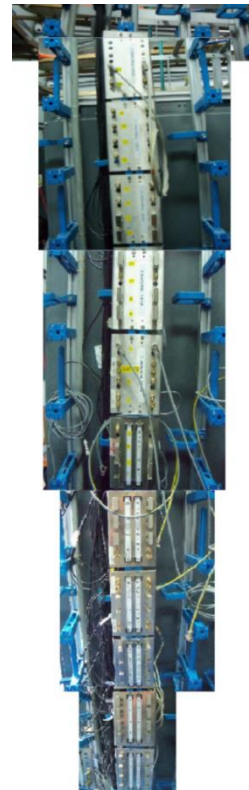


Figura 39. Rack DDF

Se realizó el reporte fotográfico de los E1's que conforman el Rack DDF, para verificar la cantidad de enlaces previamente contabilizada según los reportes SISE recabados con la base de datos existente en CANTV.

Se puede apreciar en la *Figura 39. Rack DDF* en el que están instalados los 36 E1's que conforman los enlaces de 2Mb ofrecidos como servicios por los equipos Alcatel SM 1664 que están conectados a su vez a los equipos Alcatel SM 1641 que forman parte directa de lo que es el Anillo 6 y 7 Alcatel Región Los Andes.

Para verificar el estatus de los enlaces se realizaron mediciones de las señales de 2Mb sobre los conectores de los 36 E1's instalado en los 11 paneles en el Rack ODF. Cada panel cuenta con 16 conectores E1's con 8 del lado Tx y 8 del lado Rx. Para la medición de las señales se utilizó el mismo equipo *HEWLETT PACKARD 37742A 2M TEST SET*, equipo que fue facilitado por el personal de CANTV en la Sede de San Cristóbal.

7.2.1 Resultados de medición de señal en los E1's pertenecientes al Rack DDF

La medición de la señal de los 36 E1's ubicados en el Rack DDF nos mostró el verdadero estatus de los enlaces de 2Mb ofrecidos como servicios por la Empresa CANTV, dichos resultados se pueden apreciar mejor en la siguiente Tabla 6. de enlaces a Migrar en el Nodo San Juan de Colón.

Método de conteo de enlaces a migrar	Datos revisados	N° de Enlaces	Velocidad de Transmisión
Matriz de Tráfico	Cantidad de enlaces inicial	36 E1's	2Mb
Verificación en el sitio	Cantidad de enlaces con estatus RETIRADO o PERDIDA DE TRAMA	11 E1's	2Mb
Verificación en el sitio	Cantidad de enlaces con estatus OK	25 E1's	2Mb

Tabla 6. Enlaces a Migrar Nodo CANTV San Juan de Colón

Luego de realizar las visitas al Nodo San Juan de Colón pudimos verificar el verdadero estatus de los enlaces a migrar, observando que la cantidad de 36 E1's que teníamos en un inicio basándonos en la Matriz de Tráfico se viera reducida a 25 E1's una vez efectuadas las mediciones de las señales en los E1's instalados en el Rack DDF. Estos 25E1's de 2Mb operando correctamente, que se muestran resaltados en amarillo en la tabla 5, corresponden a la cantidad de E1's operativos a migrar en el Rack ODF. Confirmamos, al igual que en el Nodo de San Cristóbal, que los datos que inicialmente fueron organizados en la matriz de tráfico utilizando la base de datos de CANTV no estaba actualizada.

Una vez verificado que existen E1's que fueron retirados o que poseen una pérdida de trama nos dimos a la tarea de verificar en el sitio que esos enlaces fueron retirados por otra empresa, en cuanto a los nuevos Equipos Huawei pudimos observar una posible ubicación que quedo registrada en la *Figura 40. Vista superficial Espacio Reservado Equipo Huawei Rack DDF*, como también posible ubicación del Rack DDF que estarían ubicados en la misma sala de Transmisión, estos espacios contribuyen a proyectar la instalación de nuevos equipos y por ende a la migración de los 25 E1's que están prestando servicio a través de los equipos Alcatel SM 1641 y Alcatel SM 1664.

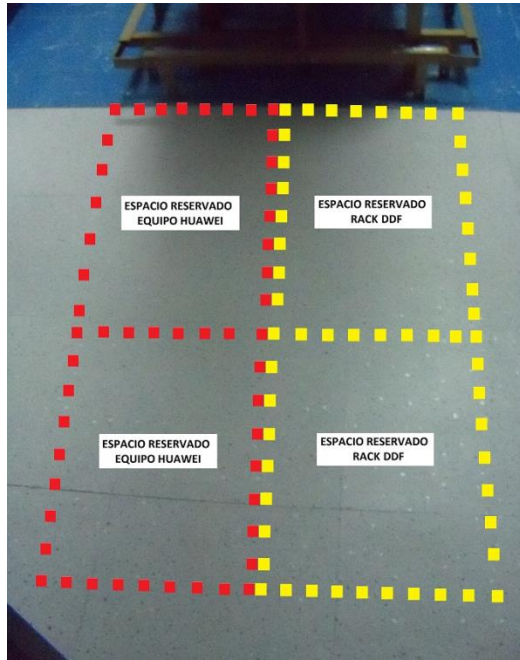


Figura 40. Vista superficial Espacio Reservado Equipo Huawei y Rack DDF.

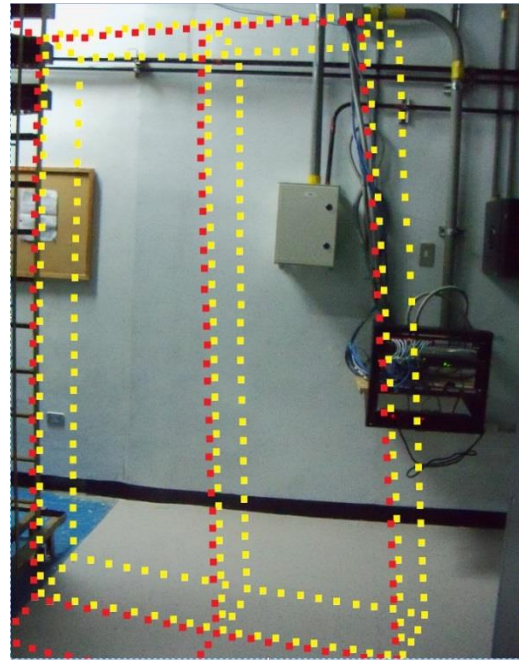


Figura 41. Vista Frontal Espacio Reservado Equipo Huawei y Rack DDF.

Se aprecia en color rojo con líneas punteadas el Espacio Reservado para Equipos Huawei, así como se observa en color amarillo con líneas punteadas el Espacio Reservado para Rack DDF Huawei. Se puede aproximar la magnitud de los Rack a instalar en la *Figura 41. Vista Frontal Espacio Reservado Equipo Huawei Rack DDF.*

7.3 Estación La Fría

La Sede CANTV La Fría se encuentra ubicada en la Urbanización /Sector Centro, estación CANTV La Fría Centro, La Fría, Estado Táchira.



Figura 42. Sala de Transmisión La Fría.

En esta visita se accedió a través de la Entrada principal CANTV Sede La Fría encontrando en la Planta Baja la Sala de Transmisión, esto se puede apreciar de forma mejor en la *Figura. 42 Sala de Transmisión La Fría*. Ya estando dentro de la sala de transmisión se realizó un registro fotográfico del sitio el cual se puede de mejor manera en la *Figura 43. Vista Frontal del Rack 01 y 02*, el Alcatel 1664 SM y Alcatel 1641 SM son equipos involucrados en el proceso para realizar la migración de los servicios, éstos se encuentran localizados en el Rack 01 y Rack 02, también ubicados fácilmente en la Sala de Transmisión del Nodo de la Fría debido a sus dimensiones similares a las del Nodo de San Juan de Colón.

Ubicamos el Rack ODF al cual están conectados los servicios STM – 1 en forma de Conectores E1 con Velocidad de Transmisión 2Mb ofrecidos mediante los equipos ALCATEL 1641 SM y 1664 SM en el Nodo San Juan de Colón por la empresa CANTV, en estos conectores E1 verificamos el estatus de los enlaces para poder medir la cantidad de enlaces en estado activo (OK) a migrar hacia los equipos Huawei OSN 3500.



Figura 43. Vista Frontal del Rack 01 y 02.



Figura 44. Rack DDF.

De igual manera se localizaron los conectores E1 ubicados en el Rack ODF, servicio ofrecido por la empresa CANTV para enlaces con velocidad de transmisión de 2Mb mediante el uso de los equipos Alcatel 1641 SM y Alcatel 1664 SM. Se realizó el reporte fotográfico de los E1's que conforman el Rack DDF, para verificar la cantidad de enlaces previamente contabilizada según los reportes SISE recabados con la base de datos existente en CANTV. Se puede apreciar la *Figura 44. Rack DDF* en el que están instalados los 20 E1's que conforman los enlaces de 2Mb ofrecidos

como servicios por los equipos Alcatel SM 1664 que están conectados a su vez a los equipos Alcatel SM 1641 que forman parte directa de lo que es el Anillo 6 y 7 Alcatel Región Los Andes.

Para verificar el estatus de los enlaces se realizaron mediciones de las señales de 2Mb sobre los conectores de los 20 E1's instalado en los 7 paneles en el Rack DDF. Cada panel con cuenta con 16 conectores E1's con 8 del lado Tx y 8 del lado Rx. Para la medición de las señales se utilizó el mismo equipo *HEWLETT PACKARD 37742A 2M TEST SET*, equipo que fue facilitado por el personal de CANTV en la Sede de San Cristóbal.

7.3.1 Resultados de medición de señal en los E1's pertenecientes al Rack DDF

La medición de la señal de los 20 E1's ubicados en el Rack DDF nos mostró el verdadero estatus de los enlaces de 2Mb ofrecidos como servicios por la Empresa CANTV, dichos resultados se pueden apreciar mejor en la siguiente Tabla 7. de enlaces a Migrar en el Nodo La Fría.

Método de conteo de enlaces a migrar	Datos revisados	N° de Enlaces	Velocidad de Transmisión
Matriz de Tráfico	Cantidad de enlaces inicial	20 E1's	2Mb
Verificación en el sitio	Cantidad de enlaces con estatus RETIRADO o PERDIDA DE TRAMA	16 E1's	2Mb
Verificación en el sitio	Cantidad de enlaces con estatus OK	4 E1's	2Mb

Tabla 7. Enlaces a Migrar Nodo CANTV La Fría

Luego de realizar las visitas al Nodo La Fría pudimos verificar el verdadero estatus de los enlaces a migrar, observando que la cantidad inicial de 20 E1's que teníamos en un principio basándonos en la Matriz de Tráfico se vieran reducidos, luego de verificar en el sitio y realizar la medición de las señales en los E1's instalados en el Rack DDF obtuvimos la cantidad de 4 E1's que están operando

correctamente (estatus OK), se observa resaltado en amarillo la cantidad de enlaces de 2Mb a migrar o lo que es lo mismo la cantidad de E1's operativos en el Rack DDF, confirmamos al igual que en el Nodo de San Juan de Colón los datos que inicialmente fueron organizados en la matriz de tráfico utilizando la base de datos de CANTV no estaba actualizada.

Una vez verificado que existen E1's que fueron retirados o que poseen una pérdida de trama nos dimos en la tarea de verificar en el sitio que esos enlaces fueron retirados por otra empresa, pudimos ubicar un espacio físico posible para los nuevos Equipos Huawei, este espacio se puede apreciar mejor en la *Figura 45. Vista Frontal Espacio Reservado Equipo Huawei*, así como también el espacio físico posible para el Rack ODF Huawei, este espacio se puede apreciar de forma más clara en la *Figura 46. Rack DDF Huawei*, espacios que estarían ubicados en la misma sala de Transmisión, ya que se cuenta con espacio para instalar nuevos equipos y así terminar de realizar la migración de los 4 E1's que están prestando servicio actualmente a través de los equipos Alcatel SM 1641 y Alcatel SM 1664.

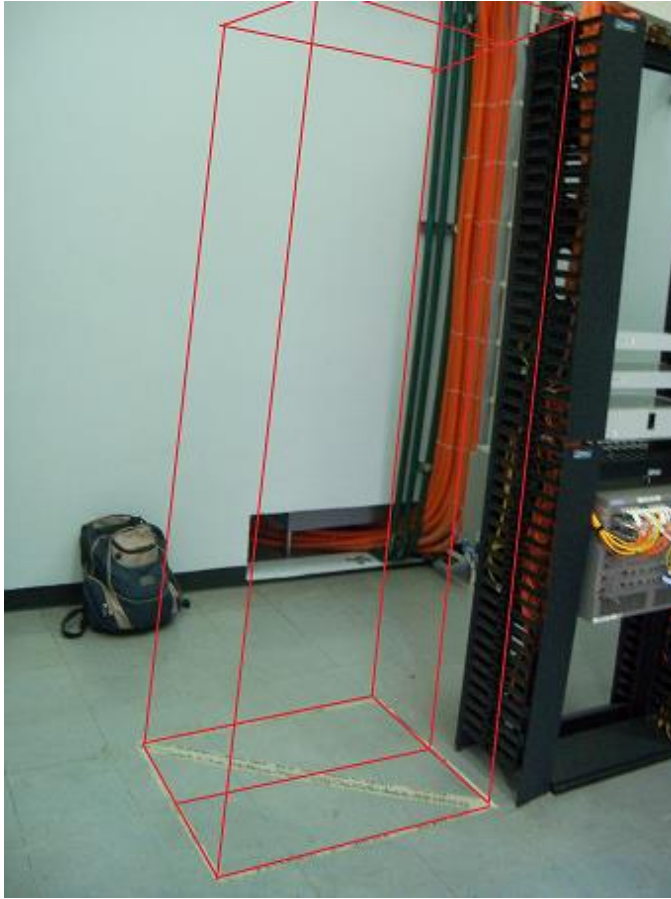


Figura 45. Vista Frontal Espacio Reservado Equipo Huawei.



Figura 46. Rack DDF Huawei.

Se aprecia en líneas rojas la posible ubicación para los equipos Huawei, esto lo podemos apreciar en la *Figura 45. Vista Frontal Espacio Reservado Equipo Huawei* para la instalación del equipo Huawei, además pudimos observar que en la sala de Transmisión existe un Rack DDF con disponibilidad de conectores E1, esto se observa en la *Figura 46. Rack DDF Huawei*, del cual podremos disponer para realizar la migración de los 4 enlaces de 2Mb a migrar.

7.4 Levantamiento de Información

Con la ayuda del reporte fotográfico y de las visitas, se realizó un inventario de los equipos existentes en la Estación de San Cristóbal, San Juan de Colón y La Fría, con la finalidad de saber cuáles son los recursos y materiales necesarios para la migración de los enlaces. Es por ello que por cada nodo se elaboró una tabla en la que se colocó; la cantidad de equipos, el modelo del equipo, el ID el cual representa el nombre que identifica al equipo, ubicación se refiere a en que rack se encuentra el equipo y finalmente Sala / Piso que indica en que piso y sala de la central se encuentran los equipos.

CANT.	EQUIPO MODELO	ID	UBICACIÓN	SALA/ PISO
02	MUX ALCATEL SM-1664	64SCR01 64SCR02	Rack 01	TX/P2
12	MUX ALCATEL SM-1641	41SCR03 41SCR04 41SCR05 41SCR06 41SCR07 41SCR08 41SCR09 41SCR10 41SCR11 41SCR12 41SCR13 41SCR14	Rack 02 Rack 03 Rack 04	TX/P2
01	RACK DDF ALCATEL	N/A	Rack DDF	TX/P2
05	OSN 3500 HUAWEI	N/A	Rack A Rack B Rack C Rack D Rack E	TX/P2
05	DDF HUAWEI	N/A	Rack 01 Rack 02 Rack 03 Rack 04 Rack 05	TX/P2

Tabla 8. Inventario de Equipos San Cristóbal

En la *Tabla 8. Inventario de equipos San Cristóbal* se muestra el equipamiento (uno de los 3 nodos estudiados), ésta central se destaca porque se van a migrar ciento catorce (114) enlaces de 2Mb y un (1) enlace de 34Mb, además de ser una de las centrales con mayor equipamiento y mayor cantidad de equipos clientes. En la sala de transmisión (TX), se encuentran los veinticinco (25) equipos, de los cuales:

- Catorce (14) son equipos Alcatel, éstos se pueden apreciar mejor en la *Figura 28. Vista Frontal del Rack* de la sección 7.1 Estación San Cristóbal de las Visitas a los Nodos.
- Diez (10) son equipos Huawei, éstos se pueden apreciar mejor en la *Figura 32. Rack para Equipos HUAWEI* y en la *Figura 33. Rack DDF Huawei* de la sección 7.1 Estación San Cristóbal de las Visitas a los Nodos. En cada uno de estos cinco (5) rack existe un Equipo Huawei OSN 3500 a su vez que observamos cinco (5) equipos Rack Huawei.

De igual manera se procede con el inventario de equipos Nodo San Juan de Colón que se presenta en la siguiente *Tabla 9. Inventario de Equipos San Juan de Colón*.

CANT.	EQUIPO MODELO	ID	UBICACIÓN	SALA/ PISO
01	MUX ALCATEL SM-1664	64SJC01	Rack 01	TX/PB
01	MUX ALCATEL SM-1641	41SJC01	Rack 02	TX/PB
01	RACK DDF ALCATEL	N/A	Rack DDF	TX/PB
02	ESPACIO RESERVADO EQUIPO HUAWEI	N/A	Rack A Rack B	TX/PB
02	ESPACIO RESERVADO DDF HUAWEI	N/A	Rack 01 Rack 02	TX/PB

Tabla 9. Inventario de Equipos San Juan de Colón

En este inventario se resalta el espacio reservado para la instalación de los equipos requeridos para realizar la migración de servicios, dos (2) rack para instalación de equipos Huawei y dos (2) rack para instalación de DDF Huawei, los cuales se pueden apreciar de mejor manera en la *Figura 40. Vista superficial Espacio Reservado Equipo Huawei Rack* y en la *Figura 41. Vista Frontal Espacio Reservado*

Equipo Huawei Rack DDF de la sección 7.2 Estación San Juan de Colón de las Visitas a los Nodos.

Finalmente procedimos de la misma forma con el inventario de equipos Nodo La Fría que se presenta en la siguiente *Tabla 10. Inventario de Equipos La Fría*.

CANT.	EQUIPO MODELO	ID	UBICACIÓN	SALA/ PISO
01	MUX ALCATEL SM-1664	64SJC01	Rack 01	TX/PB
01	MUX ALCATEL SM-1641	41SJC01	Rack 02	TX/PB
02	ESPACIO RESERVADO EQUIPO HUAWEI	N/A	Rack A Rack B	TX/PB
01	DDF HUAWEI	N/A	Rack 01A	TX/PB

Tabla 10. Inventario de Equipos La Fría

En este inventario se resalta el espacio reservado para la instalación de los equipos requeridos para realizar la migración de servicios, dos (2) rack para instalación de equipos Huawei, los cuales se pueden apreciar de mejor manera en la *Figura 45. Vista Frontal Espacio Reservado Equipo Huawei* de la sección 7.3 Estación La Fría de las Visitas a los Nodos. Debemos resaltar que en esta sala de Transmisión ya existe un Equipo DDF Huawei el cual puede servir para realizar la migración de servicios ya que este posee una cantidad de E1's libres que son suficientes para nuestra finalidad.

7.5 Verificación de Datos

Como parte del desarrollo del proyecto y en cumplimiento de los objetivos planteados, en esta fase se recopiló la información adquirida tanto en los Fundamentos teóricos como en la Supervisión y visitas a los nodos, para realizar el cálculo de los recursos requeridos para llevar a cabo la migración y con ello elaborar el plan de procura, el cuál es necesario para la Empresa CANTV debido a que éste

involucra todos los materiales que se necesitan. La tabla del plan de procura elaborado se muestra en la sección PLAN DE PROCURA [ANEXO 5].

Adicionalmente, el plan de procura tiene el número de enlaces a migrar por nodo y la cantidad de E1's y E3's, junto a esto se coloca el equipamiento requerido y éste a su vez se divide entre tarjetas del equipo Huawei OSN3500, los conectores clientes, la longitud del cableado, el equipamiento adicional y por último las facilidades con respecto a la energía de los equipos y su aterramiento.

Entre los tres (3) nodos estudiados podemos destacar al nodo de San Cristóbal ya que se van a migrar 114 enlaces de 2Mb y 1 enlace de 34Mb. Podemos observar la distribución de enlaces a migrar sede de San Cristóbal en la *Tabla 11. Servicios a migrar San Cristóbal*.

RUTA	CANTIDAD DE ENLACES	VELOCIDAD
41SCR01 - Ureña	1	E1
41SCR03 - 41BTO18	2	E1
41SCR03 - Barquisimeto Centro	4	E1
41SCR03 - Mérida Centro	1	E1
41SCR04 - Barinas Centro II	7	E1
41SCR04 – 41BRS02	4	E1
41SCR05 – 41CNT14	4	E1
41SCR05 – La Urbina	1	E1
41SCR05 – Centro Nacional	11	E1
41SCR06 - Bella Vista II	1	E1
41SCR06 – 41MBO15	1	E1
41SCR07 - El Piñal	6	E1
41SCR07 - El Piñal	1	E3
41SCR07 - Santa Bárbara de Barinas	2	E1
41SCR09 - San Juan de Colón	12	E1
41SCR09 - Coloncito	3	E1
41SCR09 - 41CTO01	1	E1
41SCR09 - 41SJC01	13	E1
41SCR09 – 41LFR01	3	E1
41SCR09 – La Fría	1	E1
41SCR10 – 41MER04	10	E1
41SCR10 – Mérida Centro	1	E1
41SCR10 – Tibisay	1	E1
41SCR11 - Barquisimeto Centro	3	E1
41SCR13 - Barinas Centro II	11	E1
41SCR14 – Mérida Centro	9	E1
41SCR14 – El Vigía	1	E1

Tabla 11. Servicios a migrar San Cristóbal

De la misma forma se hizo el conteo de enlaces a migrar en la sede de San Juan de Colón, el en cuál se van a migrar 25 enlaces de 2Mb, se puede apreciar la distribución de enlaces a migrar en la siguiente *Tabla 12. Servicios a migrar San Juan de Colón.*

RUTA	CANTIDAD DE ENLACES	VELOCIDAD
41SJC01 – 41SCR09	13	E1
41SJC01 – San Cristóbal Centro	12	E1

Tabla 12. Servicios a migrar San Juan de Colón

Repetimos el mismo registro para los enlaces a migrar en la sede de La Fría, en la cual se van a migrar 4 enlaces de 2Mb, la distribución de los enlaces a migrar se aprecian en la siguiente *Tabla 13. Servicios a migrar La Fría.*

RUTA	CANTIDAD DE ENLACES	VELOCIDAD
41LFR01 – San Cristóbal Centro	1	E1
41LFR01 – 41SCR09	3	E1

Tabla 13. Servicios a migrar La Fría

Adicionalmente el plan de procura tiene el número de enlaces a migrar por nodo, y la cantidad de E1's y E3's, junto a esto se coloca el equipamiento requerido y éste a su vez se divide entre las tarjetas del equipo Huawei OSN3500, los conectores clientes, la longitud del cableado, el equipamiento adicional, y por último las facilidades con respecto a la energía de los equipos y el aterramiento.

Para calcular los materiales necesarios se utilizó la relación entre las tarjetas procesadoras y las tarjetas de interfaz de los equipos OSN 3500 Huawei. Podemos apreciar en detalle el nombre de la tarjeta y la velocidad a la que procesa, así como la

cantidad que procesa cada una de estas tarjetas en la *Tabla 14. Relación de tarjetas del OSN 3500 para el cálculo de recursos.*

TARJETA	PROCESA (Velocidad)	CANTIDAD
GXCS	Cross-connect	-
GSCC	Control	-
PIU	Energía	-
D75S	E1	32
D34S	E3	3
SL64	STM1-E/STM1-O	1
EU08	STM1-E	8 (puertos)
OU08	STM1-O	8 (puertos)
PD3	E3	6
PQ1	E1	63
SEP	STM1-O	2
SEP1	STM1-E	8 (puertos)
TSB8	STM1-E	8 (canales)

Tabla 14. Relación de tarjetas del OSN 3500 para el cálculo de recursos

Cuando hablamos de facilidades en dispositivos que contribuyen a realizar la migración de servicios en este Trabajo Especial de Grado, estamos hablando de la instalación de los equipos OSN 3500 Huawei, el nodo de San Cristóbal posee facilidades en equipamiento de 2 Rack Huawei instalados disponibles para instalación de equipos, 1 Rack DDF Huawei con conectores E1 libres, así como de espacio disponible para la instalación de otro Rack DDF Huawei, con disponibilidad de aterramiento y energización para la instalación de los equipos OSN 3500 Huawei, siendo este el Nodo que maneja la mayor cantidad de enlaces a migrar y por sus dimensiones que nos vimos en la tarea de realizar una reporte fotográfico del equipo PDB Lorain que se encarga de energizar y aterrizar a los Rack Huawei, este se puede apreciar en la *Figura 47. PDB Lorain Sala de Trasmisión de Datos Nodo San Cristóbal.*



Figura 47. PDB Lorain Sala de Trasmisión de Datos Nodo San Cristóbal.

No así los Nodos de San Juan de Colón y La Fría que ameritan un proyecto de aterramiento y energización ya que ambos no poseen Rack Huawei para instalar los equipos OSN 3500 Huawei, con la diferencia de que en el Nodo de San Juan de Colón no existe un Rack DDF Huawei con conectores E1 disponibles para realizar la migración de servicios, mientras que en el Nodo de La Fría si existe un Rack DDF Huawei con disponibilidad de conectores E1, para ver de una forma más clara el equipamiento en cada sala de Trasmisión se organizó esta información en la *Tabla 15. Equipamiento disponible en Salas de Trasmisión.*

Sala de Trasmisión	Aterramiento y Energización	Rack para Equipos Huawei	Rack DDF Huawei
San Cristóbal	Habilitado	Habilitado	Habilitado
San Juan de Colón	Solicitar Proyecto	Requiere Instalación	Requiere Instalación
La Fría	Solicitar Proyecto	Requiere Instalación	Habilitado

Tabla 15. Equipamiento disponible en Salas de Trasmisión

Se debe señalar que para el cálculo de los conectores clientes simplemente se realizó el conteo de los conectores que se necesitan para la migración, para el cableado requerido se aprovechó la visita en cada Nodo para medir las distancias punto a punto (distancia medida en metros).

CAPITULO VIII

INFORME DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE INGENIERÍA

El informe es el producto final de la fase de ingeniería, su contenido abarca desde el levantamiento de información actualizada y detallada de los servicios en curso por el Anillo 6 y 7 ALCATEL, como de la planta reservada o dimensionada en la red SDH Huawei, en función del resultado del proceso de certificación de cada uno de sus servicios.

Este informe de ingeniería cuenta con una serie de archivos y/o documentos complementarios con su respectivo detalle. Quizás, el más importante es la denominada “Matriz de Tráfico”, herramienta clave en la fase de Migración, por lo que se sugiere su correcto aprendizaje a fin de lograr buenos resultados en dicha fase.

El Proyecto de Migración Anillos 6 y 7 ALCATEL está conformado por dos grandes fases: la **Fase de Ingeniería** y la Fase de Construcción.

Fase de Ingeniería: Su producto es el presente informe, para los cuales se ejecutaron actividades tales como:

- **Levantamiento de Servicios/Inventario y trámite administrativo:** Se refiere a la recopilación de la información actualizada y detallada de los servicios cursados por el Anillo 6 y 7 ALCATEL, como de la planta necesaria en la plataforma Huawei a ser migrada, para cada uno de los nodos o localidad involucrada. También incluye la certificación de los servicios y respectivo registro en una base de datos actualizada denominada “Matriz”; así como el correcto aprovisionamiento de la planta Huawei reservada y todo el trámite administrativo correspondiente, como por ejemplo, la correcta gestión de Ordenes SISE.
- **Elaboración del informe de Ingeniería:** Es el registro físico y estructurado con la información mencionada anteriormente. En el mismo se presenta: la

situación actual de los servicios a migrar y la situación futura con los requerimientos de planta, ya sea por instalación de equipos nuevos SDH o por inserción de equipamiento en planta existente; diagramas, Matriz de información, planos, esquemas de interconexión, otros.

Fase de Construcción: se refiere a la ejecución real del proyecto de ingeniería. Es decir, la adecuación de planta y migración de servicios. Incluye: la instalación, Inserción y configuración de equipos OSN3500 según la necesidad de cada nodo, u otro nodo DWDM; la instalación de todos los cableados (Coaxial, Fibras ópticas, energía, puesta a tierra, gestión, sincronismo, otros) desde los equipos HUAWEI hacia los DDF clientes, incluyendo los elementos necesarios para su recorrido (escalerilla, canaletas, otros); La migración de servicios bajo ventana de mantenimiento y su correspondiente trámite administrativo. Esta fase de construcción no está contemplada en este informe.

En general, se considera que la fase de desinstalación de equipos, posterior a la fase de migración deberá plantearse como otro proyecto a desarrollar, puesto que su alcance es amplio y no fue contemplado en este informe. A continuación se presenta el cuerpo que presenta el Informe de Factibilidad y diseño de Ingeniería realizado y como está conformada cada una de sus partes.

8.1 INFORMACIÓN GENERAL

El informe de factibilidad y diseño de ingeniería se subdivide en seis (6) partes, se da una **introducción** al proyecto, el **alcance** del mismo, **situación actual** de los nodos a migrar que incluye la dirección del nodo a migrar, el inventario de equipos relacionados con la migración y los servicios a migrar en cada nodo, la **matriz de información** y la **propuesta de migración** que incluye un **plan de procura**, este informe fue diseñado mediante pautas en común tanto por parte de la empresa cliente CANTV, como de la empresa Telecomunicaciones STARTEL, C.A.

8.2 INFORME DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE INGENIERÍA

8.2.1 INTRODUCCIÓN

Contiene una breve explicación de la fecha en la cual fue planteado el proyecto de Migración de servicios en los Anillos 6 y 7 ALCATEL de la Región Los Andes, además de la fecha de aprobación del mismo.

8.2.2 ALCANCE

Elaborar las ingenierías de detalle de cada uno de los nodos involucrados en el proyecto, con la correcta información necesaria para garantizar una efectiva migración de los servicios cursados actualmente por el Anillo 5 NEC a las redes HUAWEI existentes.

8.2.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO

Se presenta un resumen detallado de la situación en la que se encuentran los Nodos de San Cristóbal, San Juan de Colón y la Fría, es por ello que se elaboró un inventario de equipos, desarrollado en la cuarta parte del Capítulo VII de este Trabajo Especial de Grado; más adelante en la que se presenta el diagrama de conexiones elaborado con anterioridad.

8.2.3 MATRIZ DE INFORMACIÓN

Se resalta en este punto que la información detallada de cada enlace, se encuentra disponible en la matriz de tráfico, tocando puntos de interés tales como: Localidad, Enlace, N° de Circuito, Velocidad, Orden SISE, Cliente, Servicio Asociado, Estatus del enlace, Origen y Destino de los enlaces.

8.2.4 PROPUESTA DE MIGRACIÓN

En esta fase, se presenta la cantidad de enlaces activos que se emplearán en la planta disponible y reservado en el equipo SDH OSN 3500, indicando el ID (identificador) del equipo en ese nodo. Para dar más detalles se colocan las rutas de servicios a migrar (desarrollado en el Capítulo 7), el plan de procura de estos nodos (el resultado total se encuentra en el Apéndice N°2), dando a conocer materiales necesarios para la migración; con ello se sabe la planta Huawei a intervenir, y con ello el cableado requerido. Finalmente, se hace un reporte fotográfico de los equipos Huawei (existentes, o del espacio a reservar para su instalación) y los equipos clientes a los que van conectados.

8.2.5 PLAN DE PROCURA

El Plan de Procura contiene La Información General de los Nodos Involucrados, Enlaces a migrar, Equipamiento requerido, incluyendo inserción de tarjetas en equipos OSN 3500 instalados o requeridos para la migración de servicios involucrados, conectores clientes, longitud y tipo de cableado requerido, Equipamiento adicional como Rack DDF y Rack para equipos Huawei, incluyendo solicitudes de proyectos de energización en los nodos donde sea requerido, así como las facilidades que presentan.

Las longitudes de cableado, así como el número de conectores se tomaron mediante la anotación de estos en el sitio, previniendo los metrajes y cantidades a solicitar al cliente para la realización de la Ingeniería para este Proyecto.

Ver Apéndice N°3

CONCLUSIONES

El avance continuo de las tecnologías actualmente va dirigido al crecimiento del mundo IP, lo que ha causado que los proveedores de servicios se vean en la obligación de actualizar sus plataformas constantemente, sin excluir a las empresas encargadas de la telefonía tanto a nivel nacional como internacional. Como se ha resaltado con anterioridad, en Venezuela la empresa de vanguardia que posee cobertura nacional en todo el país es CANTV, que con su visión de modernizar sus redes de transmisión, decidió migrar el Anillo 6 y 7 Alcatel de la Región Los Andes.

El proceso de modernización de las redes, lleva una serie de requerimientos, dentro de ellos se encuentra la elaboración de la Ingeniería de detalle de los tres (3) nodos involucrados que pertenecen al anillo a migrar; el cual es el objetivo general de este Trabajo Especial de grado. El estudio y desarrollo del mismo permitió la comprensión de las tecnologías PDH, SDH y los medios de transmisión como lo son la fibra óptica y los diferentes tipos de cables coaxiales; todo esto como la base teórica del proyecto; por otra parte también se interpretó el funcionamiento y las propiedades de los equipos Alcatel SM 1664 y SM 1641, así como del equipo Optix OSN 3500 de Huawei.

CANTV como empresa cliente requiere de un medio que garantice la gestión de los nodos que conforman el anillo al cual le prestan diferentes servicios; debido a la demanda de usuarios que requieren un mejor servicio como de un mayor ancho de banda. Sin embargo, esto se dificulta con los equipos Alcatel actualmente en gestión presentes en los Nodos pertenecientes al Anillo 6 y 7, al no existir fiabilidad en el gestor que controla los equipos; a pesar de esta problemática la Base de Datos arrojada por estos gestores CANTV se tomaron como referencia para el diseño y construcción de la matriz de tráfico de los nodos estudiados en un principio.

Con base a esto se corroboró o se modificó la información de la Matriz de Tráfico al terminar las visitas a los nodos de San Cristóbal, San Juan de Colón y la Fría; donde

se realizaron las pruebas de análisis de señal con el fin de conocer el estatus de los enlaces; con esto se logró comparar la información obtenida en las visitas con la arrojada por los gestores CANTV, haciéndose las modificaciones necesarias para optimizar el proceso de migración.

Con el apoyo de los fundamentos teóricos se pudo hacer un cálculo de la cantidad de tarjetas a insertar en equipos existentes, así como equipos a instalar, con ésta información se elaboró el plan de procura que es requerido para la Empresa Cliente, ya que en éste se encuentra el número de recursos necesarios para llevar a cabo el trabajo de migración más adelante. Como etapa final del proyecto se elaboró la ingeniería de detalle de cada nodo basado no sólo en la matriz de tráfico sino en toda la investigación y análisis realizado para culminar este Trabajo Especial de Grado.

Se debe destacar que en la propuesta de migración se plantea la inserción de tarjetas en equipos una vez instalados en los nodos donde no existen Rack ni DDF Huawei disponibles que ofrezcan facilidades para economizar tanto lo que es el trabajo como en la parte económica, solamente en un Nodo se dispone tanto de Rack para Equipos Huawei como de Rack DDF Huawei con capacidad para instalar el equipo OSN 3500. Por otro lado se resalta la variedad de interfaces que permiten la conexión de distintos conectores y tecnologías.

A pesar de que este Trabajo Especial de Grado no incluye la implementación del mismo, es la primera fase para la aprobación de su implementación, además que abarcan la información necesaria como guía para los instaladores; las ingenierías en detalle realizadas están pre-aceptadas por Telecomunicaciones STARTEL C.A., ya que CANTV se está encargando de hacer las pruebas de certificación y así darle completa aceptación para empezar la implementación de este proyecto.

Finalmente, se puede afirmar que al realizar la migración a los equipos OSN3500, la calidad de servicio se optimizará, gracias a su flexibilidad de conexión con otras tecnologías, cuando llegue el momento de migrar a WDM, la aplicación será sencilla.

RECOMENDACIONES

Como cierre de este Trabajo de Grado, se puede aportar las siguientes recomendaciones para los futuros proyectos relacionados con este tema:

- Establecer criterios únicos entre las empresas involucradas para evitar contradicciones durante el desarrollo del proyecto.
- Dada la experiencia obtenida, es preciso tomar en cuenta los aspectos logísticos en cuanto al acceso a la sala, para evitar inconvenientes al momento de realizar las visitas a las Estaciones Sede CANTV.
- Debido a que los OSN3500 son equipos nuevos, es recomendable la realización de un curso introductorio sobre el funcionamiento, configuración y propiedades del equipo, con la finalidad de formar ingenieros especializados en el área, ya que existe un déficit de personal calificado.
- Al implementarse el proyecto, es importante el mantenimiento y supervisión de los equipos a fin de evitar mal rendimiento de la red.

Luego de la implementación, es indispensable el constante monitoreo de la red, de esta manera se hace un levantamiento de la información de manera constante, y así llevar un registro que permita detectar errores en un futuro, además de que se optimiza el trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sergio Gallardo Vázquez. Elementos de sistemas de telecomunicaciones, 2015.
- [2] Wayne Tomasi. Sistemas de comunicaciones electrónicas, 2003.
- [3] Vásquez Elizabeth. (2003). Análisis y diseño de un enlace por fibra óptica entre las ciudades de El Vigía y Santa Bárbara del Zulia.
- [4] Migración de servicios del anillo SDH Ericsson a la red SDH Huawei. <http://prezi.com/tw2w73pafwq5/propuesta-de-fibra/>.
- [5] ALCATEL, Manual Técnico 1651 SM/1661 SMC, España, 1999.
- [6] J.A. Peñaloza, Evolución de las Redes de Transporte hacia la integración de servicios: Las redes SDH, Santiago de Chile, 2006.
- [7] Telecommunications Techniques Corporation, The Fundamentals of SDH, INTERCEPTOR, USA, 2010.
- [8] García P, Estudio y Desarrollo del anillo SDH Express Way para CANTV (Maracaibo – Caracas), (Tesis de Grado), Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2001.
- [9] Ramon Millán, Tecnologías de Telecomunicaciones, 2005.
- [10] Huawei Technologies, Optix OSN3500 Hardware Description, 2010.
- [11] M. T. Hernández, Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y tesis Doctorales, Caracas, Venezuela: FEDUPEL, 2005.
- [12] Luisa E. Ramos L. (2005). Optimización de la red de interconexión de Movilnet en la zona Occidental de Venezuela. USB, Sartenejas. <http://159.90.80.55/tesis/000130380.pdf>
- [13] Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOTEL), Caracas 2000.
- [14] Código Eléctrico Nacional, Caracas 2013.

- [15] Tochon R., Jonathan I. (2010). Ampliación de la red óptica de nodos Movilnet en el oriente del país con la instalación de equipos multiplexores ópticos alcatel-lucent. UCV, Caracas.
- [16] Eduar Suárez, Lourdes Terán. (2014). Elaboración de la Ingeniería de Detalles para la Migración del Anillo 5 NEC Basado en la matriz de Tráfico de cada nodo en la Región oriental. UCAB. Caracas.
- [17] Propia, Caracas, 2016.
- [18] Jhon Bermudez, Danny Castillo. (2011). Diseño e Implementación de un anillo SDH a Nivel de STM-1 óptico de tres nodos para el laboratorio de telecomunicaciones en la universidad distrital Francisco José de Caldas.
- [19] Tal Lavian, Ph.D. (2016). Network communications, Telecommunications, and Internet Protocols.
- [20] INTTELMEX. (2015). Coordinación de desarrollo en Ingeniería. Arquitectura de la red de Transporte.
- [21] Recomendación G.702 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.702-198811-I/es>
- [22] Recomendación G.703 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.703-200111-I/es>
- [23] Recomendación G.707 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.707-200701-I/es>
- [24] Recomendación G.708 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.708-199907-I/en>
- [25] Recomendación G.709 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.709-201202-I/en>
- [26] Recomendación T M.3010 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-M.3010-200002-I/es>
- [27] Recomendación G.784 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.784-200803-I/es>
- [28] Recomendación T G.771 de la ITU,
<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=962&lang=en>

- [29] Recomendación T Q.513 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-Q.513-198811-S/es>
- [30] Norma IEEE 802.3,
<http://www.ieee802.org/3/>
- [31] Recomendación G.813 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.813/es>
- [32] Recomendación G.812 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.812/es>
- [33] Recomendación G.654 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.654/es>
- [34] Recomendación G.957 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.957/es>
- [35] Recomendación G.958 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.958-199012-S/es>
- [36] Recomendación T G.841 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.841-199810-I/es>
- [37] Manuales de los equipos OSN3500,
enterprise.huawei.com/ilink/enenterprise/download/HW_322799
- [38] OSN3500 Rack de 19 pulgadas
http://www.alibaba.com/product-detail/Huawei-N63E-22-Cabinet-MA5600T-MA5603T_1743016372.html
- [39] Unidad de Distribución de Energía (PDU),
www.huawei.com/ilink/cn/download/HW_265135
- [40] Norma COVENIN 3473:1999 (ISO 1791:1983),
www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3473-99.pdf
- [41] Google Maps,
<https://maps.google.co.ve/>
- [42] Recomendación G.803 de la ITU,
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.803-200003-I/es>
- [43] Multiplexores Huawei,
<http://carrier.huawei.com/en/products/fixed-network/transmission/hybrid-mstp/osn3500>