

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PLANIFICACIÓN, DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE SDH
CON SISTEMA DE PROTECCIÓN DE TRÁFICO EN LA REGION
NOR-ORIENTE DE VENEZUELA.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. De Abreu F., Alejandro A.
Para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2006

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PLANIFICACIÓN, DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE
SDH CON SISTEMA DE PROTECCIÓN DE TRÁFICO EN LA
REGION NOR-ORIENTE DE VENEZUELA.**

Prof. Guía: Ing. Zeldivar Bruzual

Tutor Industrial: Ing. Aroom Gonzalez

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. De Abreu F., Alejandro A.
Para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2006

CONSTANCIA DE APROBACIÓN



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES



CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 13 de noviembre de 2006

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 Alejandro A. De Abreu F., titulado:

“PLANIFICACIÓN, DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE SDH CON SISTEMA DE PROTECCIÓN DE TRÁFICO EN LA REGIÓN NOR-ORIENTE DE VENEZUELA”

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 los autores, lo declaran APROBADO.


Prof. Franklin Martínez
Jurado


Prof. Zeldivar Bruzual
Profía. Guía


Prof. Rafael Arruebarrena
Jurado



Edificio Escuela de Ingeniería Eléctrica, piso 1, oficina 201, Ciudad Universitaria, Los Chaguaramos, Caracas 1051, D.F.
TELÉFONOS. (VOZ) +58 212 6053300 (FAX) +58 212 6053105
Mail: cie-com@elecric.ing.ucv.ve

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de vivir todo lo que hasta los momentos he vivido.

A mis padres, por darme el regalo de la vida y haberme ofrecido un hogar sólido, ejemplar, inculcarme buenas costumbres y formarme como la persona que soy.

A mi novia Andrea, por brindarme su apoyo todas las veces que lo he necesitado, y estar a mi lado en los momentos difíciles.

A mis hermanas y a toda mi familia.

A mis amigos y compañeros de clase Reinaldo Rodríguez, Juan Cedeño, Maria Daniela Thimman, Yaneth García, Jhonny Rangel, Ricardo Relvas, Reinaldo Chicharo.

A la Universidad Central de Venezuela, a la Escuela de Ingeniería Eléctrica, en especial al profesor Zeldivar Bruzual.

A MOVILNET por haberme brindado la oportunidad y el apoyo técnico y humano para poder realizar las pasantías que concluyen en este informe, en especial a mi tutor Ing. Aroom Gonzalez, Iliana Silva, Marcos Espinoza, Mauricio Castañeda, Jorge Jiménez, Víctor Ramirez, Johanatan Pereira, Luisa Ramos, Lewis Fuentes, Marilena Rivera, Jorge Pacheco y a todo el personal de la Gerencia de Transmisión.

De Abreu F., Alejandro A.

**PLANIFICACIÓN, DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE SDH
CON SISTEMA DE PROTECCIÓN DE TRÁFICO EN LA REGION
NOR-ORIENTE DE VENEZUELA.**

Profesor Guía: Zeldivar Bruzual. Tutor Industrial: Ing. Aroom Gonzalez. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: MOVILNET. 2006. 102 h. + anexos.

Palabras Claves: Jerarquía Digital Sincrónica; Transmisión; Tráfico; Esquemas de protección; Radios microondas, multiplexores.

Resumen. Se presenta una planificación para la sustitución de los enlaces de mayor concentración de tráfico actualmente existente en la zona Nororiental del país por una nueva red de transporte, basada en tecnología SDH (Jerarquía Digital Sincrónica) por ser totalmente compatible con la jerarquía PDH (Jerarquía Digital plesiócróna) actualmente existente; esto en vista de la creciente demanda de tráfico que se ha presentado en la zona, la cual se espera cubrir a corto y mediano plazo. La nueva red consta de 8 nuevos enlaces STM-1 más los correspondientes equipos SDH necesarios a instalar en cada uno de estos sitios. Al poseer una mayor capacidad de transporte, permitirá no solo ofrecer nuevos servicios en la zona, si no también mayor cobertura, con la puesta en funcionamiento de nuevas radios bases, así como también permitirá la ampliación en caso de ser requerido de las ya existentes. A su vez se presenta la planificación de enlaces de protección, para los nuevos enlaces de tráfico. Esto para evitar que ante una interrupción de los mismos, se deje sin cobertura las distintas zonas asociadas al enlace que presenta la falla.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CONSTANCIA DE APROBACIÓN	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESÚMEN	iv
INDICE GENERAL	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	x
ACRÓNIMOS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivo general de la tesis	3
1.3 Objetivos específicos	4
1.4 Metodología	4
CAPITULO II	
Fundamentos básicos de los sistemas PDH y SDH	6
2.1 Jerarquía digital plesiócroma	6
2.1.1 Trama básica E1 de 2 Mbit/s	7
2.1.2 Jerarquías de orden superior E2, E3 y E4	8
2.1.3 Limitaciones de PDH	10
2.2 Jerarquía digital sincrónica SDH	12
2.2.1 Origen de la Jerarquía Digital Sincrónica SDH	12
2.2.2 Características principales de la Jerarquía SDH	13
2.2.3 Elementos de una señal SDH	14
2.2.4 Estructura de la trama STM-1	15

2.2.5 Estructura de multiplexación SDH	18
2.2.6 Arquitectura de Sincronización en una red SDH	21
2.2.7 Elementos de un sistema de transmisión síncrona	23
2.2.8 Protección en una red SDH	26
2.2.8.1 Introducción	26
2.2.8.2 Esquemas de Protección	29
2.2.8.3 Comparación entre Esquemas de Protección	38
2.2.9 Ventajas y desventajas de la jerarquía digital Síncrona SDH	39
CAPITULO III	
Estructura de la red de transmisión de MOVILNET	41
3.1 Estudio de tráfico actual en la red de transmisión de MOVILNET	50
3.2 Estudio de tráfico futura a corto plazo (Plan táctico 2006) en la red de transmisión de MOVILNET	53
CAPITULO IV.	
Estructura de la nueva red de transmisión MOVILNET	55
4.1 Descripción de los equipos a utilizar	55
4.2 Esquema general de Conexión	60
4.3 Estructura de la nueva red de transmisión	61
4.4 Cálculos de enlaces microondas de la red SDH	63
4.5 Canalización en las bandas de operación	68
4.6 Estudio de interferencia en las bandas de operación	70
4.6.1 Interferencia por canal imagen	70
4.6.2 Interferencia por productos de intermodulación	71
4.6.3 Interferencia del oscilador de desplazamiento	73
4.7 Calculo de Confiabilidad	75
4.8 Sincronización y Gestión de la red	76

CAPITULO V	
Propuestas para esquemas de protección en la nueva red de transmisión	77
5.1 Equipo SDH.	
5.1.1 Protección de equipo.	77
5.1.2 Protección de red.	78
5.2 Equipo de radio.	78
5.3 Propuestas para la nueva red de transmisión de MOVILNET.	80
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	98
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	100
BIBLIOGRAFIA	102
ANEXOS	103

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Trama E1 de 2 Mbit/s.	8
Figura N° 2. Agregados de orden superior de la Jerarquía Digital Plesiócrona.	9
Figura N° 3. Proceso de justificación	10
Figura N° 4. Estructura de la trama SDH	16
Figura N° 5. Estructura de Cabecera de Sección	17
Figura N° 6. Esquema simplificado de la estructura de Multiplexación SDH	20
Figura N° 7. Multiplexación de 4 tramas STM-1 en una trama STM-4	20
Figura N° 8. Arquitectura de Sincronización	22
Figura N° 9. Protección de línea 1:N linear dual-ended	30
Figura N° 10. Protección de línea MSP Single ended mode	31
Figura N° 11. Protección de línea MSP Dual ended mode	32
Figura N° 12. Protección de Conexión de Subred (SNCP).	35
Figura N° 13. Protección MS-SPRING a dos fibras.	37
Figura N° 14. Estructura de la red actual de transmisión de MOVILNET	41
Figura N° 15. Configuración general de los equipos	43
Figura N° 16. Distribución de los equipos Maestro y Esclavos.	44
Figura N° 17. Panel frontal del nuevo equipo SDH a utilizar	57
Figura N° 18. Equipo de Radio SDH.	58
Figura N° 19. Esquema general de conexión.	61
Figura N° 20. Esquema de la nueva red Tx MOVILNET.	63
Figura N° 21. Frecuencia Imagen en la banda de 7 Ghz	71
Figura N° 22. Frecuencia Heterodina en la banda de 7 Ghz	72
Figura N° 23. Frecuencia por desplazamiento del oscilador en la banda de 7 Ghz	73
Figura N° 24. Configuración de Protección 1+1 para el equipo de radio SDH	79
Figura N° 25. Protección para enlace STM-1 Sitio A-1	81
Figura N° 26. Protección para enlace STM-1 Sitio A-2	82
Figura N° 27. Protección para enlace STM-1 Sitio A-3	83

Figura N° 28. Protección para enlace STM-1 Sitio A-4	84
Figura N° 29. Protección para enlace STM-1 Sitio A-5	85
Figura N° 30. Protección para enlace STM-1 Sitio A-7	86
Figura N° 31. Protección para enlace STM-1 Sitio A-9	88
Figura N° 32. Protección para enlace STM-1 Sitio A-11	89
Figura N° 33. Protección para enlace STM-1 Sitio A-12	90
Figura N° 34. Protección para enlace STM-1 Nodo B	91
Figura N° 35. Protección para enlace STM-1 Sitio B-2	92
Figura N° 36. Protección para enlace STM-1 Sitio B-1	93
Figura N° 37. Esquema General de Protección	94
Figura N° 38. Perfil Sitio A-2 – Nodo A.	103
Figura N° 39. Perfil Sitio A-3 – Nodo A.	103
Figura N° 40. Perfil Sitio A-4 – Nodo A.	104
Figura N° 41. Perfil Sitio A-7 – Sitio A-6	104
Figura N° 42. Perfil Sitio A-9 – Sitio A-8	105
Figura N° 43. Perfil Sitio A-11 – Sitio A-10	105
Figura N° 44. Perfil Sitio B-1 – Nodo B	106
Figura N° 45. Perfil Sitio B-2 – Sitio B-1	106
Figura N° 46. Perfil del enlace de protección Sitio A-2 – Sitio A-3	123
Figura N° 47. Perfil del enlace de protección Sitio A-4 – Sitio A-3	123
Figura N° 48. Perfil del enlace de protección Sitio A-7 – Sitio D	124
Figura N° 49. Perfil del enlace de protección Sitio A-9 – Sitio A-4	124
Figura N° 50. Perfil del enlace de protección Sitio A-11 – Sitio C	125
Figura N° 51. Perfil del enlace Sitio B-1 – Sitio B-3	125

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1. Niveles de multiplexación en los sistemas PDH internacionales	7
Tabla N° 2. Funciones en la cabecera de sesión en una trama SDH	18
Tabla N° 3. Comparación entre Esquemas de Protección	39
Tabla N° 4. Tráfico Actual por nodo y sitio	51
Tabla N° 5. Tráfico Actual por radio enlace	52
Tabla N° 6. Tráfico futuro según plan 2006.	54
Tabla N° 7. Dimensionamiento de los equipos SDH	61
Tabla N° 8. Resultados enlace SITIO A-2 – NODO A	65
Tabla N° 9. Resultados enlace SITIO A-3 – NODO A	65
Tabla N° 10. Resultados enlace SITIO A-4 – NODO A	66
Tabla N° 11. Resultados enlace SITIO A-7 – SITIO A-6	66
Tabla N° 12. Resultados enlace SITIO A-9 – SITIO A-8	67
Tabla N° 13. Resultados enlace SITIO A-11 – SITIO A-10	67
Tabla N° 14. Resultados enlace SITIO B-1 – NODO B	68
Tabla N° 15. Resultados enlace SITIO B-2 – SITIO B-1	68
Tabla N° 16. Plan de canales en la subbanda 7.425 Ghz - 7.725 Ghz.	69
Tabla N° 17. Plan de canales en la subbanda 14.5 Ghz – 15.35 Ghz.	69
Tabla N° 18. Frecuencia Imagen en la banda de 7 Ghz	70
Tabla N° 19. Frecuencia Imagen en la banda de 15 Ghz	71
Tabla N° 20. Frecuencia Heterodina en la banda de 7 Ghz	72
Tabla N° 21. Frecuencia Heterodina en la banda de 15 Ghz	72
Tabla N° 22. Frecuencias seleccionadas para los enlaces SDH	74
Tabla N° 23. Estudio de Confiabilidad.	75
Tabla N° 24. Redundancia de elementos del equipo a adquirir.	78
Tabla N° 25. Reporte completo SITIO A-2 – NODO A	107
Tabla N° 26. Reporte completo SITIO A-3 – NODO A	108

Tabla N° 27. Reporte completo SITIO A-4 – NODO A	109
Tabla N° 28. Reporte completo SITIO A-7 – SITIO A-6	110
Tabla N° 29. Reporte completo SITIO A-9 – SITIO A-8	111
Tabla N° 30. Reporte completo SITIO A-11 – SITIO A-10	112
Tabla N° 31. Reporte completo SITIO B-1 – NODO B	113
Tabla N° 32. Reporte completo SITIO B-2 – SITIO B-1	114
Tabla N° 33. Potencia Recibida por enlace.	115
Tabla N° 34. Estudio de interferencia de enlaces existentes en la cercanía del enlace Sitio A-2 – Nodo A.	116
Tabla N° 35. Estudio de interferencia de enlaces existentes en la cercanía del enlace Sitio A-3 – Nodo A.	116
Tabla N° 36. Estudio de interferencia de enlaces existentes en la cercanía del enlace Sitio A-4 – Nodo A.	116
Tabla N° 37. Estudio de interferencia de enlaces existentes en la cercanía del enlace Sitio A-7 – Sitio A-6.	116
Tabla N° 38. Estudio de interferencia de enlaces existentes en la cercanía del enlace Sitio A-9 – Sitio A-8.	117
Tabla N° 39. Estudio de interferencia de enlaces existentes en la cercanía del enlace Sitio A-11 – Sitio A-10.	117
Tabla N° 40. Estudio de interferencia de enlaces existentes en la cercanía del enlace Sitio B-1 – Nodo B.	117
Tabla N° 41. Estudio de interferencia de enlaces existentes en la cercanía del enlace Sitio B-2 – Sitio B-1.	117
Tabla N° 42. Estimación de costos de equipo SDH en el Nodo A	118
Tabla N° 43. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-1	118
Tabla N° 44. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-2	118
Tabla N° 45. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-3	119
Tabla N° 46. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-4	119
Tabla N° 47. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-5	119

Tabla N° 48. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-7	120
Tabla N° 49. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-9	120
Tabla N° 50. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-10	120
Tabla N° 51. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-11	121
Tabla N° 52. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-12	121
Tabla N° 53. Estimación de costos de equipo SDH en el Nodo B	121
Tabla N° 54. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio B-1	122
Tabla N° 55. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio B-2	122
Tabla N° 56. Reporte completo SITIO A-2 – SITIO A-3	126
Tabla N° 57. Reporte completo SITIO A-4 – SITIO A-3	127
Tabla N° 58. Reporte completo SITIO A-7 – SITIO D	128
Tabla N° 59. Reporte completo SITIO A-9 – SITIO A-4	129
Tabla N° 60. Reporte completo SITIO A-11 – SITIO C	130
Tabla N° 61. Reporte completo SITIO B-1 – SITIO B-3	131

ACRONIMOS

ADM	Add drop multiplexer
ANSI	American National Standards Institute
AMM	Access Module Magazine
APS	Automatic Protection Switching
ATM	Asynchronous transfer mode
AU–AIS	Administrative unit - Alarm indication Signal
AU–LOP	Administrative unit - Loss of Pointer
BER	Bit error rate
BIP	Bit de paridad concatenada
B-RDSI	Red digital de servicios integrados de banda ancha
CAS	Channel associated signal
CCITT	Comite consultivo internacional de telegrafia y telefonia
DCN	Data communication network
DDU	DC Distribution Unit
DxC	Digital Cross connect multiplexer
EPS	Equipment Protection Switching
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EVDO	Evolution Data Optimized
FAS	Frame alignment signal
LCT	Local craft Terminal
LOF	Lost of frame
LOP	Lost of pointer
LS	Low speed
HC	High Capacity
HPROT	High Speed protection
IP	Internet protocol
OSI	Open System Interconnection

Mbit/s	Mega bits por segundo
MMU	Modem Unit
MSP	Múltiple section linear trail protection
MS-SPRING	Multiple Section Shared Protection ring
NE	Network element
NFAS	Not Frame alignment signal
NMS	Network Management system
PCM	Pulse code modulation
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
POH	Path overhead
PRC	Primary reference clock
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RAC	Remote Alarm Channel
RAU	Radio unit for MINI-LINK E
Rb	Regimen Binario
RBS	Radio Base Station
REI	Remote error indication
RFI	Remote fail indication
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SNCP	Sub network connection protection
SNMP	Simple Network Management Protocol
SONET	Synchronous Optical Network
SSF	Server signal fail
STM-1	Synchronous Transport Module level 1
TDM	Time division multiplexe
TRU	Traffic Unit
UIT	Unión internacional de las telecomunicaciones
VC	Virtual container
WDM	Wavelength Division Multiplexing
WTR	Wait time to restore

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, MOVILNET requiere implementar una red de transporte en la región Nororiental del país que cumpla con las demandas de tráfico actuales y futuros en la región y buscar para esto mayor flexibilidad en el crecimiento de la red. Para la implementación de esta red se establecerán enlaces microondas SDH para conectar los principales nodos de la zona. Esta red podrá estar apoyada en algunos casos en la red de fibra óptica de CANTV. Para ello, se realizó un análisis de tráfico y se estudió así la posibilidad de enrutar el tráfico por la red de CANTV y en otros casos se realizó el levantamiento de un enlace microondas SDH.

En este trabajo se planifica la sustitución de los enlaces de mayor concentración de tráfico actualmente existentes en la red de transmisión de MOVILNET en la zona Nororiental del país utilizando tecnología SDH, tecnología de mayor capacidad de manejo de tráfico, con el objetivo de cubrir la creciente demanda de tráfico que se presenta en la zona. Dichos enlaces actualmente funcionan bajo tecnología PDH, pero al estar operando casi al límite de su capacidad, y con los nuevos proyectos de ampliación de radio bases, cobertura en nuevas zonas e implementación de servicios EVDO, se justifica la ampliación de la red de transmisión. El cambio de tecnología implica una importante inversión por lo que se busca en lo posible la utilización de las infraestructuras ya existentes para disminuir los costos asociados.

Con este proyecto MOVILNET procura dar mayor calidad en el servicio, ofreciendo cobertura en nuevas zonas del oriente del país y a su vez ofreciendo nuevos servicios como por ejemplo el servicio de banda ancha móvil EVDO. Dicha red persigue aumentar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad del sistema

de Transporte de Movilnet y de esta manera ofrecer mejoras considerables a la prestación del servicio en dicha zona.

Para cumplir con este objetivo, se dividió este informe en varios capítulos con el fin de presentar en detalles los puntos que ayudarán a alcanzar el mismo. En el Capítulo II se cubrirán los conceptos básicos referentes a la tecnología actualmente existente (PDH) y la tecnología que se va a implementar (SDH), así como también los esquemas de protección que maneja esta nueva tecnología. En el Capítulo III se realizará un análisis de la estructura actual de la red de transmisión de MOVILNET, en donde se detallará los equipos existentes, la capacidad de los mismos y el tráfico que manejan. En el Capítulo IV con la concepción de tráfico que se maneja se mostrará la nueva estructura de la red de transmisión de MOVILNET en la zona. En el Capítulo V se mostrará algunas propuestas para la protección de dichos enlaces

CAPÍTULO I

OBJETIVO DE LA TESIS.

1.1 Planteamiento del problema

En los últimos años a nivel mundial y concretamente en Venezuela, se ha producido un crecimiento acelerado en el mercado de las telecomunicaciones. La demanda de tráfico actual, la necesidad de cubrir el incremento del tráfico en el futuro en la región nororiental de Venezuela y ofrecer mayor cobertura no solo en esa zona si no a nivel nacional, obligaron que MOVILNET con el fin de seguir prestando un optimo servicio a sus clientes, se centrara en ampliar su capacidad de manejo de trafico en la región para cubrir satisfactoriamente esa demanda, invirtiendo en una red de transporte (SDH), capaz de cumplir con los requerimientos antes planteados.

Los enlaces principales en donde existe mayor concentración de tráfico, está llegando al límite de capacidad. Estos enlaces funcionan bajo tecnología PDH, y ante el eventual crecimiento de tráfico en la región, se ven imposibilitados de manejar tal incremento. Es por ello que surge la necesidad de ampliar la capacidad de esos enlaces, de manera tal de suplir eficientemente tal demanda.

1.2 Objetivo general de la tesis

Diseño de una red de transporte en SDH con sistema de protección de tráfico en la región Nororiental de Venezuela

1.3 Objetivos específicos

- a) Determinar la matriz de tráfico actual en la zona nororiental del país.
- b) Determinar la matriz de tráfico futura (a corto plazo) en la zona nororiental del país adaptada al Plan Táctico 2006 de MOVILNET.
- c) Definir la topología de la red.
- e) Diseño del enlace microondas SDH correspondiente.
- f) Determinación de equipamiento requerido en los distintos nodos de la red.
- g) Definir los esquemas de protección en base al equipamiento existente.
- h) Estudiar las fortalezas y debilidades de la topología actual.
- i) Analizar la factibilidad de nuevos esquemas de protección que requieran inversión adicional.
- j) Estudiar las fortalezas y debilidades de topología propuesta.

1.4 Metodología

La realización de este proyecto contempla las siguientes fases:

Fase 1. Recopilación de información de la red actual de MOVILNET en la zona nororiental de Venezuela.

Fase2. Análisis de tráfico actual, discriminado por servicio (nuevas RBS, ampliación, EVDO, rutas Inter-MSC, rutas con las otras operadoras).

Fase 3. Análisis de tráfico futuro (plan táctico 2006).

Fase 4. Estudio de la estructura y funcionalidad de la red de MOVILNET en la zona Nororiental del país haciendo uso de los esquemas de interconexión y bases de datos disponibles.

Fase 5. Estudio y análisis de los distintos componentes para el establecimiento de enlaces microondas SDH correspondiente.

Fase 6. Estudio de los equipos adquiridos para la implementación de la red de transporte SDH, a través de los manuales suministrados por los fabricantes, paginas Web, etc.

Fase 7. Análisis de los esquemas de protección según el equipamiento existente

Fase 8. Estudio de las fortalezas y debilidades de la topología actual de la red

Fase 9. Análisis de los esquemas de protección sugeridos que requieran inversión adicional

Fase 10. Estudio de las fortalezas y debilidades de la topología propuesta.

Fase 11. Conclusiones y recomendaciones.

Fase 12. Redacción del informe final.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS BASICOS DE LOS SISTEMAS PDH Y SDH

2.1 Jerarquía digital Plesiócrona:

Los primeros sistemas digitales de transmisión basados en PCM (Modulación por Impulsos Codificados) comenzaron a aparecer en la década de los setenta. Este sistema permitió digitalizar la señal telefónica, representando así de forma binaria, señales analógicas como la voz humana, obteniendo a partir de una señal analógica estándar de 4 KHz, una corriente de bits digitales a 64 Kbit/s.

Una vez digitalizada la señal de voz, se transmite por la línea junto con el resto de señales utilizando técnicas de multiplexación por división en el tiempo (TDM). La señal de 4 KHz. queda convertida en un flujo de bits que se transmite a 64 Kbit/s. Esta velocidad es la unidad de conmutación utilizada en las redes.

Con los procesos de multiplexación, que son implementados en redes digitales, se alcanzan velocidades de órdenes superiores constituyendo así varias jerarquías, estas son:

- ✓ Jerarquía Europea: jerarquía cuya trama básica es de 2,048 Mbit/s, conformada por 30+2 canales de 64 kb/s (se multiplexan 32 canales de 64 Kbit/s cada uno). Esta jerarquía es usada también en Latinoamérica
- ✓ Jerarquía Norteamericana: jerarquía cuya trama básica de 1,544 Mbit/s conformada en cambio por 24 canales.
- ✓ Jerarquía Japonesa: jerarquía recupera el valor de 6,312 Mbit/s pero obtiene los órdenes jerárquicos de 32,064 Mbit/s (multiplexación de 5 tributarios de

6,312 Mbit/s) y 97,728 Mbit/s (multiplexación de 3 tributarios de 32,064 Mbit/s).

En la tabla N° 1 se muestran los distintos niveles de multiplexación PDH utilizados en Norteamérica (Estados Unidos y Canadá), Europa y Japón.

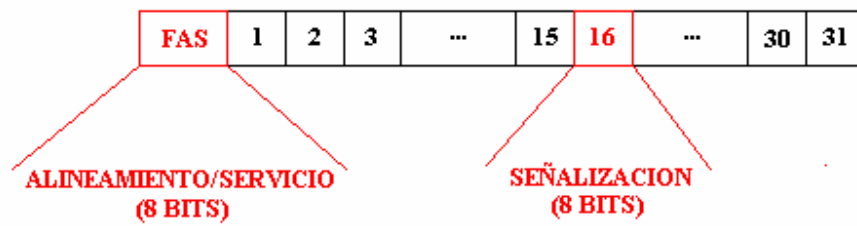
Tabla N° 1. Niveles de multiplexión en los sistemas PDH internacionales.

Nivel	Norteamérica		Europa		Japón	
	Mbit/s	Denominación	Mbit/s	Denominación	Mbit/s	Denominación
1	1,544	(T1)	2,048	(E1)	1,544	(J1)
2	6,312	(T2)	8,448	(E2)	6,312	(J2)
3	44,736	(T3)	34,368	(E3)	32,064	(J3)
4	274,176	(T4)	139,264	(E4)	97,728	(J4)

El término plesiócrono se deriva del griego plesio, cercano y chronos, tiempo, y se refiere al hecho de que las redes PDH funcionan en un estado donde las diferentes partes de la red están casi, pero no completamente sincronizadas. La tecnología PDH, por ello, permite la transmisión de flujos de datos que, nominalmente, están funcionando a la misma velocidad (bit rate) pero permitiendo una cierta variación alrededor de la velocidad nominal.

2.1.1 Trama básica E1 de 2 Mbit/s:

La trama de 2 Mbit/s también denominada E1, como se dijo anteriormente es la trama básica de la Jerarquía Europea. En la Recomendación G.703 queda definida su estructura básica, la trama de 2 Mbit/s (E1), como la agrupación de 30 canales de voz más dos canales adicionales: alineamiento y señalización con 8 bits cada una, como se puede apreciar en la figura N° 1



REGIMEN BINARIO TRAMA $F_s \times \text{NUMERO DE BITS} = 8000 \times 32 \times 8 = 2,048 \text{ Mbps}$

Figura N° 1. Trama E1 de 2 Mbit/s.

Como se observa en la figura N° 1, la trama de 2 Mbit/s está subdividida en 32 intervalos de tiempo (32 slots), cada uno de ellos conformado con 8 bits. Por lo tanto se tiene una longitud de $32 \cdot 8 \text{ bits} = 256 \text{ bits}$. La trama tiene una frecuencia de muestreo de 8000 veces por segundo, es decir se envía una trama cada $125 \mu\text{s}$, por lo que el régimen binario es de 2,048 Mbit/s. El intervalo de tiempo cero es utilizado para transportar la señal de alineamiento de trama FAS (Frame Alignment Signal) e información de supervisión del enlace, siendo transmitida cada dos tramas y alternándose con una palabra de alarmas, denominada NFAS (Not Frame Alignment Signal). El intervalo de tiempo 16 se utiliza bien para transportar la señalización asociada de los canales útiles:

- ✓ Señalización CAS (Channel Associated Signaling).
- ✓ Señalización Canal D del acceso primario de la RDSI.
- ✓ Señalización y control del protocolo de acceso V.5

2.1.2 Jerarquías de orden superior E2, E3 y E4

La trama de 2 Mbit/s (E1) se puede combinar para dar lugar a niveles superiores: 8 Mbit/s, 34 Mbit/s y 140 Mbit/s como se muestra en la figura N° 2.

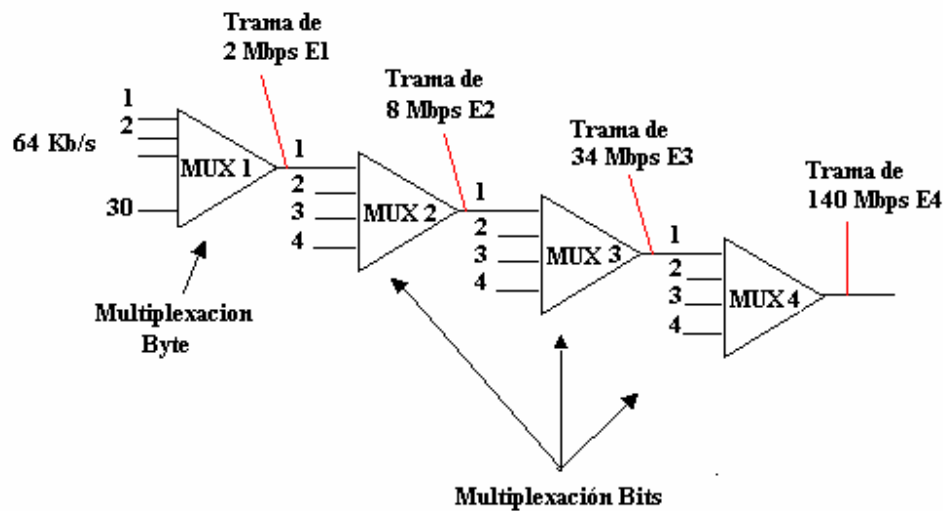


Figura N° 2. Agregados de orden superior de la Jerarquía Digital Plesiónica.

Vale destacar que la trama E1 se forma a partir de la multiplexación a nivel de bytes de los canales de información y que las tramas E2, E3 y E4 se forman a partir de la multiplexación a nivel de bits. Un problema que aparece al multiplexar las tramas, es la diferencia de velocidad que presentan las distintas líneas de entrada al transmisor, producidas por las imprecisiones de los relojes de los transmisores. Unas señales irán más rápido que otras ocasionando que:

- ✓ Si el régimen binario de una línea es mayor del debido, el multiplexor no tendrá tiempo de leer todos los bits en cada una de sus vueltas.
- ✓ Si el régimen binario de una línea es menor del debido el multiplexor puede que lea el mismo bit dos veces seguidas.

Para resolver este problema se utiliza un mecanismo denominado justificación de bits o relleno de bits positivo o negativo. La Justificación o Stuffing es la variación de forma controlada de la velocidad binaria de una señal digital, de forma que se adapta a una velocidad binaria distinta de la suya propia sin pérdida de información. El proceso de justificación puede ser:

- ✓ Justificación positiva: Se asigna a cada señal de entrada una capacidad de transmisión algo mayor que la nominal. El exceso de la capacidad de información se rellena con bits no informativos.
- ✓ Justificación negativa: Si la velocidad del afluente es mayor a la nominal, el exceso de información debe situarse en intervalos de tiempo adicionales que deben preverse en la trama (bits de relleno negativo). Vale destacar que si la velocidad del afluente es igual a la nominal no se efectúa relleno.

En la figura N° 3 se muestra un ejemplo del proceso de justificación. Por procedimientos similares se llega al tercer nivel constituido por 4 flujos de 8 Mbit/s y una velocidad de 34,368 Mbps y cuarto nivel, formado por 4 flujos de 34 Mbit/s y una velocidad de 139,264 Mbps.

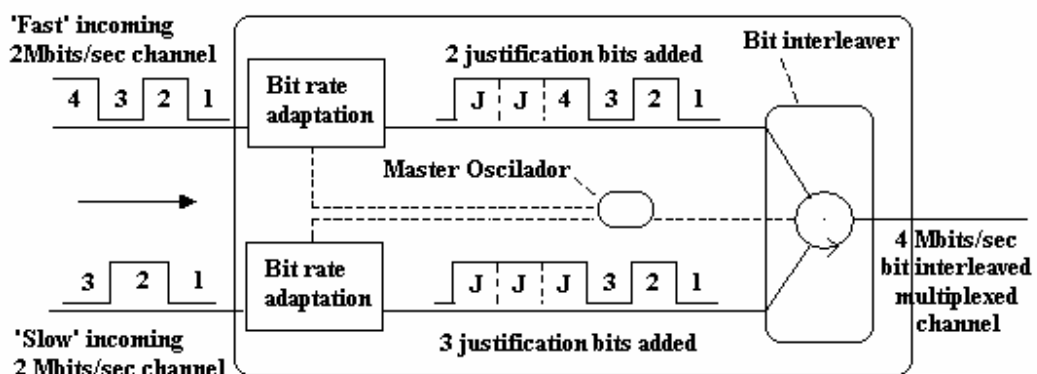


Figura N° 3. Proceso de justificación

2.1.3 Limitaciones de PDH:

La existencia de bits de justificación a cada nivel de multiplexado, implica que para identificar la localización exacta de las tramas y poder extraer en un nodo, un canal de 2 Mbit/s se hace necesario demultiplexar totalmente la señal. En el caso

de 140 Mbits/s, se tiene que demultiplexar los 64 componentes de 2 Mbit/s, pasando por los demultiplexados de 34 y 8 Mbit/s. Una vez identificada y extraída la línea de 2 Mbit/s tiene que volver a multiplexarse los canales a 140 Mbit/s. Esta característica dificulta la flexibilidad de las conexiones, hace más lento el proceso e incrementa el número necesario de multiplexores y demultiplexores con el consecuente coste de equipamientos y mantenimiento, conforme se incrementa el número de nodos y la velocidad de línea.

En una red PDH de alta capacidad con muchos nodos y equipamiento de multiplexado y demultiplexado, una comunicación punto a punto, ha podido viajar a través de diferentes caminos. La única manera de asegurar que siga la ruta correcta es controlar y conservar con detalle los registros de interconexiones de los equipos. Conforme las actividades de reconexión en la red aumentan, se vuelve mas difícil mantener los registros actualizados y la posibilidad de fallos aumenta. Otra limitación de los PDH es la tradicional falta de alta capacidad de supervisión de comportamiento de la red. Las necesidades de disponibilidad, de supervisión de fallos en las redes se han ido incrementando a lo largo de los años. Conforme aumenta la complejidad de la red, es necesario un mayor control de los parámetros y características de las comunicaciones.

2.2 Jerarquía digital sincrónica SDH

2.2.1 Origen de la Jerarquía Digital Sincrónica SDH

Con la búsqueda de sistemas más flexibles, que soporten anchos de bandas mas elevados que permitan un mayor manejo de información, facilite la gestión de los equipos q integran la red y con la introducción de medios físicos de transmisión de mayor capacidad como la fibra óptica, surgió la necesidad de encontrar un sistema que cumpliera con las crecientes exigencias en las telecomunicaciones. La Jerarquía digital sincrónica, se puede considerar pues como la evolución de los sistemas de transmisión tradicionales.

En vista de las limitaciones que presenta la tecnología PDH ya nombradas anteriormente, fue desarrollada por parte de la UIT un nuevo estándar basado en sistemas de transmisión sincrónica. Este estándar se concretó en 1989 en las recomendaciones de la ITU-T, específicamente en la recomendación G.707 [1], G.708 [2], y G.709 [3] las cuales definen la Jerarquía Digital Síncrona. En Norte América, ANSI publicó su estándar SONET, el cual es conocido a lo largo del resto del mundo como estándar SDH.

Las recomendaciones de la UIT-T definen un número de tasas básicas de transmisión que se pueden emplear en SDH. La primera de estas tasas es 155.52 Mbit/s, normalmente referidas como un STM-1 donde STM significa Módulo de Transporte Síncrono. De igual forma están definidas mayores tasas de transmisión como el STM-4 (622.08 Mbit/s), el STM-16 (2488.32 Mbit/s), y el STM-64 (9953.28 Mbit/s).

Las recomendaciones también definen una estructura de multiplexación donde una señal STM-1 puede portar un número de señales de menor tasa de transmisión formando parte de su carga útil.

2.2.2 Características principales de la Jerarquía SDH.

- ✓ Multiplexación digital: El tráfico digital puede ser portado de manera mucho más eficiente y permite monitorización de errores, para propósitos de calidad. A partir de la velocidad básica se obtienen velocidades superiores multiplexando byte a byte varias señales STM-1.
- ✓ A diferencia de la jerarquía PDH, se puede extraer un canal dentro de una trama de mayor capacidad, sin necesidad de demultiplexar toda la trama, esto es factible debido a la utilización de punteros.
- ✓ Velocidad Básica de la trama SDH es 155 Mbit/s.
- ✓ Fácil adaptación con la tecnología plesiócrona ya existente, transportando dentro de la trama tráfico PDH, así como también tráfico IP, ATM etc.
- ✓ Esquemas de protección: Éstos han sido estandarizados para asegurar la disponibilidad del tráfico. Si ocurriera una falla o una rotura de fibra, el tráfico podría ser conmutado a una ruta alternativa, de modo que el usuario final no sufriera interrupción alguna en el servicio.
- ✓ Topologías en anillo: Las topologías en anillos están siendo desplegadas cada vez en mayor número. Esto ofrece un camino de tráfico alternativo por el otro lado del anillo, en caso de pérdida del enlace.
- ✓ Gestión de red: La gestión de estas redes desde un único lugar remoto es una prestación importante para los operadores. Se ha desarrollado software que permite gestionar todos los nodos y caminos de tráfico desde un único computador.
- ✓ Sincronización: La jerarquía SDH facilita la sincronización de todos los elementos que conforman la red, evitando así la pérdida de información en el camino y facilitando los procesos de multiplexación.

2.2.3 Elementos de una señal SDH

- ✓ Contenedor (Cn): es la unidad básica de una señal SDH. Éste está formado por los bits de información de una señal PDH la cual será empaquetada dentro del contenedor. Existen diferentes tipos de contenedores, cada uno de los cuales corresponde con una señal PDH de diferente tasa de transmisión.
- ✓ La cabecera de Ruta (Path Overhead): Cada contenedor tiene algún tipo de control sobre la información asociada a él. Esta información es generada en el nodo originario de la ruta y es terminada en el nodo final del camino. Esto permite al operador etiquetar el tráfico así como identificar la señal a través de la red para propósitos de protecciones y monitorización de errores.
- ✓ Contenedor Virtual (VCn): El Contenedor Virtual se refiere al conjunto de un contenedor y a su cabecera de ruta asociada. Existen diversos tipos de VC dependiendo del tráfico que contenga: VC-11 (1,5 Mbit/s), VC-12 (2 Mbit/s), VC-2 (6,3 Mbit/s), VC-31 (34 Mbit/s), VC-32 (45 Mbit/s) y VC-4 (140 Mbit/s)
- ✓ Unidad Tributaria (TU): Consiste en un contenedor virtual (VC) más un puntero de unidad tributaria (PTR TU). La posición del VC dentro de la TU no es fija; sin embargo, la posición del puntero de TU es fija con respecto al nivel superior siguiente de la estructura de multiplexación, e indica el punto de comienzo del VC.
- ✓ Grupo de unidades tributarias (TUG): Consiste en un grupo de TU idénticas.
- ✓ Unidad Administrativa (AU): Este elemento consta de un VC más un puntero de unidad administrativa. La alineación de fase de los punteros AU es fija con respecto a la trama STM-1 en su conjunto, e indica la posición de los contenedores virtuales VC.

Si se considera al VC como una unidad para procesar señales (ej. multiplexación, conexión cruzada, etc.) dentro del sistema SDH, las características del servicio dejan de ser una preocupación ya que toda información, por muy distinta

que sea, lleva la misma apariencia del VC. Al mismo tiempo, toda la información necesaria para la administración del VC de extremo a extremo es añadida a este.

Resumiendo lo expuesto hasta ahora, la información entrará en la red SDH como un flujo digital de información. La información de estas señales es mapeada en un contenedor, y cada contenedor, por lo tanto tiene información asociada de control conocida como cabecera de camino. La combinación de estas señales y la cabecera es conocida como contenedor virtual. Los contenedores virtuales forman el área de carga útil del módulo de transporte síncrono (STM) el cual también tiene información de control llamada cabecera de sección.

2.2.4 Estructura de la trama STM-1

La estructura básica de trama STM-1 la podemos visualizar como un marco, con una distribución de bytes en nueve filas con 270 columnas. Cada fila posee 270 octetos. La trama se transmite a razón de 8000 veces por segundo por lo que posee una longitud de $125\mu\text{s}$. El orden de transmisión es por filas y en cada fila los bytes se transmiten de izquierda a derecha. Las primeras nueve filas y columnas contienen la tara de sección (SOH), con la excepción de la cuarta fila que se utiliza para el puntero AU. Las siguientes 261 columnas bajo las mismas nueve filas corresponden a la carga útil, donde se transporta o un VC-4 o tres VC-3s.

La transmisión se realiza bit a bit en el sentido de izquierda a derecha y de arriba abajo. Por lo tanto la velocidad de transmisión básica es de 155 Mbit/s ($8000 \times 270 \text{ octetos} \times 8 \text{ bits} \times 9 \text{ filas}$):

En la figura N° 4 se puede apreciar la estructura de la trama SDH. En la tara están contenidos bytes para alineamiento de trama, control de errores, canales de operación y mantenimiento de la red y los punteros, que indican el comienzo del primer octeto de cada contenedor virtual.

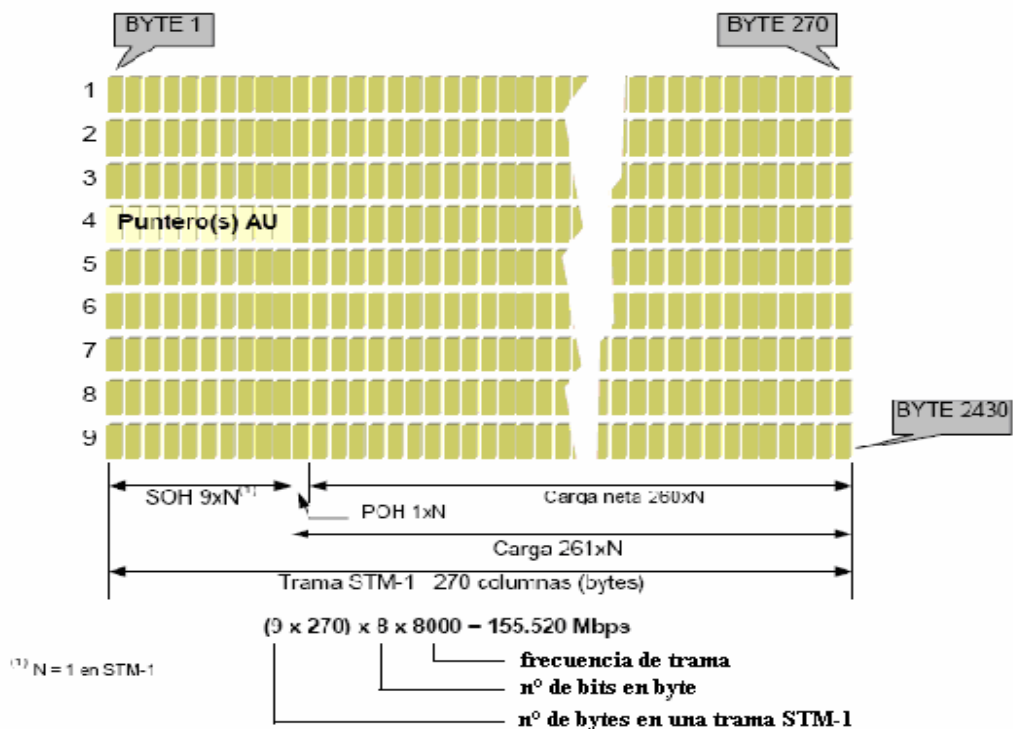


Figura N° 4. Estructura de la trama SDH

Una trama STM-1 consta de 2430 bytes, los cuales pueden dividirse en tres áreas principales como ya se mencionó anteriormente:

- ✓ Área de payload (2349 bytes): Las señales de todos los niveles de PDH pueden ser acomodadas en SDH empaquetándolas juntas en el área de payload de la trama STM-1.
- ✓ Área de puntero de Unidad Administrativa (9 bytes): Es el área destinada para el puntero AU el cual indica la posición de unidad administrativa con relación a la trama STM-1. Tras añadir la cabecera de camino al contenedor virtual, se le posiciona en una unidad tributaria (TU) o una unidad administrativa (AU) con el puntero indicando al comienzo del contenedor virtual relativo al TU o al AU, según sea el caso. Los VC-1s y VC-2s son posicionados en TU mientras que los VC-4 son posicionados en un AU

- ✓ Área de cabecera de sección (72 bytes): Los bytes de la cabecera de sección (SOH) son usados para la comunicación entre elementos adyacentes de equipos síncronos. De este modo, además de ser utilizados para la sincronización de trama, también realizan una gran variedad de facilidades de gestión y administración.

La estructura de cabecera de sección STM-1 se muestra en la Figura N° 5. Las primeras tres filas de SOH constituyen la tara de sección de regenerador (RSOH) el cual es accesible en el regenerador y multiplexor, y desde la quinta hasta la novena fila constituyen la tara de sección de multiplexor (MSOH) el cual es accesible solamente en multiplexor.

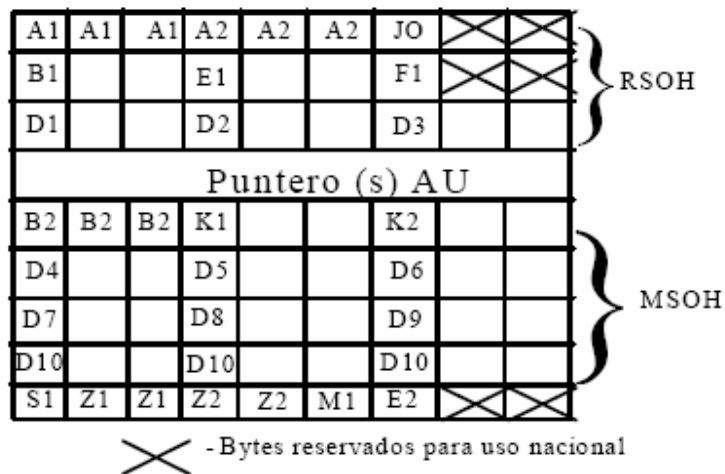


Figura N° 5. Estructura de Cabecera de Sección

La función de cada byte se muestra en la tabla N° 2.

Tabla N° 2. Funciones en la cabecera de sesión en una trama SDH

Cabecera sección regeneradora	A1, A2	Señal de alineamiento de trama. Estas indican el comienzo de una nueva trama.
	J0	Identificador de sección de regeneración. Es usado para verificar la comunicación entre las secciones recepción-transmisión (en fibra óptica)
	B1	Control de errores
	E1	Canal de voz de usuario
	F1	Canal de datos de usuario de 64 Kbps
	D1, D2, D3	Canales de datos (192 Kbps) para O&M
	X	Reservado para uso nacional
	Y	Bytes dependientes del medio
Cabecera sección multiplexora	B2	Control de errores
	K1, K2	Reporte de alarmas remotas
	D4 a D12	Canales de datos (576 Kbps) para O&M
	S1	Es usado en los enlaces con fibra óptica por los multiplexores, para la reconfiguración del sincronismo
	M1	Indicación de error remoto
	E2	Canal de voz de usuario
	Z1, Z2	Reservados
	X	Reservado para uso nacional

2.2.5 Estructura de multiplexación SDH

La estructura de multiplexación SDH define cómo la información es estructurada para construir un marco STM-1. Este modo de mapeo de contenedores en una señal STM-N es definido por las recomendaciones de la ITU-T publicadas desde 1989, específicamente la recomendación G.709 [4].

Los contenedores son empaquetados en STMs por elementos de red. A través de un puntero, los elementos de red en el extremo contrario conocen la localización exacta del contenedor virtual dentro del área de carga útil del STM, lo que le permite extraer el contenedor virtual. En una red síncrona todo el equipamiento está sincronizado mediante un reloj único para toda la red. La temporización de una señal plesiócrona colocada dentro de un contenedor virtual puede variar en frecuencia o fase con respecto al reloj de red. Como resultado de esto, la localización de un contenedor virtual en una estructura STM puede no ser fija, por lo que el puntero asociado con cada contenedor virtual indica su posición dentro del área de carga útil del STM.

Las reglas SDH de multiplexación aseguran que la posición exacta de un contenedor virtual contenido en el área de carga útil puede ser identificada por cada nodo. Esto tiene la ventaja de que cada nodo puede directamente acceder a un contenedor virtual de la carga útil sin necesitar desmontar y volver a construir la estructura de carga. Ya no se requiere la gran cantidad de multiplexores que aparecían en las redes PDH.

Siguiendo estas reglas de multiplexación, una señal STM-1 puede ser constituida de diferentes modos. Los VC-4 que formarán la carga útil de la estructura STM pueden contener una señal PDH de 140 Mbit/s, tres señales PDH de 34 Mbit/s, sesenta y tres señales PDH de 2 Mbit/s o combinaciones de ellas, de modo que la capacidad total no sea excedida. Cuando son necesarias tasas de transmisión mayores que STM-1, éstas son obtenidas usando un simple esquema de concatenación de bytes, alcanzando tasas de 622 Mbit/s (STM-4), 2.5 Gbit/s (STM-16) y 10 Gbit/s (STM-64). En la figura N° 6 se muestra la estructura de multiplexación de la trama STM-1 y en la figura N° 7 la multiplexación de un 4 STM-1 en un STM-4

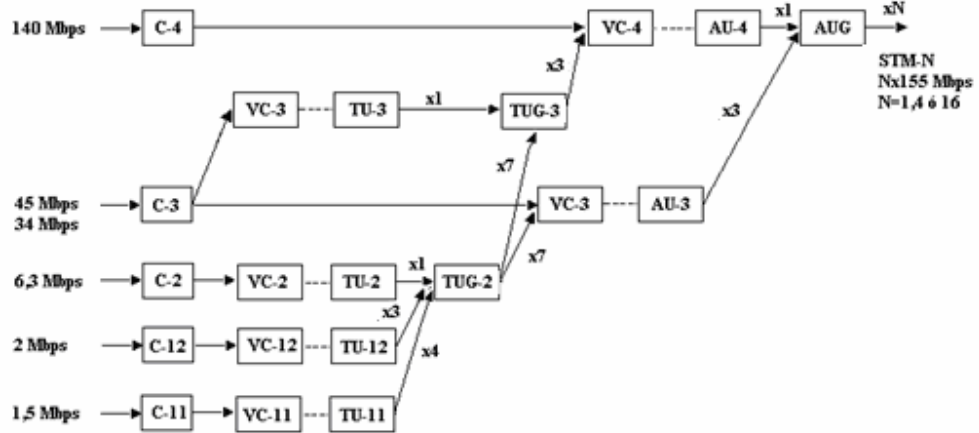


Figura N° 6. Esquema simplificado de la estructura de Multiplexación SDH

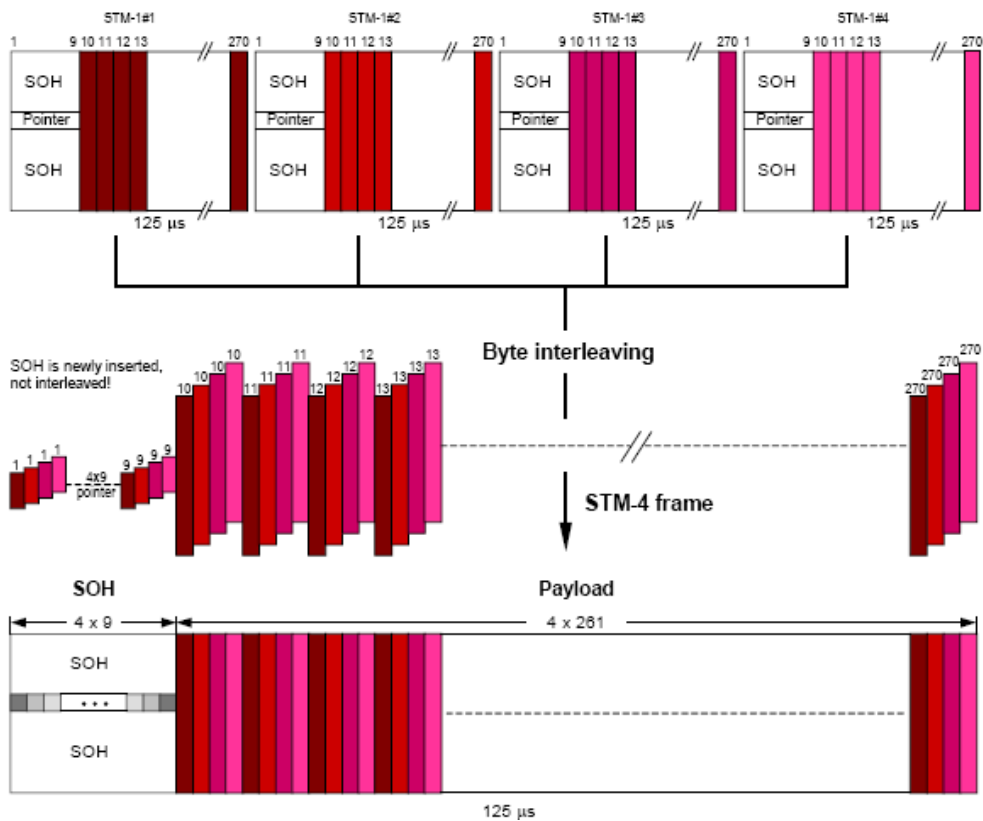


Figura N° 7. Multiplexación de 4 tramas STM-1 en una trama STM-4

2.2.6 Arquitectura de sincronización en una red SDH

Todos los elementos de red (NE) en la red SDH operan bajo un mismo reloj de frecuencia suministrado por una fuente de señal llamada reloj de referencia primario (PRC). En la recomendación ITU-T G.811 [7], se encuentran las especificaciones de rendimiento del PRC, cuya estabilidad y exactitud en frecuencia se hallan en el orden de $\pm 10^{-11}$, posible gracias a un oscilador de cesio. La distribución de la señal de reloj se manifiesta a través de líneas de transmisión ordinarias como, en este caso, un sistema de transmisión SDH. Los elementos de red “intermedios”, tales como regeneradores, multiplexores de inserción y extracción, etc., son operados por medio de un “modo esclavo”, el cual utiliza un componente de señal de reloj extraído de la señal STM-N recibida.

El deterioro en la señal de reloj, como la fluctuación acumulada durante la transmisión a través de una cadena de elementos de red y línea de transporte, se reduce con un equipo de reloj esclavo de alto rendimiento según especifica la recomendación G.812 [8] para nodo de tránsito y para nodo local. Un elemento de red SDH tiene la capacidad de enviar una señal de reloj externa dirigida hacia el BITS (fuente integrada de temporización de construcción) para reducir el deterioro en la señal de reloj. El elemento de red intermedio utiliza directamente la señal de reloj extraída por sí mismo. En la figura N° 8 se puede apreciar la arquitectura de sincronización en una red SDH.

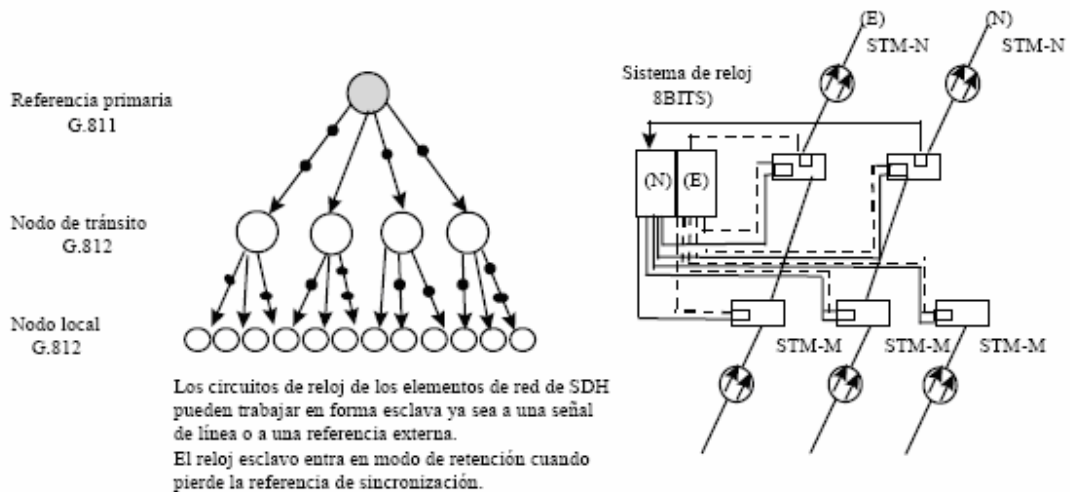


Figura N° 8.Arquitectura de Sincronización

Las señales de reloj necesarias para la operación del NE son producidas por un circuito de reloj que corre principalmente bajo el modo esclavo. Las fuentes de referencia disponibles son:

- ✓ Entrada externa: En este puerto normalmente se conecta o una señal de reloj externa proveniente de un reloj de referencia primario G.811 [7], o BITS G.812 tránsito o local [8], o el reloj de un sistema de conmutación.
- ✓ Señal de línea STM-N: El componente de la señal de reloj extraída de una señal de línea puede ser utilizado como fuente de referencia. El byte S1 del SOH muestra el nivel de calidad del componente de reloj, mostrando la señal de reloj que originalmente generó la señal de línea STM-N.
- ✓ Señal PDH de 2 Mbit/s en el tributario: Dos de las señales tributarias de 2 Mbit/s pueden ser seleccionadas como fuentes de referencia. Este sería el caso si, por ejemplo, el sistema SDH fuese instalado en un área aislada con el reloj síncrono comunicado a través de una señal de 2Mbit/s generada por un PRC, o cuando el sistema SDH es sincronizado a un reloj ESS (sistema de conmutación) en vez de PRC.

Aparte de ser utilizado en modo de operación esclavo, el circuito de reloj del elemento de red también puede funcionar como una fuente de reloj independiente, para la cual existen dos modos de operación:

- ✓ Modo de retención: Mientras el circuito de reloj opera en modo esclavo, todos los parámetros como frecuencia, fase, etc. son memorizados. Cuando el circuito pierde contacto con la fuente de referencia, por alguna falla en la línea por ejemplo, esta información almacenada facilita el flujo de operación continua ininterrumpidamente. De este modo, se pueden evitar perturbaciones de transmisión causadas por cambios abruptos de frecuencia y de fase.
- ✓ Modo de operación libre: El circuito de reloj que es básicamente un VCXO (oscilador controlado por voltaje), opera libremente sin fuente de referencia. Este es una excelente opción para un área donde no haya una fuente de referencia de reloj disponible, y donde el sistema SDH se utilice de manera semejante al PDH.

2.2.7 Elementos de un sistema de transmisión síncrona

La recomendación de la ITU-T G.782 [7] identifica ejemplos de equipos SDH a través de combinaciones de funciones SDH. Están clasificados en multiplexores (de los cuales hay siete variantes) y cross-conectores (donde hay tres variantes). Para simplificar, solamente se considerarán tres tipos de elementos de red SDH: terminales de línea, multiplexores de extracción-inserción (add-drop) ADM y cross-conectores digitales.

- ✓ Terminales de Línea: Es el tipo de elemento de red SDH más simple. Éste implementará únicamente la terminación de línea y la función de multiplexación, de modo que su utilización es típica en configuraciones punto

a punto. Algunos flujos tributarios serán combinados en el terminal de línea para generar un flujo agregado de mayor velocidad

- ✓ multiplexores de extracción-inserción (ADM): Estos equipos ofrecen la función de cross-conexiones junto con la de terminal de línea y multiplexación. En SDH es posible extraer (Drop) un contenedor virtual e insertar en sentido contrario (Add) otro contenedor virtual a la señal STM. Esta ventaja fundamental de los sistemas síncronos significa que es posible conectar flexiblemente señales entre interfaces de elementos de red (agregados o tributarios). Esta capacidad de enrutamiento permite que la función de cross-conexión sea distribuida por la red, resultando mejor que concentrarla en un enorme cross-conector dedicado.

Los ADM son particularmente útiles para crear redes en anillo. Las señales son introducidas en el anillo vía interfaces tributarios de los ADM, los cuales son acoplados en la señal agregada de mayor velocidad de transmisión dentro del anillo para transportarlas a los otros nodos.

Los anillos son la configuración común de red porque pueden incrementar la supervivencia de la red. Las redes pueden ser objeto de fallo de nodos o roturas de enlaces por lo que es requerida una resistencia que prevenga la pérdida de tráfico. En una red punto a punto cada enlace debe ser duplicado para proporcionar un camino alternativo para el tráfico que podría estar afectado por el fallo. En un anillo, el tráfico puede ser simplemente enrutado por el otro camino en torno al anillo. En SDH esta reconfiguración puede llevarse a cabo por acción de un elemento de red sin la intervención de un elemento de gestión de red externo.

Un ADM puede ser configurado como un concentrador para usar en aplicaciones de red multi-site. El propósito de estos concentradores es consolidar diferentes terminales en el agregado óptico de mayor capacidad. Este arreglo elimina el coste y la complejidad de las configuraciones multi-terminal y cross-conexiones redundantes

- ✓ Cross-Conectores Digitales: Tal y como describimos anteriormente, la cross-conectividad de los ADMs permite que la función de cross-conexión sea distribuida a lo largo de red, pero también es posible tener un único equipo cross-conector. Los cross-conectores digitales (DXC) son los más complejos y costosos equipamientos SDH.

La presencia de supervisión de las conexiones en mayor o menor orden distingue a los DXCs de los ADMs. Esto es, la característica distintiva de un DXC es su capacidad de proporcionar supervisión de las conexiones. Los DXCs también incorporan esas funciones de multiplexión y terminación de línea, las cuales son esenciales como interfaz entre la matriz de cross-conexión y el resto de la red.

Hay dos tipos de cross-conectores SDH dedicados, generalmente conocidos como 4/1 DXCs y 4/4 DXCs.

1. 4/1 DXCs: Puede normalmente aceptar combinaciones de entradas de 2, 155 y 622 Mbit/s y cross-conectar VC-12s, incluso algunos podrán también cross-conectar VC-2s, VC-3s, y VC-4s. Estos módulos de equipamiento más complejos son conocidos como 4/3/1 DXCs. 4/1 DXCs son, de todos modos, instalados en los puntos de red donde:
 - ✓ Sea necesaria una reorganización de la ruta principal y de circuitos, como por ejemplo entre el núcleo de la red y redes regionales.
 - ✓ Sea necesaria supervisión de las conexiones, como por ejemplo, en la pasarela con otra red.

Los cross-conectores 4/1 extrae contenedores virtuales de una variedad de enlaces SDH (principalmente STM-1, STM-4 y STM-16) y los reenruta.

2. 4/4 DXCs son normalmente diseñados para aceptar entradas de 140, 155, o 622 Mbit/s y están optimizados para conmutar únicamente VC-4s. Los cross-conectores 4/4 son componentes de núcleo de red y proporcionan capacidades tales como gestión de ruta de alto nivel y restauración de red.

2.2.8 Protección en una red SDH

2.2.8.1 Introducción:

La gran capacidad de los enlaces SDH hace que un simple fallo de enlace pueda tener un impacto nocivo en los servicios proporcionados por la red si no se dispone de una protección adecuada. Una red resistente que asegure el tráfico que porta y que puede restaurarlo automáticamente ante cualquier evento de fallo es de vital importancia. Los sistemas de transmisión SDH permiten desplegar esquemas de protección estándar. Para conseguir que un sistema este disponible ante una eventual falla se pueden tomar las siguientes acciones en cuanto a protección:

a) Protección de equipamiento: La disponibilidad del equipamiento puede ser implementada mediante aplicación de protecciones locales en el propio elemento de red. Por ejemplo, las alimentaciones, sistemas de reloj, o unidades tributarias pueden ser duplicadas. Una tarjeta defectuosa será reemplazada por su protección automáticamente donde el esquema de protección, esté presente.

b) Resistencia de red: Para incrementar la supervivencia de la red y por tanto la disponibilidad, los enlaces de red pueden ser protegidos. Distintos procedimientos son aplicados para asegurar que la falla en un enlace de transporte sea reemplazado por otro enlace en producción. Hay dos tipos de mecanismos utilizados para asegurar que el servicio pueda ser recuperado de esta manera:

- ✓ Restauración: Esto es un proceso lento automático o manual la cual emplea capacidad extra libre entre nodos finales para recuperar tráfico después de la pérdida de servicio. Al detectarse el fallo, el tráfico es reenrutado por un camino alternativo. El camino alternativo se encuentra de acuerdo con algoritmos predefinidos y generalmente emplea cross-conexiones digitales. Este proceso puede tomar algunos minutos.

- ✓ Protección: En contraste, la protección abarca mecanismos automáticos con elementos de red, los cuales aseguran que los fallos sean detectados y compensados antes de que ocurra una pérdida de servicios. La protección hace uso de capacidad pre-asignada entre nodos y es preferible a la restauración porque la capacidad de reserva siempre estará disponible pudiendo ser accesible mucho más rápido.

Las fuentes físicas de fallas en redes de transmisiones SDH pueden ser clasificadas en las siguientes categorías:

- ✓ Fibras y cables: La principal causa de falla en fibras y cables es el daño causado por agentes externos como los trabajos de ingeniería civil y los efectos del entorno como rayos o terremotos.
- ✓ Equipamiento puede fallar debido a efectos del envejecimiento, forzado de componentes o la aparición de humedad. Rigurosos test son, de todos modos, realizados normalmente para eliminar fallas en la juventud de los equipamientos.
- ✓ Fallas de alimentación apagan el nodo cuando aparecen, y están fuera del control del operador. Los sistemas principales son provistos de reservas mediante sistemas de alimentación secundarios, pero los efectos transitorios en la señal pueden ocurrir mientras se conmuta al sistema de back-up.
- ✓ Mantenimientos: Mantenimientos no programados y errores realizados durante el mantenimiento pueden afectar a la disponibilidad del servicio.
- ✓ Desastres causados por la acción del entorno o humana, generalmente de gran alcance y con severos efectos, tales como la destrucción de componentes principales de la red.

Los objetivos de calidad son establecidos para los elementos en una red SDH y esto afecta a la medida de disponibilidad de la red. Para alcanzar los requerimientos de disponibilidad es necesario en ocasiones duplicar módulos en los elementos de red. La disponibilidad puede ser mejorada agregando un componente de

protección que se emplea en caso de falla. Esta protección local es comúnmente aplicada en algunas unidades como son las de alimentación, generación de reloj, matriz de cross-conexión y tarjetas tributarias. Así, una tarjeta tributaria puede ser agregada como protección en un elemento de red. Ante una eventual falla de la tarjeta tributaria que se encuentra trabajando, el tráfico es automáticamente conmutado a la tarjeta de reserva de modo que no haya una interrupción de servicio para el usuario final.

Hay diferentes esquemas estándar para protección de equipamiento. Por ejemplo, si una tarjeta de protección se incluye por cada tarjeta en funcionamiento, estas tarjetas tienen protecciones 1+1. Es también común proveer una tarjeta de protección para diversas tarjetas operativas. Al producirse una falla en alguna de las tarjetas activas, el tráfico es normalmente conmutado hacia la tarjeta de protección. A este sistema se le denomina protección 1:N.

La protección de equipamiento incrementa la disponibilidad de los elementos de red individuales pero no protege el sistema contra pérdidas de elementos de red enteros. Para asegurarse que el tráfico pueda ser reenrutado si un elemento de red falla, los esquemas de protección han de implementarse para incrementar la supervivencia de la red.

Los procedimientos de protección de red son empleados para auto recuperarse de fallas en la red (falla de enlace o de un elemento de red). Lo que efectivamente ocurre es que un elemento de red detectará un fallo o una pérdida de tráfico e iniciará acciones correctivas sin involucrar al sistema de gestión de red. Hay muchos mecanismos de protección definidos por los organismos de estandarización. Estos esquemas pueden ser subdivididos en aquellos que protegen la capa de sección y en aquellos que protegen la capa de camino o subred:

- ✓ La protección de la capa de sección: involucra la conmutación de todo el tráfico de una sección a otra sección de fibra alternativa.

- ✓ La protección de la capa de camino involucra la protección de un contenedor virtual de un extremo a otro del camino en la subred. Ante un evento de fallo, únicamente el contenedor virtual en cuestión es conmutado a un camino alternativo.

Los diferentes esquemas de protección de red que se pueden conseguir en una red SDH se estudiarán a continuación.[12]

2.2.8.2 Esquemas de Protección.

a) Protección Camino / Ruta VC Dedicada:

Este tipo de protección implica duplicar el tráfico en forma de contenedores virtuales los cuales son introducidos y transmitidos simultáneamente en dos direcciones a través de la red.

Un camino de protección dedicado porta el tráfico en una dirección y el camino operativo porta la señal a través de otra ruta diferente. El elemento de red que recibe las señales compara la calidad de los dos caminos y selecciona la señal de mayor calidad. Este será por lo tanto la ruta activa. Ante un evento de fallo en la ruta activa el extremo receptor conmutará al otro camino, a la ruta de protección.

b) Protección de Línea de la Sección de Multiplexación.

Este procedimiento opera con una sección de tráfico ubicada entre dos nodos adyacentes. Entre estos dos nodos hay dos enlaces separados o dos diferentes fibras: la operativa y la de protección. Ante un evento de fallo del enlace, la señal entrante debe ser conmutada de la fibra activa a la de protección. Existen dos tipos de protección de Sección de multiplexación (MSP):

- ✓ Protección 1:1 es un esquema de conmutación de doble extremo. Inicialmente el tráfico es enviado por el enlace activo únicamente. Cuando se detecta un

fallo, una señal es enviada al extremo transmisor que dispara las conmutaciones de protección, enviando el tráfico hacia la línea de back-up en ambos extremos. Esto significa que tráfico de baja prioridad puede ser portado por el canal de protección mientras el tráfico viaje por el canal operativo. Este tráfico se perderá cuando se inicia un proceso de conmutación de protección.

Existe también otra variante de este esquema de protección que es el 1:N linear dual-ended. En este caso, una sección es usada para proteger uno de las N secciones principales cuando ocurre una falla como se muestra en la figura N° 9. La operación de conmutación es bidireccional, lo que significa que tanto en el lado del Tx como Rx se producirá la conmutación. Este sistema protege contra fallas de transmisión (LOS, LOF), degradación de secciones o fallas de HW. La protección se realiza en 50 ms.

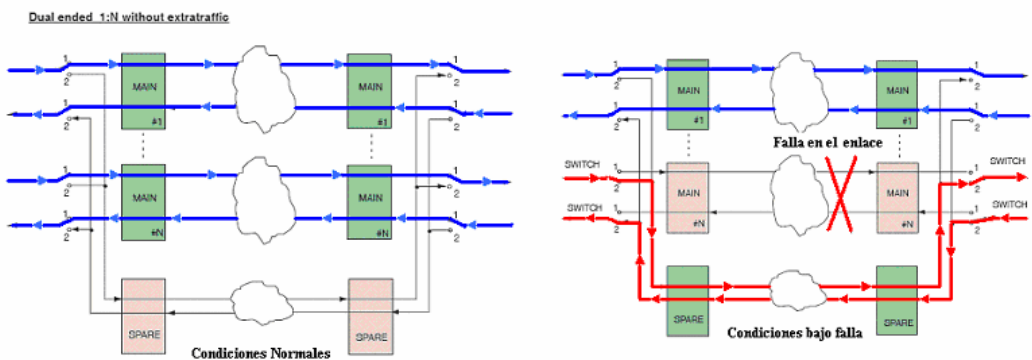


Figura N° 9. Protección de línea 1:N linear dual-ended

- ✓ Protección 1+1 MSP donde el tráfico es inicialmente enviado por dos rutas, la ruta activa y por la ruta de protección. Si se detecta una pérdida de tráfico, en el extremo receptor se comienza un proceso de conmutación hacia el camino de protección. No hay necesidad de enviar señalización hacia atrás, aunque de

todos modos, la sección de stand by no puede ser utilizada para otro tráfico presentando unos altos requerimientos de capacidad de fibra.

La conmutación puede ser causada por una falla de línea o falla de hardware sobre otro sistema conectado al que esta siendo considerado. El criterio de conmutación puede ser: Perdida de señal, perdida de la trama, BER excesivo, y con configuración de software, degradación de la señal. La protección puede ser de dos tipos: modo *single* y *dual ended*.

En el modo *single ended* la protección es acompañada solo con la conmutación de la señal que es afectada por la falla (Figura N° 10). En el modo *dual ended* la protección es acompañada por la conmutación tanto de la señal afectada como de la que no lo esta (figura N° 11).

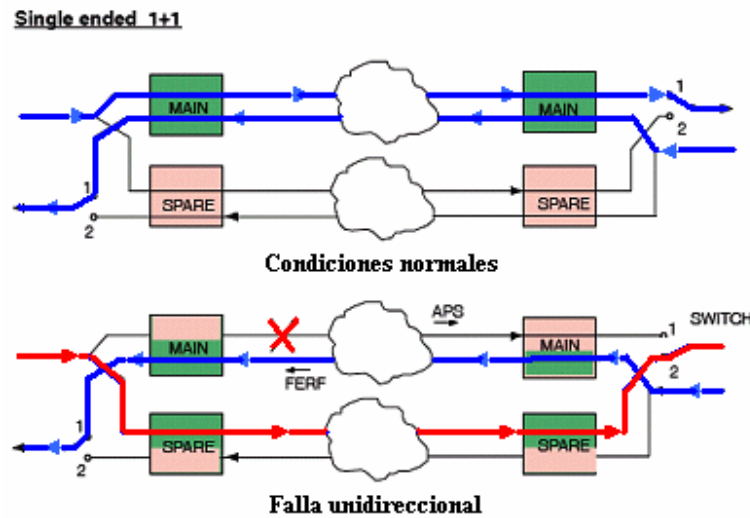


Figura N° 10. Protección de línea MSP Single ended mode

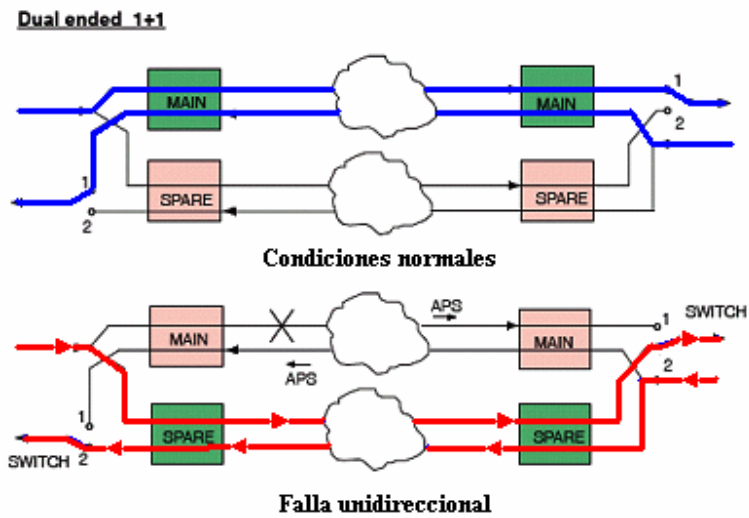


Figura N° 11. Protección de línea MSP Dual ended mode

El mecanismo de protección MSP protege tráfico entre dos elementos de red adyacentes, pero únicamente el enlace entre esos dos nodos, no aportando protección ante un fallo total de un elemento de red. Otra limitación es que requiere de diversos caminos físicos para fibra activa y de protección. Si ambas fibras se encuentran sobre el mismo conducto y ésta resulta dañada, los dos caminos, el operativo y el de protección, se perderían. Por lo tanto se requiere dos rutas alternativas entre dos nodos adyacentes.

La protección lineal de la sección de multiplexación es típicamente usada para redes lineales malladas. Al requerir diversos caminos físicos, la malla se hace más compleja a medida que crece. Ante la escasez de fibra convertida en una situación crítica muchos operadores han optado por el despliegue de anillos. Los anillos aseguran que entre cada par de nodos hay un camino físico diferente que puede ser usado como ruta de protección.

Dos rutas alternativas deben ser dispuestas entre dos nodos adyacentes. Estas consideraciones se han de tener en cuenta cuando desplegamos este tipo de esquema de protección.

c) Protección de Conexión de Subred (SNCP):

La protección de conexión de subred es un mecanismo de protección dedicada que puede ser usado para proteger una porción del trayecto o un trayecto completo punto a punto. El mecanismo de protección SNCP puede ser empleado en redes de anillo, lineales o malladas.

La conmutación en SNCP puede ser iniciada en un extremo de la ruta y llegar hasta un nodo intermedio. La red puede ser descompuesta con un número de subredes interconectadas. Con cada protección de subred, se proporciona un nivel de ruta adicional y la conmutación de protección automática entre dos caminos se proporciona en las fronteras de subred.

La selección de la señal de mayor calidad se realiza, no únicamente por el elemento de red en el extremo del camino, sino que también en nodos intermedios a la salida de cada subred que es atravesada por la ruta. El contenedor virtual no termina en el nodo intermedio, si no que se compara la calidad de la señal en los dos puertos entrantes y selecciona la señal de mejor calidad.

La protección puede ser ofrecida a un número de capas incluyendo el camino extremo a extremo (trazado), el nivel de subred y el nivel de sección de multiplexación. Los mecanismos descritos anteriormente ofrecen protección a la ruta extremo a extremo y al nivel de subred. Esto involucra la protección de contenedores virtuales individuales a través de una ruta punto a punto. Si existe una falla, únicamente el contenedor virtual en cuestión es conmutado a una ruta alternativa, así que la protección individual para un único VC es posible. Por ejemplo, un cliente puede requerir protección para una línea alquilada, de modo que el camino de este circuito pueda ser protegido a través de toda la red sin necesidad de proteger el resto de tráfico que por ella transita.

Cabe destacar que ambos esquemas, protección de camino punto a punto y camino de subred, pueden ser aplicados tanto para caminos de alto orden como de bajo orden (tanto para VC-4 como para VC-12).

En la figura N° 12 se muestra un ejemplo donde varios equipos (numerados 1 a 5) están conectados en anillo en una trayectoria cerrada. Cada equipo del nodo esta bi-direccionalmente conectado (lado A y lado B). Una de las dos direcciones representa la trayectoria principal (sentido de las agujas del reloj). La dirección opuesta utilizará una segunda fibra para el tráfico de protección (contrario al sentido de las agujas del reloj).

La protección automática SNCP interviene sobre la detección de la falla en el trayecto (SSF). Cada nodo que transmite la señal esta permanentemente conectado (puente) a la dirección del tráfico principal (sentido de las agujas del reloj) y en la dirección del tráfico protegido (contrario al sentido de las agujas del reloj). La señal transmitida alcanza su destino a través de dos diferentes trayectos, permitiendo así al nodo receptor seleccionar la mejor (conmutación). Una falla o degradación en el trayecto principal causa la conmutación a la protección. Cuando el receptor conmuta, no se envía información de conmutación al lado Tx para activar la operación de conmutación en el otro extremo (operación de conmutación Single ended). Para manejar la conmutación, la arquitectura SNCP utiliza la data relacionada al trayecto y no a la línea. La conmutación es de hecho activada por operaciones defectuosas ocurridas a niveles de VCn.

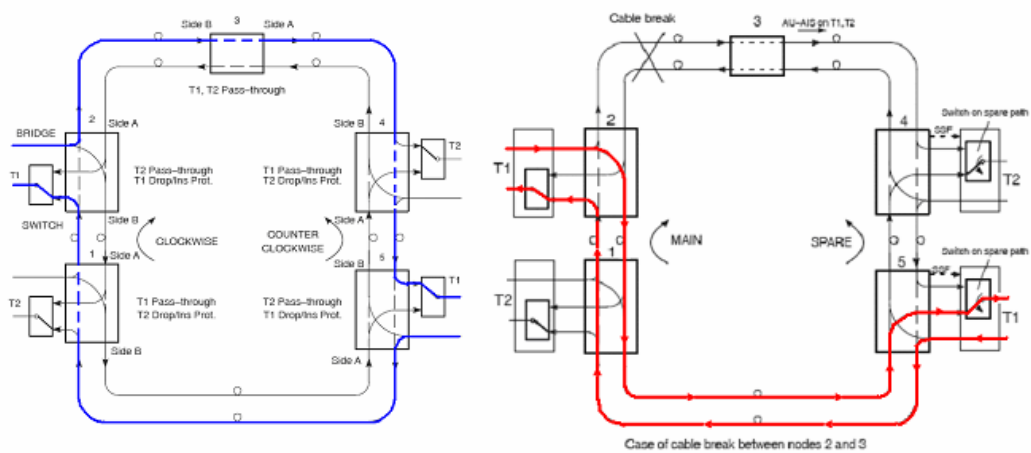


Figura N° 12. Protección de Conexión de Subred (SNCP).

d) Anillos Auto-Recuperables:

La Arquitectura de protección en anillos auto-recuperables se está convirtiendo rápidamente en arquitecturas comunes en las redes actuales, porque proporcionan diversas rutas de protección y por tanto, un uso eficiente de la fibra. Existen diferentes tipos de esquemas de protección de anillos. Estos pueden ser divididos en los que protegen la capa de sección y los que protegen la capa de camino. A su vez, estos pueden ser subdivididos en esquemas Uni-direccionales y Bi-direccionales. Dos tipos de mecanismos de anillos auto-recuperables serán considerados, puesto que son los más comúnmente desplegados en el mercado

- ✓ Anillos bidireccionales de protección de camino (anillos de protección dedicada o anillos de protección de caminos).
- ✓ Anillos de Protección Compartida de la Sección de Multiplexación MS-SPRINGS (*Multiple Section-Shared Protection Ring*).

Los anillos de protección dedicada son un tipo de protección de camino dedicado, aplicado a un anillo. Al entrar el tráfico al anillo por un nodo A es enviado simultáneamente por ambas direcciones en torno al anillo. Una dirección puede ser

considerada como ruta activa y la otra dirección ruta de protección. El nodo receptor seleccionara la señal de mayor calidad.

Los anillos de protección compartida de la sección de multiplexación, comúnmente llamados "MS-SPRINGS" son un mecanismo de protección de anillo. Consiste en un sistema formado por elementos de red equipados con dos puertos bidireccionales. La protección MS SPRING es una alternativa al esquema de protección SNCP. MS-SPRING permite la conexión al mismo tiempo en ambos sentidos del mismo AU4, que puede ser insertado o extraído en cada sección, caso contrario a la conexión SNCP, que compromete el mismo AU4 en ambos lados para todo el enlace.

A diferencia del anillo de protección dedicado, el tráfico es enviado solo por una ruta en torno al anillo. No existe un camino de protección dedicado por cada ruta. Para lograr la protección, se reserva una parte de la capacidad del anillo la cual puede ser compartida para la protección de diversos circuitos en producción. La conmutación de protección es iniciada a nivel de sección de modo similar a la protección lineal para de la sección de multiplexación; ante un evento de fallo, todo el tráfico de la sección es conmutado. Este mecanismo se puede llevar a cabo salvando una importante cantidad de capacidad frente al mecanismo de anillo de protección dedicado, permitiendo al operador incrementar el número de circuitos activos en el anillo.

La ventaja en capacidad que se puede conseguir con MS-SPRING con respecto a un anillo con protección de ruta dedicada no es obvia hasta que no se analiza un ejemplo simple con diferentes caminos de tráfico sobre el anillo. Tomaremos como ejemplo un anillo con seis nodos con una capacidad STM-16, equivalente a 16 STM-1 como se muestra en la Figura N°13. Considerando un patrón de tráfico uniforme en el cual el tráfico entrante sale del anillo en el nodo adyacente. Partimos entonces de que, por cada sección se dispone de 8 STM-1s que son usados para tráfico activo girando en torno a todo el anillo y otros 8 STM1

estarán aun disponibles para la protección compartida para estas rutas de trabajo. Entonces, es posible tener rutas activas en cada una de las secciones (1-6) con 8 canales STM-1 para cada sección, consiguiendo un total de 48 rutas (ocho canales por seis secciones) a establecer, comparados con los dieciséis que obteníamos con el anillo de protección dedicada.

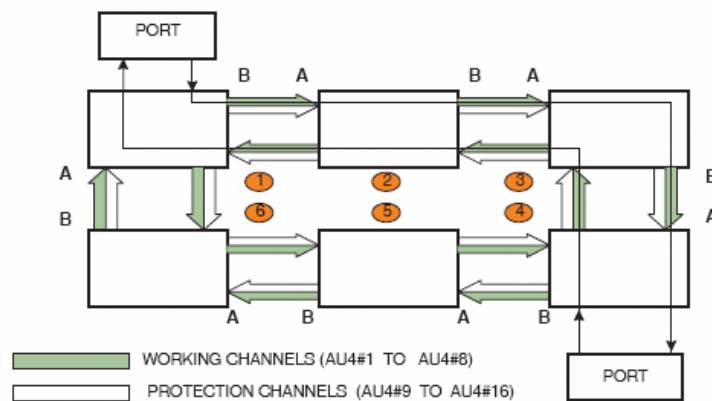


Figure 151. 2F MS SPRING Connection

Figura N° 13. Protección MS-SPRING a dos fibras

Este patrón de tráfico no es típico, pero si los cálculos son realizados para un patrón de tráfico uniforme, el cual es típico para circuitos entre grandes ciudades o redes de datos metropolitanas, entonces SPRINGS puede doblar la capacidad con respecto a un anillo de protección dedicada.

MS-SPRINGS puede también incrementar la capacidad en fibras mediante la reutilización de canales reservados para protección. En muchas redes hay demanda de servicios de tráfico de gran ancho de banda de bajo coste donde el coste es prioritario sobre la disponibilidad como es por ejemplo el tráfico IP. En un SPRINGS el ancho de banda protegido es establecido dinámicamente ante una rotura de fibra. Esto significa que no se usa permanentemente gran cantidad de ancho de banda innecesariamente para protección y se encuentra disponible para algo de tráfico añadido a la carga completamente protegida. Esto proporciona una sencilla manera de

integrar SPRINGS con esquemas de protección punto a punto donde la protección para el tráfico del camino protegido es portada en los canales de tráfico extra compartiendo ancho de banda de protección entre la SPRINGS y la red de camino protegido. De este modo protegiendo contra el fallo de un enlace, SPRINGS protege contra el fallo de algún nodo de la red, caso no posible con la protección MSP lineal.

2.2.8.3 Comparación entre Esquemas de Protección

Como se puede apreciar en la Tabla N° 3, los esquemas de protección varían significativamente en sus características. Según la topología de red y el uso para la cual se destine, se podrá seleccionar entre un esquema u otro, por lo tanto no existe óptimo esquema de protección.

La elección del esquema de protección puede ser también determinada por el nivel de red al cual el tráfico es llevado. En las capas de Backbone la tasa de transmisión es muy alta, por lo tanto una rotura de esta fibra tendría un gran impacto. El Backbone, por tanto, tiene justificado un esquema de protección completa como el MS-SPRing o el 1+1 MSP. Los patrones de tráfico no son los mismos en todas las instancias de la red. En la capa de Backbone el tráfico es típicamente uniforme, portándose entre ciudades grandes, redes metropolitanas o redes de datos. En esta situación, una SPRING puede proveer una ventaja de capacidad sobre la ruta de protección. La reutilización de capacidad reservada para protección es también una consideración importante, como si fuera un tráfico de anillo extra debido a que la fibra puede ser escasa y es crítico hacer un óptimo uso del ancho de banda disponible. En las capas inferiores de la red, el tráfico es típicamente portado a un punto central que lo recolecta y lo transporta al siguiente nivel. Esto es conocido como tráfico concentrado. En esta situación las ventajas de SPRINGS no son grandes y la necesidad de proteger cada fibra no es crítica. Los esquemas de protección de ruta selectiva como SNCP son más comunes en esta situación.

Tabla N° 3. Comparación entre Esquemas de Protección

Esquema de Protección	¿Que protege?	¿Dónde aparece la protección?	¿Es un esquema selectivo a nivel de VC	¿Estandarizado?	Topología	Tiempo típico de conmutación
MS-SRING	Todo el tráfico de la sección	Cualquier nodo en el anillo	No	Si	Anillo	<50ms
1+1 MSP	Todo el tráfico de la sección	Nodos adyacentes	No	Si	Lineal/ mallada	<50ms
Ruta dedicada	VC individual	Nodo del extremo final del anillo	Si	Si	Mixta	<50ms
SNCP	VC individual	Nodo final o intermedio de la ruta	Si	Si	Mixta	<50ms

2.2.9 Ventajas y desventajas de la jerarquía digital Síncrona SDH

La jerarquía SDH presenta una serie de ventajas respecto a la jerarquía digital plesiocrona (PDH). Algunas de estas ventajas son:

- ✓ El proceso de multiplexación es mucho más directo. La utilización de punteros permite una localización sencilla y rápida de las señales tributarias de la información y de esta manera extraer e insertar circuitos sin tener que desmontar la señal.
- ✓ Fácil de migrar hacia órdenes superiores de multiplexación, ya que emplean la misma filosofía de trabajo.

- ✓ Las cabeceras permiten mejorar los procedimientos de operación, administración y mantenimiento de la red (OAM).
- ✓ El procesamiento de la señal se lleva a cabo a nivel de STM-1. Las señales de velocidades superiores son síncronas entre sí y están en fase por ser generadas localmente por cada nodo de la red.
- ✓ Las tramas tributarias de las señales de línea pueden ser subdivididas para acomodar cargas plesiócronas, tráfico ATM o unidades de menor orden. Esto supone mezclar tráfico de distinto tipo dando lugar a redes flexibles.
- ✓ Compatibilidad eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos suministradores gracias a los estándares internacionales sobre interfaces eléctricos y ópticos.

En cuanto a las desventajas tenemos que:

- ✓ Algunas redes PDH actuales presentan ya cierta flexibilidad y no son compatibles con SDH.
- ✓ Necesidad de sincronismo entre los nodos de la red SDH. Se requiere que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización.
- ✓ El principio de compatibilidad ha estado por encima de la optimización de ancho de banda. El número de Bytes destinados a la cabecera de sección es muy grande, lo que nos lleva a perder eficiencia.

CAPITULO III

ESTRUCTURA DE RED DE TRANSMISIÓN MOVILNET

Para realizar el análisis estructural de la red de transmisión de MOVILNET en la zona nororiental, inicialmente se recopiló la información correspondiente de los equipos instalados en los nodos que conforman la red, información relacionada con la capacidad de los equipos, radios microondas, tráfico y esquema de protección actual. El estudio se inició con la búsqueda de información de los equipos instalados en los nodos que conforman la red utilizando para ello el sistema de gestión de estos equipos. El nodo principal al cual convergen todas las conexiones de la red en la zona Nororiental es el nodo denominado como NODO A. En la Figura N° 14 se muestra la estructura de la red actual de transmisión de MOVILNET con la distribución de los principales puntos de concentración de tráfico.

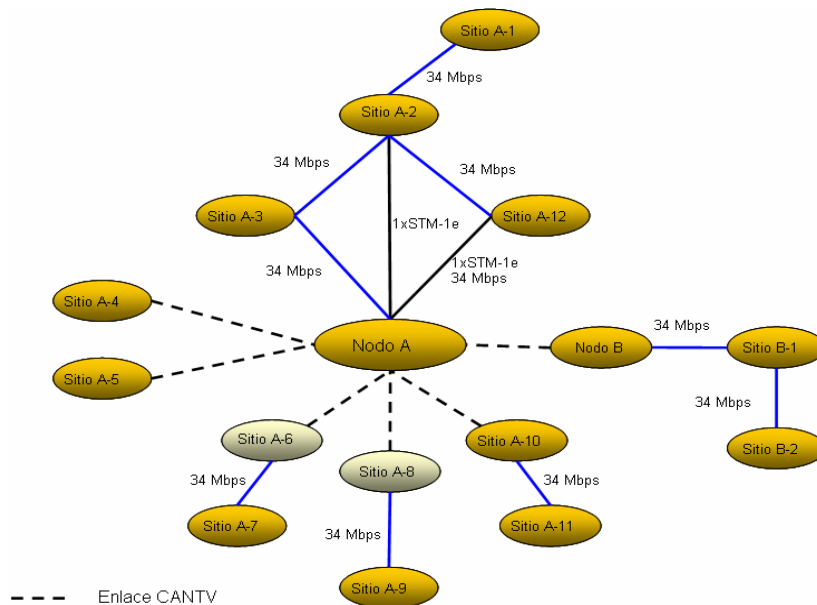


Figura N° 14. Estructura de la red actual de transmisión de MOVILNET

Como se puede observar en la figura anterior, la red actual presenta las siguientes características:

- ✓ la gran mayoría de los enlaces lo constituyen radios de 34 Mbit/s, las cuales representan radios de baja capacidad
- ✓ Existen radios STM-1 en los Sitios denominados como A-3 y A-12, teniendo así la capacidad de mayor manejo de tráfico.
- ✓ Existe protección para el tráfico de los radios STM-1 a través de radios de 34 Mbit/s.
- ✓ Equipos en los sitios de limitada capacidad de manejo de tráfico de alto orden.

Existen nodos en la red en el cual no se tienen instalados equipos propiedad de MOVILNET; debido a esto el tráfico provenientes de esos sitios llega a un equipo CANTV y de ahí se transmite por la red de CANTV hasta el NODO A, aprovechando así dicha infraestructura para los propósitos de transmisión de MOVILNET.

Los equipos existentes poseen diferentes capacidades dependiendo de la zona y la demanda de tráfico existente. La diferencia radica en el tipo y número de tarjetas del cual dispone. Estas tarjetas pueden ser:

- ✓ Tarjetas QMH: Tarjetas con capacidad de manejo de 4 E1s
- ✓ Tarjetas GMX: Tarjetas con capacidad de manejo de STM-1 más cross conexiones
- ✓ Tarjetas SBU: Tarjetas con capacidad de manejo de 12 E1s
- ✓ Tarjetas GMU: Tarjetas con capacidad de manejo de 2 STM-1s
- ✓ Tarjetas SIM1: Tarjetas con capacidad de manejo de 4 STM-1s
- ✓ Tarjetas SIM1o: Tarjetas con capacidad de manejo de 8 STM-1s ópticos
- ✓ Tarjetas SIM1e: Tarjetas con capacidad de manejo de 8 STM-1s eléctricos
- ✓ Tarjetas SIM4: Tarjetas con capacidad de manejo de 8 STM-4
- ✓ Tarjetas SIM16: Tarjetas con capacidad de manejo de 2 STM-16

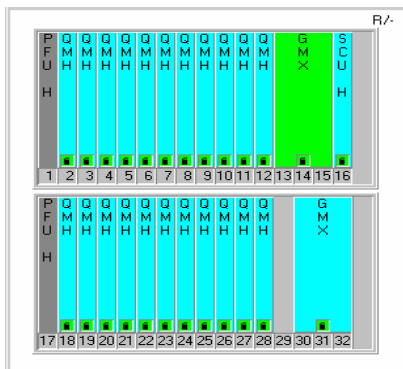


Figura N° 15. Configuración general de los equipos

A continuación se muestra la información recopilada de la red de transmisión por cada sitio analizado.

NODO A:

El Nodo A, por ser el nodo principal de concentración de tráfico, es el nodo en donde se ubican los equipos de mayor capacidad. En este nodo convergen todos los nodos que conforman la red de transmisión de Movilnet en la zona Nororiental del país. Los equipos que actualmente se encuentran ubicados en dicho nodo son:

Equipo N° 1: Este equipo posee una capacidad de manejo de tributarios (E1), de STM-1 y cross conexiones a nivel de E1. La capacidad actualmente instalada en este equipo es la siguiente:

- ✓ 22 tarjetas QMH para una capacidad de manejo de 88 E1.
- ✓ tarjetas GMX.

Equipo N° 2: Este equipo posee una capacidad de manejos de tributarios (E1) con cross conexiones a nivel de E1 y tarjetas STM-1. La capacidad actualmente instalada en este equipo es la siguiente:

- ✓ 14 tarjetas QMH para una capacidad de manejo de 56 E1.
- ✓ tarjetas GMX.

Equipo N° 3: Este equipo posee una capacidad de manejos de tributarios (E1) con cross conexiones a nivel de E1 y tarjetas STM-1. El equipo se encuentra dividido en un equipo principal o maestro y 5 esclavos.

El equipo maestro es el dispositivo principal en donde se conectan los equipos denominado como esclavos y se realizan las cross conexiones. Los equipos esclavos son los que manejan tráfico de bajo nivel (E1) y los tráficos de alto nivel (STM-1). La capacidad total actualmente instalada en este equipo es la siguiente:

- ✓ 25 tarjetas QMH para una capacidad de manejo de 100 E1.
- ✓ tarjetas GMX. En la figura N° 16 se muestra la distribución de dichos equipos

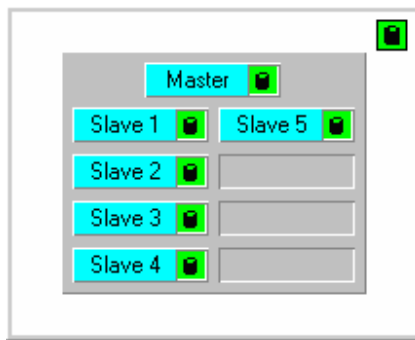


Figura N° 16. Distribución de los equipos Maestro y Esclavos

La distribución de las tarjetas por cada equipo se muestra a continuación:

- a) Esclavo N° 1: Equipo con capacidad de manejo de STM-1, con una tarjeta GMU.
- b) Esclavo N° 2: Equipo con capacidad de manejo de STM-1, con una tarjeta GMU.
- c) Esclavo N° 3: Equipo con capacidad de manejo de tributarios, con 8 tarjetas QMH.
- d) Esclavo N° 4: Equipo con capacidad de manejo de tributarios, con 8 tarjetas QMH.
- e) Esclavo N° 5: Equipo con capacidad de manejo de tributarios, con 9 tarjetas QMH.

Equipo N° 4: Este equipo posee una capacidad de manejos de tributarios (E1) y cross conexiones a nivel de E1. La capacidad actualmente instalada en este equipo es la siguiente:

- ✓ 8 tarjetas QMH para una capacidad de manejo de tráfico de 32 E1

Equipo N° 5: Este equipo posee una capacidad de manejo de tributarios E1 y manejo de tráfico a nivel superior STM-1e. La capacidad actualmente instalada en este equipo es la siguiente:

- ✓ 9 Tarjetas TEX1P para una capacidad de manejo de 189 E1
- ✓ tarjetas SIM1e para una capacidad de manejo de 8 STM-1e

Equipo N° 6: Este equipo posee una capacidad de manejo de tributarios E1. La capacidad actualmente instalada en este equipo es la siguiente:

- ✓ 12 Tarjetas TEX1P para una capacidad de manejo de 252 E1

Equipo N° 7: La capacidad instalada en este equipo permite el manejo de tráfico a niveles superiores a STM-1. Este equipo maneja conexiones de STM-1e, STM-1o, STM-4 y STM-16. La capacidad actualmente instalada en este equipo es la siguiente:

- ✓ 1 Tarjetas SIM1e para una capacidad de 8 STM-1e.
- ✓ Tarjetas SIM1o para una capacidad de 8 STM-1o.
- ✓ Tarjetas SIM4 para una capacidad de 8 STM-4.
- ✓ 1 Tarjetas SIM16 para una capacidad de 2 STM-16.

SITIO A-1

Equipo N° 1: Este equipo posee una capacidad de manejos de tributarios (E1) y cross conexiones a nivel de E1. La capacidad actualmente instalada en este equipo es la siguiente:

- ✓ 8 tarjetas QMH para una capacidad de manejo de 32 E1.

SITIO A-2

Equipo N° 1: Este equipo posee las mismas características del equipo N° 3 ubicado en el NODO A. Sin embargo la capacidad de manejo de tráfico es menor al del equipo antes mencionado, como se muestra a continuación:

- ✓ 16 tarjetas QMH para una capacidad de manejo de 64 E1.
- ✓ tarjetas GMX.

La distribución de las tarjetas por cada equipo se muestra a continuación:

- a) Esclavo N° 1: Equipo con capacidad de manejo de STM-1, con una tarjeta GMU.
- b) Esclavo N° 2: Equipo con capacidad de manejo de STM-1, con una tarjeta GMU.
- c) Esclavo N° 3: Equipo con capacidad de manejo de tributarios, con 4 tarjetas QMH.
- d) Esclavo N° 4: Equipo con capacidad de manejo de tributarios, con 6 tarjetas QMH.
- e) Esclavo N° 5: Equipo con capacidad de manejo de tributarios, con 6 tarjetas QMH.

SITIO A-3

Equipo N°1: Este equipo posee una capacidad de manejos de tributarios (E1) y cross conexiones a nivel de E1. La capacidad actualmente instalada en este equipo se muestra a continuación:

- ✓ 1 tarjeta QMH para una capacidad de manejo de 4 E1
- ✓ tarjetas QMH para una capacidad de manejo de 12 E1

SITIO A-5

Equipo N° 1: Este equipo posee una capacidad de manejos de tributarios (E1), con cross conexiones a nivel de E1 y tarjetas STM-1s. La capacidad actualmente instalada en este equipo es la siguiente:

- ✓ 6 tarjetas QMH para una capacidad de manejo de 24 E1 activa
- ✓ 1 Tarjeta GMU.

Equipo N° 2: Este equipo posee una capacidad de manejos de tributarios (E1), con cross conexiones a nivel de E1 y tarjetas STM-1s. La capacidad actualmente instalada en este equipo es la siguiente:

- ✓ 7 tarjetas QMH para una capacidad de manejo de 28 E1 activa
- ✓ 1 Tarjeta GMU.

SITIO A-12

Equipo N° 1: Este equipo posee una capacidad de manejos de tributarios (E1), con cross conexiones a nivel de E1 y tarjetas STM-1s. La capacidad actualmente instalada en este equipo es la siguiente:

- ✓ 11 tarjetas QMH para una capacidad de manejo de 44 E1 activa
- ✓ 1 Tarjeta GMX

NODO B:

Equipo N° 1: Este equipo posee una capacidad de manejos de tributarios (E1), con cross conexiones a nivel de E1 y tarjetas STM-1s. La capacidad actualmente instalada en este equipo es la siguiente:

- ✓ 15 tarjetas QMH para una capacidad de manejo de 60 E1.
- ✓ tarjetas GMX.

En los sitios denominados como A-4, A-6, A-7, A-8, A-9, A-10, A-11, B-1, B-2, no se encuentran equipos propiedad de MOVILNET instalados.

Ahora bien, en líneas anteriores se mostró la capacidad de cada uno de los equipos ubicados en los nodos que conforman la red de transmisión de Movilnet. Ahora resta por detallar la capacidad de los enlaces entre cada uno de los nodos para realizar un posterior estudio del tráfico que cursa por los mismos. A continuación se muestra dicha información:

SITIO A-1: No existe enlace de radio microondas o fibra entre el sitio A-1 y el Nodo A. Por otra parte existe un enlace de radio de 34 Mbit/s entre el sitio A-1 y el sitio A-2, con una capacidad de manejo de 16 E1 (480 canales de voz).

SITIO A-2: Existe un enlace de radio STM-1 que tiene una capacidad de 63 E1 y un radio de 34 Mbit/s (protección) entre el Sitio A-2 y el nodo A. Por otra parte, existe un radio de 34 Mbit/s con el sitio A-12 y otro con el sitio A-3. Los dos radios antes mencionados sirven de ruta de protección para el radio enlace STM-1.

SITIO A-3: Actualmente existe un enlace de radio microondas de 34 Mbit/s con el Nodo A.

SITIO A-4: En este sitio Movilnet no tiene instalado un radio contra el Nodo A. El tráfico recogido en este punto es enviado a través de un enlace CANTV, hasta dicho punto.

SITIO A-5: En este sitio Movilnet no tiene instalado un radio contra el Nodo A. El tráfico recogido en este punto es enviado a través de un enlace CANTV, hasta dicho nodo.

SITIO A-6: En este sitio Movilnet no tiene instalado un radio contra el Nodo A. El tráfico recogido en este punto es enviado a través de un enlace CANTV, hasta dicho nodo.

SITIO A-7: Existe un enlace de radio de 34 Mbit/s entre el sitio A-7 y el sitio A-6, con una capacidad de manejo de tráfico de 16 E1.

SITIO A-8: En este sitio Movilnet no tiene instalado un radio contra el Nodo A. El tráfico recogido en este punto es enviado a través de un enlace CANTV, hasta dicho nodo.

SITIO A-9: Existe un enlace de radio de Mbit/s entre el sitio A-9 y el sitio A-8, con una capacidad de manejo de tráfico de 16 E1.

SITIO A-10: En este sitio Movilnet no tiene instalado un radio contra el Nodo A. El tráfico recogido en este punto es enviado a través de un enlace CANTV, hasta dicho nodo.

SITIO A-11: Existe un enlace de radio de 34 Mbit/s entre el sitio A-11 y el sitio A-10, con una capacidad de manejo de tráfico de 16 E1.

SITIO A-12: Existe un enlace de radio de 34 Mbit/s entre el sitio A-12 y el Nodo A. Recientemente se puso en funcionamiento un enlace de radio de 155 Mbit/s (STM-1) para aliviar el tráfico de dicho sitio.

NODO B: En este sitio Movilnet no tiene instalado un radio contra el Nodo A. El tráfico recogido en este punto es enviado a través de un enlace CANTV, hasta dicho nodo.

SITIO B-1: Inicialmente El tráfico de la zona se conectaba a un equipo CANTV y se enrutaba hacia el Nodo A, a través de un enlace CANTV. Con el incremento del tráfico en la zona y al no tener dicho equipo puertos libres para la conexión del nuevo tráfico, MOVILNET se vio en la necesidad de instalar un enlace de radio de 34 Mbit/s entre el sitio B-1 y el Nodo B, para que de esta manera, ese tráfico llegara al Nodo A, a través del Nodo B. Actualmente existen dos enlaces de radio de 34 Mbit/s entre esos dos puntos.

SITIO B-2: Existe un enlace de radio de 34 Mbit/s entre el sitio B-2 y el sitio B-1, con una capacidad de manejo de tráfico de 16 E1.

Vale destacar, que estos equipos de radio manejan protección 1+1 Hot Stand by. Esto es, dos unidades de radio (RAU) y dos unidades de Modem (MMU). Una unidad es encuentra activa, y la otra se usa de protección. Al producirse una falla en la unidad activa, un switch (SMU) realiza la conmutación hacia la unidad de protección.

3.1 Estudio de tráfico actual en la red de transmisión de MOVILNET.

Para iniciar el estudio de tráfico actual en la red de transmisión de Movilnet, se recurrió en primer lugar a los esquemas de interconexión de la red de transmisión en la zona Nororiental del país. Ese recurso nos dio una aproximación de cual era el tráfico entre los distintos puntos de la red, las radio bases existentes y la capacidad de los enlaces instalados.

Dichos esquemas no se encontraban actualizados desde principios de año, por lo que se tuvo que realizar un análisis recurriendo a otras fuentes, como el sistema de gestión de la red (esto para identificar el tráfico que llega a los distintos nodos de la red y q no se encontraban reflejados en los esquemas de interconexión, la capacidad libre para tráfico nuevo etc.), los planes de canales de las radio bases existentes y los proyectos de instalación realizados de las radio bases que ya han sido colocados en servicio.

Esto nos permitió actualizar los esquemas de interconexión y realizar así de una manera más precisa el análisis de tráfico en la zona. Los Resultados de dicho estudio se muestran en la Tabla N° 4 en detalle para cada nodo y sitio en estudio.

Tabla N° 4. Tráfico Actual por nodo y sitio

Sitio / Nodo	Equipo instalado	Tipo de tarjetas	Capacidad total (Puertos 2 Mbit/s)	Tráfico actual (Puertos 2 Mbit/s)	Capacidad libre (Puertos 2 Mbit/s)
Nodo A	Equipo 1	QMH	88	88	0
	Equipo 2	QMH	56	52	4
	Equipo 3	QMH	100	95	5
	Equipo 4	QMH	32	28	4
	Equipo 5	QMH	189	180	9
		SIM1e	8	3	5
	Equipo 6	TEX1P	252	176	76
	Equipo 7	SIM1e	8	4	4*
		SIM1o	8	4	4*
		SIM4	8	4	4*
SIM16		2	1	1*	
Sitio A-1	Equipo 1	QMH	32	14	18
Sitio A-2	Equipo 1	QMH	64	62	2
Sitio A-3	Equipo 1	QMH	4	1	3
Sitio A-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio A-5	Equipo 1	QMH	24	23	1
	Equipo 2	QMH	28	27	1
Sitio A-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio A-7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio A-8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio A-9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio A-10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio A-11	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio A-12	Equipo 1	QMH	44	40	4
Nodo B	Equipo 1	QMH	60	60	0
Sitio B-1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio B-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

* Los 4 puertos disponibles son usadas para protección.

La tabla N° 4 indica, la concentración de tráfico en los distintos nodos que conforman la red de transmisión de Movilnet. De esta manera se puede detallar cual es la capacidad actual de cada equipo instalado para estudiar así la posibilidad que posee cada equipo de recibir tráfico nuevo. De igual forma se realizó un estudio de los enlaces de transmisión existentes en la actualidad entre esos puntos, la tabla N° 5 muestra los resultados:

Tabla N° 5. Tráfico Actual por radio enlace

Enlace	Tipo de enlace	Dist. (Km)	Banda	Velocidad (Mbit/s)	Cap. Total (2 Mbit/s)	Tráfico actual (2 Mbit/s)	Cap.libre (2 Mbit/s)
Sitio A-1 – Sitio A-2	Radio	5	15 Ghz	34	16	14	2
Sitio A-2 – Nodo A	Radio	7	7 Ghz	155	63	59	4
Sitio A-3 – Nodo A	Radio	6.64	7 Ghz	34	16	16	0
Sitio A-4 – Nodo A	CANTV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio A-5 – Nodo A	CANTV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio A-6 – Nodo A	CANTV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio A-7 – Sitio A-6	Radio	1.63	15 Ghz	34	16	3	13
Sitio A-8 – Nodo A	CANTV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio A-9 – Sitio A-8	Radio	1.57	15 Ghz	34	16	13	3
Sitio A-10 – Nodo A	CANTV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio A-11 – Nodo A	CANTV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Enlace	Tipo de enlace	Dist. (Km)	Banda	Velocidad (Mbit/s)	Cap. Total (2 Mbit/s)	Tráfico actual (2 Mbit/s)	Cap.libre (2 Mbit/s)
Sitio A-11 -Sitio A-10	Radio	14	7 Ghz	34	16	13	3
Sitio A-12 – Nodo A	Radio	2.3	15Ghz	34	16	16	0
	Radio	2.3	15 Ghz	155	63	12	51
Nodo B – Nodo A	CANTV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio B-1 – Nodo B	Radio	8.14	7 Ghz	34	16	13	3
	Radio	8.14	7 Ghz	34	16	10	6
Sitio B-1 – Nodo A	CANTV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sitio B-2 – Sitio B-1	Radio	13.73	7 Ghz	34	16	11	5

3.2 Estudio de tráfico futura a corto plazo (Plan táctico 2006) en la red de transmisión de MOVILNET.

Una vez analizada la estructura de la red de transmisión, la capacidad de los equipos instalados y el tráfico circulante en el mismo, se procedió a realizar una investigación en función de los proyectos de ampliación de las radio bases existentes, de cobertura (radio bases nuevas) y los proyectos de EVDO la cual es una tecnología que esta ofreciendo Movilnet de banda ancha a través del celular, a una velocidad de 2,4 Mbit/s. En base a esto se procedió a realizar un estimado del tráfico nuevo en la red que resultaría de la aplicación de dichos proyectos. Los resultados de la investigación se muestran en la tabla N° 6.

Tabla N° 6. Tráfico futuro según plan 2006.

Sitio / Nodo	Tráfico futuro (2Mbit/s)
Nodo A	16+198*
Sitio A-1	3
Sitio A-2	16
Sitio A-3	3
Sitio A-4	1
Sitio A-5	50
Sitio A-6	19
Sitio A-7	13
Sitio A-8	6
Sitio A-9	18
Sitio A-10	6
Sitio A-11	6
Sitio A-12	3
Nodo B	28
Sitio B-1	18
Sitio B-2	8

* 16 E1 de tráfico local y 198 E1 proveniente de los nodos y sitios locales.

Como se puede apreciar en la tabla, los distintos equipos (Multiplexores y radios) ya se encuentran cercanos al límite de capacidad, por lo que no podrán manejar un incremento de tráfico en la red a corto y mediano plazo. En base a los resultados antes mostrados se dimensionaron los equipos de manera tal que pudieran cubrir a corto y a mediano plazo, las exigencias que se puedan presentar, y las eventuales demandas de tráfico que puedan surgir. Estos equipos que se adquirieron se presentan en detalle en el Capítulo IV con el dimensionamiento en cuanto a tarjetas de manejo de tributario y tráfico de nivel superior.

CAPITULO IV

ESTRUCTURA DE LA NUEVA RED DE TRANSMISIÓN MOVILNET.

Los resultados obtenidos del estudio de la red actual de transmisión de MOVILNET, nos dio un panorama de las capacidades de los equipos que la conforman, y de esa manera se pudo observar las limitaciones de dichos equipos para manejar incrementos de tráfico a corto y mediano plazo, por lo que MOVILNET necesita instalar equipos de mayor capacidad para cubrir esas demandas. La tecnología a usar para la nueva red de transmisión es la tecnología SDH, debido a las ventajas que ofrece respecto a la tecnología PDH, como ya se mencionó en el capítulo II. Los enlaces a instalar manejan tráfico a nivel de STM-1, por lo tanto, se requiere instalar nuevos equipos que multiplexen el tráfico de bajo nivel (E1) dentro de la trama SDH. Antes de revelar la nueva estructura de la red SDH, se mostrará una breve descripción de los equipos a ser utilizados tanto los equipos multiplexores como los equipos de radio.

4.1 Descripción de los equipos a utilizar

a) Equipo SDH:

Es un equipo multiservicio que opera señales SDH y PDH a 155 Mbit/s (STM-1), 622 Mbit/s (STM-4) y 2.5 Gbit/s (STM-16), el cual puede ser configurado como multiplexor terminal de línea, multiplexor de inserción/extracción o como un equipo de cross-conexión para aplicaciones en enlaces lineales, anillos y redes de malla. Los puertos de tráfico pueden ser de 1.5, 2, 34, 45, 140 Mbit/s, STM-1 eléctricos, STM-1/4/16 ópticos.

La función de cross-conexión, está implementada para las velocidades de 2, 34, 45, 140 y 155 Mbit/s, permitiéndose el análisis de flujos STM-1 a nivel VC-12, VC-3 y VC-4, programable por *software*. Todas las opciones de cross-conexión entre agregado, agregados y tributarios y entre tributarios son posibles de realizar. La capacidad de la matriz es:

- ✓ Alto orden: 96x96 VC4 equivalentes
- ✓ Bajo orden: 64x64 VC4 equivalentes

Las principales aplicaciones de los equipos se dirigen hacia anillos locales y metropolitanos, redes en malla troncales regionales, enlaces punto a punto con estaciones intermedias de inserción-extracción y/o regeneradores, *Gateways* internacionales, etc. El equipo ofrece conversión AU3/TU3 para que exista compatibilidad entre redes SONET y SDH. También cuenta con interfaces STM-16 “coloreadas” para la operación directa con equipos WDM sin adaptadores de longitud de onda intermedios. Adicionalmente este equipo tiene integradas capacidades de conmutación ATM y enrutamiento IP, disponible a través de una tarjeta *switch/router* opcional.

Alarmas, monitoreo de desempeño, ajuste de configuración y toda la información acerca del estado del equipo están disponibles a través de la interfaz F hacia una computadora personal local y a través de la interfaz Q hacia el NMS (*Network Management System*) del proveedor. La fuente de la entrada de sincronización puede ser líneas STM-n, puerto de tráfico 2 Mbit/s, entradas externas de 2 Mhz/2 Mbit/s o un oscilador interno.

Este equipo ofrece tres tipos de protección de red: protección Lineal de Sección de multiplexación (MSP), Anillos de Protección Compartida de la Sección de Multiplexación (MS-SPRING) y Protección de Conexión de Subred (SNCP). La

protección de nodo además de la protección de línea es posible, porque todas las unidades reemplazables son opcionalmente redundantes. En la Figura N° 17 se muestra el panel frontal y la disposición de tarjetas en el equipo SDH a utilizar

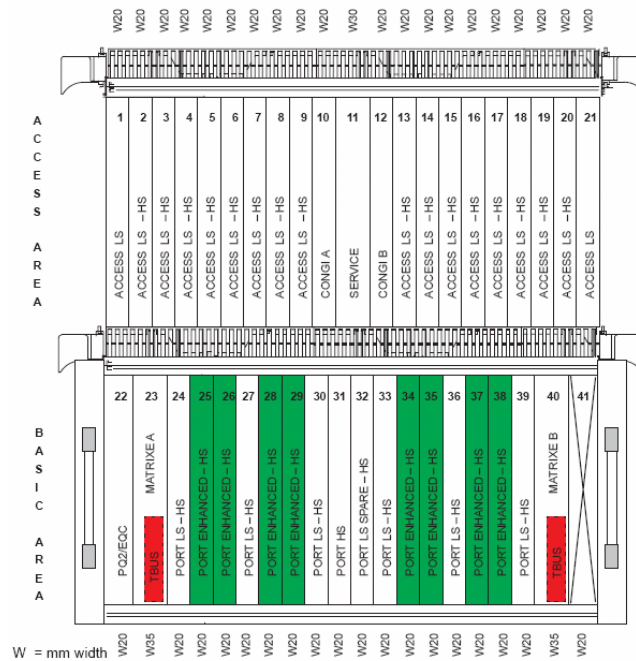


Figura N° 17. Panel frontal del nuevo equipo SDH a utilizar

b) Equipo de radio SDH

El equipo de radio a instalar en la nueva red, es un equipo compacto de radio microondas, que permite la transmisión de voz y datos a mayor velocidad. Representa una nueva generación de radios sincronos para aplicaciones punto a punto de corta o larga distancia. El sistema de radio es capaz de transmitir y recibir datos a 155 Mbit/s, y soporta los estándares SDH, STM-1 eléctrico y óptico así como también el estándar (óptico) SONET OC-3. En la figura N° 18 se muestra la el equipo de radio mencionado, con las partes que lo conforman.

Las características principales de este equipo se nombran a continuación:

- ✓ Capacidad para manejo de tráfico de 155 Mbit/s, tanto para interfaces ópticas como eléctricas.
- ✓ El Radio y la antena forman un sistema integrado externo
- ✓ Sistema de alta ganancia y de utilización del espectro con un avanzado proceso de modulación y codificación.
- ✓ Interfaces estandarizadas
- ✓ Bajo peso y bajo consumo de energía
- ✓ Web basado en *local craft terminal* (LCT)
- ✓ Facilidades de gestión remota desde un elemento de gestión genérico equipado con interfaces SNMP
- ✓ Maneja dos tipos de modulación: 16 QAM MMU 155/16 y 128 QAM MMU 155/128

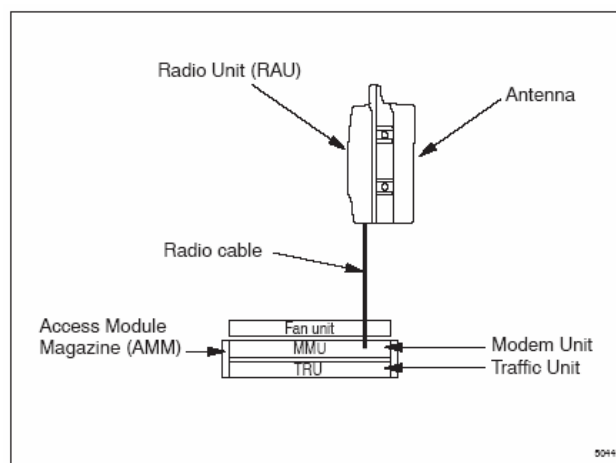


Figura N° 18. Equipo de Radio SDH.

El equipo de radio se encuentra dividido en dos módulos, un módulo interno y un módulo externo. El módulo interno está formado por las siguientes unidades:

- ✓ Unidad de Modem (MMU): La unidad de Modem es la interfaz con la unidad de radio y contiene el modulador/demodulador. Modula la señal digital STM-1/OC-3 en una señal analógica para la transmisión en microondas.
- ✓ Unidad de tráfico (TRU): La unidad de tráfico genera y termina la señal de tráfico STM-1/OC-3. También ejerce funciones de conmutación de protección usado para la configuración de protección de Terminal.
- ✓ Compartimiento de acceso (AMM): Dentro del AMM se encuentran las MMU(s) y las TRU(s). Provee además las conexiones eléctricas a través de un *Backplane*. En el *backplane* se conecta el tráfico, distribuye la energía y contiene el bus del procesador para intercambio de la comunicación interna. Se ajusta en gabinetes de 19". Uno o dos terminales pueden estar integrados en un solo AMM.
- ✓ Unidad de ventilación: Una unidad de ventilación siempre se coloca en la parte superior del AMM para garantizar suficiente enfriamiento.

Los terminales de estos equipos pueden ser configurados para soportar una combinación de tráfico Ethernet y E1 sobre un enlace o sobre una red. La solución provee interfaces 4x10BaseT/100BaseTX LAN y 4xE1, G.703

El módulo externo esta formado por las siguientes unidades:

- ✓ Unidad de Radio (RAU): La unidad de radio genera la señal RF a partir de la señal que se transmite por el cable de radio. Desde el punto de vista del receptor, recibe la señal RF y la adapta para transportarla por el cable de radio.
- ✓ Antena: La antena compacta combina alto rendimiento con mínima visibilidad externa. La antena es instalada normalmente integrada con el RAU, pero también se puede realizar una instalación separada. Las antenas están disponibles en un rango comprendido entre 0.2m hasta 3.7m de diámetro.

- ✓ Cable de Radio: El cable de radio, el cual conecta el RAU con el MMU, es un cable coaxial que transporta tráfico full-duplex, fuente de voltaje DC y tráfico de servicio, así como también los datos de operación y mantenimiento.
- ✓ Divisor de energía: El divisor de energía (*power splitter*) es usado en sistemas configurados en 1+1, conectando dos unidades de radio con una antena. El divisor de energía esta disponible en versiones simétricas así como asimétricas.

Como se dijo anteriormente, el equipo posee capacidad de manejar tráfico SDH, específicamente STM-1 tanto eléctrico como óptico y tráfico bajo el estándar SONET (OC-3 óptico). Por otra parte, maneja tráfico a nivel de tributarios (1.5/2 Mbit/s). Posee puertos para canales de servicio V.11 (64 Kbit/s) y G.703 (64 Kbit/s).

4.2 Esquema general de Conexión

La integración de los equipos de radio mas el equipo de multiplexión/cross conector se muestra en la Figura N° 19. Detallando un poco el funcionamiento del esquema, tenemos que los tributarios se conectan al Equipo A. Estos tributarios llegan al equipo a través de enlaces de menor capacidad, ya sea 34 Mbit/s, 16 Mbit/s o 8 Mbit/s. Una vez conectados al equipo, éste se encarga de multiplexar los mismos y los introduce “mapea” dentro de la trama SDH. Una vez formada dicha trama con los respectivos byte de control, supervisión, etc., se conecta a través de un puerto STM-1 al equipo de radio donde es modulado para ser transmitido vía microondas, hasta llegar el equipo de radio en el lado B, que se conecta a su vez con el respectivo equipo que puede demultiplexar la señal a nivel de tributarios, o entregarla a nivel de STM-1 a otro equipo por ejemplo un equipo CANTV como se presenta en algunos casos en la red.

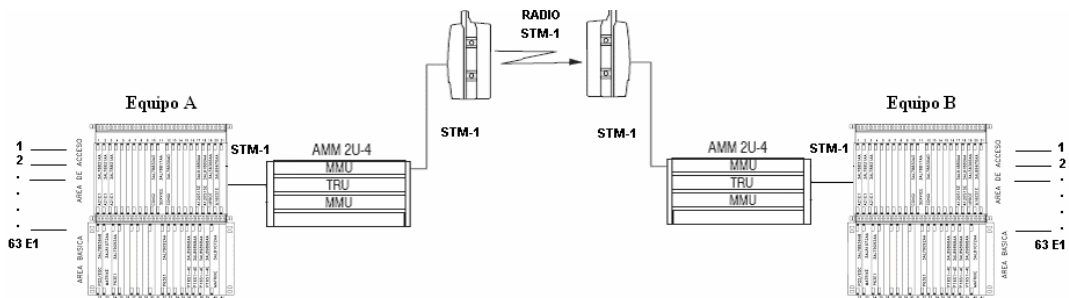


Figura N° 19. Esquema general de conexión

4.3 Estructura de la nueva red de transmisión.

En vista de las necesidades ya antes estudiadas en relación a la demanda de tráfico por sitio, se planificó una nueva red que cumpliera con las mismas. Se buscó ampliar la capacidad de los enlaces actualmente existente, con la instalación de equipos de mayor capacidad. Las características del equipo ya fueron presentadas en el marco teórico. A continuación se detallan las características de cada equipo a instalar en cuanto a tarjetas de manejo de tráfico E1 y de niveles superior (STM-1, STM-4, STM-16).

Para cada sitio se pidió un equipo con características diferentes en cuanto al número de tarjetas, debido a que las exigencias en cada sitio difieren entre si. El dimensionamiento se ajustó de cada equipo a la zona al cual fue destinado. En la Tabla N° 7 se muestra el dimensionamiento en cada nodo.

Tabla N° 7. Dimensionamiento de los equipos SDH

Nodo / Sitio	Tipo de tráfico	Cantidad de puertos.
A	STM-16	2
	STM-4	2
	STM-1e	12
	STM-1o	8
	E1	126
A-1	STM-1e	16
	STM-1o	16
	E1	126

Nodo / Sitio	Tipo de tráfico	Cantidad de puertos.
A-2	STM-4	8
	STM-1e	16
	STM-1o	16
	E1	252
A-3	STM-1e	16
	STM-1o	16
	E1	126
A-4	STM-1e	16
	E1	63
A-5	STM-1e	16
	STM-1o	16
	E1	126
A-7	STM-1e	16
	STM-1o	12
	E1	63
A-9	STM-1e	16
	STM-1o	16
	E1	63
A-10	STM-1e	16
	STM-1o	16
	E1	63
A-11	STM-1e	16
	E1	63
A-12	STM-1e	16
	STM-1o	12
	E1	126
B	STM-1e	16
	STM-1o	16
	E1	126
B-1	STM-1e	16
	E1	126
B-2	STM-1e	16
	E1	63

El esquema de la nueva red de transmisión se muestra en la Figura N° 20, donde se puede apreciar los distintos enlaces que conforman dicha red. Como se puede observar, existen distintos tipos de enlaces, eléctricos y ópticos. En primera instancia se realizó una evaluación general en los distintos puntos de manera tal de precisar la factibilidad de llevar todo el tráfico agrupado a través de enlaces CANTV. Con esto no sería necesario la instalación de radios en dichos sitios. Sin embargo, por la dificultad presente en distintos puntos en cuanto a la topología del terreno,

indisponibilidad de enlaces STM-1 CANTV etc., se produjo la necesidad de plantear enlaces de radio STM-1. Considerando todos estos factores, se estructuró la nueva red de transmisión.

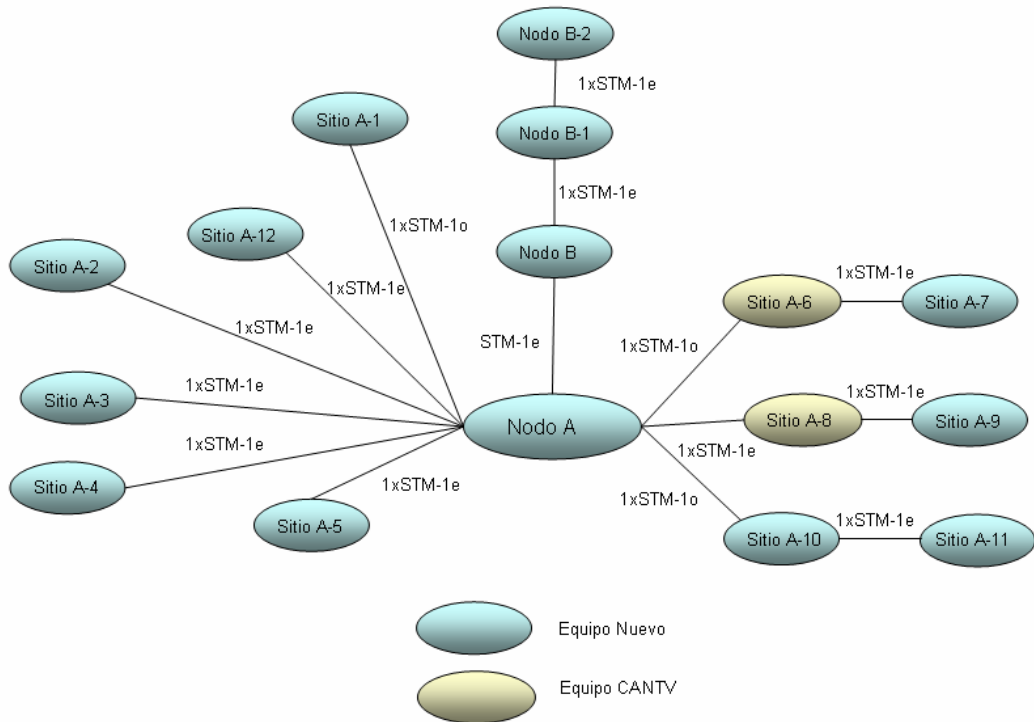


Figura N° 20. Esquema de la nueva red Tx MOVILNET.

Es de hacer notar que cada uno de estos sitios posee la infraestructura necesaria para instalar estos equipos, es decir, espacio en torres ya existentes, espacio disponible en Shelter o sitios CANTV para ubicar los equipos, disponibilidad de energía, etc., por lo que no se requiere una inversión adicional.

4.4 Cálculos de enlaces microondas de la red SDH.

Las bandas de frecuencia en las que opera MOVILNET dependen de la distancia del enlace. Para ello, dispone de tres bandas de frecuencia. Para enlaces de

poco alcance (menores a 3 Km)., utilizan la banda de 23 Ghz; para enlaces de mediano alcance (hasta los 10 Km), utilizan la banda de 15 Ghz y para enlaces mayores de 10 Km. utilizan la banda de los 7 Ghz. Esto puede variar dependiendo de la disponibilidad en el sitio de la banda a usar, etc. Para los enlaces de microondas de la nueva red, se utilizaron las bandas de 7 y 15 Ghz.

Los cálculos de todos los enlaces de microondas fueron simulados a través del programa PATH LOSS versión 4.0. Este programa es el utilizado en MOVILNET para trazar los perfiles y simular las condiciones necesarias para establecer un enlace de microondas entre dos puntos. Para la simulación de los enlaces, se tomaron en cuenta ciertos parámetros iniciales, que son fijados bajo el criterio de la empresa y siguiendo las recomendaciones de la UIT (ITU-R P.530-7). Estos se muestran a continuación:

- ✓ 100 % de despeje para el primer elipsoide de Fresnel y un factor $K=4/3$
- ✓ Confiabilidad del enlace mayor o igual al 99.999%
- ✓ Potencia de salida 25 dBm
- ✓ Potencia de recepción ubicada entre -30 dBm y -40 dBm para un margen de desvanecimiento alrededor de los 40 dB.
- ✓ Polarización: Vertical

En base a estos parámetros iniciales se realizó el análisis por sitio usando la herramienta PATH LOSS. Los resultados de las mismas incluyendo el reporte completo de la simulación y el perfil de cada sitio se encuentran en el ANEXO N° 1 y N° 2. No hizo falta aplicar ningún tipo de diversidad, debido a que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los márgenes en los criterios ya mencionados. A continuación se muestra los resultados más importantes de cada evaluación:

a) Enlace SITIO A-1 – NODO A: En este nodo no es necesario instalar equipos de radio para un enlace STM-1, debido al tendido de fibra óptica existente en el lugar. Ya se tiene aprobación de STM-1o en el sitio a través de la fibra CANTV.

b) Enlace SITIO A-2 – NODO A: Se instalará un equipo de radio microondas SDH. Se dispone de una torre de 72 m en el sitio A-2 y una torre de 20 m en el Nodo A. La distancia del enlace es de 6.93 Km. Se consideró trabajar en la banda de 7 Ghz.

Tabla N° 8. Resultados enlace SITIO A-2 – NODO A

Potencia de tx	25 dBm
Ganancia Antena	36.6 dBi
Diámetro de la antena	1.2m
Altura Antena Tx	33m
Altura Antena Rx	5m
Umbral de recepción	-73.5 dBm
Señal Recibida	-33.25 dBm
Disponibilidad anual	99.99998 %

c) Enlace SITIO A-3 – NODO A: Se instalará un equipo de radio microondas SDH. Se dispone de una torre de 72 m en el sitio A-3 y una torre de 20 m en el Nodo A. La distancia del enlace es de 7.9 Km. Se consideró trabajar en la banda de 7 Ghz.

Tabla N° 9. Resultados enlace SITIO A-3 – NODO A

Potencia de tx	25 dBm
Ganancia Antena	36.6 dBi
Diámetro de la antena	1.2 m
Altura Antena Tx	61.5m
Altura Antena Rx	10m
Umbral de recepción	-73.5 dBm
Señal Recibida	-34.4 dBm
Disponibilidad anual	99.99995 %

d) Enlace SITIO A-4 – NODO A: Se instalará un equipo de radio microondas SDH. Se dispone de una torre de 42 m en el sitio A-4 y una torre de 20 m en el Nodo A. La distancia del enlace es de 48.49 Km. Se consideró trabajar en la banda de 7 Ghz.

Tabla N° 10. Resultados enlace SITIO A-4 – NODO A

Potencia de tx	25 dBm
Ganancia Antena	43 dBi
Diámetro de la antena	2.4m
Altura Antena Tx	35m
Altura Antena Rx	20m
Umbral de recepción	-73.5 dBm
Señal Recibida	-35.74 dBm
Disponibilidad anual	99.99928 %

e) Enlace SITIO A-5 – NODO A: En este nodo no es necesario instalar equipos de radio para un enlace STM-1, debido al tendido de fibra óptica existente en el lugar. La Conexión hasta el nodo A se realizará por el anillo de larga distancia de CANTV.

f) Enlace SITIO A-7 – SITIO A-6: Se instalará un equipo de radio microondas SDH. Se dispone de una torre de 72 m en el sitio A-7 y una torre de 18 m en el Sitio A-6. La distancia del enlace es de 1.62 Km. Se consideró trabajar en la banda de 15 Ghz debido a que se presentaba mayor atenuación en la banda de 23 Ghz y por lo tanto el nivel de potencia recibida no se encontraba dentro de los límites ya antes mencionados.

Tabla N° 11. Resultados enlace SITIO A-7 – SITIO A-6

Potencia de tx	25 dBm
Ganancia Antena	35.5 dBi
Diámetro de la antena	0.6m
Altura Antena Tx	50m
Altura Antena Rx	10m
Umbral de recepción	-73.5 dBm
Señal Recibida	-38.45 dBm
Disponibilidad anual	99.99938 %

g) Enlace SITIO A-9 – SITIO A-8: Se instalará un equipo de radio microondas SDH. Se dispone de una torre de 54 m en el sitio A-9 y una torre de 20 m en el Sitio A-8. La distancia del enlace es de 1.57 Km. De igual forma se consideró trabajar en la banda de 15 Ghz debido a que se presentaba mayor atenuación en la banda de 23

Ghz y por lo tanto el nivel de potencia recibida no se encontraba dentro de los límites establecidos.

Tabla N° 12. Resultados enlace SITIO A-9 – SITIO A-8

Potencia de tx	25 dBm
Ganancia Antena	35.5 dBi
Diámetro de la antena	0.6m
Altura Antena Tx	45m
Altura Antena Rx	15m
Umbral de recepción	-73.5 dBm
Señal Recibida	-38.15 dBm
Disponibilidad anual	99.99911 %

h) Enlace SITIO A-11 – SITIO A-10: Se instalará un equipo de radio microondas SDH. Se dispone de una torre de 51 m en el sitio A-11 y una torre de 24 m en el Sitio A-10. La distancia del enlace es de 14.11 Km. Se consideró trabajar en la banda de 7 Ghz.

Tabla N° 13. Resultados enlace SITIO A-11 – SITIO A-10

Potencia de tx	25 dBm
Ganancia Antena	40.6 dBi
Diámetro de la antena	1.8m
Altura Antena Tx	45m
Altura Antena Rx	15m
Umbral de recepción	-73.5 dBm
Señal Recibida	-32.13dBm
Disponibilidad anual	99.9997 %

i) Enlace SITIO A-12 – NODO A: En este nodo no es necesario instalar equipos de radio para un enlace STM-1 debido a que ya existe un enlace SMT-1 en el lugar y además existe tendido de fibra óptica en el lugar.

j) Enlace NODO B – NODO A: En este nodo no es necesario instalar equipos de radio para un enlace STM-1, debido al tendido de fibra óptica existente en el lugar. La Conexión hasta el nodo A se realizará por el anillo de larga distancia de CANTV.

k) Enlace SITIO B-1 – NODO B: Se instalará un equipo de radio microondas SDH. Se dispone de una torre de 66 m en el sitio B-1 y una torre de 72 m en el Nodo B. La distancia del enlace es de 8.14 Km. Se consideró trabajar en la banda de 7 Ghz.

Tabla N° 14. Resultados enlace SITIO B-1 – NODO B

Potencia de tx	25 dBm
Ganancia Antena	36.6 dBi
Diámetro de la antena	1.2m
Altura Antena Tx	50m
Altura Antena Rx	61.5m
Umbral de recepción	-73.5 dBm
Señal Recibida	-34.67 dBm
Disponibilidad anual	99.99995 %

l) Enlace SITIO B-2 – SITIO B-1: Se instalará un equipo de radio microondas SDH. Se dispone de una torre de 54 m en el sitio B-2 y una torre de 66 m en el sitio B-1. La distancia del enlace es de 22,79 Km. Se consideró trabajar en la banda de 7 Ghz.

Tabla N° 15. Resultados enlace SITIO B-2 – SITIO B-1

Potencia de tx	25 dBm
Ganancia Antena	40.6 dBi
Diámetro de la antena	1.8m
Altura Antena Tx	45m
Altura Antena Rx	25m
Umbral de recepción	-73.5 dBm
Señal Recibida	-33.74 dBm
Disponibilidad anual	99.99971 %

En el anexo 3 se encuentran los cálculos realizados para la potencia recibida en cada uno de los enlaces anteriores, en el cual se verifican los resultados obtenidos a través de las simulaciones.

4.5 Canalización en las bandas de operación.

Dentro de la banda de 7 Ghz se utiliza la subbanda comprendida entre las frecuencias de 7.425 Ghz - 7.725 Ghz. La distribución de los canales en la subbanda

se realizó bajo la recomendación 385-7 de la UIT-R [9]. En ella se establece una frecuencia central 7,575 Ghz, con una separación entre canales de 28 Mhz, entre otras especificaciones. En base a lo especificado en la recomendación, el plan de canales para esa subbanda, se muestra en la tabla N° 16.

Tabla N° 16. Plan de canales en la subbanda 7.425 Ghz - 7.725 Ghz

PORTADORA DE Tx	FRECUENCIA (MHz)	PORTADORA DE Rx	FRECUENCIA (MHz)
1	7442	1'	7596
2	7470	2'	7624
3	7498	3'	7652
4	7526	4'	7680
5	7554	5'	7708

Dentro de la banda de 15 Ghz se utiliza la subbanda comprendida entre las frecuencias de 14.5 Ghz – 15.35 Ghz. La distribución de los canales en la subbanda se realizó bajo la recomendación 636-3 de la UIT-R [10]. En base a lo especificado en la recomendación, el plan de canales para esa subbanda, se muestra en la tabla N° 17.

Tabla N° 17. Plan de canales en la subbanda 14.5 Ghz – 15.35 Ghz.

PORTADORA DE Tx	FRECUENCIA (MHz)	PORTADORA DE Rx	FRECUENCIA (MHz)
1	14515	1'	14935
2	14543	2'	14963
3	14571	3'	14991
4	14599	4'	15019
5	14627	5'	15047
6	14655	6'	15075
7	14683	7'	15103
8	14711	8'	15131
9	14739	9'	15159
10	14767	10'	15187
11	14795	11'	15215
12	14823	12'	15243
13	14851	13'	15271
14	14879	14'	15299
15	14907	15'	15327

La selección del canal dentro de cada subbanda, se realizó en base al estudio de interferencia que se muestra en los puntos siguientes del capítulo.

4.6 Estudio de interferencia en las bandas de operación

Con el fin de seleccionar el canal óptimo para cada enlace es necesario a partir de la canalización en las subbandas a utilizar, realizar un estudio de interferencia para evitar así perturbaciones en un canal seleccionado que pueda poner en riesgo la disponibilidad del enlace. Los estudios de interferencia a realizar son los siguientes:

- ✓ Interferencia por canal imagen.
- ✓ Interferencia por productos de intermodulación.
- ✓ Interferencia del oscilador de desplazamiento.

4.6.1 Interferencia por canal imagen

Para el cálculo de la interferencia por canal imagen se utilizará la siguiente relación:

$$f_{imagen} = f_n + 2 \cdot F.I.$$

Donde f_n es la frecuencia de la portadora y F.I. es la frecuencia intermedia en MHz.

Tabla N° 18. Frecuencia Imagen en la banda de 7 Ghz

FRECUENCIA PORTADORA (MHz)		FRECUENCIA IMAGEN (MHz)	
f_1	7442	fi_1	7582
f_2	7470	fi_2	7610
f_3	7498	fi_3	7638
f_4	7526	fi_4	7666
f_5	7554	fi_5	7694

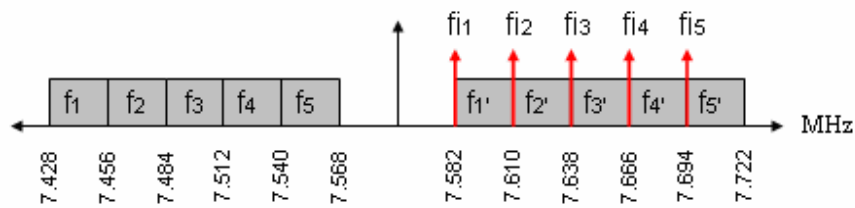


Figura N° 21. Frecuencia Imagen en la banda de 7 Ghz

Como se puede apreciar en la Figura N° 21 la frecuencia por canal imagen se encuentra ubicada entre dos portadoras consecutivas por lo que su efecto en la banda usada es mínimo. De igual forma se realizó el análisis para la banda de 15 Ghz a utilizar

Tabla N° 19. Frecuencia Imagen en la banda de 15 Ghz

FRECUENCIA PORTADORA (MHz)		FRECUENCIA IMAGEN (MHz)		FRECUENCIA' PORTADORA (MHz)		FRECUENCIA' IMAGEN (MHz)	
f ₁	14515	fi ₁	14655	f _{1'}	14935	fi _{1'}	15075
f ₂	14543	fi ₂	14683	f _{2'}	14963	fi _{2'}	15103
f ₃	14571	fi ₃	14711	f _{3'}	14991	fi _{3'}	15131
f ₄	14599	fi ₄	14739	f _{4'}	15019	fi _{4'}	15159
f ₅	14627	fi ₅	14767	f _{5'}	15047	fi _{5'}	15187
f ₆	14655	fi ₆	14795	f _{6'}	15075	fi _{6'}	15215
f ₇	14683	fi ₇	14823	f _{7'}	15103	fi _{7'}	15243
f ₈	14711	fi ₈	14851	f _{8'}	15131	fi _{8'}	15271
f ₉	14739	fi ₉	14879	f _{9'}	15159	fi _{9'}	15299
f ₁₀	14767	fi ₁₀	14907	f _{10'}	15187	fi _{10'}	15327
f ₁₁	14795	fi ₁₁	14935	f _{11'}	15215	fi _{11'}	15355
f ₁₂	14823	fi ₁₂	14963	f _{12'}	15243	fi _{12'}	15383
f ₁₃	14851	fi ₁₃	14991	f _{13'}	15271	fi _{13'}	15411
f ₁₄	14879	fi ₁₄	15019	f _{14'}	15299	fi _{14'}	15439
f ₁₅	14907	fi ₁₅	15047	f _{15'}	15327	fi _{15'}	15467

4.6.2 Interferencia por productos de intermodulación.

Para determinar la interferencia por producto de intermodulación se recurrirá a la siguiente formula:

$$F.I. = f_h - f_n$$

Donde f_h es la frecuencia heterodina, la cual deberá caer entre dos portadoras para evitar la posible interferencia en la banda utilizada.

Tabla N° 20. Frecuencia Heterodina en la banda de 7 Ghz

FRECUENCIA PORTADORA (MHz)	FRECUENCIA HETERODINA (MHz)	FRECUENCIA' PORTADORA (MHz)	FRECUENCIA' HETERODINA (MHz)
f_1	7442	fh_1	7512
f_2	7470	fh_2	7540
f_3	7498	fh_3	7568
f_4	7526	fh_4	7596
f_5	7554	fh_5	7624
		1'	7596
		2'	7624
		3'	7652
		4'	7680
		5'	7708
		$fh_{1'}$	7666
		$fh_{2'}$	7694
		$fh_{3'}$	7722

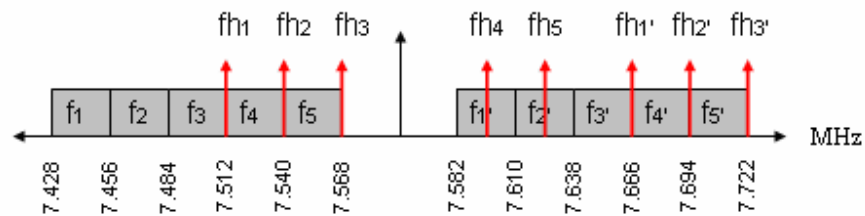


Figura N° 22. Frecuencia Heterodina en la banda de 7 Ghz

Como se puede observar del análisis anterior, al usar los canales 4 o 5, no se podrán utilizar los canales 1' o 2' ya que tendría un efecto perjudicial en los canales de recepción. De igual forma se realizó el análisis para la banda de 15 Ghz a utilizar

Tabla N° 21. Frecuencia Heterodina en la banda de 15 Ghz

FRECUENCIA PORTADORA (MHz)	FRECUENCIA HETERODINA (MHz)	FRECUENCIA' PORTADORA (MHz)	FRECUENCIA' HETERODINA (MHz)
f_1	14515	fh_1	14585
f_2	14543	fh_2	14613
f_3	14571	fh_3	14641
f_4	14599	fh_4	14669
f_5	14627	fh_5	14697
f_6	14655	fh_6	14725
f_7	14683	fh_7	14753
f_8	14711	fh_8	14781
f_9	14739	fh_9	14809
		$f_{1'}$	14935
		$f_{2'}$	14963
		$f_{3'}$	14991
		$f_{4'}$	15019
		$f_{5'}$	15047
		$f_{6'}$	15075
		$f_{7'}$	15103
		$f_{8'}$	15131
		$f_{9'}$	15159
		$fh_{1'}$	15005
		$fh_{2'}$	15033
		$fh_{3'}$	15061
		$fh_{4'}$	15089
		$fh_{5'}$	15117
		$fh_{6'}$	15145
		$fh_{7'}$	15173
		$fh_{8'}$	15201
		$fh_{9'}$	15229

FRECUENCIA PORTADORA (MHz)		FRECUENCIA HETERODINA (MHz)		FRECUENCIA' PORTADORA (MHz)		FRECUENCIA' HETERODINA (MHz)	
f_{10}	14767	fh_{10}	14837	f_{10}'	15187	fh_{10}'	15257
f_{11}	14795	fh_{11}	14865	f_{11}'	15215	fh_{11}'	15285
f_{12}	14823	fh_{12}	14893	f_{12}'	15243	fh_{12}'	15313
f_{13}	14851	fh_{13}	14921	f_{13}'	15271	fh_{13}'	15341
f_{14}	14879	fh_{14}	14949	f_{14}'	15299	fh_{14}'	15369
f_{15}	14907	fh_{15}	14977	f_{15}'	15327	fh_{15}'	15397

4.6.3 Interferencia del oscilador de desplazamiento

Para determinar el tipo de Interferencia por oscilador de desplazamiento se recurre a la siguiente formula

$$n = \frac{FC}{\Delta f}$$

Donde n es un número entero e indica el número del armónico, FC es la frecuencia central de la banda y Δf es la separación entre el canal de transmisión y el canal de recepción. Entonces

$$n = \frac{7.575}{154} = 49.18$$

Como n es un numero entero, entonces para $n=49$ y $n=50$ se obtienen las frecuencias por oscilador de desplazamiento para dichos armónicos.

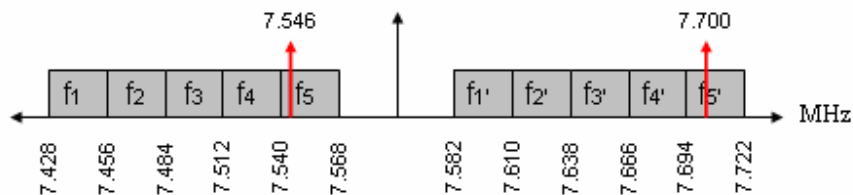


Figura N° 23. Frecuencia por desplazamiento del oscilador en la banda de 7 Ghz

Como se puede observar el canal perjudicado por este tipo de interferencia es el canal N° 5. De igual forma realizando el mismo análisis para la banda de 15 Ghz obtenemos que $n = \frac{14.925}{420} = 35.53$ Como n es un numero entero, entonces para $n=35$ y $n=36$ se obtienen las frecuencias por oscilador de desplazamiento para dichos armónicos (FC = 14.700 Ghz, FC = 15.120 Ghz), por lo tanto el canal N° 8 podría presentar este tipo de interferencia. Ahora para seleccionar las frecuencias respectivas para cada enlace, se debe verificar con los enlaces existentes, la zona de interferencia que pudiera existir con la banda a utilizar, es decir, las frecuencias que pudieran causar inconvenientes con las frecuencias de la banda seleccionada. El estudio realizado se muestra en el anexo 4, donde se especifica las frecuencias utilizadas actualmente en cada sitio. En base a dichas tablas, se seleccionaron las frecuencias para cada uno de los enlaces, esto se muestra a continuación.

Tabla N° 22. Frecuencias seleccionadas para los enlaces SDH

ENLACE	BANDA (GHz)	FRECUENCIA SELECCIONADA GHz (Tx – Rx)
Sitio A-2 – Nodo A	7	7.526 – 7.680
Sitio A-3 – Nodo A	7	7.498 – 7.652
Sitio A-4 – Nodo A	7	7.470 – 7.624
Sitio A-7 – Sitio A-6	15	14.515 – 14.935
Sitio A-9 – Sitio A-8	15	14.543 – 14.963
Sitio A-11 – Sitio A-10	7	7.596 – 7.442
Sitio B-1 – Nodo B	7	7.498 – 7.652
Sitio B-2 – Sitio B-1	7	7.470 – 7.624

Vale destacar que los Sitios denominados como B se encuentran en el estado Nueva Esparta, por lo que la selección de las frecuencias en dichos sitios no interfiere con las frecuencias seleccionadas para los sitios denominados como A.

4.7 Calculo de Confiabilidad

El criterio usado para el cálculo de la confiabilidad esta basado en la recomendación IUT – R P.530-7 [11]. Éste se aplica en las simulaciones realizadas a través del programa PATHLOSS. El método establece que la probabilidad de desvanecimiento esta dada por

$$P = K * d^{3.6} * f^{0.89} * (1 + \varepsilon_p)^{-1.4} * 10^{\frac{Md}{10}}$$

Donde

K: factor geoclimatico para el peor mes de desvanecimiento y se calcula a través de la siguiente relación

$$K = 5 * 10^{-7} * 10^{-0.1*(3+Co)} * 10^{1.5}$$

d: longitud del trayecto

f: frecuencia (Ghz)

ε_p : Inclinación del terreno (miliradianes)

Md: Margen de desvanecimiento

Co: constante que depende de las características del terreno.

En base a la ecuación de probabilidad, se calculó la confiabilidad del sistema para cada uno de los enlaces, el resultado se muestra en la tabla N° 23.

Tabla N° 23. Estudio de Confiabilidad.

ENLACE	CO	MD (dB)	K	ε_p (mrad)	CONFIABILIDAD (%)
Sitio A-2 – Nodo A	3.5	40.25	$3.5397 * 10^{-6}$	66.14	99.9999
Sitio A-3 – Nodo A	0	39.1	$7.9245 * 10^{-6}$	228.46	99.9999
Sitio A-4 – Nodo A	10.5	37.56	$7.062 * 10^{-7}$	17.72	99.9996
Sitio A-7 – Sitio A-6	0	34.85	$7.9245 * 10^{-6}$	1414.42	99.9999
Sitio A-9 – Sitio A-8	3.5	35.15	$3.5397 * 10^{-6}$	1094.69	99.9999
Sitio A-11 – Sitio A-10	10.5	41.37	$7.062 * 10^{-7}$	121.81	99.9999
Sitio B-1 – Nodo B	10.5	38.63	$7.062 * 10^{-7}$	80.946	99.9999
Sitio B-2 – Sitio B-1	10.5	39.76	$7.062 * 10^{-7}$	50.28	99.999986

4.8 Sincronización y Gestión de la red

La red será gestionada a través de la interfaz Q [5] del equipo a instalar en el NODO A, hacia el *Network Management System* del proveedor de los equipos. Para esto, debe ser asignado un puerto para conexión LAN en dicho sitio. Este nodo servirá como referencia de sincronización y gestión para el resto de los equipos a instalar. La gestión para los equipos restantes, se realizará a través de la cabecera de sección (*bytes D-1 a D-12*) de los respectivos enlaces STM-1.

La sincronización de la red se realizará a través del NODO A. Este equipo se sincronizará a través de un equipo *Time Provider* existente mediante una señal de 2 MHz. Los restantes equipos que conforman la red de transmisión serán sincronizados a través del *byte S1* de la cabecera de sección, de las respectivas conexiones STM-1

CAPITULO V

PROPUESTAS PARA ESQUEMAS DE PROTECCIÓN EN LA NUEVA RED DE TRANSMISIÓN

Una vez que ya se tiene diseñado la nueva red de transmisión de MOVILNET, y en vista que la cantidad de tráfico circulante por cada enlace será de gran magnitud, se debe buscar la forma mas efectiva de proteger los mismos, de manera que, si existe una interrupción en alguna parte de la red, sea posible enrutar el tráfico por otro enlace y así, seguir prestando el servicio sin interrupciones del mismo. Para ello es necesario diseñar unas rutas de protección, que garanticen lo anteriormente señalado. Por otra parte, además de establecer una ruta de protección, se requiere a su vez proteger los equipos de la red en caso de que algunos de los elementos que los integra llegaran a fallar. Esto se logra a través de una redundancia de los elementos que componen los equipos, esto es, integrar tarjetas que solo se utilizaran para protección en caso de una eventual falla.

5.1 Equipo SDH.

5.1.1 Protección de equipo.

El equipo a ser adquirido maneja protección de equipo EPS (*equipment Protect Switch*) para las tarjetas de bajo orden, es decir las tarjetas que manejan tráfico de baja velocidad, y protección para las de alto orden. A su vez existe redundancia para la tarjeta Matrix E que es la encargada de realizar las funciones de conexión de enlaces de bajo y alto orden, funciones de sincronización entre otros. En la Tabla N° 24 se muestra el esquema de protección asociado.

Tabla N° 24. Redundancia de elementos del equipo a adquirir.

TARJETAS DE TRÁFICO	ESQUEMA DE PROTECCIÓN	N° DE ESQUEMAS DE PROTECCIÓN	MODO
Matrix E	1+1	1	No reversivo
Puertos de baja velocidad (63x2 Mbits)	N+1 (Nmax = 6)	1	Reversivo
Puertos de alta velocidad STM-1e, STM-1 o	N+1 (Nmax = 15)	1 a 8	Reversivo

5.1.2 Protección de red.

Como ya se mencionó anteriormente el equipo maneja tres tipos de protección a nivel de red, estos son:

- ✓ Protección Lineal de Sección de multiplexación (M SP)
- ✓ Protección de Conexión de Subred (SNCP).
- ✓ Anillos de Protección Compartida de la Sección de Multiplexación (MS-SPRING)

5.2 Equipo de radio SDH.

Los equipos de radio pueden ser configurados con protección 1+1 como se puede observar en la figura N° 24. La configuración 1+1 esta formado por las siguientes unidades:

- ✓ Dos unidades RAUs y uno de los siguientes:
 - ✓ Dos Antenas
 - ✓ Una antena con un power splitter y dos guías de ondas
 - ✓ Una antena con un power splitter integrado (RAU2 L)
- ✓ Un modulo AMM 2U-4
- ✓ Dos unidades MMUs
- ✓ Una unidad de tráfico

- ✓ Dos cables de radio para conexión

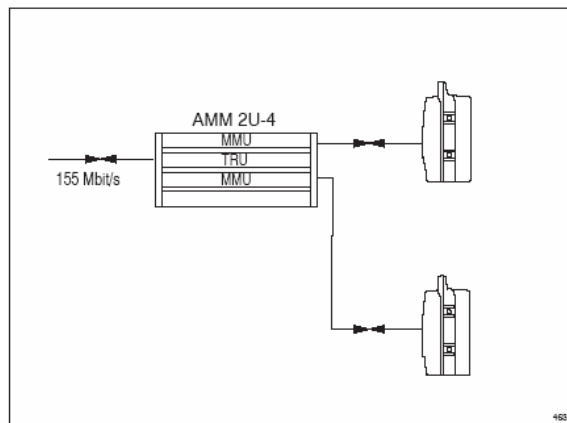


Figura N° 24. Configuración de Protección 1+1 para el equipo de radio SDH

A su vez, el equipo protegido 1+1 puede ser configurado de dos maneras:

- ✓ Configuración 1+1 *Hot Standby*: En la configuración 1+1 modo *hot standby*, un transmisor está funcionando mientras que el otro está en espera, esto es, no se encuentra transmitiendo pero está listo para transmitir, si el transmisor que se encuentra activo presenta alguna falla. Ambas unidades de radios RAUs reciben las señales. La unidad de tráfico TRU selecciona la mejor señal recibida según la lista de prioridad de alarma.
- ✓ Configuración 1+1 *Working Standby*: En el modo *Working Standby*, ambos enlaces de radios están activos en paralelo. La misma señal es transmitida a dos diferentes frecuencias y la unidad de Tráfico TRU selecciona la mejor señal recibida según la lista de prioridades de alarma.

5.3 Propuestas para la nueva red de transmisión de MOVILNET.

Los criterios utilizados para ubicar sitios o puntos en donde se pudiera establecer nuevos enlaces, se basan inicialmente en la búsqueda de sitios en donde MOVILNET tuviera la factibilidad por medio un enlace CANTV enrutar el tráfico y utilizar el enlace de radio antes diseñado como enlace de protección, debido a la mayor confiabilidad que puede ofrecer un enlace a través de fibra óptica, que un enlace de radio. A su vez, se buscaron sitios en donde MOVILNET tuviera radio bases instaladas, para evitar una mayor inversión como la instalación de torres etc. En base a esto, se trazaron los respectivos perfiles y se verificó si era factible establecer un enlace de microondas entre los sitios propuestos. El estudio se realizó caso por caso y se estableció una posible ruta de protección por cada enlace de tráfico. A continuación se muestra el estudio realizado.

a) SITIO A-1: El equipo a instalar en este sitio presentará la siguiente configuración en cuanto a protección:

- ✓ Tarjetas STM-1e con protección de Hardware (HPROT).
- ✓ Tarjetas STM-1o con protección APS 1+1.
- ✓ Tarjetas E1 63x2Mbps con protección de hardware 2+1.
- ✓ Tarjeta MATRIX E con protección 1+1 no reversivo.
- ✓ Redundancia en la sincronización debido a la redundancia de la tarjeta MATRIX E
- ✓ Tomas de -48 Vdc con protecciones 30 Ampere c/u

El enlace STM-1 propuesto inicialmente según el esquema de la nueva red de transmisión (Figura N° 20), se realizará a través de fibra CANTV (STM-1o) entre el SITIO A-1 y el NODO A. De hecho ya se tiene la disponibilidad de dos STM-1 en el sitio. El enlace STM-1 se establecerá a través del anillo SDH urbano de fibra óptica de CANTV como se muestra en la Figura N° 25, por lo tanto la protección

deberá estar garantizada por el mismo. El equipo a instalar, estará conectado al equipo CANTV a través de una conexión de fibra óptica.

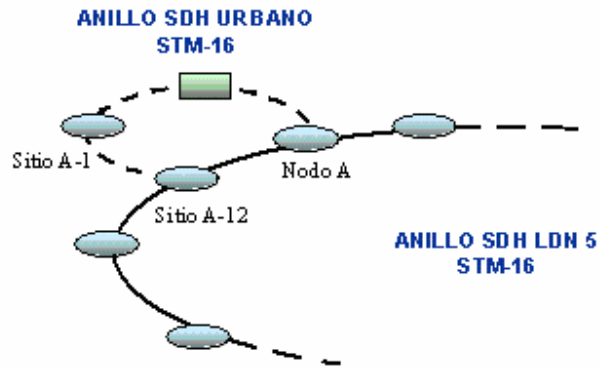


Figura N° 25. Protección para enlace STM-1 Sitio A-1

b) SITIO A-2: El equipo a instalar en este sitio presentará la siguiente configuración de protección:

- ✓ Tarjetas STM-1e con protección de Hardware (HPROT).
- ✓ Tarjetas STM-1o con protección APS 1+1.
- ✓ Tarjetas STM-4 con protección APS 1+1.
- ✓ Tarjetas E1 63x2Mbps con protección de hardware 2+1.
- ✓ Tarjeta MATRIX E con protección 1+1 no reversivo.
- ✓ Redundancia en la sincronización debido a la redundancia de la tarjeta MATRIX E
- ✓ Tomas de -48 Vdc con protecciones 30 Ampere c/u

Actualmente existe un radio STM-1 entre el SITIO A-2 y el NODO A. Dicho radio ya se encuentra al limite de su capacidad y de ahí surge la opción de establecer un segundo radio STM-1 entre dichos puntos. En vista de la aprobación de los 2 STM-1 en el SITIO A-1, se plantea la siguiente propuesta: En primer lugar

desahogar el tráfico que llega al SITIO A-2 utilizando el radio de 34 Mbit/s entre dicho sitio y el SITIO A-1. De esta manera se estaría liberando entre 20 y 30 E1 del enlace STM-1 existente.

De igual forma se propone cerrar un anillo de radio a través del SITIO A-3 la cual establecería la ruta SITIO A-2 – SITIO A-3 – NODO A, junto a los enlaces STM-1 actualmente existente entre el SITIO A-2 – NODO A y el SITIO A-2 – SITIO A-12. La protección quedaría establecida una vez formada el anillo propuesto, debido a que se tendría rutas alternativas en caso de una eventual falla en algunos de los enlaces. El esquema del enlace propuesto de protección se muestra en la Figura N° 26. Adicional a este radio ya existente entre el Sitio A-2 y el Nodo A, se propone instalar en lugar de un radio con capacidad de 1xSTM-1, uno con capacidad de manejo de 2xSTM-1. Esto permitirá disponer de un STM-1 para tráfico cuando el radio ya existente llegara al limite de capacidad y otro para protección, logrando así llevar todo el tráfico de alguno de los enlaces hacia el Nodo A en caso de falla.

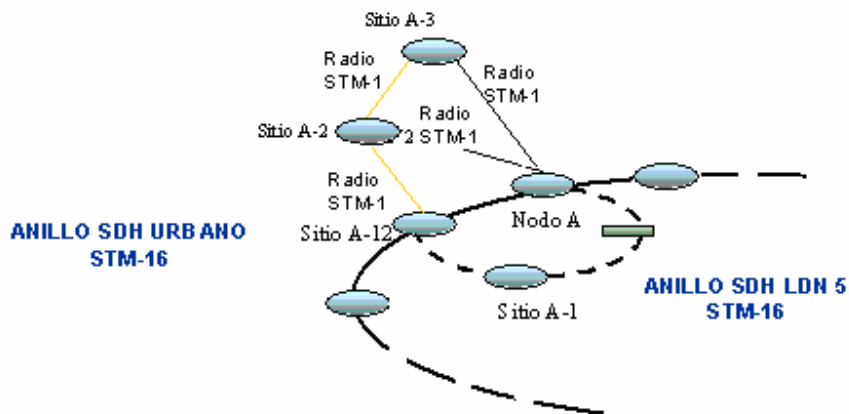


Figura N° 26. Protección para enlace STM-1 Sitio A-2

c) **SITIO A-3:** El equipo a instalar en este sitio presentará la siguiente configuración en cuanto a protección:

- ✓ Tarjetas STM-1e con protección de Hardware.(HPROT).
- ✓ Tarjetas STM-1o con protección APS 1+1.
- ✓ Tarjetas E1 63x2Mbps con protección de hardware 2+1.
- ✓ Tarjeta MATRIX E con protección 1+1 no reversivo.
- ✓ Redundancia en la sincronización debido a la redundancia de la tarjeta MATRIX E
- ✓ Tomas de -48 Vdc con protecciones 30 Ampere c/u

El enlace STM-1 propuesto inicialmente según el esquema de la nueva red de transmisión (Figura N° 20), se realizará a través un enlace de radio microondas STM-1e entre el SITIO A-3 y el NODO A. El enlace de protección propuesto esta formado por un enlace de radio STM-1e mencionado anteriormente entre SITIO A-3 – SITIO A-2. El esquema del enlace propuesto de protección se muestra en la Figura N° 27.

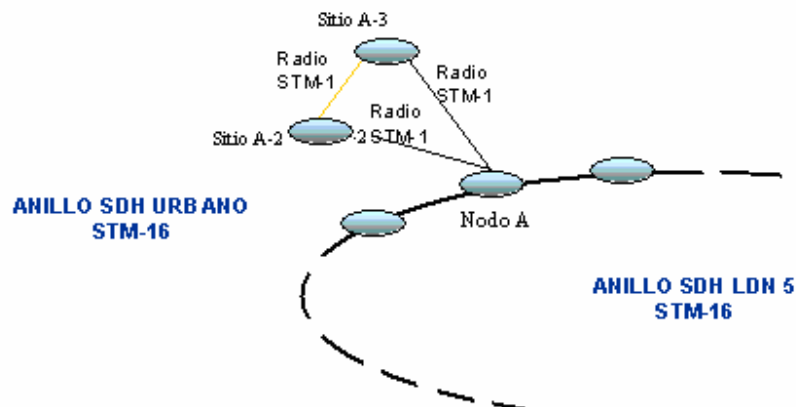


Figura N° 27. Protección para enlace STM-1 Sitio A-3

Adicionalmente se maneja la propuesta de establecer una ruta de radios 2xSTM-1 de protección desde el SITIO A-9 hasta el NODO A, esta ruta estaría

conformada de la siguiente manera: SITIO A-9 - SITIO A-4 - SITIO A-3 - NODO A.
Mas adelante se hará referencia al mismo.

d) SITIO A-4: El equipo a instalar en este sitio presentará la siguiente configuración en cuanto a protección:

- ✓ Tarjetas STM-1e con protección de Hardware.(HPROT).
- ✓ Tarjetas E1 63x2Mbps con protección de hardware 2+1.
- ✓ Tarjeta MATRIX E con protección 1+1 no reversivo.
- ✓ Redundancia en la sincronización debido a la redundancia de la tarjeta MATRIX E
- ✓ Tomas de -48 Vdc con protecciones 30 Ampere c/u

El enlace STM-1 propuesto inicialmente según el esquema de la nueva red de transmisión (Figura N° 20), se realizará a través un enlace de radio microondas STM-1e entre el SITIO A-4 y el NODO A. El enlace de protección propuesto esta formado por un enlace de radio de 2xSTM-1e mencionado anteriormente entre SITIO A-4 – SITIO A-3. El esquema del enlace propuesto de protección se muestra en la Figura N° 28.

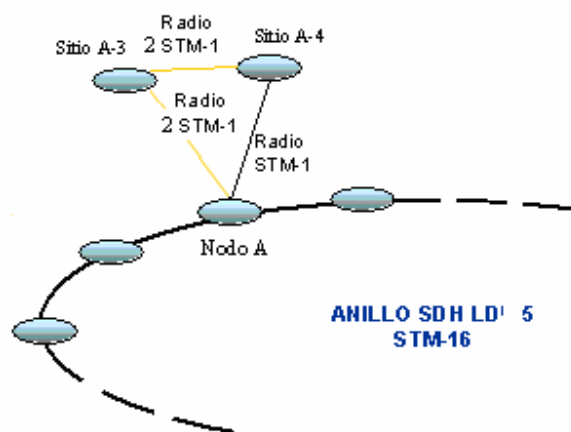


Figura N° 28. Protección para enlace STM-1 Sitio A-4

e) **SITIO A-5:** El equipo a instalar en este sitio presentará la siguiente configuración en cuanto a protección:

- ✓ Tarjetas STM-1e con protección de Hardware.(HPROT).
- ✓ Tarjetas STM-1o con protección APS 1+1.
- ✓ Tarjetas E1 63x2Mbps con protección de hardware 2+1.
- ✓ Tarjeta MATRIX E con protección 1+1 no reversivo.
- ✓ Redundancia en la sincronización debido a la redundancia de la tarjeta MATRIX E
- ✓ Tomas de -48 Vdc con protecciones 30 Ampere c/u

El enlace STM-1 propuesto inicialmente según el esquema de la nueva red de transmisión (Figura N° 20), se realizará a través de fibra CANTV (STM-1e) entre el SITIO A-5 y el NODO A. El enlace STM-1 entre estos dos puntos se realizará a través del anillo SDH urbano de fibra óptica de CANTV como se muestra en la figura N° 29, por lo tanto la protección deberá estar garantizada por el mismo.

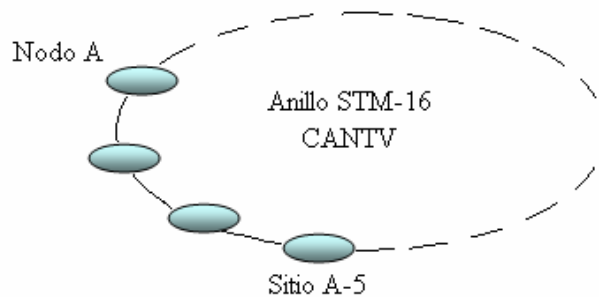


Figura N° 29. Protección para enlace STM-1 Sitio A-5

f) SITIO A-7: El equipo a instalar en este sitio presentará la siguiente configuración en cuanto a protección:

- ✓ Tarjetas STM-1e con protección de Hardware.(HPROT).
- ✓ Tarjetas STM-1o con protección APS 1+1.
- ✓ Tarjetas E1 63x2Mbps con protección de hardware 2+1.
- ✓ Tarjeta MATRIX E con protección 1+1 no reversivo.
- ✓ Redundancia en la sincronización debido a la redundancia de la tarjeta MATRIX E
- ✓ Tomas de -48 Vdc con protecciones 30 Ampere c/u

El enlace STM-1 propuesto inicialmente según el esquema de la nueva red de transmisión (Figura N° 20), se realizará a través un enlace de radio microondas STM-1e entre el SITIO A-7 y el SITIO A-6. En el SITIO A-6 se asignará un STM-1 por parte de CANTV para transmitir el tráfico a través del anillo SDH urbano de CANTV al Nodo A. El enlace de protección propuesto esta formado por un enlace de radio STM-1e entre SITIO A-7 – SITIO D. El esquema del enlace propuesto de protección se presenta en la Figura N° 30.

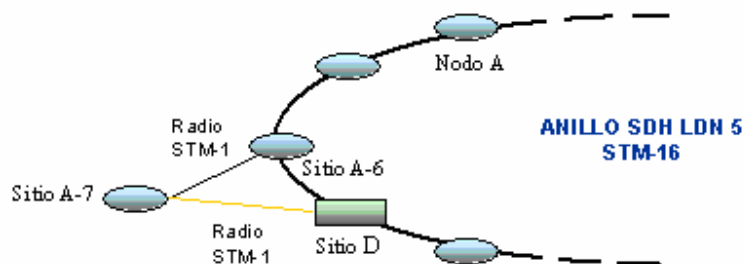


Figura N° 30. Protección para enlace STM-1 Sitio A-7

La ventaja de seleccionar el sitio D se encuentra en que este sitio forma parte del anillo SDH de CANTV, la cual facilitaría la ruta STM-1 hacia el NODO A.

La otra opción que se maneja es la siguiente: una vez puesta en funcionamiento el enlace STM-1 entre el SITIO A-7 y el SITIO A-6, todo el tráfico se concentraría en dicho enlace. Actualmente existe una ruta de radio de 34 Mbit/s entre el SITIO A-7 y el SITIO A-5 la cual quedaría disponible al entrar en funcionamiento el radio STM-1. Por lo tanto dicha ruta pudiera utilizarse para proteger el tráfico que se considere prioritario del enlace STM-1.

g) SITIO A-9: El equipo a instalar en este sitio presentará la siguiente configuración en cuanto a protección:

- ✓ Tarjetas STM-1e con protección de Hardware.(HPROT).
- ✓ Tarjetas STM-1o con protección APS 1+1.
- ✓ Tarjetas E1 63x2Mbps con protección de hardware 2+1.
- ✓ Tarjeta MATRIX E con protección 1+1 no reversivo.
- ✓ Redundancia en la sincronización debido a la redundancia de la tarjeta MATRIX E
- ✓ Tomas de -48 Vdc con protecciones 30 Ampere c/u

El enlace STM-1 propuesto inicialmente según el esquema de la nueva red de transmisión (Figura N° 20), se realizará a través un enlace de radio microondas STM-1e entre el SITIO A-9 y el SITIO A-8. En el SITIO A-8 se asignará un STM-1 por parte de CANTV para transmitir el tráfico a través del anillo SDH urbano de CANTV al Nodo A. El esquema del enlace propuesto de protección es el siguiente: establecer una ruta de radios de protección con capacidad de manejo de tráfico de dos STM-1 entre SITIO A-9 – SITIO A-4 – SITIO A-3 – NODO A como se observa en la Figura N° 31. Con esta ruta se protegería todo el tráfico proveniente de dicho sitio. Por ser un sitio remoto, a su vez se protegería de eventuales fallas en el nodo de concentración correspondiente al anillo de LDN de CANTV.

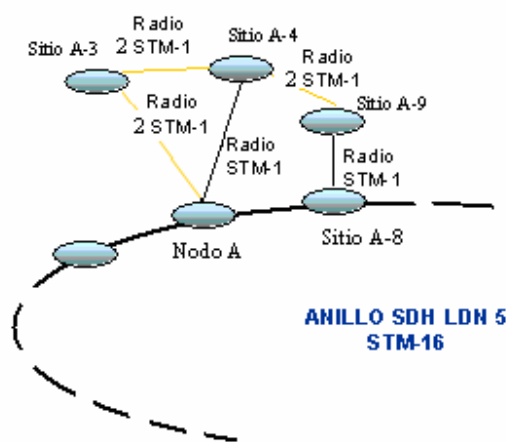


Figura N° 31. Protección para enlace STM-1 Sitio A-9

h) SITIO A-11: El equipo a instalar en este sitio presentará la siguiente configuración en cuanto a protección:

- ✓ Tarjetas STM-1e con protección de Hardware.(HPROT).
- ✓ Tarjetas E1 63x2Mbps con protección de hardware 2+1.
- ✓ Tarjeta MATRIX E con protección 1+1 no reversivo.
- ✓ Redundancia en la sincronización debido a la redundancia de la tarjeta MATRIX E
- ✓ Tomas de -48 Vdc con protecciones 30 Ampere c/u

El enlace STM-1 propuesto inicialmente según el esquema de la nueva red de transmisión (Figura N° 20), se realizará a través un enlace de radio microondas STM-1e entre el SITIO A-11 y el SITIO A-10. En el SITIO A-10 se asignará un STM-1 por parte de CANTV para transmitir el tráfico a través del anillo SDH urbano de CANTV al Nodo A. El enlace de protección propuesto esta formado por un enlace de radio STM-1e entre SITIO A-11 – SITIO C. El esquema del enlace propuesto de protección se presenta en la Figura N° 32.

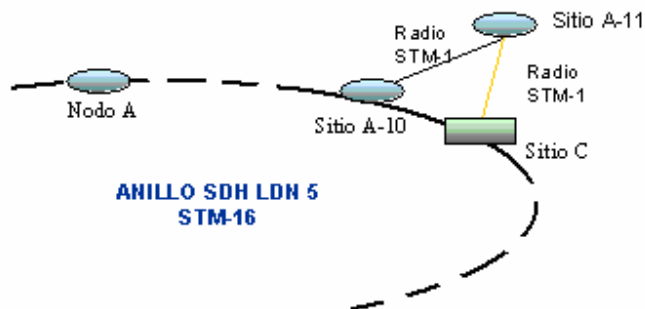


Figura N° 32. Protección para enlace STM-1 Sitio A-11

La ventaja de seleccionar el sitio E se encuentra en que este sitio, forma parte del anillo SDH de CANTV, la cual facilitaría la ruta STM-1 hacia el NODO A.

i) SITIO A-12: El equipo a instalar en este sitio presentará la siguiente configuración en cuanto a protección:

- ✓ Tarjetas STM-1e con protección de Hardware.(HPROT).
- ✓ Tarjetas STM-1o con protección APS 1+1.
- ✓ Tarjetas E1 63x2Mbps con protección de hardware 2+1.
- ✓ Tarjeta MATRIX E con protección 1+1 no reversivo.
- ✓ Redundancia en la sincronización debido a la redundancia de la tarjeta MATRIX E
- ✓ Tomas de -48 Vdc con protecciones 30 Ampere c/u

Actualmente existe un enlace de microondas SDH entre el SITIO A-12 y el NODO A. Al haber tendido de fibra entre estos dos puntos, existe disponibilidad de pedir un enlace STM-1 a través de fibra CANTV y utilizarlo como ruta principal de tráfico, y usar el enlace de radio existente como enlace de protección. Adicionalmente, como estos dos sitios forman parte del anillo SDH urbano y de larga distancia de CANTV bajo esta propuesta, la protección puede ser alcanzada a través

de dichos anillos. El esquema del enlace propuesto de protección se muestra en la Figura N° 33.

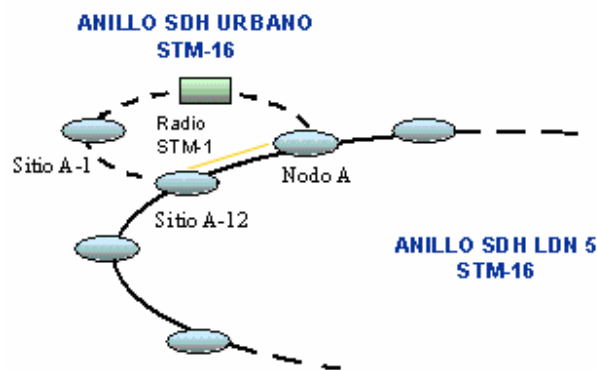


Figura N° 33. Protección para enlace STM-1 Sitio A-12

j) SITIO B: El equipo a instalar en este sitio presentará la siguiente configuración en cuanto a protección:

- ✓ Tarjetas STM-1e con protección de Hardware.(HPROT).
- ✓ Tarjetas STM-1o con protección APS 1+1.
- ✓ Tarjetas E1 63x2Mbps con protección de hardware 2+1.
- ✓ Tarjeta MATRIX E con protección 1+1 no reversivo.
- ✓ Redundancia en la sincronización debido a la redundancia de la tarjeta MATRIX E
- ✓ Tomas de -48 Vdc con protecciones 30 Ampere c/u

El enlace STM-1 propuesto inicialmente según el esquema de la nueva red de transmisión (Figura N° 20), se realizará a través de fibra CANTV (STM-1o) entre el NODO B y el NODO A. El enlace STM-1 entre estos dos puntos se realizará a través del anillo SDH de larga distancia de CANTV como se muestra en la figura N° 34, por lo tanto la protección deberá estar garantizada por el mismo.

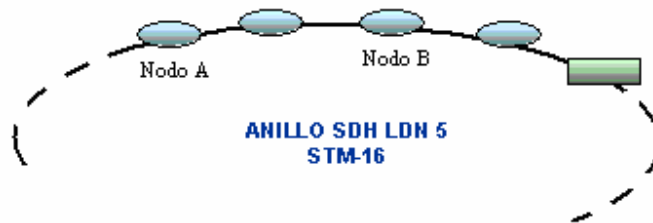


Figura N° 34. Protección para enlace STM-1 Nodo B

k) SITIO B-2: El equipo a instalar en este sitio presentará la siguiente configuración en cuanto a protección:

- ✓ Tarjetas STM-1e con protección de Hardware.(HPROT).
- ✓ Tarjetas E1 63x2Mbps con protección de hardware 2+1.
- ✓ Tarjeta MATRIX E con protección 1+1 no reversivo.
- ✓ Redundancia en la sincronización debido a la redundancia de la tarjeta MATRIX E
- ✓ Tomas de -48 Vdc con protecciones 30 Ampere c/u

El enlace STM-1 propuesto inicialmente según el esquema de la nueva red de transmisión (Figura N° 20), se realizará a través un enlace de radio microondas STM-1e entre el SITIO B-2 y el SITIO B-1. El inconveniente que surge de esta planificación radica en el hecho de que al trabajar a la máxima capacidad el STM-1 entre el SITIO B-2 y el SITIO B-1, ese tráfico no pudiera ser enrutado por el enlace entre el SITIO B-1 y el NODO B ya que al haber tráfico propio del SITIO B-1, impediría que se transmitiera todo el trafico de la ruta inicial. Debido a este inconveniente se trató de buscar soluciones a dicho problema. Esta se muestra a continuación:

Para la ruta principal de tráfico, se propone establecer un enlace de radio entre el SITIO B-1 y el sitio denominado como SITIO B-3. En dicho lugar existe un tendido de fibra óptica hacia el NODO B, por lo que pudiera utilizarse como ruta de tráfico.

La opción que se plantea consistiría en desviar el tráfico que inicialmente se tiene previsto transitar por el STM-1 entre el SITIO B-1 y el NODO B, a través de un radio STM-1 entre SITIO B-1 y el SITIO B-3. Luego por medio de fibra se transmitiría el tráfico al NODO B. Al enviar el tráfico del SITIO B-1 a través de la ruta propuesta, se pudiera mantener la ruta inicial de tráfico, esto es SITIO B-2 – SITIO B-1 – NODO B.

El enlace de protección propuesto esta formado por un enlace de radio STM-1e entre SITIO B-2 y el NODO B a través de 2 saltos de radio, es decir colocando dos puntos de repetición. Estos puntos de repetición estarían ubicados en radio bases ya existentes por lo que no sería necesario invertir en la construcción de torres e infraestructura. El esquema del enlace propuesto de protección se muestra en la figura N° 35.

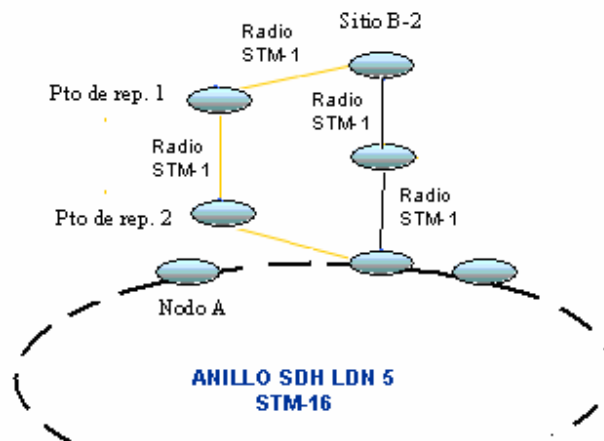


Figura N° 35. Protección para enlace STM-1 Sitio B-2

La otra opción de protección que se maneja estaría en los radios de 34 Mbit/s actualmente que se esta implementando entre la ruta que incluyen los puntos de repetición ya antes mencionados, realizando el estudio previo para priorizar el tráfico.

I) SITIO B-1: El equipo a instalar en este sitio presentará la siguiente configuración en cuanto a protección:

- ✓ Tarjetas STM-1e con protección de Hardware.(HPROT).
- ✓ Tarjetas E1 63x2Mbps con protección de hardware 2+1.
- ✓ Tarjeta MATRIX E con protección 1+1 no reversivo.
- ✓ Redundancia en la sincronización debido a la redundancia de la tarjeta MATRIX E
- ✓ Tomas de -48 Vdc con protecciones 30 Ampere c/u

El enlace STM-1 propuesto inicialmente según el esquema de la nueva red de transmisión (Figura N° 20), se realizará a través del enlace de radio microondas STM-1e antes mencionado, entre el SITIO B-1 y el SITIO B-3. El enlace de protección propuesto esta formado por el enlace de radio STM-1e entre SITIO B-1 y un punto de repetición en una radio base ya existente. El esquema del enlace propuesto de protección se muestra en la Figura N° 36.

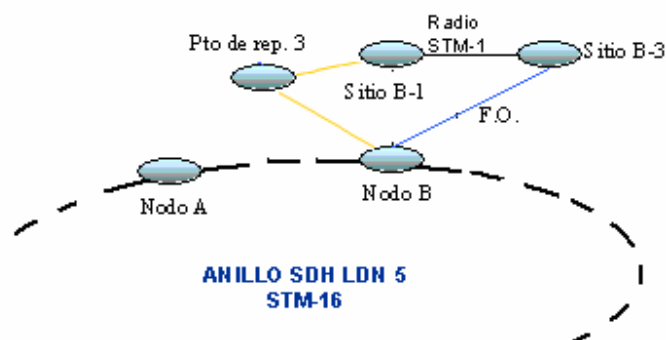


Figura N° 36. Protección para enlace STM-1 Sitio B-1

La otra opción que se maneja es la de utilizar los dos radios de 34 Mbit/s que actualmente existen entre el SITIO B-1 y el NODO B, para proteger el tráfico que se considere prioritario del enlace STM-1. La nueva red SDH de transmisión de MOVILNET estructurada con las opciones manejadas anteriormente se muestra en la Figura N° 37.

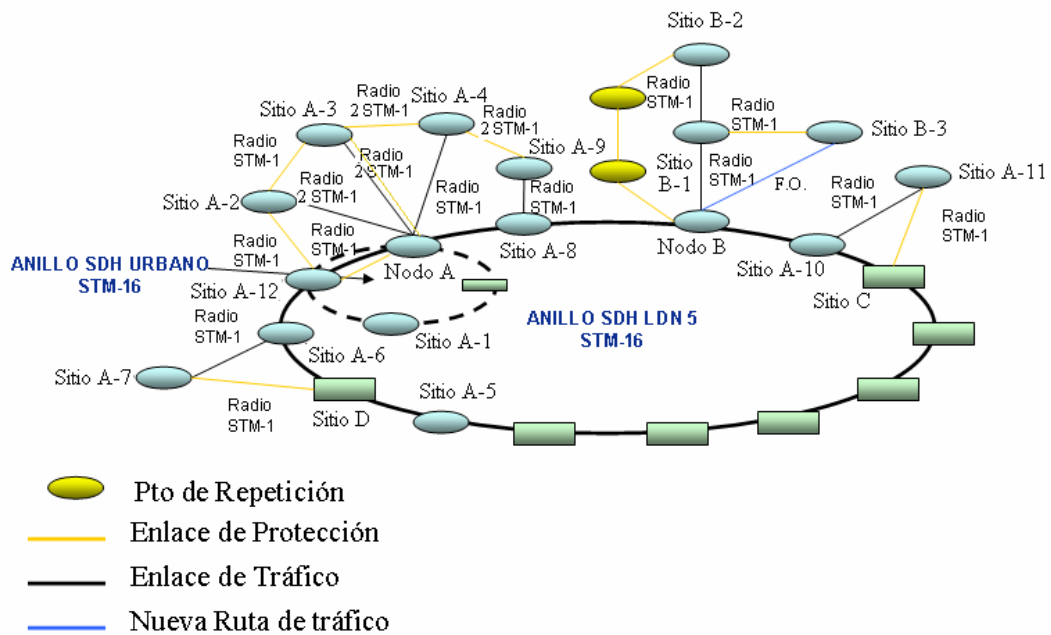


Figura N° 37. Esquema General de Protección

En la figura anterior se puede apreciar la nueva red de transmisión de MOVILNET con la ruta de radios de protección propuesta. La protección para el enlace correspondiente al sitio A-2, se alcanzaría a través del Sitio A-12, la del Sitio A-3 se alcanzaría a través del segundo STM-1 en el sitio A-2, y la de los Sitios A-4 y A-9 se lograría través de la ruta de radios de 2xSTM-1. Los equipos manejarían protección 1:1 MSP. Esta configuración se puede realizar a través de software, en donde se asigna un VC-4 de protección por cada VC-4 de tráfico. Al realizar conmutación a nivel STM-1 ocupó menos recursos de la matrix de cross conexión que en el caso de E1.

CONCLUSIONES

El análisis de tráfico actual de la red de transmisión, permitió constatar la cantidad de tráfico presente en cada uno de los sitios que conforman la red, verificando la capacidad presente en los equipos y la disponibilidad para manejar tráfico nuevo. El estudio de tráfico futuro producto de ampliaciones de radio bases existentes, puesta en funcionamiento de nuevos servicios (EVDO), y proyectos de instalaciones de radio bases nuevas, permitió medir la magnitud del tráfico a manejar, y en base a esto se dimensionaron los equipos en base a los requerimientos por zona. Esto sirvió como punto de partida para formar la nueva estructura de la red de transmisión.

La implementación de una red SDH por la red existente de transmisión de MOVILNET, permitirá aumentar la capacidad de manejo de tráfico y cubrir así a corto y mediano plazo el posible incremento de tráfico en la zona. Al tener un punto principal de concentración de tráfico (Nodo A), se propuso una topología de estrella conformada por los radios STM-1e, permitiendo así, agrupar el tráfico proveniente de distintos sitios hacia el Nodo A; y una topología en anillo conformada por los STM-1o de la red CANTV, en donde se aprovechará la infraestructura en los sitios donde se encuentre disponible.

El aprovechamiento de la fibra óptica como medio de transporte en los sitios donde se encuentra disponible, permitirá reducir costos en inversiones de radios STM-1 adicionales, así como también disminuir la probabilidad de interrupción del servicio debido a la mayor confiabilidad que puede ofrecer un enlace de fibra óptica respecto al de un enlace de radio..

Al estudiar la red existente tanto de MOVILNET como de CANTV, se pudo verificar cuales de los sitios poseían infraestructura para solicitar STM-1 CANTV. En

los sitios restantes donde no se posee factibilidad para usar fibra óptica, se recurrió a implementar equipos de radios microondas SDH. La utilización de los sitios existentes generó una disminución significativa de los costos en el diseño.

Los enlaces de radio permitirán aumentar la capacidad en los sitios donde se dificulta solicitar permisos para tendidos de fibra, bien sea por estar ubicados en zona militar o en una topografía no favorable donde el despliegue de fibra óptica resultaría muy costosa.

EL uso de tecnología SDH permitirá la compatibilidad de la nueva red a instalar con la red actualmente existente PDH, en vista de que esta tecnología fue desarrollada precisamente para cumplir con ese requerimiento. Esto permitirá mantener los equipos actuales sin necesidad de inversión adicional. De igual forma se aprovechará la infraestructura existente para albergar los nuevos equipos, no requerirá de inversión en construcción de casetas, torres u otro tipo de estructura.

El equipo a instalar en el Nodo A podrá servir de reloj maestro para la nueva red. La selección de este sitio como equipo de sincronización de referencia, permitirá sincronizar el resto de los equipos que conforman la red de transmisión de MOVILNET, debido a la facilidad que presenta el Nodo A como punto de concentración.

El uso del programa PATH LOSS versión 4.0, permitió simular bajo distintas condiciones todos los enlaces de microondas propuestos, lo cual favoreció a disminuir el tiempo dedicado a la realización de los mismos. Esto permitió definir las características de los radios requeridos para cumplir con los criterios establecidos por la compañía.

Los resultados obtenidos en las simulaciones estuvieron acorde a las exigencias tanto de la compañía, como las establecidas por los entes reguladores

(CONATEL). Las recomendaciones de la UIT sirvieron de punto de partida para una adecuada planificación de la distribución de los canales en las bandas asignadas.

Por otra parte, las opciones de protección propuestas, agregará capacidad extra en la red planteada, que permitirá cubrir las exigencias de tráfico ante la eventualidad de una falla en cualquiera de los nuevos enlaces de radio SDH.

La red SDH de CANTV, brindará protección en aquellas secciones donde los enlaces se realicen a través de la fibra óptica, ya que se cuenta con una estructura en anillo, y con la protección que brinda una topología con estas características. El uso de este recurso, evitará inversiones adicionales en nuevas rutas de protección.

El estudio de tráfico actual de la red de transmisión de la zona a través de las herramientas de la cual se dispuso en la compañía, permitió tener una visión amplia sobre los requerimientos en los distintos puntos de concentración de tráfico, la cual fue el punto de partida para el desarrollo de la planificación de una nueva estructura de red. Las herramientas usadas para este estudio, como lo fue el gestor de la red, las bases de datos de las cuales se disponían, e información extra como los referidos a los planes de canales, permitieron actualizar los esquemas gráficos de interconexión de la red en la zona, obteniendo así una representación visual actualizada sobre la distribución del tráfico en los distintos puntos que conforman la red actual de transmisión.

La red propuesta presentaría limitantes en las secciones donde se implementen enlaces de radio STM-1e, debido a que estos equipos no pueden manejar una mayor cantidad de STM-1. Esto si la planificación para años posteriores sobrepasa las estimaciones realizadas en el presente año.

RECOMENDACIONES

En base al trabajo propuesto y los resultados que se obtuvieron, se plantean las siguientes recomendaciones:

- ✓ Realizar los estudios de carga en las torres correspondientes a los sitios donde se propone instalar las rutas de radio de protección, con el fin de verificar la factibilidad en las mismas para instalar nuevas antenas.
- ✓ Verificar en los sitios CANTV propuestos como puntos de terminación de los enlaces de radio de protección la factibilidad de que se habilite a MOVILNET nuevos STM-1's, y de esta manera evitar una mayor inversión en rutas que requieran mayor cantidad de saltos para llegar a un nodo de concentración.
- ✓ Estudiar la posibilidad de nuevas concesiones en otra banda de frecuencias que sustituyan en nuevos enlaces a la banda de 7 Ghz, y evitar así la inminente congestión en distintos sitios de dicha banda. El otorgamiento de una banda inferior a la de 7 Ghz permitirá instalar enlaces en donde los trayectos de larga distancia, presenten menor atenuación lo cual permitirá obtener un mayor alcance.
- ✓ Para futuras instalaciones de equipos con la intención de ampliar la capacidad de otros puntos de concentración, se recomienda utilizar equipos del mismo proveedor a instalar, para facilitar así entre otras cosas la gestión de dichos equipos a través del sistema de gestión de la red que se instalaría con la puesta en funcionamiento de la nueva red.
- ✓ Haciendo referencia al sistema de gestión se propone instalar un sistema de gestión paralelo, preferiblemente en otra localidad del país al que se pretende instalar para gestionar los equipos de la nueva red, con el fin de aumentar la confiabilidad del sistema, y lograr así redundancia en caso de una falla que deje sin gestión a dichos equipos.

- ✓ En vista de la creciente demanda de tráfico, y la concentración de los mismos en distintos puntos de la red, se propone realizar el estudio detallado por cada sitio con los próximos planes tácticos a establecer en MOVILNET, con el fin de implementar nuevas topologías por ejemplo anillos, que brinde mayor confiabilidad al sistema, y permitan el crecimiento de la red sin necesidad de inversión adicional en el medio de transporte.
- ✓ Se pudiera presentar limitaciones en un futuro debido a incrementos de tráfico en los enlaces de radios de 1xSTM-1. En este caso se propone utilizar radios con capacidad de manejo de 2 STM-1 o de mayor capacidad cuando estén disponibles, con el fin de lograr mayor capacidad de manejo de tráfico en las zonas donde es difícil instalar fibra óptica. Esto evitara instalar nuevos equipos de radio cuando la demanda de tráfico lo requiera, y se evitaran problemas en cuanto a la asignación de frecuencias, disponibilidad de espacio en torres, espacio en casetas etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] UIT- T, **Rec. UIT-T G.702** Aspectos generales de los sistemas de transmisión digital.
- [2] UIT- T, **Rec. UIT-T G.707** Velocidad de bits de SDH
- [3] UIT- T, **Rec. UIT-T G.708** Interfaz de nodos en la red para SDH
- [4] UIT- T, **Rec. UIT-T G.709** Estructura de multiplexión síncrona
- [5] UIT- T, **Rec. UIT-T G.773** Protocolos para interfaz Q
- [6] UIT- T, **Rec. UIT-T G.782** Tipos y características generales de equipos de multiplexión SDH
- [7] UIT- T, **Rec. UIT-T G.811** Arquitectura de sincronización en una red SDH. PRC
- [8] UIT- T, **Rec. UIT-T G.812** Requisitos de temporización de relojes subordinados adecuados para utilización como relojes de nodo en redes de sincronización
- [9] UIT- R, **Rec. ITU-R 385-6** Disposición de radiocanales para sistemas de relevadores radioeléctricos que funcionan en la banda de 7 GHz
- [10] UIT- R, **Rec. ITU-R 636-3** Disposición de radiocanales para sistemas de relevadores radioeléctricos que funcionan en la banda de 15 GHz

- [11] UIT- R, **Rec. ITU-R P.530-7** Cálculo de confiabilidad.
- [12] UIT- T, **Rec. UIT-T G.841** tipos y características de las arquitecturas de protección para redes de la jerarquía digital síncrona

BIBLIOGRAFIAS

Entrevista realizada al Ingeniero Jorge Pacheco en MOVILNET Piso 17. Caracas, Septiembre 2006

Gooding Clemente, “Apuntes de Sistemas de Comunicaciones III”, Venezuela, 1995.

International Engineering Consortium, <<http://www.iec.org>> [Consulta: 2006]

Jerarquía Digital Síncrona SDH, <<http://www.mailxmail.com>> [Consulta: 2006]

Manual de referencia: Minilink E Technical Description. Ericsson Suecia, 1998

Manual de referencia: Minilink HC Technical Description. Ericsson Suecia, 2003

Manual de referencia: Versión (B). STM 64 multiservice metro node technical handbook 1660 SM, release 5.2. Alcatel Italia, 2006

Manual de referencia: Planeación SDH. Ericsson Colombia, 2000

Manual de referencia: Sistema 1. Martis DXX Sitstem R11. Tellabs 2000.

Redes ópticas basadas en el estándar SONET/SDH,
<http://www.radioptica.com/Fibra/sonet_sdh_I> [Consulta: 2006]

Sistemas PDH, <<http://es.wikipedia.org/wiki/PDH>> [Consulta: 2006]

SDH (Jerarquía digital sincrónica),
<<http://www.monografias.com/trabajos15/jerarquia-digital>> [Consulta: 2006]

[ANEXO 1]

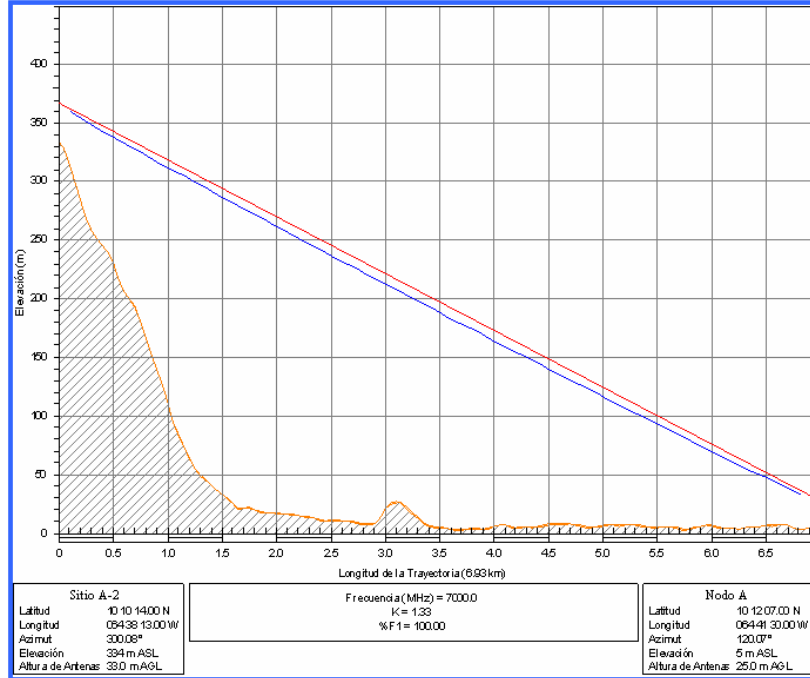


Figura N° 38. Perfil Sitio A-2 – Nodo A.

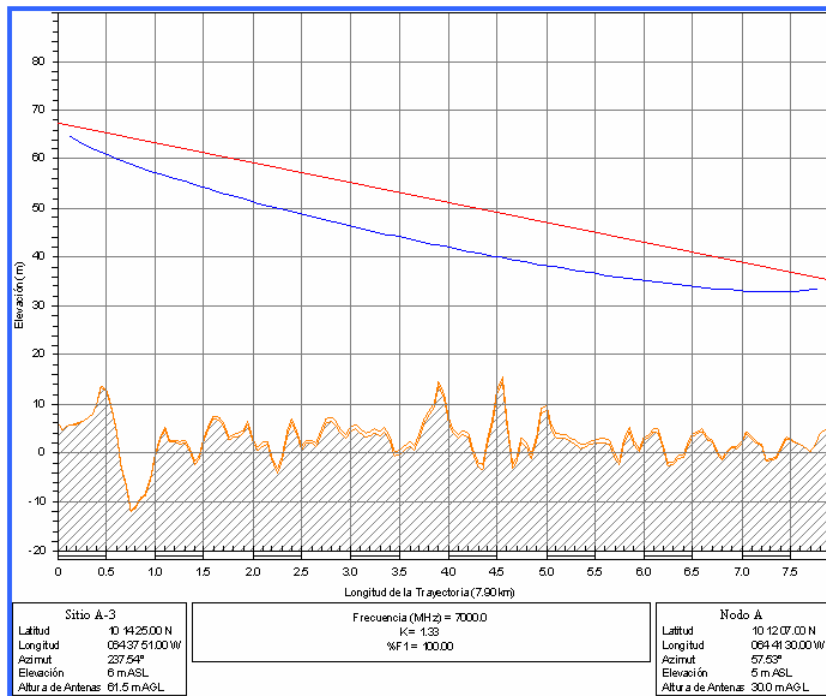


Figura N° 39. Perfil Sitio A-3 – Nodo A.

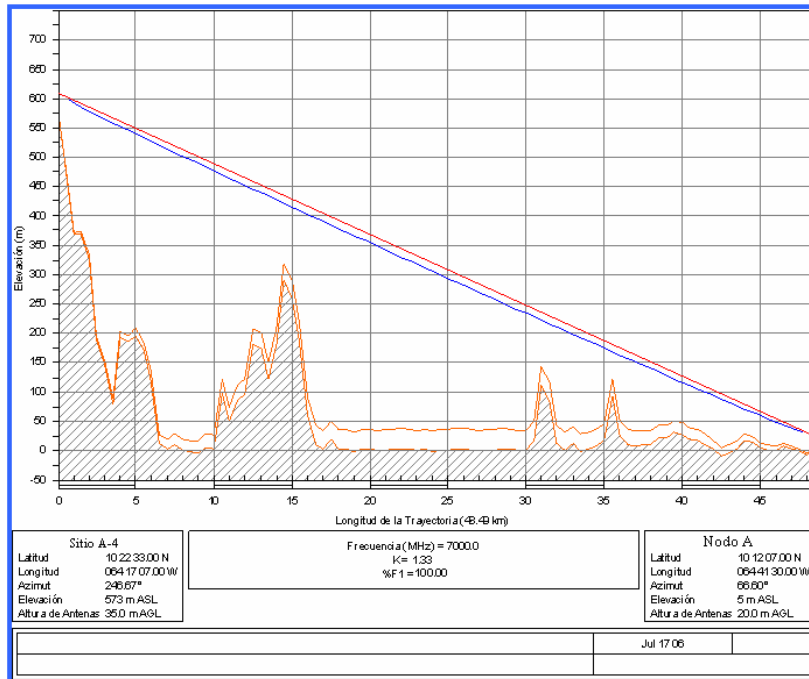


Figura N° 40. Perfil Sitio A-4 – Nodo A.

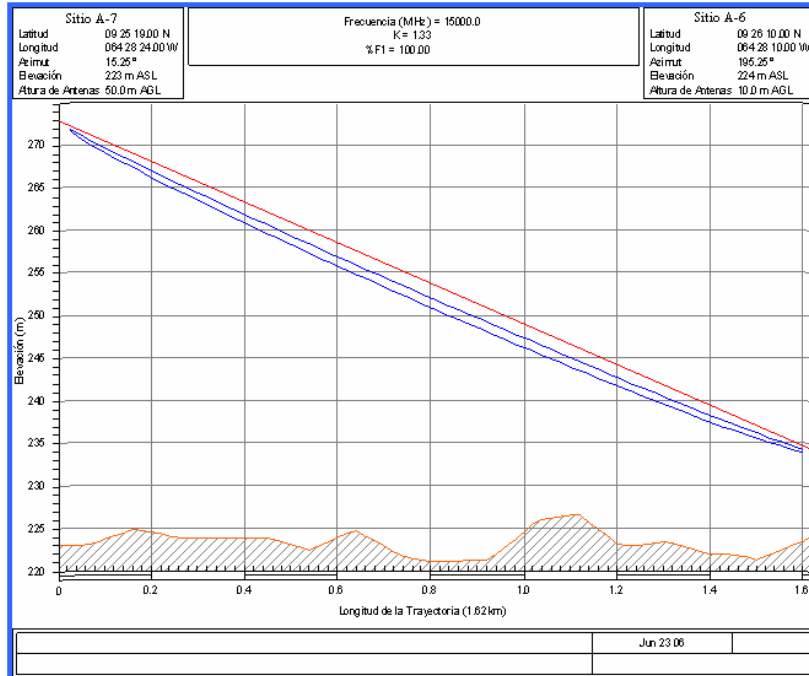


Figura N° 41. Perfil Sitio A-7 – Sitio A-6

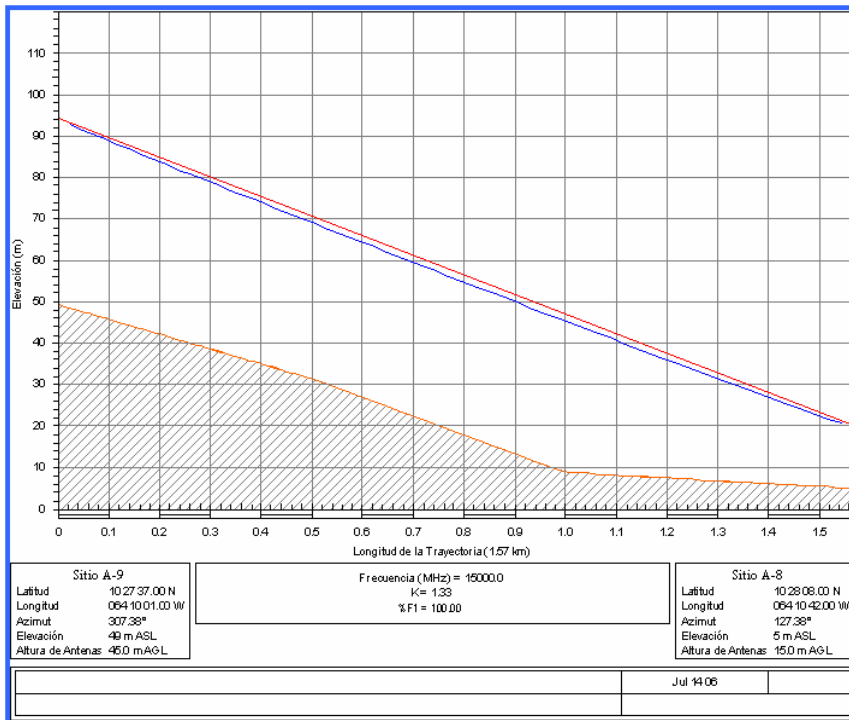


Figura N° 42. Perfil Sitio A-9 – Sitio A-8

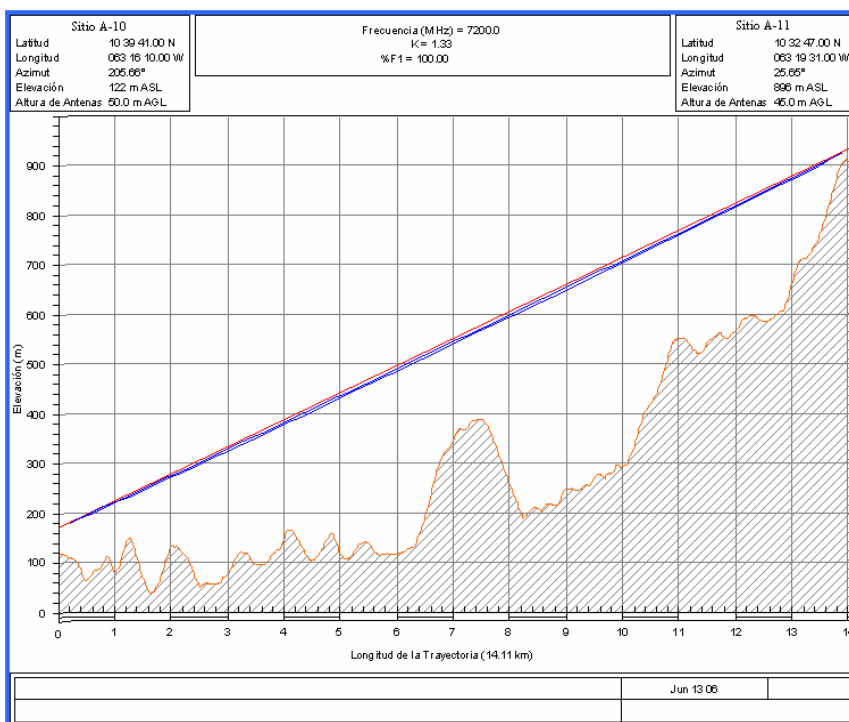


Figura N° 43. Perfil Sitio A-11 – Sitio A-10

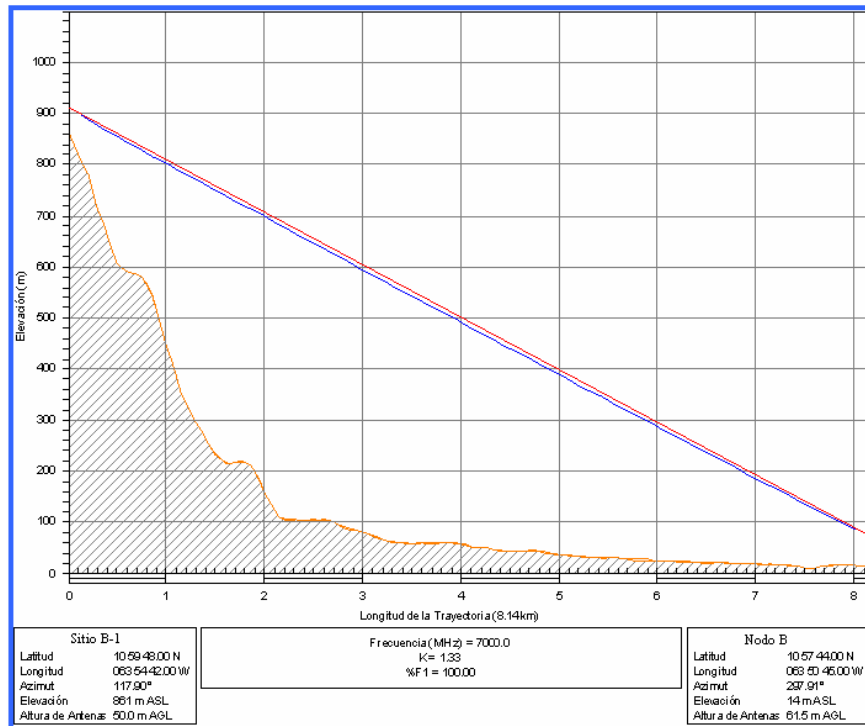


Figura N° 44. Perfil Sitio B-1 – Nodo B

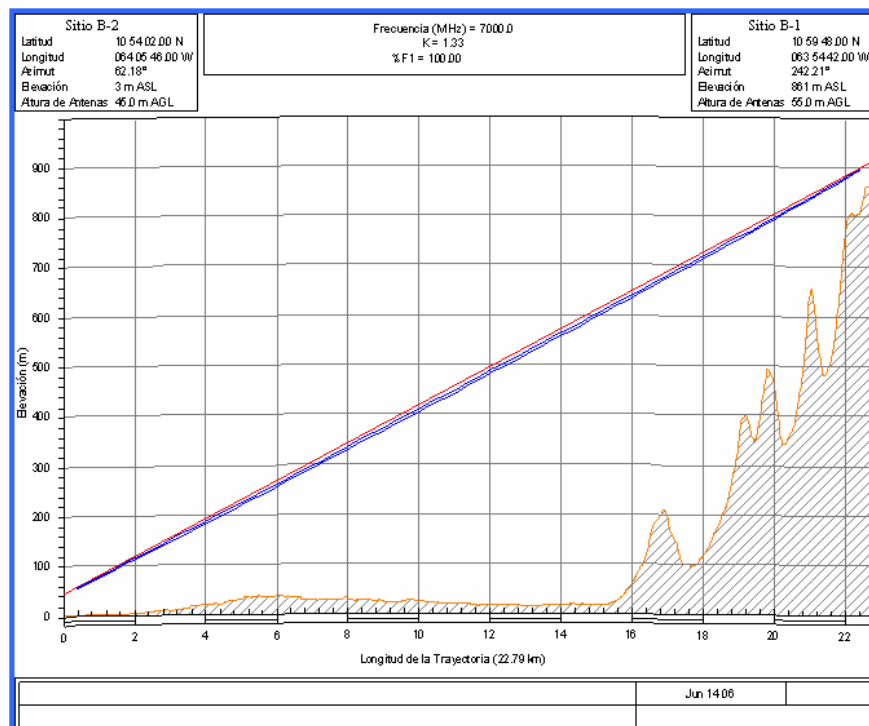


Figura N° 45. Perfil Sitio B-2 – Sitio B-1

[ANEXO 2]

Tabla N° 25. Reporte completo SITIO A-2 – NODO A

	Sitio A-2	Nodo A
Elevación (m)	333.89	5.33
Latitud	10 10 14.00 N	10 12 07.00 N
Longitud	064 38 13.00 W	064 41 30.00 W
Azimuth Verdadero (°)	300.08	120.07
Ángulo Vertical (°)	-2.80	2.76
Modelo de Antena	ML7-1.2HP	ML7-1.2HP
Altura de Antena (m)	33.00	25.00
Ganancia de Antena (dBi)	36.60	36.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.60	7.00
Otras Pérdidas RX (dB)	7.00	1.60
Frecuencia (MHz)	7000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	6.93	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	126.18	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.07	
Margen de Campo (dB)	1.00	
Pérdidas por Difracción (dB)	1.00	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	69.05	58.25
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	60.00	54.60
TX Channels	7526.0000V	7680.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-44.05	-33.25
Margen de Desv. - Térmico (dB)	29.45	40.25
Margen de Desv. - Plano (dB)	29.45	40.25
Factor Geoclimático	2.50E-07	
Inclinación del Trayecto (mr)	48.53	
Fade occurrence factor (Po)	6.35E-08	
Temperatura Anual Promedio (°C)	30.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	1.98e-04	2.36e-05
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	8.89e-04	1.06e-04
(% - sec)	100.00000 - 0.00	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	29.45	
Atenuación por Lluvia (dB)	29.45	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	99.99998 - 7.33	
Total Anual (%-seg)	99.99998 - 7.33	

Tabla N° 26. Reporte completo SITIO A-3 – NODO A

	Sitio A-3	Nodo A
Elevación (m)	6.00	5.33
Latitud	10 14 25.00 N	10 12 07.00 N
Longitud	064 37 51.00 W	064 41 30.00 W
Azimuth Verdadero (°)	237.54	57.53
Ángulo Vertical (°)	-0.26	0.21
Modelo de Antena	ML7-1.2HP	ML7-1.2HP
Altura de Antena (m)	61.50	30.00
Ganancia de Antena (dBi)	36.60	36.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.60	7.00
Otras Pérdidas RX (dB)	7.00	1.60
Frecuencia (MHZ)	7000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	7.90	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	127.32	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.08	
Margen de Campo (dB)	1.00	
Pérdidas por Difracción (dB)	1.00	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	70.20	59.40
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	60.00	54.60
TX Channels	7498.0000V	7652.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-45.20	-34.40
Margen de Desv. - Térmico (dB)	28.30	39.10
Margen de Desv. - Plano (dB)	28.30	39.10
Factor Geoclimático	2.50E-07	
Inclinación del Trayecto (mr)	4.07	
Fade occurrence factor (Po)	2.48E-06	
Temperatura Anual Promedio (°C)	30.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	9.80e-03	9.72e-04
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.04	4.38e-03
(% - sec)	100.00000 - 0.05	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	28.30	
Atenuación por Lluvia (dB)	28.30	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-seg)	99.99995 - 14.32	
Total Anual (%-seg)	99.99995 - 14.37	

Tabla N° 27. Reporte completo SITIO A-4 – NODO A

	Sitio A-4	Nodo A
Elevación (m)	573.00	5.33
Latitud	10 22 33.00 N	10 12 07.00 N
Longitud	064 17 07.00 W	064 41 30.00 W
Azimuth Verdadero (°)	246.67	66.60
Ángulo Vertical (°)	-0.85	0.52
Modelo de Antena	ML7-2.4HP	ML7-2.4HP
Altura de Antena (m)	35.00	20.00
Ganancia de Antena (dBi)	43.00	43.00
Otras Pérdidas TX (dB)	7.00	1.60
Otras Pérdidas RX (dB)	1.60	7.00
Frecuencia (MHz)	7000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	48.49	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	143.08	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.46	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	60.74	71.54
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	61.00	66.40
TX Channels	2 7470.0000V	2 7624.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-35.74	-46.54
Margen de Desv. - Térmico (dB)	37.76	26.96
Margen de Desv. - Plano (dB)	37.76	26.96
Factor Geoclimático	2.80E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	12.01	
Fade occurrence factor (Po)	5.10E-03	
Temperatura Anual Promedio (°C)	25.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	99.99969	99.99875
(sec)	8.10	32.87
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	99.99988	99.99953
(sec)	36.46	147.90
(% - sec)	99.99942 - 184.36	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	26.96	
Atenuación por Lluvia (dB)	26.96	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	99.99936 - 201.34	
Total Anual (%-seg)	99.99928 - 265.70	

Tabla N° 28. Reporte completo SITIO A-7 – SITIO A-6

	Sitio A-7	Sitio A-6
Elevación (m)	223.00	224.22
Latitud	09 25 19.00 N	09 26 10.00 N
Longitud	064 28 24.00 W	064 28 10.00 W
Azimuth Verdadero (°)	15.25	195.25
Ángulo Vertical (°)	-1.37	1.36
Modelo de Antena	ML15-0.6HP	ML15-0.6HP
Altura de Antena (m)	50.00	10.00
Ganancia de Antena (dBi)	35.50	35.50
Pérdidas Misceláneas (dB)	11.00	0.00
Otras Pérdidas TX (dB)	7.00	1.60
Otras Pérdidas RX (dB)	1.60	7.00
Frecuencia (MHz)	15000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	1.62	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	120.20	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.05	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	63.45	74.25
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	42.50	58.90
TX Channels	1 14515.0000V	1 14935.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-38.45	-49.25
Margen de Desv. - Térmico (dB)	35.05	24.25
Margen de Desv. - Plano (dB)	35.05	24.25
Factor Geoclimático	2.80E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	23.87	
Fade occurrence factor (Po)	1.99E-08	
Temperatura Anual Promedio (°C)	25.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	1.64e-05	1.96e-04
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	7.38e-05	8.83e-04
(% - sec)	100.00000 - 0.00	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	24.25	
Atenuación por Lluvia (dB)	24.25	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-seg)	99.99938 - 250.53	
Total Anual (%-seg)	99.99938 - 250.53	

Tabla N° 29. Reporte completo SITIO A-9 – SITIO A-8

	Sitio A-9	Sitio A-8
Elevación (m)	49.33	5.00
Latitud	10 27 37.00 N	10 28 08.00 N
Longitud	064 10 01.00 W	064 10 42.00 W
Azimuth Verdadero (°)	307.38	127.38
Ángulo Vertical (°)	-2.72	2.71
Modelo de Antena	ML15-0.6HP	ML15-0.6HP
Altura de Antena (m)	45.00	15.00
Ganancia de Antena (dBi)	35.50	35.50
Pérdidas Misceláneas (dB)	11.00	
Otras Pérdidas TX (dB)	7.00	1.60
Otras Pérdidas RX (dB)	1.60	7.00
Frecuencia (MHz)	15000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	1.57	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	119.90	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.04	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	63.15	73.95
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	42.50	58.90
TX Channels	2 14543.0000V	2 14963.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-38.15	-48.95
Margen de Desv. - Térmico (dB)	35.35	24.55
XPD fade margin - multipath (dB)	31.55	31.40
Margen de Desv. - Plano (dB)	30.04	23.74
Factor Geoclimático	2.80E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	47.34	
Fade occurrence factor (Po)	6.92E-09	
Temperatura Anual Promedio (°C)	25.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	1.81e-05	7.70e-05
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	8.13e-05	3.46e-04
(% - sec)	100.00000 - 0.00	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
XPD fade margin - rain (dB)	50.68	42.07
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	24.48	
Atenuación por Lluvia (dB)	24.48	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	99.99911 - 280.82	
Total Anual (%-seg)	99.99911 - 280.82	

Tabla N° 30. Reporte completo SITIO A-11 – SITIO A-10

	Sitio A-10	Sitio A-11
Elevación (m)	122.11	896.11
Latitud	10 39 41.00 N	10 32 47.00 N
Longitud	063 14 43.00 W	063 19 31.00 W
Azimuth Verdadero (°)	212.01	31.99
Ángulo Vertical (°)	3.19	-3.30
Modelo de Antena	ML7-1.8HP	ML7-1.8HP
Altura de Antena (m)	15.00	45.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.60	40.60
Otras Pérdidas TX (dB)	7.00	1.60
Otras Pérdidas RX (dB)	1.60	7.00
Frecuencia (MHz)	7000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	14.11	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	133.97	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.16	
Margen de Campo (dB)	1.00	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	57.13	67.93
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	58.60	64.00
TX Channels	1 7442.0000V	1 7596.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-32.13	-42.93
Margen de Desv. - Térmico (dB)	41.37	30.57
Margen de Desv. - Plano (dB)	41.37	30.57
Factor Geoclimático	2.80E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	56.65	
Fade occurrence factor (Po)	1.35E-05	
Temperatura Anual Promedio (°C)	25.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	6.75e-03	0.04
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.03	0.16
(% - sec)	100.00000 - 0.19	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	30.57	
Atenuación por Lluvia (dB)	30.57	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	99.99979 - 65.46	
Total Anual (%-seg)	99.99979 - 65.64	

Tabla N° 31. Reporte completo SITIO B-1 – NODO B

	Sitio B-1	Nodo B
Elevación (m)	861.00	13.67
Latitud	10 59 48.00 N	10 57 44.00 N
Longitud	063 54 42.00 W	063 50 45.00 W
Azimuth Verdadero (°)	117.90	297.91
Ángulo Vertical (°)	-5.89	5.83
Modelo de Antena	ML7-1.2HP	ML7-1.2HP
Altura de Antena (m)	50.00	61.50
Ganancia de Antena (dBi)	36.60	36.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.60	7.00
Pérdidas en Filtro RX (dB)	7.00	1.60
Frecuencia (MHz)	7000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	8.14	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	127.58	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.08	
Margen de Campo (dB)	1.00	
Pérdidas por Difracción (dB)	1.00	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	70.47	59.67
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	60.00	54.60
TX Channels	7498.0000V	7652.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-45.47	-34.67
Margen de Desv. - Térmico (dB)	28.03	38.83
Margen de Desv. - Plano (dB)	28.03	38.83
Factor Geoclimático	2.50E-07	
Inclinación del Trayecto (mr)	102.30	
Fade occurrence factor (Po)	4.06E-08	
Temperatura Anual Promedio (°C)	30.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	1.76e-04	2.25e-05
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	7.93e-04	1.01e-04
(% - sec)	100.00000 - 0.00	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	28.03	
Atenuación por Lluvia (dB)	28.03	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-seg)	99.99995 - 16.45	
Total Anual (%-seg)	99.99995 - 16.45	

Tabla N° 32. Reporte completo SITIO B-2 – SITIO B-1

	Sitio B-2	Sitio B-1
Elevación (m)	2.67	861.00
Latitud	10 54 02.00 N	10 59 48.00 N
Longitud	064 05 46.00 W	063 54 42.00 W
Azimuth Verdadero (°)	62.18	242.21
Ángulo Vertical (°)	2.03	-2.18
Modelo de Antena	ML7-1.8HP	ML7-1.8HP
Altura de Antena (m)	45.00	25.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.60	40.60
Otras Pérdidas TX (dB)	7.00	1.60
Otras Pérdidas RX (dB)	1.60	7.00
Frecuencia (MHz)	7000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	22.79	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	136.52	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.22	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	58.74	69.54
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	58.60	64.00
TX Channels	2 7470.0000V	2 7624.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-33.74	-44.54
Margen de Desv. - Térmico (dB)	39.76	28.96
XPD fade margin - multipath (dB)	31.56	31.51
Margen de Desv. - Plano (dB)	30.95	27.04
Factor Geoclimático	2.80E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	36.76	
Fade occurrence factor (Po)	7.58E-05	
Temperatura Anual Promedio (°C)	25.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	99.99999	99.99998
(sec)	0.20	0.43
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	99.99999
(sec)	0.88	1.93
(% - sec)	99.99999 - 2.81	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
XPD fade margin - rain (dB)	49.70 ¹	41.19
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	28.71	
Atenuación por Lluvia (dB)	28.71	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-seg)	99.99972 - 89.31	
Total Anual (%-seg)	99.99971 - 92.12	

[ANEXO 3]

En este anexo se presentan los resultados de los cálculos de la potencia recibida para los enlaces SDH establecidos. Las fórmulas empleadas para realizar los cálculos se muestran a continuación:

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - A_{el} - A_{otros}$$

Donde:

P_{Rx} : Potencia recibida

P_{Tx} : Potencia transmitida

G_{Tx} : Ganancia Antena transmisora

G_{Rx} : Ganancia Antena receptora

A_{el} : Atenuación en el espacio libre

$$A_{el} = 20 * \text{Log}(f(\text{Mhz})) + 20 * \text{Log}(d(\text{Km})) + 32,4$$

$A_{otros} = 5.3$ dB. Atenuación debida a pérdidas en el splitter, alimentadores etc.

Tabla N° 33. Potencia Recibida por enlace

Enlace	Prx (dBm)
Sitio A-2 – Nodo A	-33.21
Sitio A-3 – Nodo A	-34.35
Sitio A-4 – Nodo A	-37.31
Sitio A-7 – Sitio A-6	-29.41*
Sitio A-9 – Sitio A-8	-29.13*
Sitio A-11 – Sitio A-10	-31.39
Sitio B-1 – Nodo B	-34.61
Sitio B-2 – Sitio B-1	-35.55

* Como se puede observar en el reporte de las simulaciones, en estos dos sitios se atenuó la señal en 11 dB para que estuviera dentro del margen adecuado de potencia.

[ANEXO 4]

Tabla N° 34. Estudio de interferencia de enlaces existentes en la cercanía del enlace Sitio A-2 – Nodo A

Frecuencias de enlaces actuales (Ghz)	Frecuencia Imagen (Ghz)	Frecuencia Heterodina (Ghz)	Frecuencia por oscilador de desplazamiento (Ghz)
7.170 – 7.331	7.310 – 7.471	7.240 – 7.401	7.245 – 7.406
7.317 – 7.156	7.457 – 7.296	7.387 – 7.226	7.245 – 7.406
7.149 – 7.310	7.289 – 7.450	7.219 – 7.380	7.245 – 7.406
7.442 – 7.624	7.582 – 7.764	7.512 – 7.694	7.546 – 7.700
7.128 – 7.289	7.268 – 7.429	7.198 – 7.359	7.245 – 7.406

Tabla N° 35. Estudio de interferencia de enlaces existentes en la cercanía del enlace Sitio A-3 – Nodo A

Frecuencias de enlaces actuales (Ghz)	Frecuencia Imagen (Ghz)	Frecuencia Heterodina (Ghz)	Frecuencia por oscilador de desplazamiento (Ghz)
7.317 – 7.156	7.457 – 7.296	7.387 – 7.226	7.245 – 7.406
7.149 – 7.310	7.289 – 7.450	7.219 – 7.380	7.245 – 7.406
7.128 – 7.289	7.268 – 7.429	7.198 – 7.359	7.245 – 7.406

Tabla N° 36. Estudio de interferencia de enlaces existentes en la cercanía del enlace Sitio A-4 – Nodo A

Frecuencias de enlaces actuales (Ghz)	Frecuencia Imagen (Ghz)	Frecuencia Heterodina (Ghz)	Frecuencia por oscilador de desplazamiento (Ghz)
7.498 – 7.652	7.638 – 7.792	7.568 – 7.722	7.546 – 7.700
7.526 – 7.680	7.666 – 7.820	7.596 – 7.750	7.546 – 7.700
7.442 – 7.596	7.582 – 7.736	7.512 – 7.666	7.546 – 7.700
7.128 – 7.289	7.268 – 7.429	7.198 – 7.359	7.245 – 7.406

Tabla N° 37. Estudio de interferencia de enlaces existentes en la cercanía del enlace Sitio A-7 – Sitio A-6

Frecuencias de enlaces actuales (Ghz)	Frecuencia Imagen (Ghz)	Frecuencia Heterodina (Ghz)	Frecuencia por oscilador de desplazamiento (Ghz)
15.026 – 14.606	15.166 – 14.746	15.096 – 14.676	14.682.5 – 15.102
14.627 – 15.047	14.767 – 15.187	14.697 – 15.117	14.700 – 15.120

Tabla N° 38. Estudio de interferencia de enlaces existentes
en la cercanía del enlace Sitio A-9 – Sitio A-8

Frecuencias de enlaces actuales (Ghz)	Frecuencia Imagen (Ghz)	Frecuencia Heterodina (Ghz)	Frecuencia por oscilador de desplazamiento (Ghz)
14.515 – 14.935	14.655 – 15.075	14.585 – 15.005	15.120 – 14.700
14.627 – 15.047	14.767 – 15.187	14.697 – 15.117	14.700 – 15.120

Tabla N° 39. Estudio de interferencia de enlaces existentes
en la cercanía del enlace Sitio A-11 – Sitio A-10

Frecuencias de enlaces actuales (Ghz)	Frecuencia Imagen (Ghz)	Frecuencia Heterodina (Ghz)	Frecuencia por oscilador de desplazamiento (Ghz)
7.163 – 7.324	7.303 – 7.464	7.233 – 7.394	7.245 – 7.406
7.317 – 7.156	7.457 – 7.296	7.387 – 7.226	7.546 – 7.700
7.652 – 7.498	7.792 – 7.638	7.722 – 7.568	7.245 – 7.406

Tabla N° 40. Estudio de interferencia de enlaces existentes
en la cercanía del enlace Sitio B-1 – Nodo B

Frecuencias de enlaces actuales (Ghz)	Frecuencia Imagen (Ghz)	Frecuencia Heterodina (Ghz)	Frecuencia por oscilador de desplazamiento (Ghz)
7.167 – 7.328	7.306 – 7.468	7.237 – 7.398	7.245 – 7.406
7.325 – 7.164	7.465 – 7.304	7.395 – 7.234	7.245 – 7.406
7.181 – 7.342	7.321 – 7.482	7.251 – 7.412	7.245 – 7.406

Tabla N° 41. Estudio de interferencia de enlaces existentes
en la cercanía del enlace Sitio B-2 – Sitio B-1

Frecuencias de enlaces actuales (Ghz)	Frecuencia Imagen (Ghz)	Frecuencia Heterodina (Ghz)	Frecuencia por oscilador de desplazamiento (Ghz)
7.498 – 7.652	7.638 – 7.792	7.568 – 7.722	7.546 – 7.700
7.442 – 7.596	7.582 – 7.736	7.512 – 7.666	7.546 – 7.700

[ANEXO 5]

A continuación se presenta los precios aproximados de los equipos SDH a instalar en cada sitio.

Tabla N° 42. Estimación de costos de equipo SDH en el Nodo A

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	95.000	95.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	40	107	4.208
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	20	10	200
Cable coaxial 75 Ohm	960	20	19.200
TOTAL			119.195

Tabla N° 43. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-1

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	66.000	66.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	32	107	2.160
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	20	10	200
Cable coaxial 75 Ohm	480	20	9.600
TOTAL			78.547

Tabla N° 44. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-2

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	84.000	84.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	40	107	4.280
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	20	10	200
Cable coaxial 75 Ohm	960	20	19.200
TOTAL			108.267

Tabla N° 45. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-3

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	65.000	65.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	32	107	3.424
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	20	10	200
Cable coaxial 75 Ohm	240	20	4800
TOTAL			74.011

Tabla N° 46. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-4

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	40.000	40.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	-	-	-
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	30	10	.300
Cable coaxial 75 Ohm	480	20	9600
TOTAL			50.487

Tabla N° 47. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-5

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	65.000	65.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	32	107	3.424
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	20	10	200
Cable coaxial 75 Ohm	240	20	4800
TOTAL			74.011

Tabla N° 48. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-7

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	65.000	65.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	32	107	3.424
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	20	10	200
Cable coaxial 75 Ohm	240	20	4800
TOTAL			74.011

Tabla N° 49. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-9

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	65.000	65.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	32	107	3.424
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	20	10	200
Cable coaxial 75 Ohm	240	20	4800
TOTAL			74.011

Tabla N° 50. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-10

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	65.000	65.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	32	107	3.424
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	20	10	200
Cable coaxial 75 Ohm	240	20	4800
TOTAL			74.011

Tabla N° 51. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-11

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	40.000	40.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	-	-	-
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	30	10	.300
Cable coaxial 75 Ohm	480	20	9600
TOTAL			50.487

Tabla N° 52. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio A-12

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	69.000	69.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	32	107	3.424
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	20	10	200
Cable coaxial 75 Ohm	240	20	4800
TOTAL			78.011

Tabla N° 53. Estimación de costos de equipo SDH en el Nodo B

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	66.000	66.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	32	107	3.424
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	20	10	200
Cable coaxial 75 Ohm	480	20	9600
TOTAL			79.811

Tabla N° 54. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio B-1

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	40.000	40.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	-	-	-
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	30	10	.300
Cable coaxial 75 Ohm	480	20	9600
TOTAL			50.487

Tabla N° 55. Estimación de costos de equipo SDH en el Sitio B-2

	Cantidad	Precio \$	Total \$
Equipo SDH	1	40.000	40.000
Instalación Rack	1	179	179
Instalación Sub Rack	1	208	208
Pach Cord (L= 20m)	-	-	-
Cable de alimentación (L=20)	1	200	200
Cable de aterramiento (L=1m)	30	10	.300
Cable coaxial 75 Ohm	480	20	9600
TOTAL			50.487

[ANEXO 6]

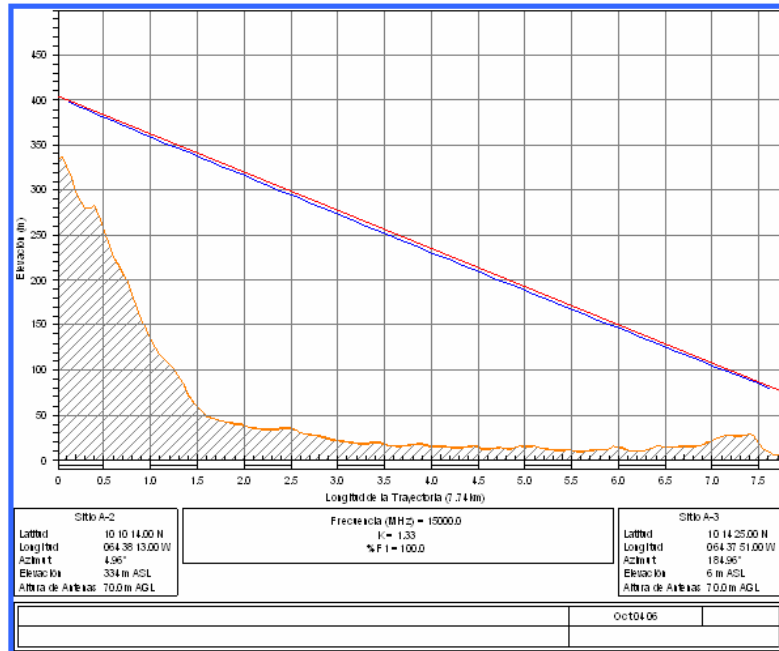


Figura N° 46. Perfil del enlace de protección Sitio A-2 – Sitio A-3

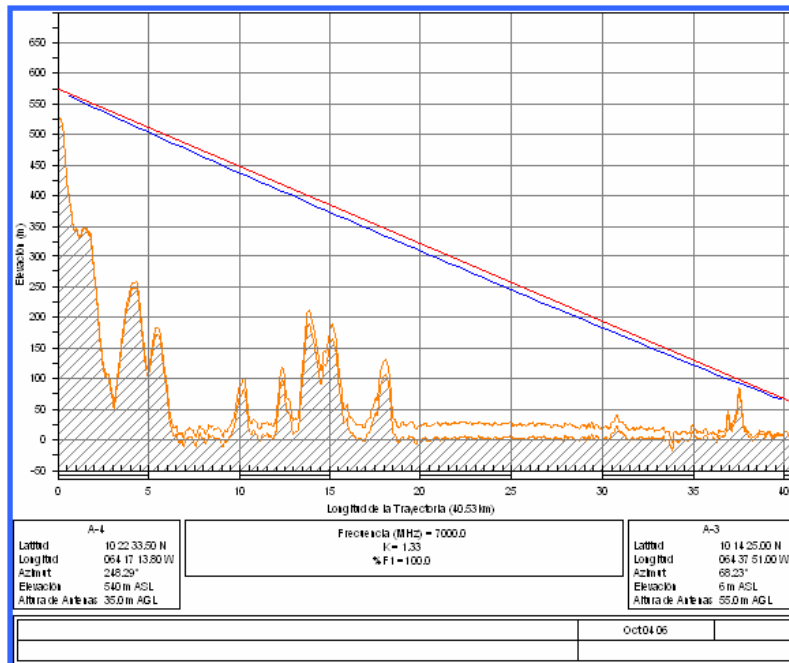


Figura N° 47. Perfil del enlace de protección Sitio A-4 – Sitio A-3

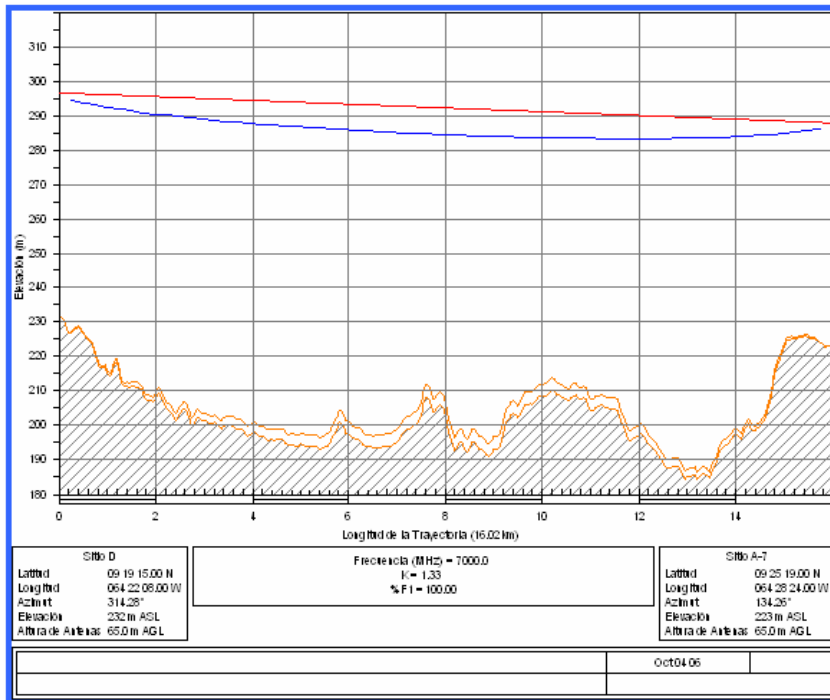


Figura N° 48. Perfil del enlace de protección Sitio A-7 – Sitio D

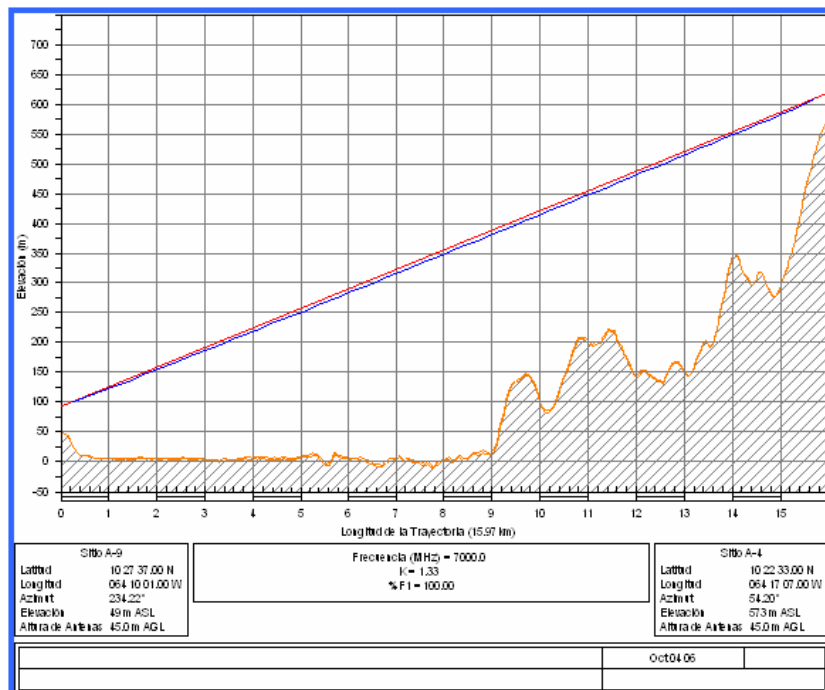


Figura N° 49. Perfil del enlace de protección Sitio A-9 – Sitio A-4

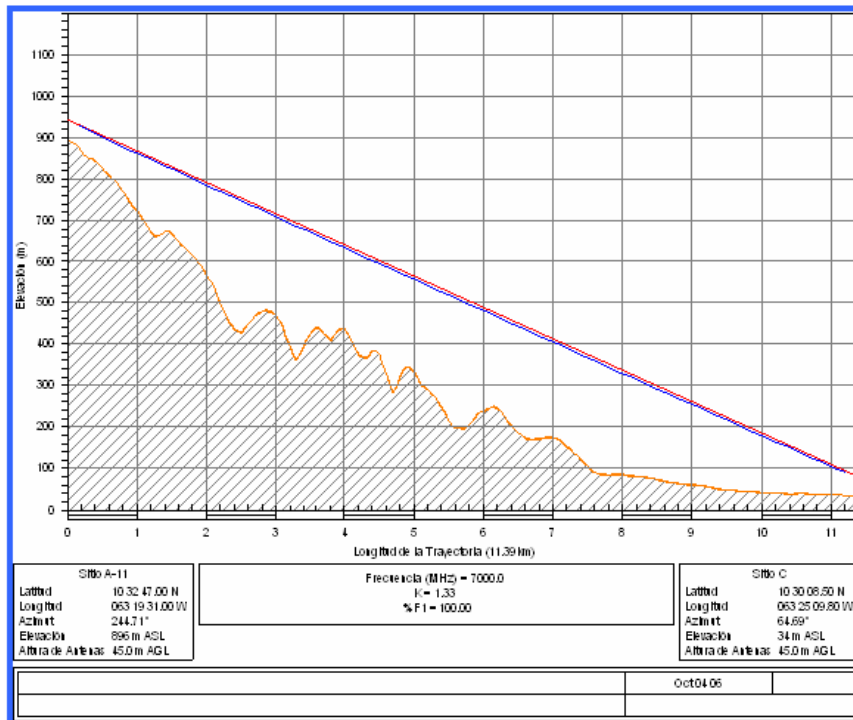


Figura N° 50. Perfil del enlace de protección Sitio A-11 – Sitio C

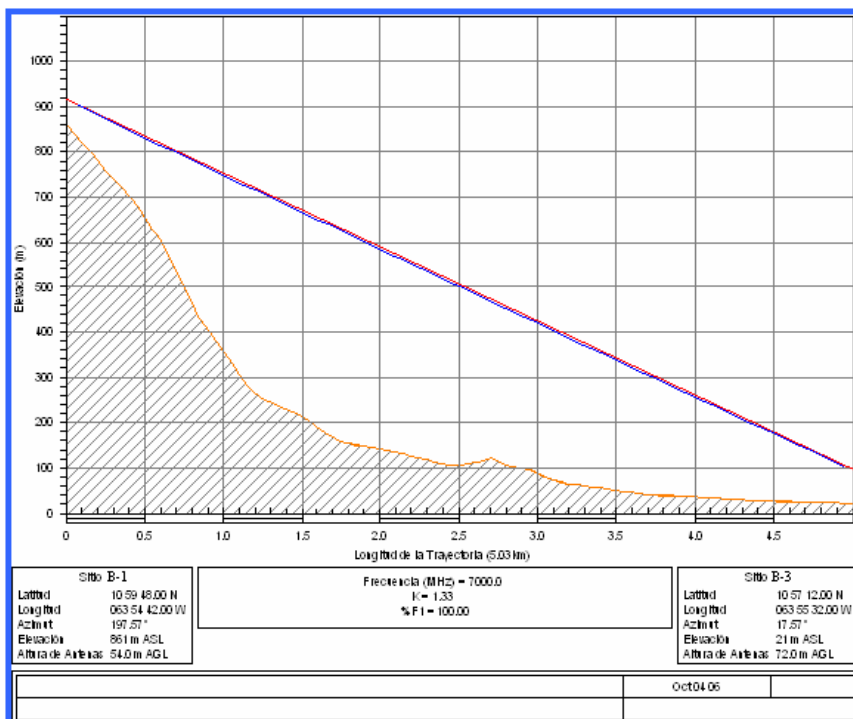


Figura N° 51. Perfil del enlace Sitio B-1 – Sitio B-3

Tabla N° 56. Reporte completo SITIO A-2 – SITIO A-3

	Sitio A-2	Sitio A-3
Elevación (m)	333.89	6.00
Latitud	10 10 14.00 N	10 14 25.00 N
Longitud	064 38 13.00 W	064 37 51.00 W
Azimuth Verdadero (°)	4.96	184.96
Ángulo Vertical (°)	-2.45	2.40
Modelo de Antena	ML15-1.2HP	ML15-1.2HP
Altura de Antena (m)	70.00	70.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.50	42.50
Otras Pérdidas TX (dB)	7.00	1.60
Otras Pérdidas RX (dB)	1.60	7.00
Frecuencia (MHz)	15000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	7.74	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	133.76	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.22	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	52.18	62.98
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	60.50	65.90
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-27.18	-37.98
Margen de Desv. - Térmico (dB)	46.32	35.52
Margen de Desv. - Plano (dB)	46.32	35.52
Factor Geoclimático	2.80E-06	
Inclinación del Trayecto (m°)	42.33	
Fade occurrence factor (Po)	2.53E-06	
Temperatura Anual Promedio (°C)	25.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	3.20e-04	2.03e-03
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	1.44e-03	9.12e-03
(% - sec)	100.00000 - 0.01	
0.01 % Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	35.52	
Atenuación por Lluvia (dB)	35.52	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	99.99188 - 2560.09	
Total Anual (%-seg)	99.99188 - 2560.10	

Tabla N° 57. Reporte completo SITIO A-4 – SITIO A-3

	A-4	A-3
Elevación (m)	539.77	6.00
Latitud	10 22 33.50 N	10 14 25.00 N
Longitud	064 17 13.80 W	064 37 51.00 W
Azimuth Verdadero (°)	248.29	68.23
Ángulo Vertical (°)	-0.86	0.59
Modelo de Antena	ML7-2.4HP	ML7-2.4HP
Altura de Antena (m)	35.00	55.00
Ganancia de Antena (dBi)	43.00	43.00
Otras Pérdidas TX (dB)	7.00	1.60
Otras Pérdidas RX (dB)	1.60	7.00
Frecuencia (MHz)	7000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	40.53	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	141.52	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.38	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	59.11	69.91
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	61.00	66.40
TX Channels	4 7526.0000V	4 7680.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-34.11	-44.91
Margen de Desv. - Térmico (dB)	39.39	28.59
Margen de Desv. - Plano (dB)	39.39	28.59
Factor Geoclimático	2.80E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	12.68	
Fade occurrence factor (Po)	2.49E-03	
Temperatura Anual Promedio (°C)	25.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	99.99989	99.99957
(sec)	2.90	11.21
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	99.99996	99.99984
(sec)	13.06	50.45
(% - sec)	99.99980 - 63.51	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	28.59	
Atenuación por Lluvia (dB)	28.59	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	99.99954 - 145.71	
Total Anual (%-seg)	99.99934 - 209.22	

Tabla N° 58. Reporte completo SITIO A-7 – SITIO D

	Sitio D	Sitio A-7
Elevación (m)	231.67	223.00
Latitud	09 19 15.00 N	09 25 19.00 N
Longitud	064 22 08.00 W	064 28 24.00 W
Azimuth Verdadero (°)	314.28	134.26
Ángulo Vertical (°)	-0.09	-0.02
Modelo de Antena	ML7-1.2HP	ML7-1.2HP
Altura de Antena (m)	65.00	65.00
Ganancia de Antena (dBi)	36.60	36.60
Pérdidas Misceláneas (dB)	0.00	0.00
Otras Pérdidas TX (dB)	7.00	1.60
Otras Pérdidas RX (dB)	1.60	7.00
Frecuencia (MHz)	7000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	16.02	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	133.46	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.15	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	63.61	74.41
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	54.60	60.00
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-38.61	-49.41
Margen de Desv. - Térmico (dB)	34.89	24.09
XPD fade margin - multipath (dB)	38.25	37.77
Margen de Desv. - Plano (dB)	33.24	23.90
Factor Geoclimático	2.80E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	0.54	
Fade occurrence factor (Po)	1.88E-03	
Temperatura Anual Promedio (°C)	25.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	99.99991	99.99923
(sec)	2.50	20.24
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	99.99996	99.99971
(sec)	11.23	91.08
(% - sec)	99.99968 - 102.31	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
XPD fade margin - rain (dB)	45.95	37.87
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	23.91	
Atenuación por Lluvia (dB)	23.91	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	99.99961 - 123.75	
Total Anual (%-seg)	99.99928 - 226.06	

Tabla N° 59. Reporte completo SITIO A-9 – SITIO A-4

	Sitio A-9	Sitio A-4
Elevación (m)	49.33	573.00
Latitud	10 27 37.00 N	10 22 33.00 N
Longitud	064 10 01.00 W	064 17 07.00 W
Azimuth Verdadero (°)	234.22	54.20
Ángulo Vertical (°)	1.82	-1.93
Modelo de Antena	ML7-1.2HP	ML7-1.2HP
Altura de Antena (m)	45.00	45.00
Ganancia de Antena (dBi)	36.60	36.60
Pérdidas Misceláneas (dB)	0.00	
Otras Pérdidas TX (dB)	7.00	1.60
Otras Pérdidas RX (dB)	1.60	7.00
Frecuencia (MHz)	7000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	15.97	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	133.44	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.15	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	63.59	74.39
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	54.60	60.00
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-38.59	-49.39
Margen de Desv. - Térmico (dB)	34.91	24.11
XPD fade margin - multipath (dB)	31.55	31.38
Margen de Desv. - Plano (dB)	29.90	23.37
Factor Geoclimático	2.80E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	32.77	
Fade occurrence factor (Po)	2.46E-05	
Temperatura Anual Promedio (°C)	25.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	99.99999
(sec)	0.07	0.30
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.32	1.37
(% - sec)	99.99999 - 1.69	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
XPD fade margin - rain (dB)	45.81	37.59
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	23.92	
Atenuación por Lluvia (dB)	23.92	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	99.99961 - 122.98	
Total Anual (%-seg)	99.99960 - 124.67	

Tabla N° 60. Reporte completo SITIO A-11 – SITIO C

	Sitio A-11	Sitio C
Elevación (m)	896.11	34.00
Latitud	10 32 47.00 N	10 30 08.50 N
Longitud	063 19 31.00 W	063 25 09.80 W
Azimuth Verdadero (°)	244.71	64.69
Ángulo Vertical (°)	-4.37	4.29
Modelo de Antena	ML7-1.2HP	ML7-1.2HP
Altura de Antena (m)	45.00	45.00
Ganancia de Antena (dBi)	36.60	36.60
Pérdidas Misceláneas (dB)	0.00	
Otras Pérdidas TX (dB)	7.00	1.60
Otras Pérdidas RX (dB)	1.60	7.00
Frecuencia (MHz)	7000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	11.39	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	130.50	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.11	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	60.61	71.41
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	54.60	60.00
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-35.61	-46.41
Margen de Desv. - Térmico (dB)	37.89	27.09
XPD fade margin - multipath (dB)	31.56	31.47
Margen de Desv. - Plano (dB)	30.65	25.74
Factor Geoclimático	2.80E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	75.52	
Fade occurrence factor (Po)	2.32E-06	
Temperatura Anual Promedio (°C)	25.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	5.68e-03	0.02
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.03	0.08
(% - sec)	100.00000 - 0.10	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
XPD fade margin - rain (dB)	48.18	39.78
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	26.86	
Atenuación por Lluvia (dB)	26.86	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	99.99986 - 44.06	
Total Anual (%-seg)	99.99986 - 44.16	

Tabla N° 61. Reporte completo SITIO B-1 – SITIO B-3

	Sitio B-1	Sitio B-3
Elevación (m)	861.00	20.67
Latitud	10 59 48.00 N	10 57 12.00 N
Longitud	063 54 42.00 W	063 55 32.00 W
Azimuth Verdadero (°)	197.57	17.57
Ángulo Vertical (°)	-9.31	9.27
Modelo de Antena	ML7-1.2HP	ML7-1.2HP
Altura de Antena (m)	54.00	72.00
Ganancia de Antena (dBi)	36.60	36.60
Otras Pérdidas TX (dB)	7.00	1.60
Otras Pérdidas RX (dB)	1.60	7.00
Frecuencia (MHz)	7000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	5.03	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	123.40	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.05	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	53.44	64.24
Modelo de Radio	SDH-11	SDH-11
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
PIRE (dBm)	54.60	60.00
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-3	BER 10-3
Nivel de Umbral (dBm)	-73.50	-73.50
Señal Recibida (dBm)	-28.44	-39.24
Margen de Desv. - Térmico (dB)	45.06	34.26
Margen de Desv. - Plano (dB)	45.06	34.26
Factor Geoclimático	2.80E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	162.12	
Fade occurrence factor (Po)	4.24E-08	
Temperatura Anual Promedio (°C)	25.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	5.98e-06	4.43e-05
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	2.69e-05	1.99e-04
(% - sec)	100.00000 - 0.00	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	135.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	34.26	
Atenuación por Lluvia (dB)	34.26	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-seg)	100.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	100.00000 - 0.00	