

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

*DESARROLLO DE UN SISTEMA AUXILIAR PARA LA
PLANIFICACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE DE MOVILNET C.A.*

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR

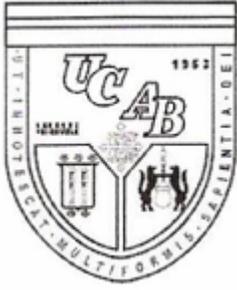
*Eduardo José Ferro Milano.
Valentina Isaac Ayala.*

PROFESOR GUÍA

Ing. Pedro Fariña

FECHA

Caracas, 13 de octubre de 2006.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

*DESARROLLO DE UN SISTEMA AUXILIAR PARA LA
PLANIFICACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE DE MOVILNET C.A.*

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR

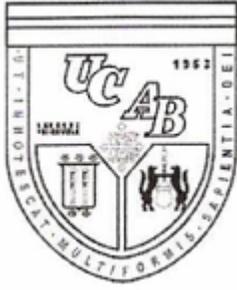
*Eduardo José Ferro Milano.
Valentina Isaac Ayala.*

PROFESOR GUÍA

Ing. Pedro Fariña

FECHA

Caracas, 13 de octubre de 2006.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

*DESARROLLO DE UN SISTEMA AUXILIAR PARA LA
PLANIFICACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE DE MOVILNET C.A.*

REALIZADO POR

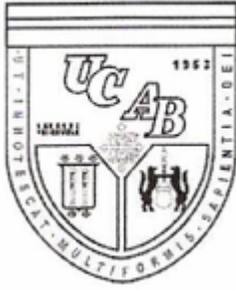
*Eduardo José Ferro Milano.
Valentina Isaac Ayala.*

PROFESOR GUÍA

Ing. Pedro Fariña

FECHA

Caracas, 13 de octubre de 2006.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

*DESARROLLO DE UN SISTEMA AUXILIAR PARA LA
PLANIFICACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE DE MOVILNET C.A.*

**Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado
su contenido con el resultado: _____**

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma:

Nombre: Nicola Buonanno

Firma:

Nombre: Miguel Díaz

Firma:

Nombre: Pedro Fariña

REALIZADO POR

*Eduardo José Ferro Milano.
Valentina Isaac Ayala.*

PROFESOR GUÍA

Ing. Pedro Fariña

FECHA

Caracas, 13 de octubre de 2006.

DESARROLLO DE UN SISTEMA AUXILIAR PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE DE MOVILNET C.A.

Ferro, Eduardo

eduardo.ferro@gmail.com

Isaac, Valentina

valentinaisaac@gmail.com

El “Sistema Auxiliar para la Planificación de la Red de Transporte de *Movilnet C.A.*” es una herramienta, desarrollada en el software *Macro Manager* del Sistema de Gestión *Tellabs® 8100 Network Manager* empleado por la empresa *Movilnet*, que permite ejecutar en una misma plataforma y mediante una interfaz gráfica amigable, diferentes aplicaciones para: a) Almacenar información de interés de los enlaces de microondas de la red de transporte en la base de datos del Sistema de Gestión; b) Conocer la ruta lógica establecida para un circuito virtual, así como el estado de ocupación de los nodos de cross-conexión y troncales SDH por los que transita; c) Simular situaciones de tráfico de llamadas CDMA/TDMA y de ampliación de la red a nivel de E1s; d) Mantener una adecuada organización y planificación de los paneles y ranuras libres, ocupadas y reservadas de los DDF (*Digital Distribution Frames*), utilizados principalmente como interfaz de conexión entre los equipos de radio y los nodos; e) Generar la ruta física (posición de unidades, interfaces y ranuras) tomada por los circuitos para contribuir a una rápida detección y atención de fallas; y f) Realizar inventarios de las unidades y módulos instalados en los nodos de cross-conexión de cada localidad, así como obtener el registro de las fallas de cada tarjeta desde la base de datos. Este sistema de ayuda facilitará y permitirá agilizar determinadas actividades de los departamentos de transmisión, operación y mantenimiento de la empresa *Movilnet*, incrementando su eficiencia y representando un ahorro considerable de tiempo para el personal de la misma.

Palabras Claves: SDH, Sistema de Gestión, Nodos de Cross-conexión, *Tellabs®*.

Dedicatoria

A mi familia,

Valentina Isaac

A mis padres,

y hermanos,

Eduardo Ferro

Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro más sincero agradecimiento a la empresa Eprotel C.A., por brindarnos la oportunidad de desempeñarnos en el ámbito laboral y desarrollar nuestro Trabajo Especial de Grado en sus instalaciones, así como también por proporcionarnos los recursos tecnológicos y económicos necesarios para la elaboración del mismo.

A la Universidad Católica Andrés Bello, por su contribución en nuestra formación y por aportarnos los conocimientos fundamentales y las herramientas necesarias para ejercer con éxito nuestro rol de Ingenieros en Telecomunicaciones durante el desarrollo del proyecto.

A nuestro tutor y guía, el Ing. Pedro Fariña, por su dedicación, buena disposición y contribución a nuestro proceso de aprendizaje, por apoyarnos y confiar en nuestras decisiones.

Al Ing. Jonathan Polly, quien sin ser nuestro tutor, se comportó como tal y cuya ayuda fue fundamental para que se pudiesen cumplir las metas propuestas.

También queremos agradecer por su cooperación al personal de *Movilnet C.A.*, a nuestros amigos y compañeros de trabajo en Eprotel, a Jorge Angulo, Arsenio Gómez, y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron con nosotros en la realización de este Trabajo Especial de Grado.

Gracias.

Índice General

Resumen	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice General	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tablas	viii
Introducción	1
Capítulo I.....	3
Planteamiento del Proyecto.....	3
I.1 Planteamiento del Problema	3
I.2 Objetivos.....	5
I.2.1 Objetivo General	5
I.2.2 Objetivos Específicos.....	5
I.3 Justificación	6
I.4 Limitaciones.....	7
I.5 Alcance	8
Capítulo II	10
Marco Referencial o Teórico	10
II.1 SDH (Synchronous Digital Hierarchy).....	10
II.2.1 Composición de la trama STM-N.....	11
II.2.2 Esquema de Numeración	12
II.2 Elementos de la Red de Transporte	13
II.2.1 Nodos de Cross-Conexión (XC).....	13
II.2.3 DDF (<i>Digital Distribution Frame</i>)	18
II.2.4 Troncales.....	19
II.2.5 Circuitos:.....	21
II.3 Tráfico de Llamadas	22
II.3.1 CDMA (<i>Code Division Multiple Access</i>)	22

II.3.2 TDMA (<i>Time Division Multiple Access</i>).....	226
Capítulo III.....	27
Metodología y Desarrollo	27
III.1 Investigación Inicial	27
III.2 Diseño y Programación de las Aplicaciones	28
III.2.1 Módulo “Planificación”	29
III.2.2 Módulo DDF	42
III.2.3 Módulo Inventario	47
III.3 Verificación del Funcionamiento y Pruebas Finales.....	51
III.4 Entrega e Implementación del Producto	51
Capítulo IV.....	53
Resultados	53
IV.1 Módulo “Planificación”	53
IV.2 Módulo “DDF”	62
IV.3 Módulo “Inventario”	66
IV.4 Prueba de Ejecución Simultánea de Aplicaciones	69
Conclusiones y Recomendaciones	71
V.1 Conclusiones	71
V.2 Recomendaciones.....	72
Capítulo VI.....	74
Bibliografía	74
VI.1 Libros	74
VI.2 Fuentes Electrónicas (Internet)	74
VI.3 Manuales	75
Apéndice A	77
Fotos de Paneles DDF	77
Apéndice B.....	78
Ejemplos de Estructuras de Nodos.....	78
Apéndice C.....	82
Unidades e Interfaces Según los Tipos de Nodos	82

Apéndice D	85
Recomendaciones de “Planificación” (Prueba 2.a).....	85
Apéndice E.....	86
Recomendaciones de “Planificación” (Prueba 2.b)	86
Apéndice F	88
Resultados de “Inventario” (Prueba 1).....	88
Apéndice G	90
Resultados de “Inventario” (Prueba 2).....	90
Apéndice H	92
Etiqueta del CD de Instalación.....	92
Apéndice I.....	93
Carta de Aceptación	93
Apéndice J.....	94
Manual del Usuario.....	94
Apéndice K	168
Glosario de Acrónimos	168

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura Bidimensional de la Trama Básica (G.708)	11
Figura 2. Relación entre Tributarios y Agregados.....	11
Figura 3. Multiplexación de Señales Tributarias (G.708 de la UIT-T).....	12
Figura 4. Estructura de Mapeo (G.707 de la UIT-T)	12
Figura 5. Equipos y Trayectoria de los Datos Hasta la Central	13
Figura 6. Diagrama de los Niveles de XC de un Nodo.....	15
Figura 7. Estructura de un Nodo (Unidades, Módulos e Interfaces).....	16
Figura 8. Nodo 6350 Empleando la Totalidad de Puertos 4/4 de Alto Orden	18
Figura 9. Modelos de paneles DDF con sus Conectores.....	19
Figura 10. Niveles de Enrutamiento de las Troncales SDH 4/4 y 4/1 y PDH 1/0.	20
Figura 11. Diagrama General de la Herramienta	29

Figura 12. Diagrama en bloques de la Aplicación “Planificación”	29
Figura 13. Formato de la Ruta Lógica de un Circuito desde el Sistema de Gestión...	32
Figura 14. Configuración Considerada de los Elementos para la Simulación	38
Figura 15. Diagrama en Bloques del Módulo “DDF”	42
Figura 16. Diagrama en Bloque del Módulo “Inventario”	48
Figura 17. Ventana Principal del Módulo “Planificación”	53
Figura 18. Ventana “Enrutamiento” (Inicialmente)	54
Figura 19. Coordenadas K,L,M del Circuito 4973	55
Figura 20. Ruta Lógica del Circuito 4973	55
Figura 21. Ruta del Circuito 4973 en la Ventana “Enrutamiento”	56
Figura 22. Información de los Elementos de Red del Circuito 4973	57
Figura 23. Detalle Físico de los Nodos	57
Figura 24. Ventana “Simulación” (Prueba: 300 PPCU)	58
Figura 25. Ventana “Detalles de la Simulación” y Contenido (Prueba: 300 PPCU)..	59
Figura 26. a) Estado del Radio, b) Listado de Elementos Saturados (Prueba: 63 E1s)	60
Figura 27. Ventan “Detalles de la Simulación”	61
Figura 28. Ventana Principal del Módulo “DDF”	62
Figura 29. Almacenamiento de Información de una Ranura	63
Figura 30. Ventana “Reporte de Slots”	64
Figura 31. Sección “Ruta Física”	65
Figura 32. Trayectoria del Circuito 2131	65
Figura 33. Ruta Física del Circuito 2131	66
Figura 34. Ventana “INVENTARIO” para Módulos.....	67
Figura 35. Ventana “Resumen Tarjetas” para Módulos.....	67
Figura 36. Ventana “INVENTARIO” para Unidades.....	68
Figura 37. Ventana “Resumen Tarjetas” para Unidades.....	68
Figura 38. Ventana “Fallas de la Unidad” y Contenido.....	69
Figura 39. Ejecución Simultánea de Aplicaciones en Estaciones de Trabajo Rémotas.	70

Índice de Tablas

Tabla 1. Características de XC de los Nodos 8100 de <i>Tellabs</i> [®]	17
Tabla 2. Características de XC de los Nodos 6300 de <i>Tellabs</i> [®]	18
Tabla 3. Valor PPLC para DS0s de 64 Kbps Según el Tipo de Tráfico	23
Tabla 4. Capacidad de PPs según el Algoritmo <i>Packet Pipe Optimization</i>	24
Tabla 5. Equivalencia entre PPCUs de Tráfico y Cantidad de E1s	26
Tabla 6. Campos Utilizados para Obtener Información de las Troncales.....	31
Tabla 7. Estructura y Contenido del Recuadro “Ruta”	34
Tabla 8. Capacidad del Radio vs. Número de <i>Time Slots</i>	35
Tabla 9. Total de Ranuras Utilizables para las Unidades de Tráfico	38
Tabla 10. Información Básica del Panel	43
Tabla 11. Campos de las Ranuras del Panel	45
Tabla 12. Campos de la Búsqueda Según el Elemento	48
Tabla 13. Campos del Resumen para el Elemento Unidades/Módulos	49
Tabla 14. Opciones de la función “Ordenar Por”	49
Tabla 15. Campos del Registro de Fallas.....	50

Introducción

La necesidad de contribuir en la planificación, organización y mantenimiento de la red de transporte de *Movilnet*, fue principalmente lo que motivó a la elaboración de una herramienta de gestión auxiliar, cuyas funcionalidades se presentan en este tomo del Trabajo Especial de Grado.

El mismo está estructurado en forma de capítulos. El Capítulo 1, se encuentra relacionado al planteamiento del proyecto, cuyo contenido define el problema resuelto, los objetivos propuestos, la justificación para la elaboración del mismo y finalmente su alcance y limitaciones.

El segundo capítulo constituye el Marco Referencial o Teórico. Éste hace referencia a diversos conceptos fundamentales para la comprensión del funcionamiento de la herramienta tales como: las características básicas de SDH, la descripción de algunos elementos que conforman la red de transporte (nodos de cross-conexión, DDFs, troncales y circuitos), y finalmente algunos conceptos relacionados con los tipos de tráfico generados según las tecnologías de acceso que utiliza *Movilnet* y el ancho de banda que éstos requieren de la red de transporte.

El Capítulo 3 comprende la metodología utilizada y los pasos seguidos para el desarrollo del proyecto. Éste abarca desde las etapas iniciales de detección del problema, adquisición de conocimientos básicos y el diseño de las aplicaciones, hasta la programación de la herramienta en el lenguaje *Macro Manager*, las pruebas realizadas y la entrega del producto final al cliente.

El cuarto capítulo se caracteriza por representar la utilidad de la herramienta resultante, mediante la descripción de las funciones que realiza el sistema, imágenes de la interfaz gráfica de la herramienta y ejemplos de pruebas y simulaciones que comúnmente podría desempeñar el personal de *Movilnet* para planificar su red de transporte.

Por su parte, el capítulo 5 está constituido por una serie de conclusiones sobre los logros, resultados y experiencias obtenidos tanto del producto final, como del desarrollo del mismo. Igualmente, se presentan algunas recomendaciones sobre aspectos adicionales que en un futuro podrían incrementar los beneficios de la herramienta, ya implementada.

En el sexto capítulo se hace referencia a todos aquellos medios bibliográficos, textuales e informáticos que sirvieron como base para soportar el proyecto. Complementario a este tomo, se encuentran un conjunto de anexos y apéndices que dan robustez a los conceptos y partes que en éste se describen. Adicionalmente, en esta última sección, se presenta un glosario de los términos y acrónimos empleados en este documento (apéndice K).

La planificación y el mantenimiento de una red de transporte no es una tarea sencilla. Este tomo constituye tan solo una ayuda que pretende aligerar algunas tareas que realiza el personal de *Movilnet*. Su contenido no es la clave para la planificación de la red, pero representa una herramienta de gran utilidad para su estudio, que a continuación, se le invita a conocer.

Capítulo I

Planteamiento del Proyecto

Este capítulo describe la necesidad que dio origen a este Trabajo Especial de Grado, así como los objetivos, general y específicos, el alcance y las limitaciones establecidas para el desarrollo del proyecto.

I.1 Planteamiento del Problema

Las redes de telefonía celular, están compuestas por diferentes elementos, entre los cuales se encuentran: las radio bases, que proporcionan la interfaz entre los teléfonos móviles y la red de transporte; los equipos de microondas y/o anillos de fibra óptica, encargados de transmitir y transportar respectivamente los datos a través de la red; los nodos de cross-conexión, responsables del enrutamiento de los datos y de la multiplexación de señales de entrada para generar señales de mayor capacidad; los paneles DDF, que actúan como una interfaz entre los equipos de radio y los nodos; entre otros elementos.

La red de transporte es la encargada de encaminar los circuitos procedentes de la red de acceso. Debido a esto, es indispensable que las capacidades de las diferentes troncales que conforman dicha red estén correctamente dimensionadas para soportar el tráfico generado por las llamadas sin problema alguno. Sin embargo, dichas capacidades no deberían estar sobredimensionadas para evitar inversiones cuantiosas a la empresa y la subutilización de la red. Por esta razón, es necesario que exista un elemento que contribuya a gestionar y planificar ciertos elementos de la red de transporte y los diferentes equipos presentes en ella.

En la actualidad, la empresa *Movilnet C.A.* cuenta con el Sistema de Gestión *Tellabs® 8100 Network Manager*, software que permite conocer el estado de la red de transporte y de los nodos que la constituyen, las capacidades de cross-conexión y las

características de las unidades, módulos e interfaces que componen la estructura física de un nodo; configurar las troncales que interconectan los equipos de cross-conexión y los circuitos que definen la ruta lógica a seguir por los datos; entre otras funciones relacionadas con la red y sus actividades de conmutación. El estado de la red puede ser gestionado desde cualquier Estación de Trabajo, siempre y cuando ésta se encuentre en red con el Servidor de Base de Datos.

Este servidor es el que contiene la base de datos del Sistema de Gestión con las tablas que poseen toda la información de los nodos instalados, las troncales físicas y lógicas creadas y los circuitos definidos para el transporte de los datos de los usuarios. Sin embargo, la información de los medios de transporte y detalles asociados, como radio enlaces, y las conexiones hacia y desde las ranuras de los paneles DDF no se encuentra almacenada en ésta, sino que se encuentra repartida entre diferentes departamentos de la empresa y además en diversos formatos digitales.

El almacenamiento de información de una manera aislada, le dificulta al personal el conocimiento en tiempo real de cualquier actualización que se haya realizado de la misma, lo cual podría ocasionar que operadores en distintas sedes de la empresa consulten archivos desactualizados y añadan nueva información sobre los mismos, haciendo muy complicada la gestión de la información.

Entre las opciones que el Sistema de Gestión de *Tellabs*[®] presenta, se encuentra la de conocer las tarjetas instaladas en los nodos, pero de una manera individual (un nodo a la vez) y poco práctica para su manipulación. *Movilnet* necesita constantemente realizar inventarios de las unidades instaladas en grupos numerosos de nodos para el cálculo de repuestos, por lo que si un operador necesita conocer esta información, debe anotar los diferentes modelos de tarjetas presentes en cada uno de los nodos de la red, y finalmente hacer cálculos para obtener el total existente. Este procedimiento requiere de una gran dedicación de tiempo por parte del operador, que podría emplearse en otras actividades de la empresa.

Hasta ahora no existía en *Movilnet* una manera de integrar toda esa información en una misma plataforma de simulación e interacción, que además de servir como herramienta de almacenamiento, permitiera al personal de *Movilnet* simular diferentes situaciones del tráfico generado desde una radio base hasta la central, para verificar el comportamiento y capacidad de la red a través de las troncales y nodos involucrados en una trayectoria específica, así como agilizar rutinas de inventario y desarrollar de manera mas eficiente la planificación de su red de transporte.

I.2 Objetivos

I.2.1 Objetivo General

- Desarrollar una herramienta auxiliar, compatible con el Sistema de Gestión *Tellabs® 8100 Network Manager*, que contribuya a la gestión de información relevante de la red de transporte de la empresa *Movilnet* y que le permita al personal de la misma optimizar funciones de planificación, ampliación, operación y mantenimiento de la red.

I.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar y crear tres aplicaciones de nombres “Planificación”, “DDF” e “Inventario” a través de la herramienta de programación *Macro Manager*, suministrada con el Sistema de Gestión, e integrarlas en una misma plataforma que le permita al personal de la empresa:
 - Almacenar en la base de datos del Sistema de Gestión, información aislada de la red de transporte que poseen algunos departamentos de la empresa.
 - Permitir la ejecución simultánea de la herramienta desde cualquier Estación de Trabajo que se encuentre en red con el Servidor de Base de

Datos, así como el acceso en tiempo real a cualquier actualización de la información.

- Mantener la organización de los paneles DDF y verificar su estado de ocupación (libre, ocupado y reservado) e información de interconexión hacia los nodos.
- Generar un reporte de la ruta física (interfaces, unidades y ranuras de los DDF involucradas) de un circuito específico y contribuir al seguimiento de posibles fallas.
- Verificar el total de módulos y unidades instalados en un rango de nodos o en una localidad específica del Sistema de Gestión, así como su historial de fallas.
- Simular situaciones de tráfico o de ampliación de la red, que permitan verificar capacidades de radio enlaces, troncales SDH y nodos de cross-conexión, y genere señales de alarma en caso de “cuellos de botella” y recomendaciones que contribuyan a la solución de dicho problema.
- Visualizar la asignación K, L, M de los circuitos creados por el personal de *Movilnet* para las troncales SDH que se encuentran especificadas en el Sistema de Gestión.

I.3 Justificación

La ventaja de lograr integrar la información, anteriormente mencionada, de la red de transporte en la base de datos del Sistema de Gestión, reside básicamente en mantener una apropiada organización de la misma, permitiéndole a cualquier operador agregar información adicional sobre una base de datos actualizada en tiempo real.

Adicionalmente, con la integración de la nueva información y las posibilidades de programación que proporciona el *Macro Manager*, se puede optar

por crear aplicaciones que faciliten la planificación, operación y mantenimiento de la red de transporte.

Una aplicación que realice un inventario de las unidades y módulos instalados en un nodo específico o en una localidad de manera automatizada representa un ahorro de tiempo significativo para los operadores encargados de tales tareas. Una aplicación que permita realizar simulaciones de tráfico en la red y que verifique el estado y capacidad de los enlaces de microondas, nodos y troncales, representa una gran ayuda para planes futuros de ampliación de la red y su infraestructura. Con esto además es posible conocer qué elemento de la red puede llegar a saturarse con un tráfico determinado.

También se puede contar con aplicaciones que permitan mantener la organización de los paneles DDF, conocer las rutas físicas por las que transitan los circuitos, y contribuir al seguimiento de fallas que puedan generarse en los mismos.

En fin, la ventaja de crear un sistema auxiliar que integre gran información de la red de transporte y que permita manipularla de diversas maneras desde cualquier Estación de Trabajo remota, consiste en un incremento en la eficiencia de determinados procesos realizados por los departamentos de Transmisión y Operación y Mantenimiento (O&M) de la empresa.

I.4 Limitaciones

La herramienta realizada sólo toma en cuenta aquellos nodos de la red de transporte propia de *Movilnet*, basada en las troncales SDH definidas en el Sistema de Gestión (“VC-4”, “VC-4 External”, “STM-1/VC-4” e “iSTM”)

Para efectos de la aplicación “Planificación”, se consideran únicamente los modelos de nodos *Tellabs*[®] de las series 8100 (8160 *A111*) y 6300 (6320 *Edge*, 6340 *Switch Node*, 6345 *Switch Node* y 6350 *Switch Node*), actualmente existentes en la red de transporte.

El sistema no detecta fallas ni genera alarmas por problemas de enrutamiento. Sin embargo, permite visualizar el historial de fallas de las unidades de los nodos y contribuye a la solución de fallas presentadas en el trayecto, ya que permite hacer un seguimiento de la ruta física de un circuito, ayudando a ubicar aquella parte de la trayectoria donde posiblemente se encuentre el inconveniente.

Las pruebas y demostraciones se realizan con información recopilada de la base de datos del Sistema de Gestión y aquella adicional proporcionada por el personal de *Movilnet*.

Los resultados arrojados por la herramienta resultan de carácter cualitativo. El usuario puede visualizar mediante barras de estado, indicadores de porcentajes, entre otros, si los elementos de red se encuentran “Poco Utilizados”, “Medianamente Utilizados” o “Saturados”.

I.5 Alcance

El alcance del proyecto está delimitado a la ejecución de las siguientes actividades:

- Adquisición de los siguientes conocimientos:
 - Funcionamiento de la herramienta *Macro Manager* del software *Tellabs® 8100 Network Manager*.
 - Capacidades de los radio enlaces y equipos de interés de la Red de Transporte de *Movilnet*.
 - Composición de la trama básica SDH (STM-1) y Multiplexación de señales de entrada a las tramas STM-N.
 - Funciones de Cross-conexión y enrutamiento realizadas por los Nodos *Tellabs®*.
 - Ancho de Banda requerido de la red de transporte, según el tráfico generado por las tecnologías de acceso TDMA y CDMA.

- Levantamiento de la información de enrutamiento desde la base de datos del Sistema de Gestión sobre las troncales SDH, sus circuitos y coordenadas K,L,M.
- Estudio de los campos y variables a considerar para la programación de las aplicaciones, con base en los requerimientos planteados por *Movilnet* y los cálculos necesarios a realizar por la herramienta para la determinación de las capacidades de la red.
- Desarrollo de la Herramienta:
 - Diseño de Diagramas en Bloque para las aplicaciones.
 - Creación de las aplicaciones “DDF”, “Planificación” e “Inventario”.
 - Integración de las aplicaciones en una misma plataforma.
 - Corrección de errores y pruebas finales de la herramienta.
- Elaboración de un Manual de Usuario del Sistema.
- Presentación de la herramienta a *Movilnet* y entrega del producto final.

Capítulo II

Marco Referencial o Teórico

Para realizar la planificación de una red de transporte es importante conocer el comportamiento de la misma. Además de la gran información que proporciona el *Sistema de Gestión*, es necesario poseer ciertos conocimientos técnicos y teóricos relacionados a los diferentes elementos involucrados en la red. A continuación, se explican algunos conceptos fundamentales que establecen las bases para comprender las tecnologías sobre las que se transportan los datos, el ancho de banda requerido por el tráfico generado según las diferentes tecnologías de acceso y las funciones de algunos de los equipos existentes en la red.

II.1 SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

“SDH corresponde a un conjunto jerárquico de estructuras, estandarizado para el transporte digital de cargas útiles, adecuadamente adaptadas, sobre medios de transmisión físicos” (UIT-T G.707), ya sean ópticos, eléctricos o vía radio. Es un método de multiplexación síncrono y de alta velocidad, donde todos los elementos del sistema se encuentran sincronizados al mismo reloj maestro.

La información que se transmite en SDH se encuentra encapsulada en unidades básicas, llamadas tramas STM-1, que corresponden a matrices de 9 filas por 270 columnas cuyos elementos son Bytes. Cada trama STM-1 posee 2430 Bytes y está dividida en: un área para el transporte de la información de usuario (Carga Útil) y áreas para la información de control de cada nivel de la red, como son los punteros y las cabeceras. La estructura de un STM-1 se puede apreciar en la siguiente figura:

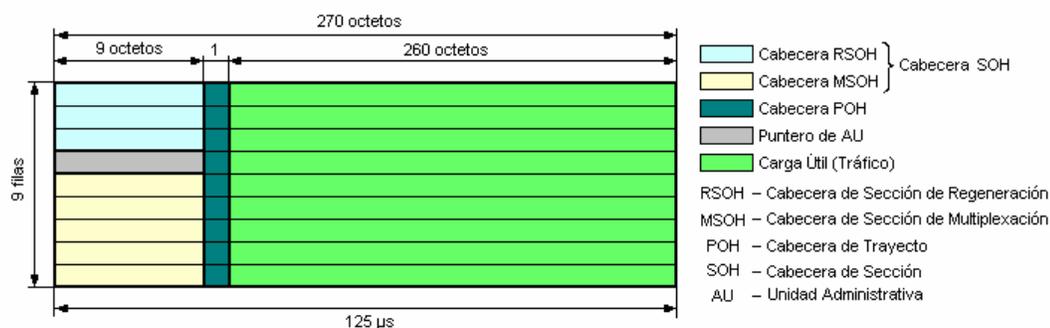


Figura 1. Estructura Bidimensional de la Trama Básica (G.708)

Los datos del usuario son encapsulados en contenedores específicos dependiendo del tipo de señal tributaria. Entiéndase por señal tributaria una señal de entrada a un multiplexor que luego se combina con otras señales de cierta velocidad para formar un agregado o un flujo de salida de mayor velocidad (figura 2).

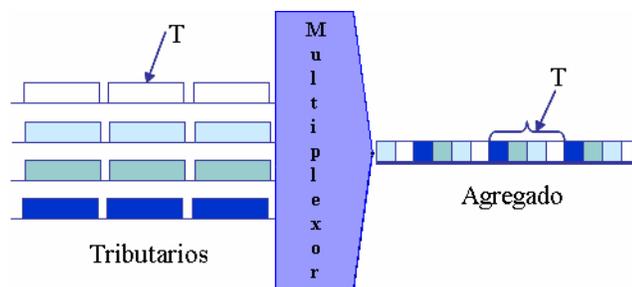


Figura 2. Relación entre Tributarios y Agregados

II.2.1 Composición de la trama STM-N

Para multiplexar las diversas señales de entrada en una trama STM de cualquiera de los niveles de la jerarquía hay que realizar dos tareas fundamentales, como lo indican las recomendaciones de la UIT-T:

- 1) Encapsular cada Señal Tributaria en el contenedor adecuado.
- 2) Una vez encapsulada cada señal, componer una trama con todas ellas.

Cada señal tributaria es encapsulada en un contenedor específico junto a una cabecera de control de trayecto que la acompaña extremo a extremo. Estas estructuras se vuelven a combinar durante el proceso de multiplexación, creándose diferentes

estructuras de orden superior, donde se va agregando la información del nivel inferior hasta completar una trama STM-1. Las distintas señales de entrada se multiplexan, según la recomendación. G.708 de la UIT-T, como se describe a continuación en la figura 3.

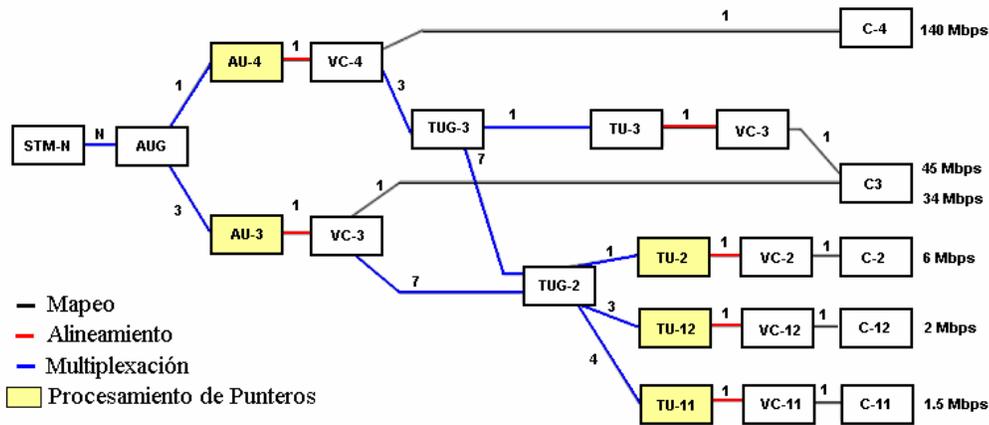


Figura 3. Multiplexación de Señales Tributarias (G.708 de la UIT-T)

II.2.2 Esquema de Numeración

En la norma G.707 de la UIT se define el esquema de numeración recomendado para la carga útil de una trama AU-4. Ésta puede estar direccionada bajo tres coordenadas (K,L,M), donde “K” representa el número de TUG-3, “L” el número de TUG-2 y “M” el número de TU-12. En la siguiente figura se muestra gráficamente cada una de estas coordenadas dentro de la multiplexación de un AU-4.

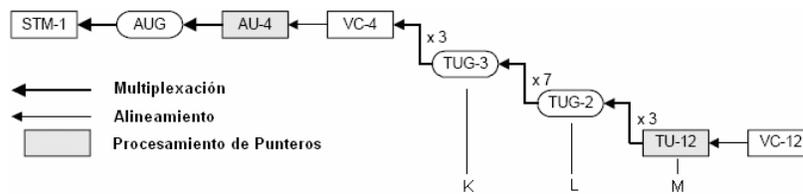


Figura 4. Estructura de Mapeo (G.707 de la UIT-T)

Este esquema es el empleado en el *Sistema de Gestión* para definir la multiplexación de las señales tributarias en las troncales a evaluar (“STM-1/VC-4”, “VC-4” y “VC-4 External”) en los nodos. Estos elementos de la red serán explicados en mayor detalle en la sección siguiente.

II.2 Elementos de la Red de Transporte

Los datos correspondientes a las llamadas realizadas por los usuarios, son transportados a lo largo de la red a través de diversos equipos. Cada uno de ellos cumple una función específica y constituye una etapa del trayecto que dichos datos deben seguir. En la figura 5, se muestra un sencillo ejemplo de la trayectoria de dichos datos desde el origen de la llamada y la comunicación del celular con la celda, pasando por el transporte de la llamada por un enlace de microondas, así como la conexión de las interfaces de los nodos de cross-conexión y los equipos de radio a través de un panel DDF (*Digital Distribution Frames*) y el paso de los circuitos a través de las diferentes troncales, hasta finalmente, la llegada de los datos a la central.

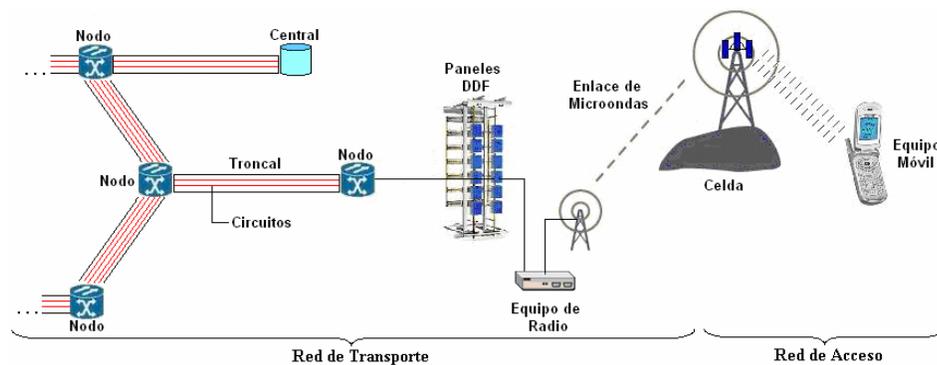


Figura 5. Equipos y Trayectoria de los Datos Hasta la Central

A continuación se explicará de una forma más detallada el concepto de cada uno de los elementos de red presentes en la Red de Transporte mostrados en la figura anterior.

II.2.1 Nodos de Cross-Conexión (XC)

Los Nodos de XC son los equipos encargados de concentrar el tráfico de múltiples señales tributarias sobre una troncal o señal agregada de mayor carga útil, para su transporte en una red. Estos elementos son los que básicamente definen la topología de la red, permitiendo estructuras en forma de anillo, árbol, enlace punto-a-punto, punto-multipunto, entre otras.

Un nodo puede ser implementado como interfaz final hacia el usuario, o como un ADM, permitiendo multiplexar varios flujos de entrada de tráfico PDH o SDH en canales de fibra óptica, cable coaxial o radio enlaces. La función contraria (demultiplexación) también la ejecuta.

El término *Add-Drop* significa que el equipo puede Agregar o Retirar carga útil de una de las señales tributarias. El tráfico restante, que no haya sido retirado, atraviesa el multiplexor sin ningún tipo de procesamiento adicional.

La función de cross-conexión se realiza bidireccionalmente entre la carga útil. Puede consolidar múltiples tributarios de baja tasa de bit en tributarios de mayor tasa de bit (y viceversa), y también separar diferentes tipos de carga. Esta operación es conocida como *Grooming*.

Como se mencionó anteriormente los ADMs permiten que la función de cross-conexión sea distribuida a lo largo de red. Sin embargo, también es posible que exista un único elemento de cross-conexión, conocido como un cross-conector digital o DXC que se encarga de diferentes tareas, tales como:

- Demultiplexar la señal de un agregado en varios tributarios.
- Multiplexar diferentes señales tributarias en un agregado
- Supervisión de las conexiones.

Estas funciones se llevan a cabo mediante una matriz de cross-conexión la cual es la encargada de conectar las señales tributarias con la señal de salida. Los dos tipos de DXCs SDH, se conocen como 4/1 XCs y 4/4 XCs.

Los XCs 4/1 o de bajo orden cross-conectan a nivel de VC-12s, por lo que generalmente extraen contenedores virtuales de una variedad de enlaces SDH y los re-enruta. Generalmente, este tipo de cross-conectores se instala en 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 el extremo con una red de terceros.

Existen algunos más complejos que también pueden cross-conectar a niveles de VC-2s, VC-3s, y VC-4s y se conocen como 4/3/1 XCs.

Los cross-conectores 4/4 o de alto orden están optimizados para conmutar únicamente VC-4s. Los XCs 4/4 son componentes del núcleo de la red y proporcionan capacidades tales como gestión de ruta de alto nivel y restauración de red.

En la figura 6 se muestran los diferentes niveles de cross-conexión que fueron mencionados anteriormente (alto orden y bajo orden.) y como se lleva a cabo la cross-conexión entre los diferentes contenedores.

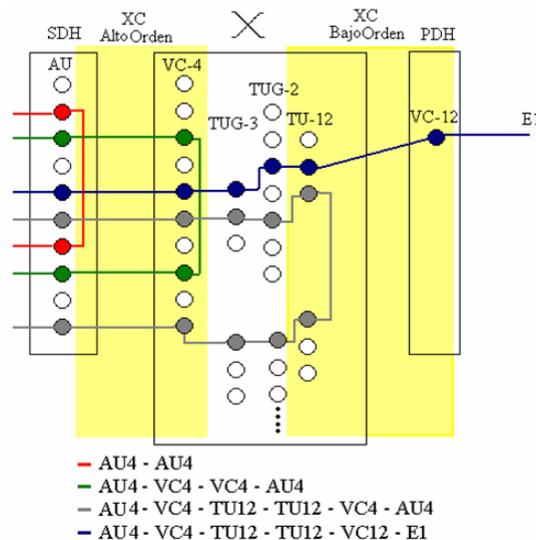


Figura 6. Diagrama de los Niveles de XC de un Nodo

La estructura gráfica de un nodo de XC consiste en uno o varios *subracks* con ranuras debidamente enumeradas, en las que se colocan tarjetas o unidades de diversos tipos. Cada modelo tiene una función específica asociada, entre las cuales

tenemos: unidades de tráfico, las matrices de XC, de ventilación, control y gestión del nodo, energía, protección, etc. Los modelos y la cantidad de unidades que se colocan durante el ensamblaje de un nodo, ayudan a definir no sólo su capacidad, sino también su función.

Existen configuraciones de nodos conformados por un único *subrack*. Otras, consisten en un *subrack* principal, llamado *Main* o *Master* que poseen la unidad encargada de la cross-conexión, y otros *subracks* secundarios llamados *Tributary* o *Slave*, que por lo general poseen las interfaces de tráfico de bajo nivel. Estos *subracks* se conectan a través de troncales iSTM, que se explicarán posteriormente.

Las unidades se dividen en módulos que contienen varias interfaces o pequeñas ranuras que permiten la conexión de cables provenientes de otros equipos al nodo. Por cada unidad pueden existir varios módulos, y por ende, múltiples interfaces (nótese en la figura 7 los dos módulos de la unidad que ocupa las ranuras 20 y 21).

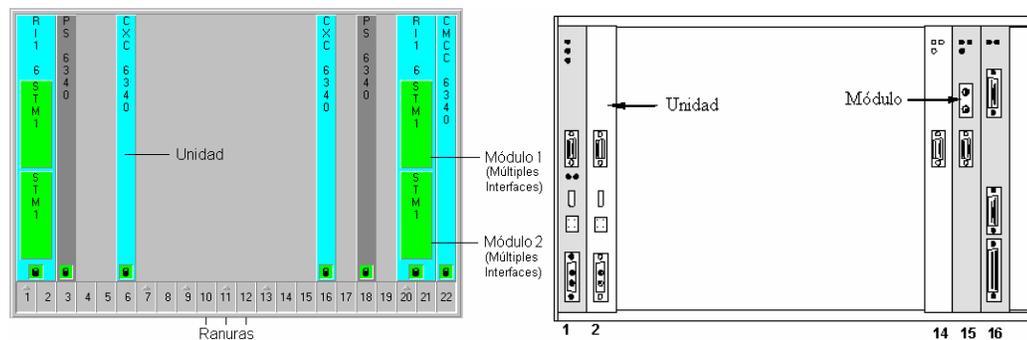


Figura 7. Estructura de un Nodo (Unidades, Módulos e Interfaces)

Las interfaces de tráfico pueden ser de distintas capacidades, así como de distintos tipos. Existen interfaces E1, E3, STM-1, etc., tanto ópticas (para cables de fibra), como eléctricas (para cables coaxiales).

Dentro de la Red de Transporte de *Movilnet C.A.* se utilizan diferentes series de Nodos de XC *Tellabs*[®], dentro de los cuales se encuentran: la serie 8100 con los siguientes tipos: *Basic*, *Midi*, *A111* y *Cluster*; y la serie 6300 con estos otros: 6320

Edge Node, 6340 *Switch Node*, 6345 *Switch Node* y 6350 *Switch Node*. Un ejemplo de las configuraciones para cada uno de ellos, se observa en el apéndice B.

La serie 8100, generalmente es utilizada para el manejo de tráfico PDH y SDH en diferentes niveles. Ésta provee una infraestructura con capacidad de ampliación SDH en la cual se pueden transportar diferentes servicios.

Cada uno de los nodos de esta serie posee una matriz de XC que es controlada mediante una unidad, así como un *bus* asociado en el cual se realizan las funciones cross-conexión. Los *buses* existentes en esta serie son:

- X-BUS el cual se emplea para cross-conectar circuitos a nivel de PDH 1/0.
- S-BUS utilizado para cross-conectar circuitos SDH o TU-12.

En la siguiente tabla se muestra la información de las capacidades y buses que utilizan las unidades de cross-conexión utilizadas por el nodo 8160 *A111*. En la misma se observa como la unidad GMX maneja dos matrices de cross-conexión, cuyas capacidades vienen dadas por el número de circuitos que pueden cross-conectar simultáneamente. Sin embargo, debido a que el alcance del proyecto está definido para el estándar SDH, sólo se toma en cuenta la matriz 4/1.

	Unidad de XC	Capacidad de la Matriz	Bus de XC
8160 A111	GMX 4/1	63 x VC-12	S-BUS
	GMX 1/0	2 x 64 Mbps	X-BUS

Tabla 1. Características de XC de los Nodos 8100 de *Tellabs*[®]

La serie 6300 de *Tellabs*[®] corresponde a un grupo de nodos que trabajan bajo una plataforma *grooming* y SDH con un gran ancho de banda para poder agregar tráfico de voz y datos sobre una red SDH. Éstos, permiten la cross-conexión de circuitos a diferentes niveles, de alto orden (4/4) y de bajo orden (4/1). En la tabla 2 se presentan los diferentes nodos de la serie 6300 con su unidad de cross-conexión y la capacidad máxima de XC que se encuentran dentro del alcance del proyecto.

	Unidad de XC	Capacidad de Cross-conexión	
		HO (4/4)	LO (4/3/1)
Nodo 6340 fp.3	CXC	48 puertos	16 puertos
Nodo 6340 fp.4	SIMX1/4, SIMX16	100 puertos	32 puertos
Nodo 6345	M31	256 puertos	128 puertos
Nodo 6350	M61	640 puertos	128 puertos

Tabla 2. Características de XC de los Nodos 6300 de *Tellabs*®

En la tabla anterior se observa como la capacidad máxima de XC viene limitada por la cantidad de puertos que soporta el nodo. Éstos, a su vez se encuentran directamente relacionados con la cantidad de ranuras existentes en el nodo para colocar unidades de tráfico, por lo tanto la capacidad máxima de cross-conexión también se puede obtener mediante el número de interfaces existentes en las unidades. Un ejemplo de esto se puede ver en el nodo 6350 (figura 8), el cual soporta un máximo de 10 unidades SIM-64, de capacidad STM-64 cada una, lo que equivale a los 640 puertos STM-1 de alto orden, que es capaz de cross-conectar la matriz M61.

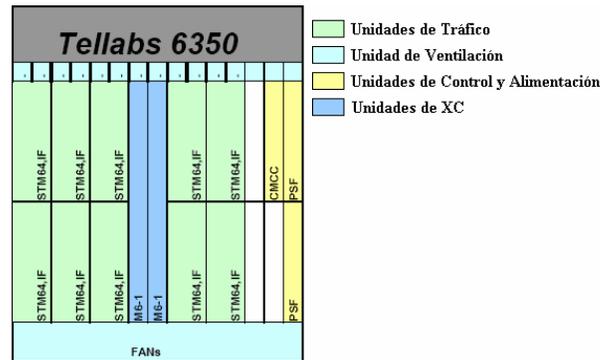


Figura 8. Nodo 6350 Empleando la Totalidad de Puertos 4/4 de Alto Orden

II.2.3 DDF (*Digital Distribution Frame*)

Un DDF es un panel conformado por múltiples ranuras que contribuyen con la terminación y organización, a través de cables, de diferentes equipos.

En las redes móviles, los paneles DDFs actúan como la interfaz física entre los equipos de Radio y los Nodos de XC o entre dos Nodos de XC.

Un panel DDF está conformado por varios componentes, entre los que se encuentran: conectores, cables, acopladores de impedancia, entre otros. Los conectores varían dependiendo del tipo de cable que utilice el DDF. Éstos pueden ser para cable coaxial, par trenzado o fibra óptica. A los paneles que emplean este último, se les conoce comúnmente como ODFs (*Optical Distribution Frames*) o FDFs (*Fiber Distribution Frames*). En la figura 9, se puede observar un ejemplo de diferentes tipos de DDFs.



Figura 9. Modelos de Paneles DDF con sus Conectores

II.2.4 Troncales

Las troncales pueden ser consideradas como tuberías de alta capacidad utilizadas para transportar grandes volúmenes de información a lo largo de una red. Éstas, están constituidas en general por sistemas de radio enlaces, cables de fibra óptica o coaxial y enlaces satelitales. Asimismo, deben ser en la mayoría de los casos digitales, para poder transportar cualquier tipo de información y de gran capacidad, para garantizar el transporte de los datos provenientes de las redes de acceso que agrupa. Las troncales también pueden ser utilizadas para interconectar otras redes, como aquellas pertenecientes a centros de operadores de telecomunicaciones.

En el Sistema de Gestión *Tellabs*[®] existen diferentes tipos de troncales que definen las conexiones entre los nodos y que poseen distintos niveles de enrutamiento, entre las cuales tenemos: troncal SDH 4/4, SDH 4/1 y PDH 1/0.

Las troncales SDH 4/4 son utilizadas para definir conexiones a nivel de $n \times$ AU-4, es decir, para enrutar circuitos $n \times$ AU-4.

Por otro lado, en caso de existir una conexión extremo a extremo a nivel de $n \times$ TU-12/3, ésta será descrita por una troncal SDH 4/1 ya que esta posee la capacidad de transportar $n \times$ TU-12, $n \times$ TU-3 o una combinación de éstos.

Finalmente, las troncales PDH 1/0 son utilizadas para el enrutamiento de tráfico a nivel de *time slots* ($n \times 64$) Kbps e incluso a nivel de bit ($n \times 8$) Kbps. Éstas pueden ser troncales PDH normales (E1s, E2s, etc.) o troncales virtuales VC-12/2M.

En la figura 10, se muestran las diferentes troncales mencionadas anteriormente y la relación existente entre cada una de ellas.

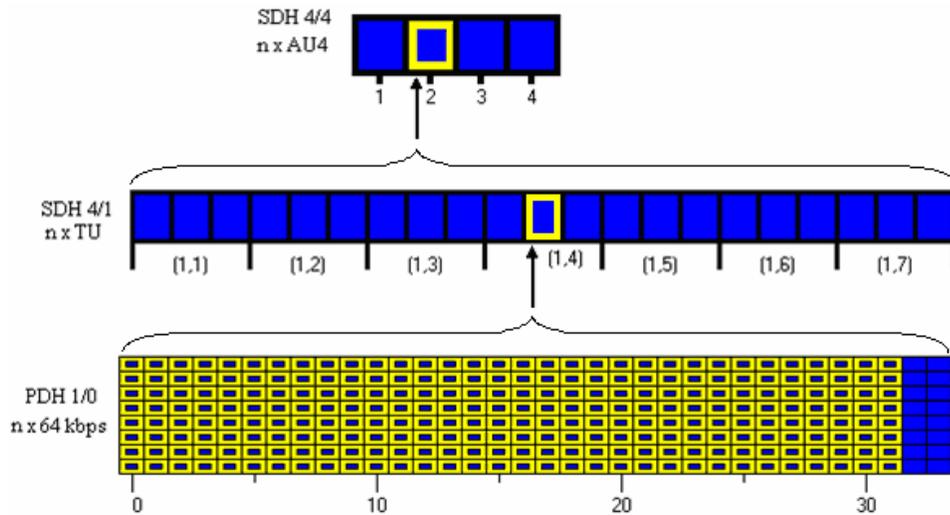


Figura 10. Niveles de Enrutamiento de las Troncales SDH 4/4 y 4/1 y PDH 1/0.

Cada una de estas troncales se encuentran a su vez subdivididas dependiendo de la función y tamaño que posean. Algunas de ellas son:

- Troncal SDH 4/4: STM-64, STM-16, STM-4, STM-1, STM *External* e iSTM.
- Troncal SDH 4/1: STM-1/VC-4, VC-4 *External* y VC-4.

No todos los tipos de troncales pueden definirse entre cualquiera de los tipos de nodos de las series 6300 y 8100 de *Tellabs*[®]. Por ejemplo, los nodos 6345 *Switch Node* o 6350 *Switch Node* son los únicos que tiene interfaces STM-64, por lo que los extremos de las troncales STM-64 sólo pueden culminar en este modelo de nodo.

Las troncales consideradas para este proyecto son:

a) Troncales STM-1/VC-4: proveen una capacidad de transmisión SDH. Ambos extremos de estas troncales pueden estar en el mismo nodo. Sus principales características son las siguientes:

- Servicio de Transmisión para los niveles de conexión VC-12 y VC-2.
- Capacidad SDH de 155 Mbps o 34 Mbps.

b) Troncales VC-4 External: proveen capacidad punto a multipunto, es decir, el tráfico de una interfaz STM-1 está destinado a varias interfaces STM-1. Sus principales características se presentan a continuación:

- Proveen servicio de transmisión para niveles de conexión VC-12 y VC-2.
- Capacidad VC-4 de 2126 Mbps.

c) Troncal Virtual VC-4: es una troncal virtual, donde la conexión física es un circuito SDH, 1 x AU-4, enrutado sobre una troncal de nivel superior, es decir, SDH 4/4 y se utiliza cuando sólo existen troncales de nivel 4/4 entre dos nodos, pero se requiere de troncales 4/1 para enrutar circuitos a nivel de TU-12 y TU-3.

d) Troncal iSTM: Son troncales ópticas que van desde los *subracks Tributary* a las unidades de cross-conexión ubicadas en el *subrack Main* de los nodos 6340 fp.4.

II.2.5 Circuitos:

Los circuitos se refieren a las señales de tráfico que son transmitidas dentro de las troncales. Se encuentran clasificados de acuerdo al tipo del extremo, estos pueden ser: TU, VC-12, VC-2, entre otros.

Por ejemplo, si el extremo es TU, el tráfico SDH no es terminado, sino transmitido a otra red SDH. En cambio, si es del tipo VC-12 ó VC-2, los equipos terminales son utilizados para mapear el tráfico PDH y posteriormente ser transmitidos en una red SDH.

II.3 Tráfico de Llamadas

El ancho de banda requerido para transmitir la voz y los datos de los usuarios, a través de la red de transporte, resulta diferente para cada tecnología de acceso. Por este motivo, se describe a continuación una relación entre el tráfico generado en la red de acceso, y el ancho de banda que éste ocupa en la red de transporte, para las tecnologías CDMA y TDMA utilizadas en *Movilnet*.

II.3.1 CDMA (*Code Division Multiple Access*)

Cuando se lleva a acabo una llamada CDMA, la voz del usuario es convertida en paquetes en el celular. Estos paquetes son posteriormente multiplexados en la celda en grupos de 1 a 16 DS0s (*Digital Signal 0*) llamados *Packet Pipes* (PP). Por lo tanto, en una celda se pueden generar múltiples PPs.

Un DS0 corresponde a la tasa básica de señalización de 64 Kbps (equivalente a la capacidad de un canal de frecuencia para la voz) en la jerarquía digital plesiócrona americana. En la jerarquía europea, PDH mapea 32 líneas DS0 dentro de su trama E1.

Debido a los diferentes tipos de tráfico existentes (tabla 3), la ingeniería de los *Packet Pipes* utiliza los términos *Packet Pipe Capacity Units* (PPCUs) y *Packet Pipe Loading Coefficients* (PPLCs) para trabajar con una unidad estándar de la capacidad de ancho de banda de un PP. Un PPCU se define como la capacidad necesaria de un PP para atender una llamada realizada con un equipo 2G (2a Generación) de tasa de bit para la codificación de la voz equivalente a 8 Kbps.

Tamaño del PP (# DS0s)	Tipo 1 Voz (8 Kbps)	Tipo 2 Voz (13 Kbps)	Tipo 3 Datos (8 Kbps)	Tipo 4 Datos (13 Kbps)
1	1	2	1,20	2
2	1	1,40	1,40	1,98
3	1	1,50	1,34	1,86
4-16	1	1,37	1,33	1,85

Tabla 3. Valor PPLC para DS0s de 64 Kbps Según el Tipo de Tráfico
(Fuente: Flexent[®]/AUTOPLEX[®], Lucent Technologies[®])

El PPLC es un coeficiente que relaciona los diferentes tipos de llamadas a la unidad estándar de capacidad. Por lo tanto, el valor PPLC de una llamada de voz 2G de tasa de bit mayor que la de una llamada de 8 Kbps, será mayor a la unidad. Por ejemplo, los valores actuales de PPLC para una llamada de 2G de 13 Kbps oscilan entre 1,36 y 2, dependiendo del ancho del *Packet Pipe* y del algoritmo utilizado por la celda para determinar la capacidad del mismo.

Existen tres tipos de algoritmos para determinar las capacidades de los Packet Pipes. Los mismos se nombran en el orden en el que fueron desarrollados, siendo cada algoritmo, más eficiente que el desarrollado anteriormente y permitiendo albergar una capacidad mayor. Éstos son: *Original Packet Pipe Algorithm*, *Packet Pipe Optimization Algorithm*, y *Backhaul Enhancement Algorithm Including 3G-1X* (3a Generación).

Mediante el uso de tablas como la siguiente y la que se muestra a continuación, se puede determinar la cantidad de llamadas de un tipo de tráfico específico que se pueden multiplexar en un PP.

Tamaño del PP (# de DS0s)	Máximo Valor PPCU soportado
1	2
2	7
3	12
4	16
5	21
6	26
7	32
8	36
9	41
10	47
11	53

12	57
13	62
14	67
15	72
16	78

Tabla 4. Capacidad de PPs según el Algoritmo *Packet Pipe Optimization*
(Fuente: Flexent[®]/AUTOPLEX[®], Lucent Technologies[®])

Por ejemplo, considerando para efectos de este ejercicio que los *Packet Pipes* agrupan 4 DS0s de 64 Kbps, se puede observar en la tabla que el valor máximo de capacidad por cada PP es de 16 PPCUs. Con conocimiento de los valores PPLC para cada tipo de llamada, se obtienen a partir de la ecuación 2.1, los siguientes resultados:

$$\# \text{Llamadas} = \frac{\# \text{PPCUs}_{\text{ por PP}}}{\text{PPLC}} \quad (2.1)$$

- Llamada (Voz + 8 Kbps):

$$\frac{16 \cdot \text{PPCU/PP}}{1 \cdot \text{PPLC}} = 16 \cdot \text{Llamadas} \quad (2.2)$$

- Llamada (Voz + 13 Kbps):

$$\frac{16 \cdot \text{PPCU/PP}}{1,37 \cdot \text{PPLC}} = 11 \cdot \text{Llamadas} \quad (2.3)$$

- Llamada (Datos + 8 Kbps):

$$\frac{16 \cdot \text{PPCU/PP}}{1,33 \cdot \text{PPLC}} = 12 \cdot \text{Llamadas} \quad (2.4)$$

- Llamada (Datos + 13 Kbps):

$$\frac{16 \cdot \text{PPCU/PP}}{1,85 \cdot \text{PPLC}} = 8 \cdot \text{Llamadas} \quad (2.5)$$

El valor de la capacidad en PPCUs para cada PP puede variar dependiendo de lo que se asuma acerca de los siguientes elementos:

- Mezcla de Tráfico: Una misma celda puede atender tráfico mixto 2G y 3G-1x. Los encargados de realizar la ingeniería de *Packet Pipes* deberán asumir porcentajes para cada tipo de tráfico.

- Mezcla de Tasa de Vocoders: Se pueden definir las siguientes tasas de codificación de voz según la generación de los equipos celulares:
 - 2G: *vocoders* de 8 Kbps ó 13 Kbps.
 - 3G: únicamente *vocoders* de 8 Kbps.
- Tipo de Servicio: Se debe definir qué porcentaje del tráfico corresponde a Voz (llamadas comunes) y qué porcentaje corresponde a Datos (mensajería de texto).

La unidad PPCU está relacionada con los Erlangs de tráfico, donde un Erlang se define como una unidad adimensional e internacional, utilizada en las medidas estadísticas de tráfico telefónico en el sistema celular, y que representa un circuito ocupado continuamente por una hora.

Otros elementos que también se deben considerar y que influyen en el valor PPCU correspondiente para un PP son: tipo de celda y Estación Base, sectorización de la celda (omnidireccional o 3 sectores), número de portadoras CDMA a utilizar, medio de transporte (tipo de tramas), tasa de transmisión del DS0 (54 Kbps ó 64 Kbps), entre otros.

Los valores para la capacidad de tráfico de llamadas CDMA empleados por *Movilnet*, fueron establecidos por la empresa *Lucent Technologies*[®] y se pueden observar en la siguiente tabla de correspondencia entre la cantidad de PPCUs de tráfico y el ancho de banda requerido de tramas E1. Esta empresa define mediante el término PPCU, su trama propietaria para las capacidades de las celdas. Los valores asumidos y cálculos realizados por la misma para llegar a los resultados de dicha tabla se consideran de carácter confidencial.

CDMA	
No. E1's	PPCU
1	≤ 149
2	$\geq 150 \leq 323$
3	$\geq 324 \leq 470$
4	$> 470 \leq 600$
5	> 600

Tabla 5. Equivalencia entre PPCUs de Tráfico y Cantidad de E1s
(Fuente: *Movilnet C.A.*)

II.3.2 TDMA (*Time Division Multiple Access*)

Es una tecnología de transmisión digital que le permite a los usuarios acceder a un único canal de radio frecuencia sin interferencia, mediante la asignación de ranuras de tiempo para cada usuario. Este esquema multiplexa en el tiempo tres señales sobre un mismo canal. En telefonía móvil, este estándar divide el canal en 6 *Time Slots* o ranuras de tiempo, donde cada señal emplea 2 de ellos (a cada usuario se le asigna un *Time Slot* específico para la transmisión). Esto provee una ganancia 3 a 1 en capacidad de conversaciones.

Capítulo III

Metodología y Desarrollo

La metodología seguida para el desarrollo del Trabajo Especial de Grado consistió en llevar a cabo cuatro etapas, las cuales permitieron cumplir, en el tiempo establecido, los objetivos planteados inicialmente. Las etapas llevadas a cabo fueron las siguientes:

- 1) Investigación Inicial.
- 2) Diseño y Programación de las Aplicaciones.
- 3) Verificación del Funcionamiento y Pruebas Finales.
- 4) Entrega e Implementación del Producto.

III.1 Investigación Inicial

Esta etapa consistió en la adquisición de conocimientos y en el levantamiento de la información técnica y conceptual necesaria para llevar a cabo el proyecto. Se basó principalmente en consultas bibliográficas, tanto en libros específicos, como en manuales de operación del Sistema de Gestión *Tellabs® 8100 Network Manager*, tutoriales del lenguaje de programación empleado por el *Macro Manager*, hojas de especificaciones técnicas de los nodos de cross-conexión, entre otros.

Se realizó también un estudio de las características principales de SDH, así como de las fases de multiplexación para el transporte de diferentes tipos de tráfico sobre la trama básica STM-1, basado en los conceptos obtenidos de diferentes fuentes bibliográficas, artículos de Internet y recomendaciones de la UIT-T.

Por último, se estudiaron las características de los paneles DDF, tanto teóricamente, como en visitas a las estaciones “El Recreo” y “El Volcán”. Algunos

ejemplos de las conexiones y modelos allí encontrados, se pueden observar en el apéndice A.

III.2 Diseño y Programación de las Aplicaciones

El inicio de esta etapa consistió en la selección del software a utilizar para la programación de las aplicaciones. Ésta se basó en la necesidad de obtener una herramienta compatible con el *Sistema de Gestión* y que permitiera manipular (agregar, eliminar y actualizar) con gran facilidad los objetos de red (Nodos, Troncales y circuitos) definidos en la base de datos, por lo que se decidió utilizar el lenguaje *Macro Manager* incluido en el mismo sistema.

Previo al diseño de la herramienta, se realizaron búsquedas en la base de datos utilizando el lenguaje seleccionado, con el fin de verificar la existencia de información relevante de los objetos de red, y poder definir los campos a utilizar para la programación de la herramienta. Igualmente se tuvieron que verificar las posibilidades de almacenamiento de información, como por ejemplo, conocer el valor máximo de caracteres que puede contener un campo en las tablas de la base de datos.

Toda la información que introduce el usuario, se almacena en campos inutilizados de tablas ya predefinidas en el *Sistema de Gestión*. Esto se debe a las limitaciones del mismo para leer y tomar información de nuevas tablas.

Para llevar a cabo el proceso de diseño, se debía tener claro el conjunto de funciones que la herramienta debía realizar. Estableciendo relaciones entre los requerimientos de *Movilnet*, se definieron tres módulos diferentes dentro de la herramienta, llamados: “Planificación”, “DDF” e “Inventario”. Una vez definidos, se procedió a clasificar las funciones que debía desempeñar cada uno.

Mediante un diagrama en bloques como el que se muestra en la figura 11, se estableció el vínculo de las aplicaciones con un módulo superior llamado “Menú Principal”, que actúa como integrador de las anteriores en una misma plataforma.

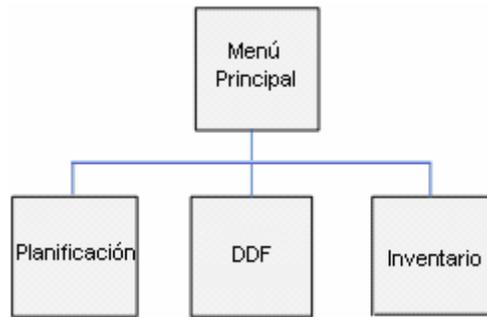


Figura 11. Diagrama General de la Herramienta

Luego de haber estructurado la herramienta, se llevó a cabo la programación independiente de cada módulo. A continuación, se mencionan las funciones de cada uno de ellos, así como las consideraciones y cálculos realizados por el programa para establecer los resultados.

III.2.1 Módulo “Planificación”

Para el diseño del módulo “Planificación”, se consideró pertinente crear tres nuevos sub-módulos de nombre “Pantalla Principal”, “Enrutamiento” y “Simulación” (figura 12), entre los cuales se repartieron todas las funciones que este módulo engloba.



Figura 12. Diagrama en bloques de la Aplicación “Planificación”

III.2.1.1 Sub-Módulo “Pantalla Principal”

Este sub-módulo es el que se encarga principalmente de almacenar en la base de datos del Sistema de Gestión información de interés de los enlaces de microondas de la Red de Transporte de *Movilnet*. Actúa además como una interfaz para que el usuario agregue manualmente nuevos radio enlaces y elimine o modifique enlaces ya existentes, a través de diferentes botones que se presentan en la ventana principal, y de una serie de ventanas secuenciales, con campos de texto dedicados para los datos

de la radio base, el corresponsal, los equipos de radio y antenas y las conexiones entre los equipos de radio y los paneles DDF.

Toda la información introducida por el usuario se presenta dentro de una tabla que aparece en la ventana. Entre los campos más importantes que ésta posee respecto a la Radio Base y el Corresponsal destacan: MTX (Nombre abreviado del Sector donde se encuentra la estación. Ejemplo: CCS, BTO, VAL, LCH, etc.), Nombre, Código, Estado, Dirección, Coordenadas Geográficas (Latitud y Longitud en grados, minutos y segundos), A.S.N.M., Altura de la Antena, Altura del Edificio, Altura de la Torre, Altura Física, Azimut respecto al Corresponsal, Marca, Modelo, Capacidad y Ancho de Banda del Equipo de Radio, Marca, Modelo, Ganancia y Diámetro de la Antena, Frecuencias de Transmisión/Recepción, Propietario de la Torre, ID del Radio enlace, entre otros.

El conjunto de campos anteriormente mencionado se obtuvo de una base de datos externa al *Sistema de Gestión*, proporcionada por el personal de *Movilnet*, que contiene la información de los radio enlaces de la red. También fueron considerados otros campos que no se encuentran en dicha base de datos, pero que deben ser rellenados por el usuario obligatoriamente, para el adecuado funcionamiento del siguiente sub-módulo “Enrutamiento” y su interacción con la base de datos del Sistema de Gestión. Estos campos son el *Node ID* (identificador numérico del nodo de llegada del enlace), *Node Name* (nombre de dicho nodo), *Trunk ID* (identificador numérico de la troncal asociada al enlace) y *Trunk Type* (Tipo de Troncal).

A pesar de que la información introducida del nodo y la troncal de llegada del radio enlace puede pertenecer, respectivamente, a cualquiera de las series *Tellabs*[®] explicados en el marco referencial. Para efectos del sub-módulo “Simulación”, sólo se pueden realizar pruebas de tráfico en aquellas troncales con capacidad para transportar circuitos TU, nodos *A111* o cualquiera de la serie 6300.

La necesidad de almacenar la información de la posición de las ranuras de los paneles DDF, a las que encuentran conectados los puertos del equipo de radio, surgió

como petición de último momento por parte del personal de *Movilnet*. Debido a la escasez de espacio de almacenamiento, se logró habilitar un máximo de 16 campos para introducir la información de las conexiones para cada puerto de los equipos de radio (8 campos asignados a la radio base y 8 para el corresponsal). Para el caso de los radios PDH de 34 Mbps, que por lo general poseen 16 puertos E1s, este número de campos resultaría escaso. Sin embargo, para otros radios que poseen menor número de puertos E1s (4, 8 y 16 Mbps) dicha cantidad de campos resulta suficiente.

En conclusión, este primer sub-módulo es principalmente para el almacenamiento de información y se programa de manera que el usuario seleccione de la tabla de radio enlaces, ya agregados, alguno como parámetro de entrada del siguiente sub-módulo.

III.2.1.2 Sub-Módulo “Enrutamiento”

Las principales funciones de este segundo sub-módulo son: a) presentar en una lista los circuitos TU-12 existentes en la troncal asociada al radio enlace previamente seleccionado por el usuario, b) mostrar gráficamente la asignación de las coordenadas K, L, M de dicha troncal y c) permitir el conocimiento de la ruta lógica establecida por algún circuito en particular. Éste consiste en una ventana que presenta algunas características de la troncal en cuestión. Partiendo del conocido ID de la troncal, se carga de la base de datos la información que se señala en la tabla 6, presentándose luego en diversos cuadros de texto.

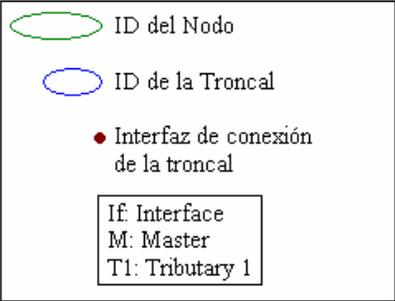
Campo	Descripción
<i>Trunk Name,</i> <i>Trunk Type</i>	Nombre y Tipo de la troncal.
Capacidad	Capacidad total de la troncal.
Nodo1, Nodo2	Nodos extremos de la troncal (<i>Endpoint 1</i> y <i>Endpoint 2</i> respectivamente).
<i>Subrack1</i> , Unidad1, Interfaz1	<i>Subrack</i> , Unidad e Interfaz del Nodo 1 al que se encuentra conectada la troncal.
<i>Subrack2</i> , Unidad2, Interfaz2	<i>Subrack</i> , Unidad e Interfaz del Nodo 2 al que se encuentra conectada la troncal.

Tabla 6. Campos Utilizados para Obtener Información de las Troncales

Para presentar las coordenadas K, L, M de la troncal, fue necesario llamar a la función TSVI (*Time Slot Viewer*) del *Sistema de Gestión*, tomando nuevamente, como parámetro de entrada, el valor del *Trunk ID*. Esta función invoca a una ventana del mismo nombre, en la que gráficamente se observan las coordenadas K, L, M para cada circuito de la troncal.

Para determinar el trayecto por el que posteriormente se simulará el tráfico, el operador debe seleccionar del listado propuesto, uno de los circuitos. Una vez seleccionado, se toma como parámetro de entrada el identificador del mismo (*Circuit ID*) y se llama a la función CNWV (*Circuit Network Viewer*) del *Sistema de Gestión*, función que se encarga de presentar gráficamente en una ventana, la ruta tomada por los circuitos existentes en la base de datos. Desde la ventana activada por la misma, se almacena en un archivo de texto la ruta lógica que éste sigue para su posterior manipulación en el Módulo “Simulación”. Un ejemplo del formato con el que se almacena la ruta lógica se presenta en la figura 13. Se puede observar que la ruta está conformada por un conjunto de nodos y troncales con sus respectivos identificadores, y que además presenta la posición de las unidades e interfaces de conexión de los nodos extremos que definen cada troncal del trayecto.

```
"Sc1:End1-If:U8/IF1" ●
"Sc1:End1-Node:10160"
"Sc1:Seg1-Trunk IF:U13/IF1" ●
"Sc1:Seg1-Trunk 748"
"Sc1:Seg1-Trunk IF:M/U6/VC4:2" ●
"Sc1:Seg2-Node:10200"
"Sc1:Seg2-Trunk IF:M/U6/VC4:1" ●
"Sc1:Seg2-Trunk 665"
"Sc1:Seg2-Trunk IF:T1/U20/STM1 LO:1" ●
"Sc1:Seg3-Node:12160"
"Sc1:Seg3-Trunk IF:M/U6/VC4:6" ●
"Sc1:Seg3-Trunk 686"
"Sc1:Seg3-Trunk IF:U7/VC4:3" ●
"Sc1:Seg4-Node:11260"
"Sc1:Seg4-Trunk IF:U7/VC4:7" ●
"Sc1:Seg4-Trunk 680"
"Sc1:Seg4-Trunk IF:T1/U1/STM1 LO:1" ●
"Sc1:End2-Node:11220"
"Sc1:End2-If:M/U6/VC4:2" ●
```



Legend:

- ID del Nodo
- ID de la Troncal
- Interfaz de conexión de la troncal

Interface types:

- If: Interface
- M: Master
- T1: Tributary 1

Figura 13. Formato de la Ruta Lógica de un Circuito desde el Sistema de Gestión

Una vez que se cuenta con la información de la ruta del circuito seleccionado por el usuario, se puede continuar hacia el último sub-módulo a través del botón “Simular” que se presenta en la ventana.

III.2.1.3 Sub-Módulo “Simulación”

Este nuevo sub-módulo es el que finalmente se encarga de realizar los cálculos pertinentes para verificar las capacidades de los diferentes elementos de la red y detectar posibles cuellos de botella, durante cualquier simulación de tráfico de llamadas.

Se definieron, para su selección por parte del usuario, las siguientes modalidades de tráfico: a) Tráfico de llamadas generado por las tecnologías de acceso CDMA o TDMA, y b) Tráfico representado en función de E1s. Para la primera modalidad, fue necesario plantear las necesidades de ancho de banda requerido según cada una de las tecnologías.

El ancho de banda empleado por la tecnología CDMA, es el representado en la tabla 5, en la cual se relaciona el número de E1s requeridos según la cantidad de PPCUs de tráfico. Es importante destacar que el uso de la unidad PPCU se debe a que parte de la infraestructura de la red de *Movilnet* está conformada por centrales de *Lucent Technologies*[®].

Para la simulación de llamadas TDMA, se consideraron 3 conversaciones por *Time Slots*, así como un total de 30 *Time Slots* de la trama E1 para el transporte de la carga útil. Los dos restantes se asumen para la señalización y transporte de datos de gestión. Esto equivale a un total de 90 conversaciones por trama E1.

Tomando como parámetros de entrada el radio enlace seleccionado por el operador en el sub-módulo “Pantalla Principal”, su nodo y troncal asociada, y la ruta lógica definida por el circuito seleccionado en el sub-módulo “Enrutamiento”, se define para esta ventana, un recuadro cuyo contenido se utiliza como punto de comparación, durante las simulaciones de tráfico, para definir las saturaciones de los distintos elementos (equipos de radio, troncales y nodos).

Este recuadro contiene información obtenida, tanto de la base de datos, como de la información seleccionada por los usuarios en los sub-módulos anteriores. Su estructura se indica en la siguiente tabla.

Elemento Campo	Radio	Nodos 8100	Nodos 6300	Troncales
Capacidad Total	En función del # de E1s y el # de <i>Time Slots</i> que soporta.	Expresado en función del total de VC-12s que puede XC la matriz.	<i>Subrack</i> de entrada del circuito – Total de ranuras del <i>Subrack</i> de entrada.	Expresado en Kbps.
Ocupación	-	Expresado en %	Expresado en % (del <i>Subrack</i> de entrada)	Expresado en % (troncal lógica)
Capacidad Libre	-	Expresado en función del # de VC-12s libres.	# Ranuras Libres del <i>Subrack</i> de entrada	# TU-12s
ID T.A. / <i>Subrack</i>	-	-	<i>Subrack</i> de salida del circuito – Total Ranuras del <i>Subrack</i> de salida	ID de la Troncal Física Asociada
Ocupación	-	-	Expresado en % (del <i>Subrack</i> de salida)	Expresado en % (troncal física)
Tipo T.A. / Cap. Libre <i>Subrack</i>	-	-	# Ranuras Libres del <i>Subrack</i> de salida	Tipo de Troncal Física Asociada
Nota: Cuando el circuito en cuestión entra y sale por interfaces de un mismo <i>Subrack</i> , no se proporciona información en los últimos tres campos, ya que sería la misma de los 3 primeros campos.				

Tabla 7. Estructura y Contenido del Recuadro “Ruta”

A continuación, se describen las consideraciones y cálculos realizados para definir, según cada elemento, sus capacidades disponibles, los porcentajes de ocupación de los mismos, y las comparaciones realizadas entre los valores del recuadro y el tráfico propuesto por el usuario para realizar las pruebas de saturación. Éstos son:

- a) Equipos de Radio: para el cálculo de su capacidad máxima, se utilizó la tabla 8, la cual representa la equivalencia entre la capacidad de los equipos de radio (Mbps) y los *Time Slots* disponibles para la carga útil, según la capacidad en E1s (2 Mbps) que presenta cada equipo:

Capacidad [Mbps]	Nivel Jerárquico (Interfaces)	Time Slots
2	1 E1	30
4	2 E1	60
8	4 E1	120
16	8 E1	240
34	16 E1 – 1 E3	480
155	1 STM-1	2016

Tabla 8. Capacidad del Radio vs. Número de *Time Slots*

b) Troncales: la capacidad máxima en (Mbps) de las troncales fue tomada directamente del campo *Trunk Capacity* de la base de datos. Sin embargo, para el cálculo del porcentaje de utilización de la capacidad de la troncal, fue necesario elaborar una rutina que permitiera obtener el valor del total de circuitos TU definidos en dicha troncal, compararlo con la capacidad máxima de circuitos TU que puede tolerar la misma, y finalmente calcular el porcentaje de capacidad utilizada de dicha troncal.

A continuación, se muestra un ejemplo de los cálculos realizados para la obtención de dicho porcentaje para una troncal SDH:

Sabiendo que una troncal STM-1 puede soportar hasta 63 circuitos TU-12, y conociendo que el número de circuitos TU-12 existentes en dicha troncal es de 23, la capacidad utilizada resultante de la troncal viene dada por:

$$\text{Porcentaje_Capacidad_Utilizada} = \frac{\text{Circuitos_Existentes}}{\text{Total_Circuitos}} \cdot 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Porcentaje_Capacidad_Libre} = 100\% - \text{Porcentaje_Capacidad_Utilizada} \quad (3.2)$$

$$\text{Porcentaje_Capacidad_Utilizada} = \frac{23}{63} \cdot 100 = 36.5\% \quad (3.3)$$

$$\text{Porcentaje_Capacidad_Libre} = 100\% - 36.5\% = 63.5\% \quad (3.4)$$

Para el cálculo de los circuitos existentes de la troncal, se consideraron únicamente circuitos SDH de tipo TU. Los circuitos de nivel PDH 1/0 no están definidos dentro del alcance de este proyecto y los circuitos SDH de tipo AU, corresponden a circuitos de nivel superior, donde se incluyen y agrupan todos los circuitos TU.

Para los cálculos que definen la capacidad libre de las troncales físicas, se realiza un procedimiento análogo al de las ecuaciones 3.1 y 3.2, pero considerando en este caso, circuitos AU, en lugar de TU.

En este punto hay que considerar la diferencia entre las troncales físicas y las troncales lógicas. Las troncales físicas corresponden al medio físico de transmisión, valga la redundancia, y por medio del *Sistema de Gestión*, se pueden definir en ellas, troncales lógicas o virtuales. Por lo tanto, si una troncal lógica se satura, el programa debe verificar la capacidad utilizada de la troncal física, con el fin de determinar si existe en ella capacidad disponible para albergar una nueva troncal virtual.

c) Nodos de cross-conexión: La información de las capacidades máximas de los nodos fue tomada tanto del *Sistema de Gestión*, como de los manuales *Tellabs*[®] de los diferentes tipos de nodos. Para realizar los cálculos de las capacidades disponibles de los nodos, se definieron dos grupos: los nodos de la serie *Tellabs*[®] 8100 y los nodos de la serie *Tellabs*[®] 6300.

Serie 8100: para definir el valor de la capacidad disponible de la matriz de cross-conexión a comparar con el tráfico simulado por el usuario, fue necesario tomar de la base de datos el número de interfaces VC-12 en uso que consumen recursos de la matriz de cross-conexión del nodo. Al valor de capacidad máxima que puede soportar el S-BUS (63 VC-12s) se le restó el valor calculado, obteniéndose la cantidad de VC-12s disponibles, que la matriz puede cross-conectar. El porcentaje de ocupación de la matriz viene dado por la ecuación:

$$\text{Porcentaje_de_Uso} = \frac{(\text{Interfaces_VC-12_en_Uso})}{(63_VC-12_del_S-BUS)} \cdot 100 \quad (3.5)$$

Serie 6300: A diferencia de la serie anterior, para este tipo de nodos se consideró como capacidad disponible su capacidad física de ranuras para colocar nuevas unidades de tráfico, en lugar de la capacidad de su matriz de cross-conexión, como fue mencionado en el capítulo de marco referencial.

Debido a que la capacidad máxima de cross-conexión de los nodos de esta serie viene dada por la cantidad de unidades de tráfico soportan, es importante tomar en cuenta la cantidad de ranuras utilizadas por los distintos modelos de tarjetas. El proceso del cálculo de las unidades existentes se realizó en dos etapas:

Etapa 1:

- 1) Búsqueda del total de tarjetas que ocupan una (1) ranura del *subrack*.
- 2) Búsqueda del total de tarjetas que ocupan dos (2) ranuras del *subrack*.
- 3) Cálculo del total de ranuras ocupadas:

$$\text{Ranuras_Ocupadas} = (\#_Unid_Simples) + 2 \cdot (\#_Unid_Dobles) \quad (3.6)$$

Etapa 2:

Una vez totalizada la cantidad de ranuras ocupadas del nodo, se comparó dicha cantidad con el máximo número de ranuras que soportan unidades de tráfico para los distintos tipos de nodos de la serie 6300. Las unidades de tráfico como su nombre lo indica son aquellas que poseen las interfaces de conexión para establecer las troncales y los circuitos por los que se transporta el tráfico a lo largo de toda la red de transporte. El restante de las ranuras corresponde a aquellas destinadas para colocar las unidades de control, gestión, protección, ventilación y fuente de poder del nodo. En la siguiente tabla se muestra el número de ranuras disponibles para colocar unidades de tráfico en cada uno de los nodos de esta serie.

Nodo	Main/Master	Tributary/Slave
6320	11	-
6340 fp 3.0	6	11
6340 fp 4.0 Main	14	-
6340 fp 4.0 Tributary	-	12
6345	9	-
6350	20	-

Tabla 9. Total de Ranuras Utilizables para las Unidades de Tráfico

En el Sistema de Gestión, se identifica a cada *subrack* como un nodo independiente. Sin embargo, el nodo 6340 fp 3.0, posee una arquitectura en la que se identifica al conjunto de *subracks* (Maestro y Tributarios) como un único nodo. Debido a que en este tipo de nodos, los circuitos pueden entrar y salir por interfaces ubicadas en *subracks* diferentes, fue necesario verificar en la base de datos, los *subracks* de entrada y de salida del circuito en evaluación, presentando para cada uno de ellos, su capacidad de ranuras disponibles.

Contando ya con las capacidades disponibles de cada uno de los elementos, se planteó la metodología a seguir para realizar los cálculos, establecer comparaciones y formular recomendaciones, con base en la configuración de los elementos que indica la figura 14.

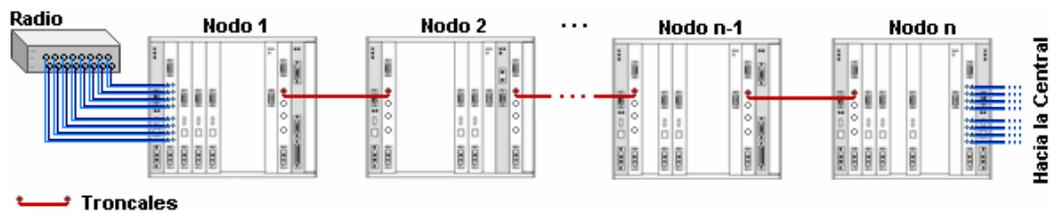


Figura 14. Configuración de Elementos Considerada para la Simulación

La metodología planteada por elemento de red consiste en la siguiente:

a) Equipo de Radio:

En la figura anterior se observa la conexión entre el primer nodo de la ruta y el equipo de radio. Para establecer el resultado de la simulación para este último, se compara el tráfico simulado con la capacidad disponible del radio. Se asume que la

capacidad total del equipo estará completamente disponible para el tráfico simulado. Se asume también que las múltiples interfaces del equipo de radio están previamente conectadas al nodo.

Cuando el sistema presenta una saturación del equipo de radio, se recomienda al usuario agregar un nuevo equipo que soporte el tráfico excedente. Este tráfico se obtiene mediante la ecuación 3.7. Luego, se debe verificar si el Nodo 1 posee la capacidad física y de cross-conexión necesaria para soportar esta ampliación.

$$\text{Tráfico_Excedente} = (\text{Tráfico_Simulado}) - (\text{Cap_Radio_Instalado}) \quad (3.7)$$

Para esto se crearon rutinas de búsqueda en la base de datos que retornaran como resultado, un listado de las interfaces, módulos, y posiciones de ranuras libres del *subrack* o los *subracks* del nodo, en los que exista la posibilidad de ampliación de tráfico.

Si el modelo del Nodo 1 es el *A111*, se requiere verificar previamente si la matriz de cross-conexión soporta el tráfico excedente. Esto es necesario, ya que por más que el nodo posea capacidad física para la ampliación del radio, quizás no posea capacidad de XC.

En caso de disponer de capacidad de XC para los nodos 8100, o ser el Nodo 1 de la serie 6300, se verifica si existen interfaces, módulos y unidades disponibles para la ampliación. Para este estudio, se tomaron en cuenta tres casos:

Caso 1: Radio de Ampliación de 4, 8 ó 16 Mbps.

Solución 1: Se realiza una comparación con el listado, en la cual se verifica la existencia de tantas interfaces E1 requiera el nuevo equipo de radio recomendado.

Caso 2: Radio de Ampliación de 34 Mbps.

Solución 2: Se realiza una comparación con el listado, en el cual se verifica la existencia de 1 interfaz E3 o de 16 interfaces E1 que soporten este nuevo radio.

Caso 3: Radio de Ampliación de 155 Mbps.

Solución 3: Se realiza una comparación con el listado, en el cual se verifica la existencia de 1 interfaz STM-1.

Caso 4: Cuando la capacidad del radio solicitado supera un STM-1, se recomienda una combinación de equipos de radio.

Solución 4: Se busca en el listado una combinación de interfaces E1 y STM-1 que satisfagan tal ampliación.

Si en este nodo existen interfaces y/o módulos de tráfico libres, se le indica al usuario que la ampliación sí es viable. En caso contrario, se le presenta al usuario un listado de todas aquellas unidades de tráfico que el usuario puede agregar en las ranuras libres de los nodos. Este listado se determina tomando las posiciones exactas de las ranuras libres y determinando, con base en las tablas del apéndice C, el tipo de unidad a recomendar, dependiendo del tipo de nodo. Estas recomendaciones sólo incluyen aquellas unidades cuyas funciones sean exclusivamente para tráfico.

Las recomendaciones proporcionadas en cuanto a la saturación del equipo de radio se establecen comparando desde un nivel inferior. Inicialmente, se comparan interfaces, luego módulos y si es necesario, unidades. Se realiza de esta manera, ya que no sería adecuado recomendarle al operador adquirir nuevas unidades, cuando el nodo aún posee interfaces o módulos disponibles.

Para el Nodo *A111* se recomiendan unidades SBU que poseen interfaces E1 e interactúan con el S-BUS de nivel 4/1. Si el tráfico excedente requiere de un radio de 155 Mbps, se recomiendan unidades GMU que poseen interfaces STM-1 y que, a pesar de trabajar en conjunto con el X-BUS, también pueden utilizarse como unidades de transporte, sin que consuman recursos de dicho bus.

Finalmente, si el nodo está totalmente copado, se sugiere agregar un nuevo *subrack* Tributario, siempre y cuando la arquitectura de ese modelo lo admita. En caso contrario, se indica agregar un nuevo nodo.

b) Troncal Lógica:

Volviendo a la figura 14, la configuración indica que el tráfico proveniente de los múltiples puertos del equipo de radio es inicialmente procesado y acomodado en un nivel superior, para luego ser transmitido completamente por todos los nodos del trayecto a través de las troncales de la ruta.

Comparando el tráfico simulado con los porcentajes de capacidad disponible de cada una de las troncales lógicas de la ruta del circuito, se determina si éstas pueden llegar a saturarse.

Si una troncal se satura, se verifica si su troncal física asociada posee capacidad libre. En caso afirmativo, simplemente se le indica al usuario que la troncal física sí posee capacidad para la creación de una nueva troncal virtual.

En caso contrario, la recomendación apuntaría hacia la creación de una nueva troncal física. Sin embargo, esto no garantiza que en los nodos extremos exista la capacidad física suficiente para hacerlo. Por lo tanto, se le muestra al usuario un listado de las interfaces y módulos disponibles para la ampliación y también las unidades utilizables dependiendo de las ranuras libres que posee el nodo extremo, para que éste escoja los recursos que desea utilizar para la nueva troncal física.

c) Saturación del Nodo Final:

Como se pudo observar en la figura 14, el nodo “n” funciona como la interfaz entre la red de transporte y la central. Por lo tanto, se encarga de adaptar el tráfico de salida del nodo, a las interfaces de entrada de la central, es decir, de bajar el nivel del circuito a E1 o de entregarlo a nivel de VC-4 dependiendo de la central.

Debido a esto, es necesario conocer la interfaz de salida del circuito en cuestión, ya que las interfaces extras, que exigiría el nodo para soportar el tráfico excedente, deberían ser iguales a las ya existentes.

Para los nodos 6300 se indica si existe capacidad física para añadir nuevas tarjetas de tráfico o si existe disponibilidad de módulos o interfaces que no estén en uso. Para los nodos 8160 *A111*, se verifica si se satura la matriz de cross-conexión. En caso afirmativo, ya dicho nodo estaría siendo utilizado a su máxima capacidad, aunque disponga de espacio físico para colocar nuevas unidades. Simplemente se le indicará al usuario que la capacidad de XC del nodo no es suficiente para tolerar el tráfico propuesto.

III.2.2 Módulo “DDF”

El módulo DDF, es el encargado de llevar un control de los paneles DDF existentes en las distintas radio bases de *Movilnet* y se estructuró como lo indica la figura 15. Esta estructura consiste en un módulo llamado “Pantalla Principal” y un módulo inferior denominado “Panel DDF”. Este último, posee dos subdivisiones de nombres “Reporte” e “Información de la Ranura”.

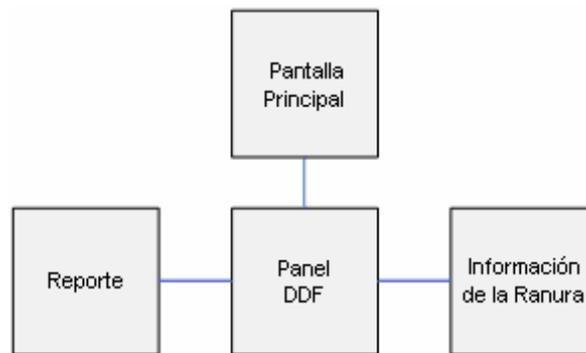


Figura 15. Diagrama en Bloques del Módulo “DDF”

III.2.2.1 Menú Principal

La ventana del módulo Menú Principal es la encargada de las funciones de manipulación de la base de datos, en relación al almacenamiento de información de

los DDF. Entre éstas, funciones que permiten agregar nuevos paneles y eliminar o modificar paneles ya existentes.

La información que se le solicita al usuario para la creación en base de datos de un nuevo panel, es la siguiente:

Campo	Descripción
Estación	Nombre de la Estación Radio Base donde se encuentra ubicado el Panel DDF
Marca/Modelo	Marca o Modelo del Panel (Ejemplo: ERICSSON, ADC, etc.)
Fila	Fila dentro de la caseta donde se encuentra ubicado el <i>Rack</i> .
<i>Rack</i>	Número Identificador del <i>Rack</i> donde se encuentra localizado el Panel.
Panel ID	Número Identificador del Panel en la estación.
Capacidad	Cantidad de Ranuras que posee el Panel (se asume que cada ranura incluye interfaces de Recepción y Transmisión).

Tabla 10. Información Básica del Panel

Toda la nueva información que introduce el usuario se almacena en base de datos, y luego se presenta en una tabla de la ventana principal. En dicha tabla se presentan todos los campos de la tabla 10 y un campo adicional llamado “*Slots Libres*”, en el cual se lleva la contabilidad de las ranuras del panel que no están en uso. Este valor depende de un contador que disminuye cada vez que se ocupa una ranura e incrementa cuando se libera alguna de ellas.

Este módulo presenta adicionalmente, opciones de búsqueda según los campos “Estación” y “Marca/Modelo” y opciones de ordenamiento de la información según los campos: “Estación”, “Marca/Modelo”, “*Rack*”, “Panel ID”, “Capacidad” y “*Slots Libres*”.

Si el usuario selecciona alguno de los paneles que se presentan en la tabla de la ventana, se activa un pequeño menú con las opciones “Eliminar” y “Estado del DDF”. La selección de esta última, lo conducirá al siguiente sub-módulo “Panel DDF”.

III.2.2.2 Panel DDF

Este módulo se encarga de presentarle al usuario una ventana que gráficamente intenta imitar la estructura real de las ranuras del panel DDF, seleccionado en el módulo anterior.

Al momento de mostrar en pantalla esta nueva ventana, la aplicación realiza una rutina que determina, según el valor de la capacidad introducido por el usuario, la orientación gráfica del panel. Dicha rutina consiste en tomar la capacidad total del panel y realizar las siguientes operaciones matemáticas:

$$R_1 = \frac{\text{Capacidad_Panel}}{12} \quad (3.8)$$

$$R_2 = \frac{\text{Capacidad_Panel}}{10} \quad (3.9)$$

Una vez obtenidos los resultados R_1 y R_2 de las operaciones anteriores, se ajusta la interfaz del panel de la siguiente manera:

- Panel Horizontal: Se ajusta la interfaz horizontalmente si la capacidad introducida es múltiplo de 12 (R_1 =entero), por ejemplo: 12, 24, 36 y 48. El valor máximo admisible de capacidad de ranuras para los paneles horizontales es de 48.
- Panel Vertical: Se ajusta la interfaz verticalmente si la capacidad introducida es múltiplo de 10 (R_2 =entero), por ejemplo: 10, 20, 30, ..., 80, ... y 160. El valor máximo admisible de capacidad de ranuras para los paneles verticales es de 160.

En caso de introducir un valor que sea tanto múltiplo de 10 como de 12 (Ej. 60), la interfaz gráfica resultante será la de un panel vertical.

Los límites de capacidad de ranuras fueron establecidos según conversaciones con el personal de *Movilnet*.

Un usuario puede seleccionar de la interfaz alguna de las ranuras, y puede elegir entre cualquiera de las tres opciones que se le presentan: “Ver Información” de la ranura, “Modificar” la información de la ranura o “Desocupar” la ranura, en caso de que haya sido ocupada previamente. Las dos primeras opciones permiten observar e introducir respectivamente la información que se indica en la siguiente tabla:

Campo	Función	Opción “Ver Información”	“Opción Modificar”
Node ID	Indica el ID del nodo al que se encuentra conectada una ranura.	X	X
Panel ID	Identificador del Panel. Valor numérico cargado automáticamente de la información previamente introducida sobre el Panel.	X	X No Acepta Modificaciones
Unidad	Valor numérico que identifica la unidad del nodo que se encuentra conectada a la ranura en cuestión.	X	X
Interfaz	Valor numérico que identifica la interfaz de la unidad que se encuentra conectada al DDF.	X	X
Tipo de <i>Subrack</i>	Indica el tipo de <i>Subrack</i> del Nodo al que se encuentra conectada la ranura (<i>Master, Slave, etc.</i>). Las opciones dependen del ID del Nodo.	X	X
Servicio	Indica el servicio (<i>Circuit ID</i> o <i>Trunk ID</i>) que presta dicha ranura del DDF.	X	X
Ocupado Por:	<i>Login</i> del Usuario u Operador que reservó la ranura.	X	X
Reservar	<i>Checkbox</i> para indicar reserva de una ranura (Color Amarillo). Si no se selecciona, la ranura aparecerá ocupada (Color Rojo).	X	X
Circuito	<i>Checkbox</i> para indicar que el ID introducido en el campo “Servicio” es de un circuito. Si no se selecciona, la aplicación asume que el ID introducido en dicho campo pertenece a una troncal.	X	X

Tabla 11. Campos de las Ranuras del Panel

Para una rápida identificación del estado de cada ranura del panel, se utilizó la siguiente leyenda de colores: “Ranuras Libres” en verde, “Ranuras Ocupadas” en rojo y “Ranuras Reservadas” en Amarillo.

Sub-División “Reporte”

Desde la ventana de la interfaz se puede dirigir al usuario a una ventana que presenta un reporte de todas las ranuras que se encuentren reservadas u ocupadas de un panel específico. Los campos presentes en esta nueva ventana son:

- Posición: Indica según el tipo de panel, la nomenclatura con la que se ubican las ranuras. Si el panel posee una estructura horizontal, la nomenclatura utilizada será [Fila – *Rack* – Panel – Posición] (Ej. 1-1-V2-18). Si es vertical; [Fila – *Rack* – Vertical – Posición] (Ej. 1-1-2-5), donde la vertical corresponde a la columna en la que se encuentra la ranura,
- Nodo,
- Unidad,
- Interfaz,
- *Subrack*,
- Servicio,
- Etiqueta: Corresponde al nombre asignado al circuito o troncal del campo “Servicio” en la base de datos,
- Estado (Libre, Reservado, Ocupado),
- Operador , y
- Fecha: Indica la fecha en la que se hizo la reserva o se almacenó la información de ocupación de una ranura en la aplicación. Se toma directamente del reloj del computador donde se realicen los cambios.

Es importante resaltar que la información de conexión de cada ranura se refiere únicamente a la orientada hacia el nodo. La información de la conexión del DDF hacia el equipo de radio se debe almacenar en la aplicación “Planificación”.

Sub-División “Ruta Física”

Otra función importante de este módulo es la de buscar la información de las conexiones físicas involucradas en la ruta lógica de un circuito. Para definir esta información se debe conocer con anticipación el trayecto por el que transita el mismo. Para esto, se llama a la función CNWV del *Sistema de Gestión*, asignándole como parámetro de entrada el *Circuit ID* que debe introducir el usuario.

Ya en conocimiento de todas las troncales físicas del trayecto, se busca en la base de datos la información de todas aquellas ranuras que en su campo “Servicio” contienen el ID del circuito en cuestión, o de cualquiera de las troncales físicas de la ruta lógica almacenada. Esta información luego se presenta al usuario mediante una tabla, en la que aparece detalladamente la ruta física tomada por el circuito.

El usuario también puede solicitar la información de las conexiones a los extremos de una troncal física específica. En este caso, se procede análogamente al caso anterior. Sin embargo, no es necesario el llamado a la función CNWV para almacenar la ruta lógica de un circuito. La búsqueda en base de datos se realiza comparando únicamente el ID de la troncal física introducido por el usuario y el campo “Servicio” de todas las ranuras existentes. Los campos que se presentan en la tabla resultante para ambos casos son: “Estación”, “Posición”, “Node ID”, “Subrack”, “Unidad” e “Interfaz”.

III.2.3 Módulo “Inventario”

La programación de esta aplicación consiste básicamente en rutinas de búsqueda de información en la base de datos del Sistema de Gestión. La estructura de este módulo fue dividida como lo indica la figura 16, donde las secciones

“Unidades”, “Módulos”, “Fallas”, “Nodos” e “Interfaces” se encargan de levantar información relevante de los elementos del mismo nombre.

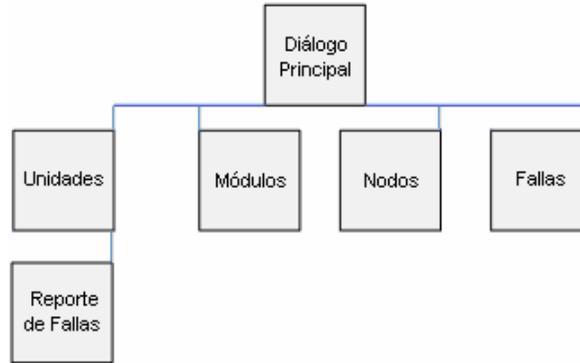


Figura 16. Diagrama en Bloque del Módulo “Inventario”

III.2.3.1 Sub-Divisiones “Unidades” y “Módulos”

Estas dos categorías presentan un funcionamiento muy similar. Dependiendo del elemento (Unidades o Módulos) que seleccione el usuario, se realiza un levantamiento de información de la base de datos, según lo indica la siguiente tabla:

Campo	Significado	Elemento
<i>Node</i>	Nombre del Nodo donde se encuentra ubicado el parámetro.	Unidades/Módulos
<i>Node ID</i>	Número del Identificador del Nodo.	Unidades/Módulos
<i>Node Location</i>	Nombre de la localidad en la que se encuentra el nodo en cuestión.	Unidades
<i>Subrack</i>	Tipo de <i>Subrack</i> en el que se encuentra ubicado el parámetro (Ej. <i>Master, Normal, Slave1, Slave2, etc.</i>)	Unidades/Módulos
<i>Subrack Type</i>	Característica adicional del <i>Subrack</i> (<i>Double, Single, Main, Tributary, etc.</i>)	Unidades
<i>Unit</i>	Indica la Posición de la unidad dentro del <i>Rack</i> .	Unidades/Módulos
<i>Unit Type</i>	Indica el Modelo de la Unidad (Ejemplo: QMH, GMX, etc.)	Unidades/Módulos
<i>Module</i>	Indica la Posición del Módulo dentro de una Unidad.	Módulos
<i>Module Type</i>	Indica el Modelo del Módulo	Módulos

Tabla 12. Campos de la Búsqueda Según el Elemento

Se le proporcionaron al usuario las siguientes opciones para hacer el inventario del elemento:

- a) Por Rango de Node IDs: el usuario debe introducir en los campos habilitados para tal fin, los valores extremos de los identificadores del rango de nodos

deseados (“ID Inferior” y “ID Superior”). En caso de querer hacer inventario de un solo nodo, se debe colocar en ambos campos el mismo valor.

- b) Por Localidad: el usuario debe seleccionar de una lista de opciones la localidad deseada. La lista de localidades se carga directamente de la base de datos, por lo que todas las localidades creadas en el Sistema de Gestión deberán aparecer.

A esta división se le atribuyó la función de generar, además de una tabla específica con los campos ya mencionados, una tabla resumen con los campos que se muestran en la tabla 13, que presenta inicialmente un “Inventario General”, en el cual se observa el total de tarjetas de cada modelo de Unidades o Módulos existentes en el grupo de nodos indicado, y seguidamente, un “Inventario Individual”, en el que se observa el total de tarjetas de cada modelo de Unidades o Módulos existentes en cada uno de los nodos del grupo indicado.

Unidades		Módulos	
Unit Type	Indica el Modelo de la Unidad	Unit Type	Indica el Modelo de la Unidad donde se encuentra el Módulo.
Cantidad	Total de unidades instaladas de cada Modelo.	Module Type	Indica el Tipo de Módulo
		Cantidad	Total de Módulos instalados de cada tipo.

Tabla 13. Campos del Resumen para el Elemento Unidades/Módulos

Adicionalmente, se agregaron opciones de búsqueda y ordenamiento de información según los campos existentes en la base de datos para cada elemento (tabla 15), para facilitar la interacción del usuario con la herramienta.

Elemento	Unidades	Módulos
Campos		
Node ID	X	X
Node Location	X	-
Subrack	-	X
Subrack Type	X	-
Unit No.	X	X
Unit Type	X	X
Module Type	-	X

Tabla 14. Opciones de la función “Ordenar Por”

También se le permite al usuario seleccionar las diferentes unidades de la tabla y ejecutar la función de nombre “Reporte de Fallas”. Esta opción conduce a una nueva ventana llamada “Registro de Fallas”, que presenta un recuadro con los campos que se indican en la tabla 15, con el registro de las fallas que han ocurrido en la tarjeta seleccionada. Esta información, es cargada de la base de datos.

Campos	Descripción
<i>Node, Subrack, Unit, Unittype</i>	Explicados anteriormente en la tabla 12
Specifier	Indica la interfaz específica de la unidad que está fallando (Ej. VC12-21, E12-21, E12-8, IF1, IF2, etc.).
<i>SPTdesc (Specific Problem Type Description)</i>	Corresponde a una descripción específica de la falla ocurrida.
<i>GPTdesc (General Problem Type Description)</i>	Corresponde a una descripción general de la falla ocurrida.
<i>Ontime</i>	Fecha y hora de generación de la falla (Ej. May 30 2006 10:50:06).
<i>Offtime</i>	Fecha y hora en la que finalizó la falla.
<i>Acktime</i>	Fecha y hora en la que el usuario aceptó la notificación de la falla.
<i>Polltime</i>	Fecha y hora de registro de la falla en el Sistema de Gestión.
<i>Severity</i>	Grado de Severidad de la falla.

Tabla 15. Campos del Registro de Fallas

División “Fallas”

Funciona análogamente a la opción fallas de la división anterior, pero en lugar de presentar las fallas de la única tarjeta seleccionada, presenta las fallas de todas las unidades del rango de nodos seleccionado.

División “Nodos”

Consiste en una sencilla aplicación que permite verificar las interfaces, módulos y ranuras libres de un conjunto de nodos o de los nodos de una localidad específica. La información solicitada se toma inicialmente de la base de datos y se presenta luego al usuario en forma de tabla. Los resultados relacionados a las ranuras libres están basados, al igual que en el Módulo “Planificación”, en las tablas del apéndice C.

La mayoría de las aplicaciones del sistema cuentan con botones que activan rutinas para imprimir directamente las tablas que aparecen en las diferentes ventanas

del programa, y que permiten exportar la información de las mismas a archivos de extensión **.xls*, para que los usuarios puedan manipular los resultados de la herramienta a su conveniencia, en aplicaciones como *Excel*.

III.3 Verificación del Funcionamiento y Pruebas Finales

Consistió en la realización de pruebas finales a las aplicaciones para verificar su correcto funcionamiento y detectar cualquier falla u omisión en la validación de los datos, para lograr desarrollar a tiempo las soluciones pertinentes.

Esta etapa incluyó tanto la revisión del funcionamiento de las ventanas, botones y rutinas de búsqueda, ordenamiento, almacenamiento, entre otras, así como la simulación de casos tipo ejemplo de planificación de la red, organización de DDFs e inventario de Unidades, Módulos, Fallas, Nodos, etc.

Previo a la entrega del producto final, se realizaron videos de la ejecución de la herramienta, los cuales fueron presentados en diversas oportunidades al personal de *Movilnet*. En base a las observaciones y recomendaciones de *Movilnet*, se añadieron a las diferentes aplicaciones más funcionalidades y nuevas opciones de búsqueda para facilitarle al personal el uso de la herramienta.

III.4 Entrega e Implementación del Producto

Esta última etapa consistió en los pasos finales para la entrega del producto al cliente. Entre las actividades realizadas se encuentran: la elaboración de un Manual de Operación de la herramienta (apéndice J), en el que se explica al usuario el funcionamiento detallado de cada una de las aplicaciones. Se elaboró un disco de instalación auto-ejecutable con su propio serial de instalación, que garantiza la autenticidad de la herramienta. Los archivos de instalación y auto-ejecución del disco se crearon utilizando los programas *Create Install* y *Auto Run* respectivamente. Las rutinas de autenticación de la herramienta fueron creadas en *Visual Basic* para funcionamiento conjunto con el *Macro Manager*.

Una vez realizados estos pasos, se procedió a diseñar una etiqueta para el disco de instalación y una carátula para la caja del mismo (apéndice H). Finalmente se recurrió a la Torre *Movilnet* ubicada en el C.C. El Recreo, donde se instaló el Sistema Auxiliar en una estación de trabajo ubicada en el Piso 15. En días posteriores, se hicieron presentaciones y consultas guiadas, donde se le explicó al personal de la empresa, los beneficios y pasos para utilizar la herramienta. En el apéndice I se presenta la carta de aceptación del producto por parte de *Movilnet*.

Capítulo IV

Resultados

En este capítulo se presenta, como resultado del Trabajo Especial de Grado, la utilidad que el personal de *Movilnet* puede darle a cada uno de los módulos del *Sistema Auxiliar para la Planificación de la Red de Transporte*. Adicionalmente, se demuestra el funcionamiento de los mismos, mediante la ejecución de casos típicos que el usuario podría resolver a través de la herramienta.

IV.1 Módulo “Planificación”

Las pruebas realizadas con este módulo de la herramienta se llevan a cabo utilizando información de radio enlaces que se encuentra previamente almacenada en la base de datos. A través del botón “Agregar” de la ventana principal (“Planificación”) de este módulo (figura 17).

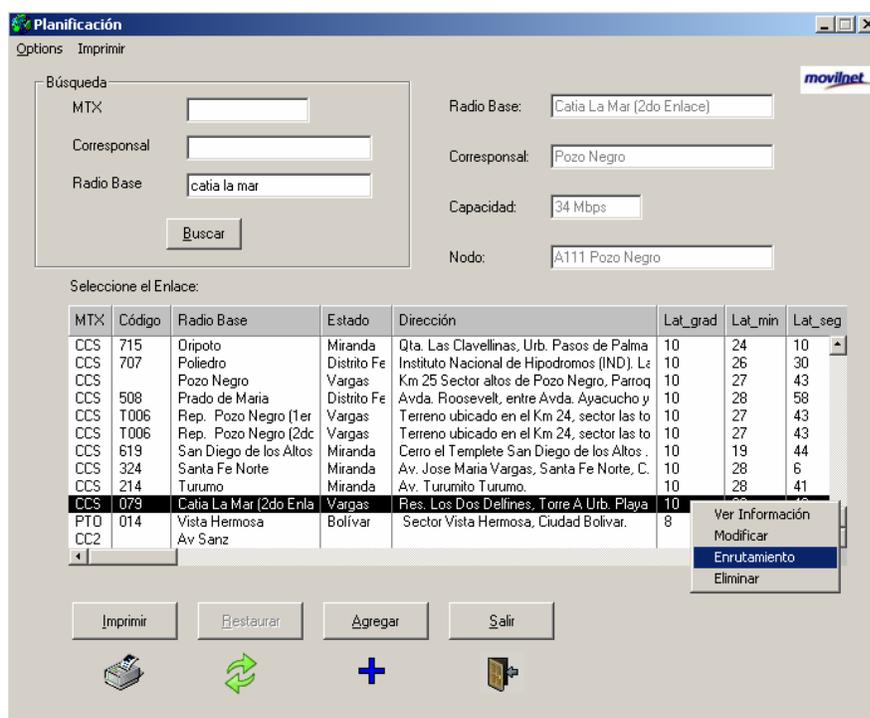


Figura 17. Ventana Principal del Módulo “Planificación”

Prueba 1: Establecimiento de la Ruta. El paso inicial de esta prueba corresponde a la selección de uno de los radio enlaces de la red de transporte de *Movilnet*. Para este ejemplo, el enlace de Radio Base: “Catia la Mar (2do Enlace)” y Corresponsal: “Pozo Negro”.

Una vez seleccionada en la tabla la línea correspondiente a dicho enlace, se presiona la opción “Enrutamiento”, que conduce a una ventana de igual nombre (figura 18), en la que se presenta información adicional de la troncal lógica de llegada del radio enlace, la troncal 748 de tipo VC-4. Adicionalmente, se pueden observar características como su capacidad y la información de los nodos, *subtracks*, unidades e interfaces que definen las conexiones en los extremos de la misma.

The screenshot shows a window titled "Enrutamiento" with the following fields:

- Troncal: Trunk Name: VC4 Pozo Negro-Volcan, Node 1: VOLCAN, Node 2: A111 Pozo Negro
- Trunk ID: 748, Subrack 1: MASTER, Subrack 2: NORMAL
- Type: VC4, Unidad 1: 6, Unidad 2: 13
- Capacity: 2016 x 64 Kbps, Interfaz 1: ETH-VC4(2), Interfaz 2: 1

Buttons: KLM, Guardar Ruta, Cargar Ruta, Cancel, Simular Tráfico

Circuitos TU Asociados a la Troncal:

ID	NOMBRE	TIPO	ALLOC	CAPACIDAD
1457	SDH RBS Los Teques II CDMA S1	SDH	TU12	32*64 kbit/s
1559	RBS CHICHIRIMICHI DE LA COSTA CDM	SDH	TU12	32*64 kbit/s
2037	RBS MACUTO EVDO S1	SDH	TU12	32*64 kbit/s
2250	RBS MACUTO EVDO S2	SDH	TU12	32*64 kbit/s
2251	RBS MONTESANO EVDO S1	SDH	TU12	32*64 kbit/s
2252	RBS MONTESANO EVDO S2	SDH	TU12	32*64 kbit/s
2653	RBS CARABALLEDA CDMA SIST 2 SDH	SDH	TU12	32*64 kbit/s
3724	RBS PUERTO CRUZ CDMA SIST 1	SDH	TU12	32*64 kbit/s
4973	RBS CATIA LA MAR CDMA SIST 2	SDH	TU12	32*64 kbit/s
6227	RBS LAS TUNITAS CDMA SISTEMA 1 P	SDH	TU12	32*64 kbit/s

Ruta tomada por el circuito:

Figura 18. Ventana “Enrutamiento” (Inicialmente)

Al seleccionar el botón “KLM”, se conduce al usuario a la ventana TSVI, en la que se observa la distribución de los circuitos en los *TU-12* de la troncal 748. La selección de los recuadros azules (*TUs* ocupados) permite observar la información del circuito asignado a cada coordenada. En la figura 19, se observa que el *TU-12* seleccionado (que aparece de color amarillo), corresponde al circuito 4973 de nombre

“RBS CATIA LA MAR CDMA SIST 2”. Como lo indica la pequeña leyenda de esta figura, dicho circuito está asignado al segundo TU-12 (M=2) del tercer grupo TUG-2 (L=3) del primer grupo TUG-3 (K=1) de la troncal. En resumen, las coordenadas K,L,M del circuito resultan (1,3,2). Los TU-12 que se observan de color verde todavía no tienen asignados ningún circuito.

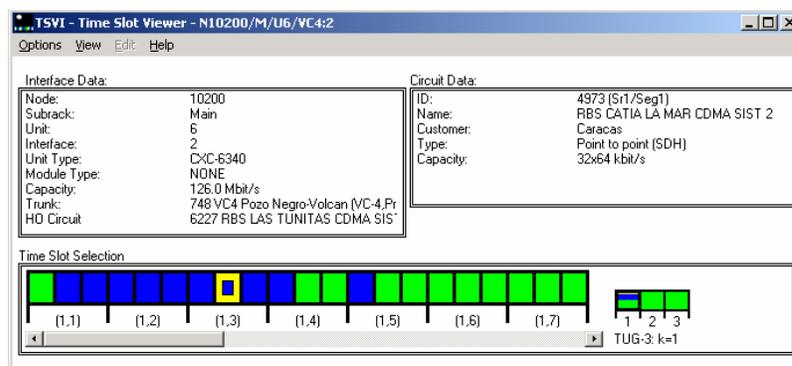


Figura 19. Coordenadas K,L,M del Circuito 4973

Una vez identificado por el usuario su circuito de preferencia y cerrada la ventana “TSVI”, se selecciona de la tabla inferior de la ventana “Enrutamiento” la línea del circuito 4973 y se presiona el botón “Guardar Ruta”. Este activa la ventana “CNVW”, en la que se observa gráficamente su ruta lógica. Siguiendo los pasos de la figura 20, se almacena la información de la ruta en un archivo de texto.

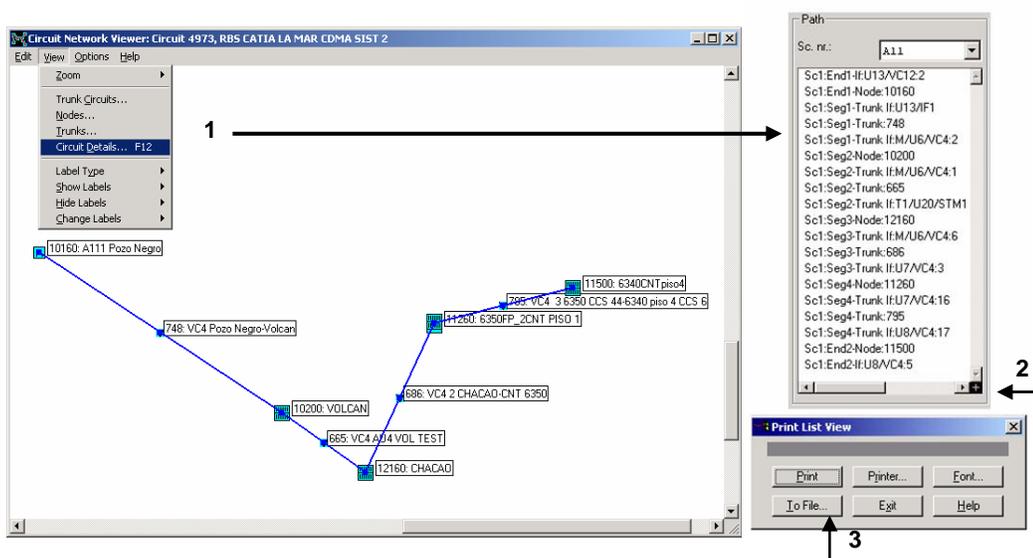


Figura 20. Ruta Lógica del Circuito 4973

Luego se presiona el botón “Cargar Ruta” el cual conduce a un directorio donde se selecciona el archivo recientemente guardado. El contenido del archivo aparece en el segundo recuadro de la ventana, como lo indica la figura 21. Culminados estos pasos, el usuario define finalmente, la ruta necesaria para realizar las pruebas de simulación de tráfico. Para continuar al siguiente Sub-Módulo, se oprime el botón “Simular Tráfico”.

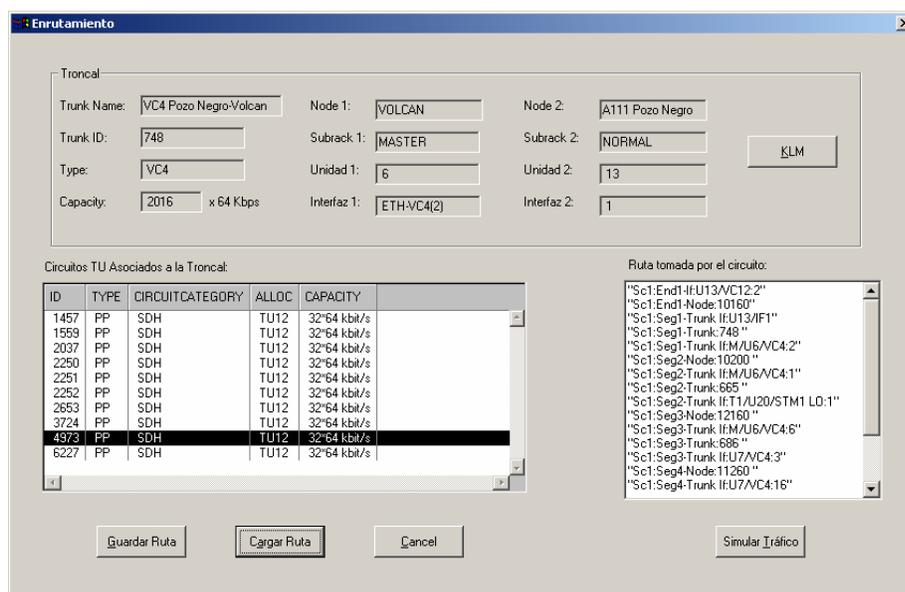


Figura 21. Ruta del Circuito 4973 en la Ventana “Enrutamiento”

Prueba 2: Simulación de Tráfico. La nueva ventana “Simulación” permite realizar pruebas, considerando distintos tipo de tráfico.

Prueba 2.a: Tráfico CDMA. La información relevante de los elementos de red involucrados en el circuito 4973 y el radio enlace, se le presenta al usuario a través del recuadro de la ventana simulación, cuyo contenido para esta prueba se observa en la siguiente figura.

Elemento de Red	Capacidad Total	Ocupación	Capacidad Libre	ID T.A. / Subrack	Ocupación	Tipo de T.A. / Cap. Libre Subrack
Radio	16 E1s / 480 time slots	0	-	-	-	-
Nodo 10160 A111	63 VC-12	7 %	58 VC-12	-	-	-
Troncal 748	2016 x 64 Kbps	17 %	53 TU-12	747	100 %	STM1
Nodo 10200	-	-	-	-	-	-
Troncal 665	2016 x 64 Kbps	100 %	0 TU-12	659	100 %	STM1
Nodo 12160	-	-	-	-	-	-
Troncal 686	2016 x 64 Kbps	100 %	0 TU-12	636	75 %	STM4
Nodo 11260	-	-	-	-	-	-
Troncal 795	2016 x 64 Kbps	100 %	0 TU-12	642	75 %	STM16
Nodo 11500 6340-fp4	MAIN - 14 Ranuras	71 %	4 Ranura(s)	-	-	-

Figura 22. Información de los Elementos de Red de Circuito 4973

De los 63 VC-12s que es capaz de cross-conectar la matriz 4/1 del nodo 10160, se encuentran en uso sólo 5, correspondientes a otros circuitos. Este valor equivale a un 7 % de ocupación del nodo, quedando un total de 58 VC-12s libres para evaluar la cross-conexión en la simulación. El nodo 11500 de tipo 6340 fp.4, presenta un 71 % de ocupación de su capacidad total de ranuras de tráfico, lo que quiere decir que aún posee 4 ranuras libres para colocar nuevas unidades de tráfico.

Sin embargo, esta información de los nodos no muestra el estado de ocupación de las interfaces y módulos, por lo que al presionar el botón “Detalles” aparece una nueva ventana que muestra detalladamente el total de interfaces y módulos libres, así como la ubicación de las ranuras disponibles (figura 23).

Nodo	Tipo	Subrack	Interfaz(ces) Libre(s)	Módulo(s) Libre(s)	Ranura(s) Libre(s)
10160	8160A111	MAIN	0	0	9, 10, 11, 12, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
10200	6340SWITCH-FP3X	MASTER	STM1-E-6340: 2	0	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
10200	6340SWITCH-FP3X	SLAVE1	STM1-E-6340: 1, E1ME-75-6340: 8	0	7, 8, 9, 10, 11, 20
12160	6340SWITCH-FP3X	MASTER	STM1-E-6340: 2	0	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
12160	6340SWITCH-FP3X	SLAVE1	STM1-E-6340: 1, E1ME-75-6340: 33	0	7, 11, 15
12160	6340SWITCH-FP3X	SLAVE2	E1ME-75-6340: 56	0	1, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 20
11260	6350SWITCH	MAIN	STM1-E-6350: 8, STM4-O-6350: 10, S	0	6, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
11500	6340SWITCH-FP4X	MAIN	STM1-O-6340: 5, E1ME-75-6340: 4	SIM14-6340 12	0

Figura 23. Detalle Físico de los Nodos

Para la simulación de tráfico se toma un valor de PPCU igual a 300. Como lo indica la tabla 5, para un valor de 300 PPCUs, se ocupa un ancho de banda mínimo de aproximadamente 2 E1s, por lo que, luego de presionar el botón “Simular”, el programa arroja los resultados de la siguiente figura.

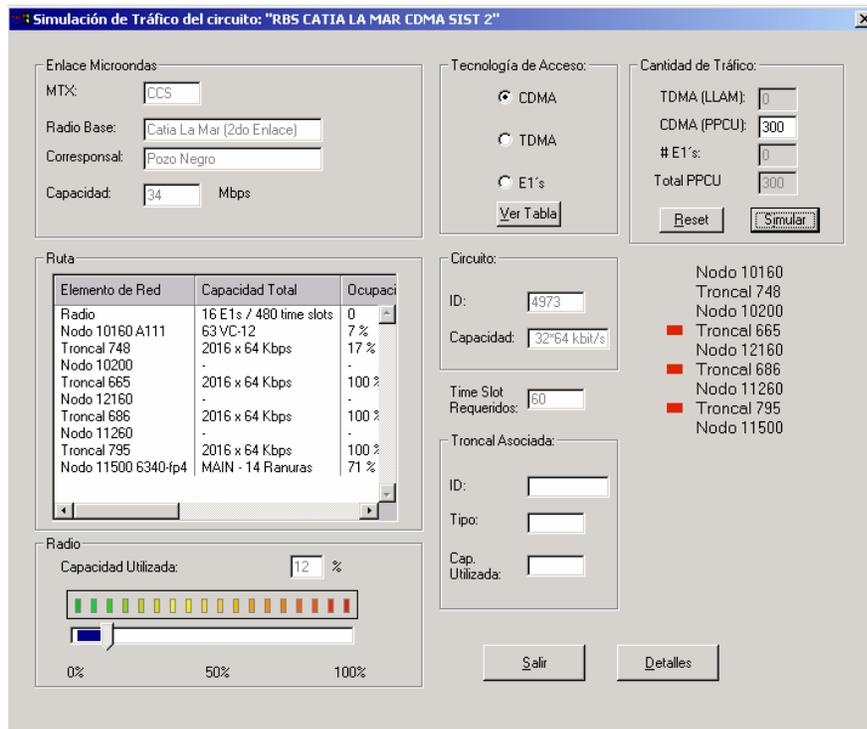


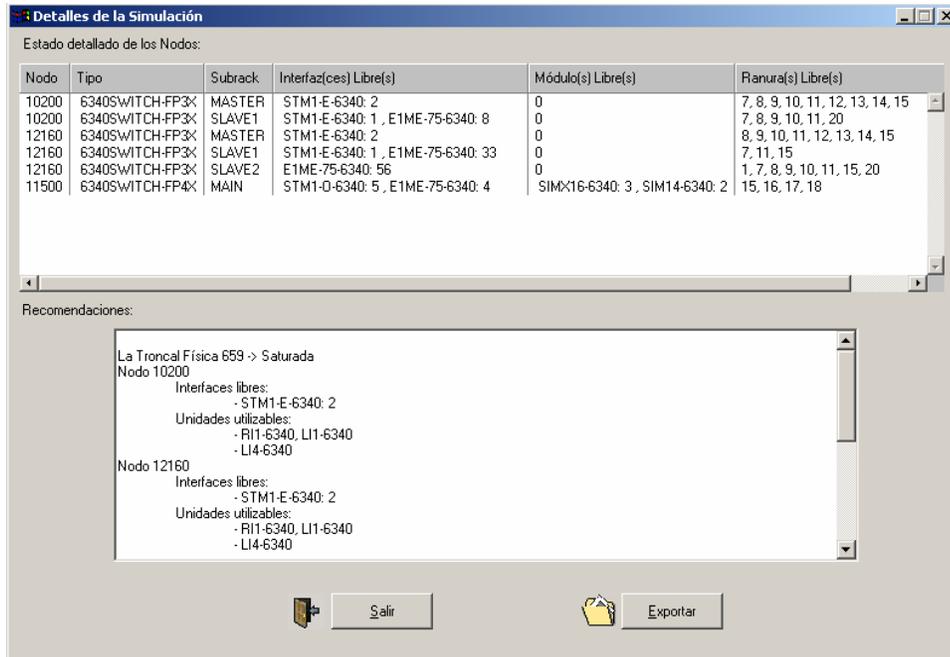
Figura 24. Ventana "Simulación" (Prueba: 300 PPCUs)

En un primer análisis, la herramienta indica, mediante la barra de colores, que el equipo de radio presenta suficiente capacidad para transportar el tráfico propuesto. Si la capacidad del equipo de radio es 16 E1s, y el tráfico simulado equivale a 2 E1s, se utiliza un 12 % de su capacidad total. Por el contrario, en el listado de elementos ubicado en el lado derecho de la ventana, aparecen como elementos saturados las troncales 665, 686 y 795.

La troncal lógica 748 presenta un 17 % de ocupación, mientras que las troncales 665, 686 y 795 están siendo utilizadas en su totalidad. Al observar los porcentajes de ocupación de las troncales físicas de cada una de las troncales anteriores, se puede inferir a priori, que el elemento más crítico de la ruta resulta, hasta ahora, la troncal 665. Esto se debe a que ni ella, ni su troncal física 659 presentan capacidad disponible que pueda satisfacer el tráfico simulado.

Cuando se presiona el botón "Detalles" después de la simulación, la herramienta conduce a la ventana "Detalles de la Simulación" (figura 25), en la cual

se presenta un análisis más profundo del estado de los elementos saturados y una serie de recomendaciones para el usuario, con relación a éstos.



Estado detallado de los Nodos:

Nodo	Tipo	Subrack	Interfaz(ces) Libre(s)	Módulo(s) Libre(s)	Ranura(s) Libre(s)
10200	6340SWITCH-FP3X	MASTER	STM1-E-6340: 2	0	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
10200	6340SWITCH-FP3X	SLAVE1	STM1-E-6340: 1, E1ME-75-6340: 8	0	7, 8, 9, 10, 11, 20
12160	6340SWITCH-FP3X	MASTER	STM1-E-6340: 2	0	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
12160	6340SWITCH-FP3X	SLAVE1	STM1-E-6340: 1, E1ME-75-6340: 33	0	7, 11, 15
12160	6340SWITCH-FP3X	SLAVE2	E1ME-75-6340: 56	0	1, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 20
11500	6340SWITCH-FP4X	MAIN	STM1-O-6340: 5, E1ME-75-6340: 4	SIMX16-6340: 3, SIM14-6340: 2	15, 16, 17, 18

Recomendaciones:

La Troncal Física 659 -> Saturada

Nodo 10200

- Interfases libres:
 - STM1-E-6340: 2
- Unidades utilizables:
 - FI1-6340, LI1-6340
 - LI4-6340

Nodo 12160

- Interfases libres:
 - STM1-E-6340: 2
- Unidades utilizables:
 - FI1-6340, LI1-6340
 - LI4-6340

Botones: Salir, Exportar

Figura 25. Ventana “Detalles de la Simulación” y Contenido (Prueba: 300 PPCUs)

Como solución para la saturación de las troncales 686 y 795, se recomienda la creación de nuevas troncales lógicas dentro de las físicas 636 (STM-4) y 642 (STM-16) respectivas, ya que éstas disponen de un 25 % de capacidad libre. En el caso de la troncal 665, cuya troncal física no posee capacidad disponible, se presentan las interfaces, módulos y unidades libres que poseen los nodos extremos de la troncal, 10200 y 12160. Se observa que ambos poseen interfaces STM-1 disponibles que hacen posible la creación de esta nueva troncal.

Por último, a pesar de que el nodo 11500 dispone aún de capacidad física, se debe verificar si ésta es suficiente para entregar el tráfico simulado a la central. Para este chequeo es importante tomar en cuenta el nivel de la interfaz de salida del circuito (en este caso corresponde a VC-4), ya que dependiendo del tipo se verifican interfaces distintas. Luego de verificar el nivel de salida del tráfico, se observa en las recomendaciones el listado de interfaces y módulos de los que dispone el nodo 11500

para este nivel, y las unidades que se pueden colocar en las ranuras libres (15, 16, 17 y 18). Los detalles de las recomendaciones que se presentan en la figura 25 se pueden apreciar en el apéndice D.

Prueba 2.b: Tráfico en función de E1s. En esta prueba se hace un estudio del comportamiento de la red utilizando los mismos elementos de la prueba anterior, pero tomando como tráfico un valor de E1s acumulativo. Se inicia el estudio introduciendo en el campo “# E1s” un tráfico equivalente a 9 E1s y presionando la tecla “Simular”.

Si se presiona nuevamente el mismo botón, se le suma al valor del campo “Total E1s”, la cantidad que el usuario introdujo previamente en el campo “# E1s”. El recuadro “Total E1s” presenta un valor acumulativo, indicando ahora 18 E1s. El operador puede seguir presionando el botón “Simular” hasta que lo desee, verificando el comportamiento de la red para cada nuevo valor.

Para un tráfico de 9 E1s, la herramienta indica que se saturan las mismas 3 troncales de la prueba anterior y el equipo de radio muestra una ocupación de 56%. En evaluaciones de tráfico de 18, 27, 36, 45 y 54 E1s, se saturan, además de los mismos elementos, el equipo de radio de 34 Mbps (16 E1s).

En una última evaluación, se presiona el botón “Simular”, obteniéndose un valor de 63 E1s (1 STM-1) para la simulación. Se observa en la figura 26 la saturación del equipo de radio, el cual, tendría que ser utilizado a un 393 % para soportar dicho tráfico. Adicionalmente, se observa que se satura una nueva troncal, la troncal 748, y la matriz de XC del nodo 10160.

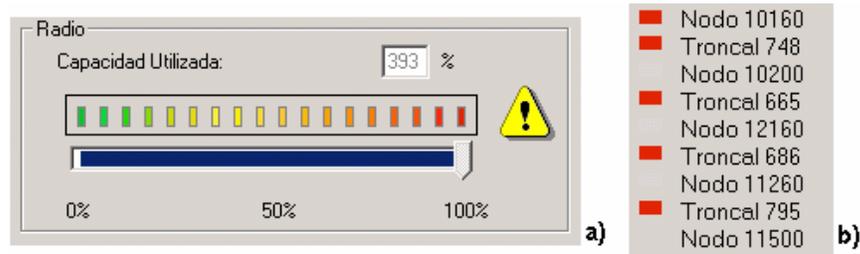
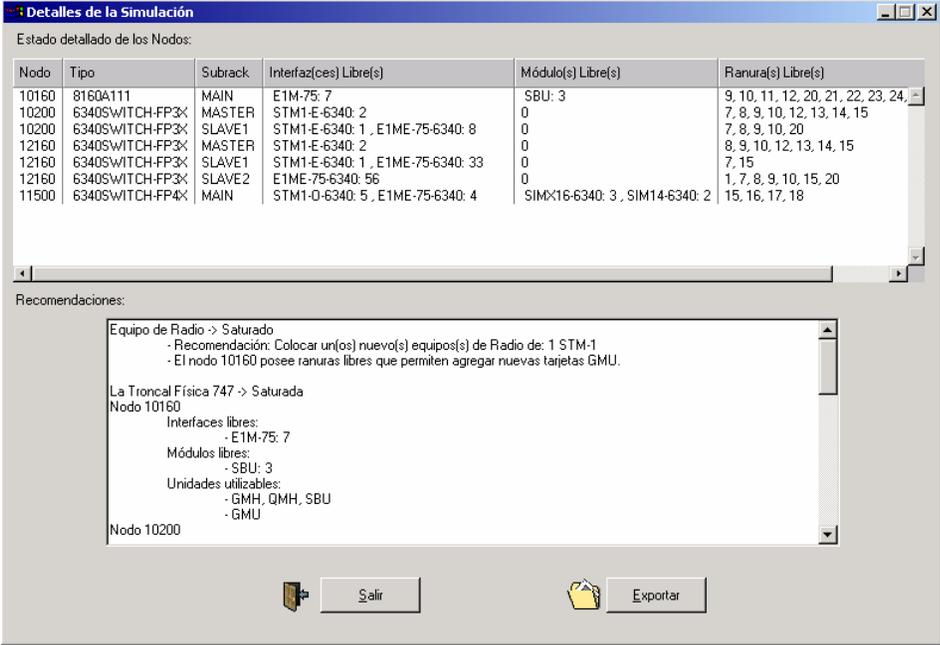


Figura 26. a) Estado del Radio, b) Listado de Elementos Saturados (Prueba: 63 E1s)

Al presionar el botón “Detalles”, se presenta la siguiente ventana como se muestra en la siguiente figura:



Estado detallado de los Nodos:

Nodo	Tipo	Subrack	Interfaz(es) Libre(s)	Módulo(s) Libre(s)	Ranura(s) Libre(s)
10160	8160A111	MAIN	E1M-75: 7	SBU: 3	9, 10, 11, 12, 20, 21, 22, 23, 24
10200	6340SWITCH-FP3X	MASTER	STM1-E-6340: 2	0	7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15
10200	6340SWITCH-FP3X	SLAVE1	STM1-E-6340: 1, E1ME-75-6340: 8	0	7, 8, 9, 10, 20
12160	6340SWITCH-FP3X	MASTER	STM1-E-6340: 2	0	8, 9, 10, 12, 13, 14, 15
12160	6340SWITCH-FP3X	SLAVE1	STM1-E-6340: 1, E1ME-75-6340: 33	0	7, 15
12160	6340SWITCH-FP3X	SLAVE2	E1ME-75-6340: 56	0	1, 7, 8, 9, 10, 15, 20
11500	6340SWITCH-FP4X	MAIN	STM1-D-6340: 5, E1ME-75-6340: 4	SIMX16-6340: 3, SIM14-6340: 2	15, 16, 17, 18

Recomendaciones:

Equipo de Radio -> Saturado
- Recomendación: Colocar un(os) nuevo(s) equipo(s) de Radio de: 1 STM-1
- El nodo 10160 posee ranuras libres que permiten agregar nuevas tarjetas GMU.

La Troncal Física 747 -> Saturada
Nodo 10160
Interfazes libres:
- E1M-75: 7
Módulos libres:
- SBU: 3
Unidades utilizables:
- GMH, QMH, SBU
- GMU

Nodo 10200

Salir Exportar

Figura 27. Ventana “Detalles de la Simulación”

La recomendación que proporciona la herramienta cuando ocurre la saturación del radio, consiste en colocar un nuevo equipo de 155 Mbps para transportar el tráfico adicional de 47 E1s. Adicionalmente, a las recomendaciones del equipo de radio, se le muestra al usuario si el nodo al que esta conectado dicho equipo tiene la capacidad de cross-conexión suficiente para soportar el nuevo tráfico.

En cuanto a la saturación de la troncal 748, se recomienda crear una nueva troncal física entre ambos nodos. Al observar, los recursos disponibles en los nodos extremos se podría crear la nueva troncal utilizando una Interfaz STM-1 eléctrica del Nodo 10200 y colocando una tarjeta GMU en el nodo 10160 ya que esta maneja interfaz STM1.

Las recomendaciones para la saturación del resto de las troncales resultan análogas a las de la prueba anterior. En el apéndice E se muestran con mayor detalle las recomendaciones arrojadas por la simulación.

Esta etapa de “Simulación” es la que realmente presenta la mayor utilidad del módulo “Planificación”, ya que contribuye al estudio del posible comportamiento de la red ante eventos de magnitud que puedan generar congestión, como las grandes concentraciones de usuarios en ubicaciones comunes. Adicionalmente, representa una ayuda para la planificación y ampliación de la red y sus equipos, considerando las recomendaciones generadas por el programa, dadas las capacidades de los elementos de red y el tráfico generado por el usuario en las pruebas de simulación.

IV.2 Módulo “DDF”

Para verificar la utilidad de este módulo y demostrar su funcionamiento, se presentan los resultados de algunas pruebas realizadas con el mismo.

Prueba 1: Información del Panel y sus Ranuras. Para esta prueba se toma como ejemplo un panel ficticio con las siguientes características: Fila: 2, Panel ID: 3, Rack: 1, Marca: Ericsson, Estación: “La Urbina”. Utilizando las opciones de búsqueda y ordenamiento, se realiza una búsqueda de todos aquellos paneles de marca Ericsson, como lo indica la siguiente figura.

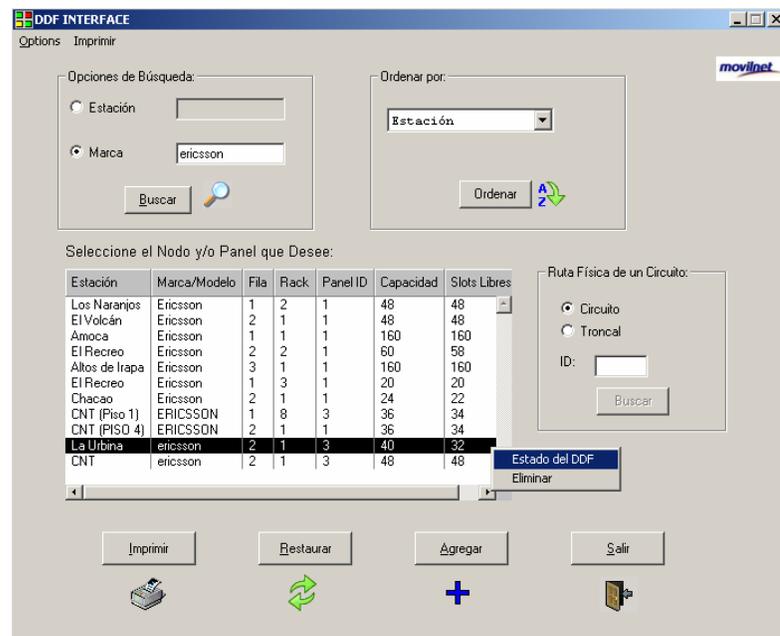


Figura 28. Ventana Principal del Módulo “DDF”

Entre el grupo de paneles que se obtiene de la búsqueda, se encuentra el panel seleccionado para esta prueba. Al seleccionar el mismo y presionar la opción “Estado del Panel”, el usuario es conducido a una nueva ventana que posee la interfaz gráfica de éste. En este caso, posee un despliegue vertical, ya que su capacidad es de 40 ranuras (múltiplo de 10). Igualmente se puede observar una leyenda que permite diferenciar fácilmente el estado de cada ranura.

Oprimiendo cualquiera de las ranuras libres (de color verde), y seleccionando la opción “Modificar”, el operador de la herramienta tiene la posibilidad de almacenar su información de conexión, mediante los campos de la ventana “Información General” como se indica en la figura 29.

En este caso se introduce la información de la ranura de posición 2-1-V2-2. De esta ranura parte un cable hacia la interfaz 10, de la unidad 1, del *subrack* tipo *Master*, del nodo 21200. Dicha interfaz corresponde a un extremo de la troncal 652, por lo que en el campo “Servicio”, se coloca el ID de la misma. Al guardar la información para esta ranura, el usuario retorna a la ventana anterior, en la que se puede observar el cambio de estado de la ranura.

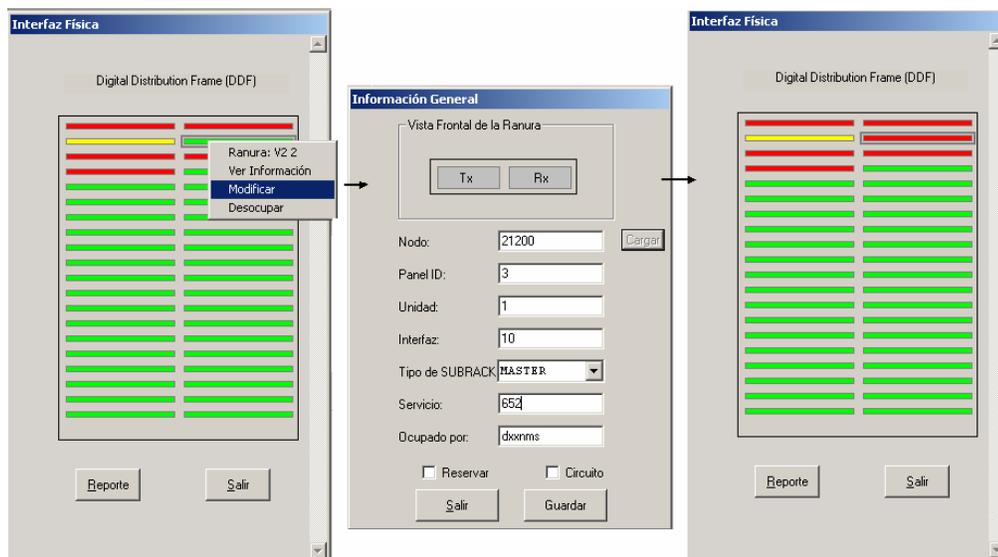
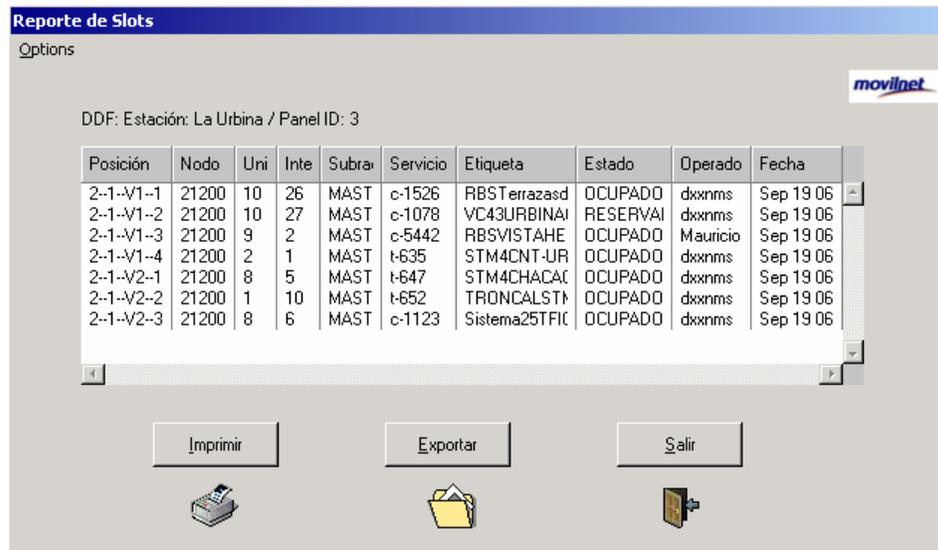


Figura 29. Almacenamiento de Información de una Ranura

Desde la ventana “Interfaz Física”, el usuario puede dirigirse a una ventana resumen, a través de la activación del botón “Reporte”, en la que se presenta una tabla que contiene la información de todas aquellas ranuras del panel que se encuentren ocupadas o reservadas, como se muestra en la figura 30.



The screenshot shows a window titled "Reporte de Slots" with a "movilnet" logo in the top right. Below the title bar, there is an "Options" section and a text label "DDF: Estación: La Urbina / Panel ID: 3". The main content is a table with the following data:

Posición	Nodo	Uni	Inte	Subra:	Servicio	Etiqueta	Estado	Operado	Fecha
2-1-V1-1	21200	10	26	MAST	c-1526	RBSTerrazasd	OCUPADO	dxxnms	Sep 19 06
2-1-V1-2	21200	10	27	MAST	c-1078	VC43URBINAI	RESERVAI	dxxnms	Sep 19 06
2-1-V1-3	21200	9	2	MAST	c-5442	RBSVISTAHE	OCUPADO	Mauricio	Sep 19 06
2-1-V1-4	21200	2	1	MAST	t-635	STM4CNT-UR	OCUPADO	dxxnms	Sep 19 06
2-1-V2-1	21200	8	5	MAST	t-647	STM4CHACAC	OCUPADO	dxxnms	Sep 19 06
2-1-V2-2	21200	1	10	MAST	t-652	TRONCALSTI	OCUPADO	dxxnms	Sep 19 06
2-1-V2-3	21200	8	6	MAST	c-1123	Sistema25TFIC	OCUPADO	dxxnms	Sep 19 06

At the bottom of the window, there are three buttons: "Imprimir" (with a printer icon), "Exportar" (with a folder icon), and "Salir" (with a door icon).

Figura 30. Ventana “Reporte de Slots”

Pruebas como la anterior permiten la previa planificación y reserva de las ranuras libres de un panel desde cualquier estación de trabajo, permitiendo además conocer la fecha de reserva, el nombre o etiqueta del servicio, y el operador que efectuó el cambio en el estado de una ranura. Asimismo, permite mantener una adecuada organización de esta información en un formato digital práctico para su posterior manipulación por el personal de la empresa, gracias a la rutina de almacenamiento que activa el botón “Exportar”.

Prueba 2: Ruta Física del circuito 2131 (RBS CCS-LA GUAIRA CDMA SIST2).

Una vez ingresada la información de las ranuras de los paneles DDF, el campo “Servicio” resulta de vital importancia para la búsqueda de la ruta física de un circuito. Suponiendo que se desea hallar el conjunto de ranuras DDF, unidades e interfaces de los nodos por las que el circuito 2131, definido en el *Sistema de*

Gestión, hace su recorrido, se introduce el ID correspondiente en el campo de la ventana principal que así lo indica (figura 31).

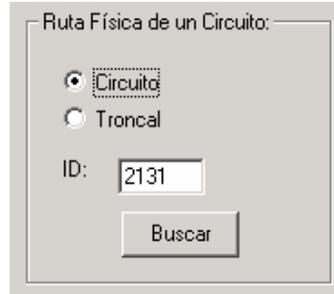


Figura 31. Sección “Ruta Física”

Luego de presionar el **botón Buscar**, y almacenar la ruta lógica del circuito a través de la opción *View/Circuit Details* de la ventana “CNVW”, se inicia la búsqueda de todas aquellas ranuras que en su campo “Servicio” poseen definido el circuito 2131 o cualquiera de las troncales físicas que contiene dicho circuito. Este circuito está conformado por las troncales 666, 686 y 796 de tipo VC-4, y los nodos 10120, 12160, 11260 y 11500. Su trayectoria viene representada por la figura 32.

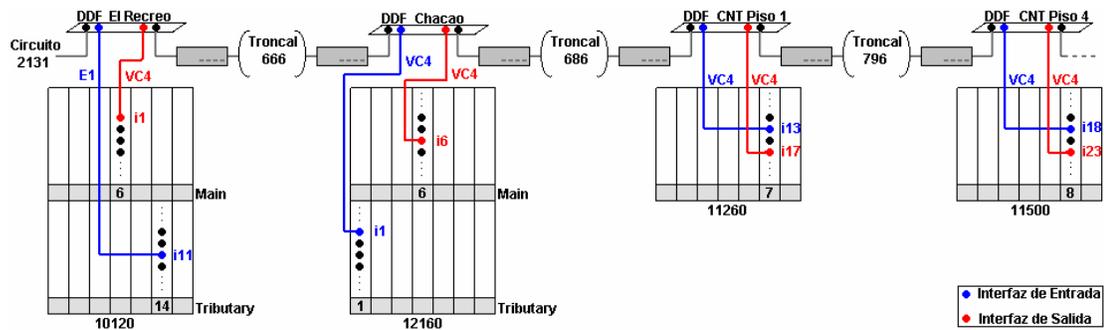


Figura 32. Trayectoria del Circuito 2131

Al finalizar la rutina de búsqueda, la herramienta conduce a una nueva ventana llamada “Ruta Física” (figura 33), en la cual se presenta como resultado la información de la ruta seguida por el circuito. Esta información contribuye a la resolución de problemas o fallas presentados en un circuito, permitiendo conocer la ubicación y posición exacta de las ranuras del DDF que prestan servicio al mismo y cuyas conexiones deban ser revisadas. Por ejemplo, si el *Sistema de Gestión* llega a

presentar fallas en el circuito 2131, el personal de *Movilnet* puede emplear esta herramienta para conocer que se deben revisar las conexiones de los paneles DDF, que se indican en el campo “Ubicación Ranura”, y las de los nodos de las estaciones El Recreo, Chacao, CNT (Piso 1) y CNT (Piso 4).



Ruta Física

Ruta física del circuito 2131

Estación	Ubicación Ranura	Node ID	Subrack	Unidad	Interfaz
El Recreo	2-2-V1-2	10120	SLAVE1	14	11
CNT (PISO 4)	2-1-1-34	11500	MASTER	8	23
El Recreo	2-2-V2-16	10120	MASTER	6	1
Chacao	2-1-1-3	12160	SLAVE1	1	1
Chacao	2-1-1-14	12160	SLAVE1	6	6
CNT (Piso 1)	1-8-3-18	11260	MASTER	7	13
CNT (Piso 1)	1-8-3-36	11260	MASTER	7	17
CNT (PISO 4)	2-1-1-3	11500	MASTER	8	18

Imprimir Exportar Salir

Figura 33. Ruta Física del Circuito 2131

IV.3 Módulo “Inventario”

Los siguientes ejemplos corresponden a pruebas de inventario de las unidades y módulos instalados en los nodos definidos en el *Sistema de Gestión*. Adicionalmente, se encuentran pruebas para verificar las fallas ocurridas en las tarjetas.

Prueba 1: Inventario de Módulos. Esta prueba se realiza colocando como rango de búsqueda (figura 34) los nodos definidos entre el ID Inferior 10100 y el ID Superior 28300. Es importante resaltar que actualmente existen, definidos en la base de datos, aproximadamente 143 nodos entre los IDs especificados.

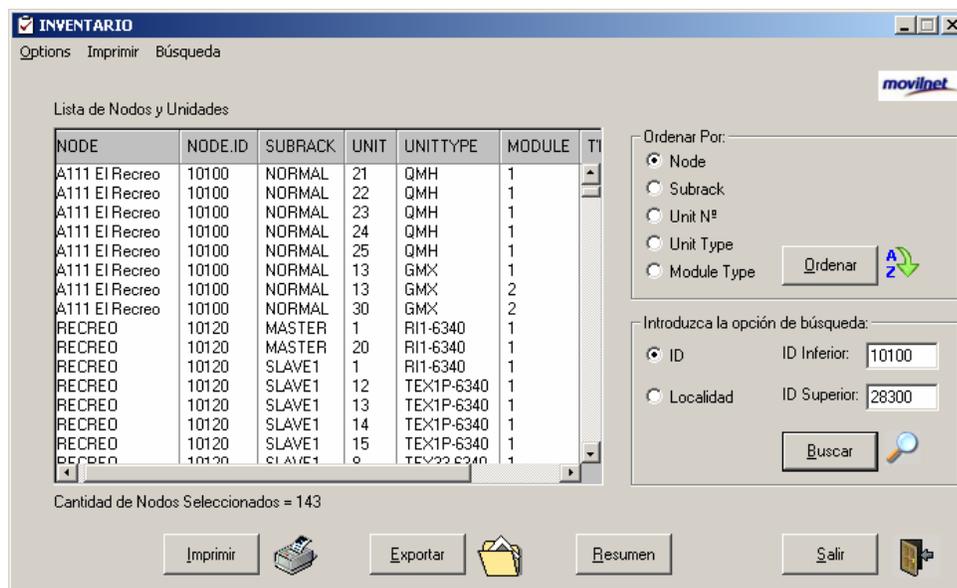


Figura 34. Ventana “INVENTARIO” para Módulos

Al presionar el botón “Buscar”, el programa arroja una lista muy detallada de cada uno de los módulos existentes en dicho rango. Sin embargo con la opción del **botón Resumen**, se obtienen, en una nueva ventana (figura 35), los listados llamados “Inventario General” e “Inventario Individual” con el total de módulos existentes. Los resultados de estas listas pueden observarse en el apéndice F.

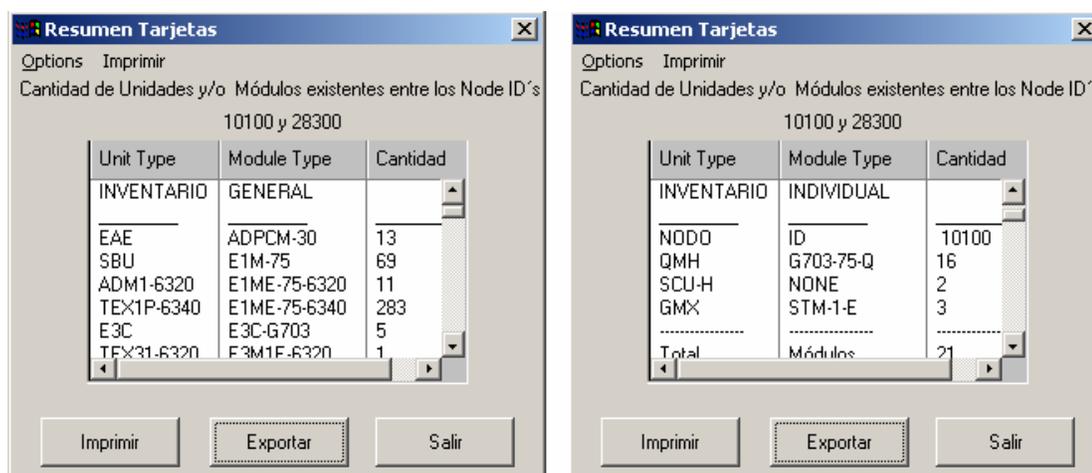


Figura 35. Ventana “Resumen Tarjetas” para Módulos

Prueba 2: Inventario de Unidades. Los resultados de esta prueba, realizada en la Localidad: “Región: CCS” son muy semejantes a los de la prueba anterior como se

puede observar en las figuras 36 y 37. Una porción de los resultados presentados en las mismas se pueden observar en el apéndice G.

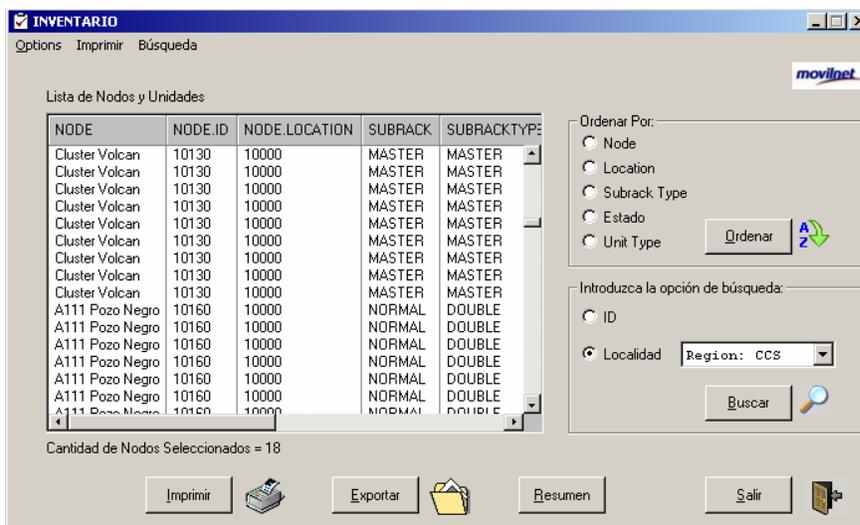


Figura 36. Ventana “INVENTARIO” para Unidades

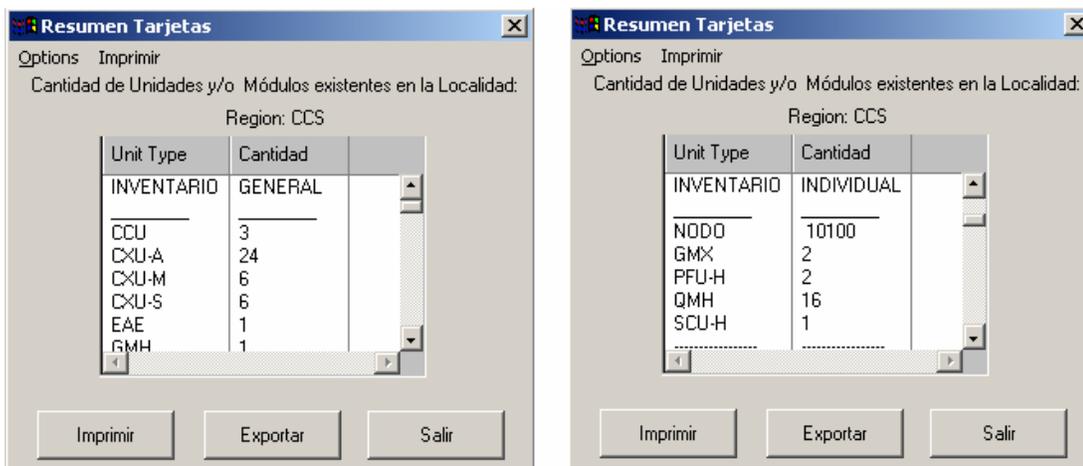


Figura 37. Ventana “Resumen Tarjetas” para Unidades

Los resultados obtenidos con las dos pruebas anteriores constituyen una ayuda para el simple mantenimiento y control de las unidades y módulos instalados en los grupos de nodos seleccionados. Adicionalmente, ayudan a definir la cantidad de unidades de repuesto necesarias.

Una utilidad que se le puede atribuir a los inventarios individuales es que representan una base para el cálculo de presupuestos de nuevos nodos que requieran

la misma configuración de módulos y unidades que otros nodos previamente instalados.

Prueba 3: Fallas de la unidad QMH, ubicada en la ranura 6 del nodo 10100 (A111 El Recreo). Para realizar esta prueba se parte de la opción “Fallas” del pequeño menú que aparece al seleccionar de la tabla principal la unidad de interés. Como resultado se obtiene una ventana (figura 38) en la que se puede observar el conjunto de fallas que ha presentado dicha unidad.

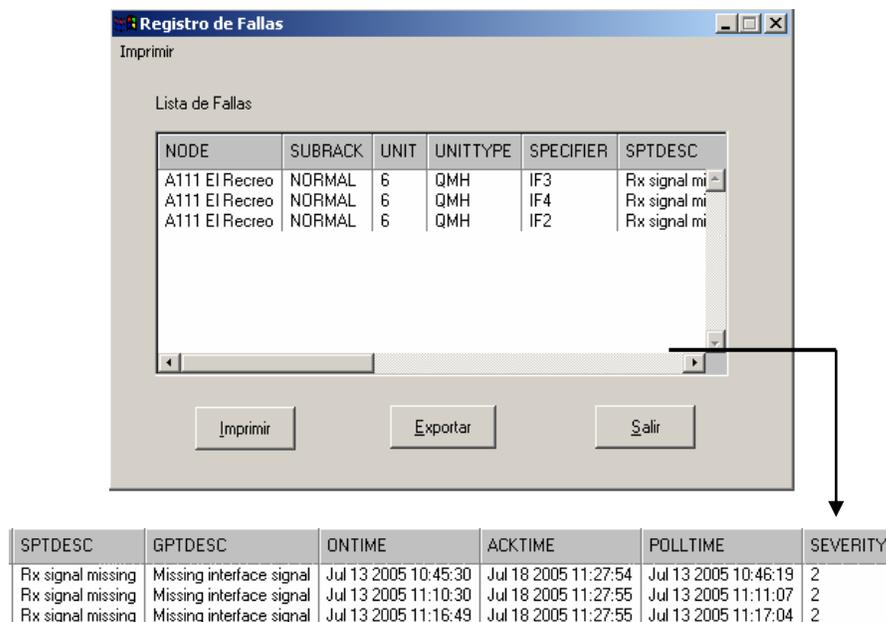


Figura 38. Ventana “Fallas de la Unidad” y Contenido

IV.4 Prueba de Ejecución Simultánea de Aplicaciones

Esta última prueba consiste en correr la herramienta simultáneamente, tanto en el Servidor de la Base de Datos, como en la Estación de Trabajo que se encuentran en red. Con esta prueba se verifica el adecuado funcionamiento del Sistema Auxiliar y el correcto almacenamiento y actualización de información que se añade a la base de datos. Esta prueba se realiza con el fin de simular la situación que se presenta en la figura inferior, donde se supone a diferentes usuarios de *Movilnet* ejecutando distintas aplicaciones remotamente.

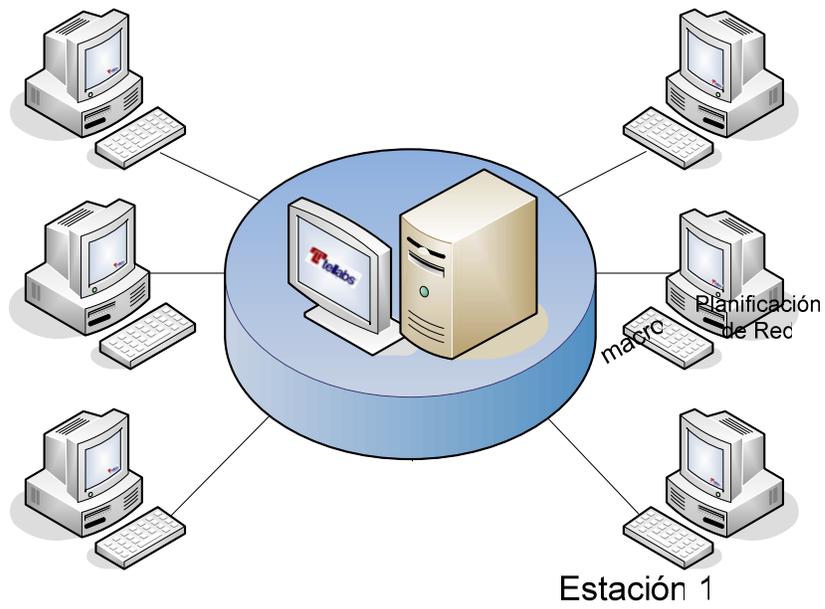


Figura 39. Ejecución Simultánea de Aplicaciones en Estaciones de Trabajo Rémotas.

macro Simulación de Tráfico

Estación 2

macro Organización de DDF

Estación 3

(Bas

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

V.1 Conclusiones

El desarrollo de la herramienta auxiliar para la gestión de la red de transporte de *Movilnet* y su implementación en dicha empresa, le permitirá al personal de los departamentos de Transmisión y Operación y Mantenimiento optimizar y agilizar algunas funciones de las actividades de planificación, estudio de ampliación y mantenimiento de la red.

Además de ser compatible con el sistema de Gestión, se logró crear una herramienta de uso sencillo y amigable interfaz gráfica para el usuario. Adicionalmente, se creó la posibilidad de utilizar la herramienta desde diversas estaciones, así como también, permitirle al usuario trabajar con información actualizada en tiempo real.

Las simulaciones que permite realizar el módulo de “Planificación”, contribuirán con un rápido estudio del posible comportamiento de la red ante congestiones y elevado tráfico de llamadas. Al generar las alarmas y recomendaciones durante la posible ocurrencia de “cuellos de botella”, el personal encargado de la planificación y ampliación de la red podrán tomar, con mayor rapidez y eficiencia, medidas acerca de los nuevos equipos de radio a incluir, tarjetas adicionales que colocar, troncales físicas o lógicas a implementar, etc.

La ventana que permite visualizar las coordenadas K, L, M para cada una de las troncales SDH en cuestión, será un elemento más de ayuda para que el personal analice y perciba de una manera cualitativa, el nivel de ocupación de una troncal.

Una vez conocida la asignación de las posiciones en los DDF, el estado de ocupación de los paneles y la información de su interconexión hacia los nodos y

equipos de radio, el personal de la empresa podrá realizar cómodamente, a través de las aplicaciones “DDF” y “Planificación”, actividades comunes de mantenimiento de los equipos, sustitución de cables, e identificación de los mismos mediante etiquetas.

La creación de las aplicaciones “DDF”, “Planificación” e “Inventario” fue desarrollada con éxito. Sus rutinas y procedimientos fueron diseñados y programados satisfactoriamente, lográndose posteriormente la integración de todas las aplicaciones en una misma plataforma conocida como “Menú Principal”.

Como se pudo observar en los resultados y en las pruebas realizadas, la herramienta permite almacenar información de interés en la base de datos del *Sistema de Gestión*. La manipulación de la misma a través de la herramienta, permitió desarrollar procedimientos que contribuirán al seguimiento de posibles fallas, específicamente, aquellas presentadas en todas las conexiones físicas de los DDF, involucradas en un circuito.

A través del módulo “Inventario” se logró proporcionar un reporte de los módulos y unidades instalados en los Nodos y el historial de fallas de las mismas, proporcionándole al usuario una ayuda en actividades de cálculos de repuestos y reemplazo de tarjetas defectuosas que hayan presentado ocasionales fallas.

Finalmente, se puede decir que el Sistema Auxiliar aquí descrito, representa una herramienta que se traduce en: ahorro de tiempo para el personal de *Movilnet*, aumento en la calidad del servicio de transporte, ayuda en la organización y mantenimiento de sus equipos y conexiones e incremento en la eficiencia de actividades de estudio y análisis para la planificación del desarrollo y evolución de su red de transporte.

V.2 Recomendaciones

Es importante tomar en cuenta que esta herramienta está limitada a modelos específicos de nodos que existen actualmente en la red de transporte de *Movilnet*. Por

este motivo, se considera importante que se actualice la aplicación cada vez que se incluya dentro de los equipos que conforman su red, un nuevo modelo de nodo, evaluando siempre sus técnicas y capacidades de cross-conexión antes de realizar cualquier simulación.

Igualmente, se podrían considerar en la herramienta circuitos y troncales PDH, para verificar las capacidades y simular situaciones a un nivel inferior.

El Sistema de Gestión *Tellabs*[®] cuenta con un mecanismo llamado *Web Reporter*, que permite al personal tener acceso a diversa información de la red a través de Internet. En un futuro, se podría investigar si es posible desarrollarle a la herramienta la posibilidad de accederle, vía Internet, mediante el *Web Reporter*, con el fin de que un operador pueda ejecutarla desde ubicaciones remotas, que no se encuentren necesariamente en red con el Servidor de Base de Datos del Sistema de Gestión.

Adicionalmente, se podría evaluar si existe la posibilidad de habilitar, en la pestaña “DDF” de la rutina “Agregar” de la aplicación “Planificación”, más campos de texto para colocar la información de las conexiones entre los puertos de los equipos de radio y los paneles DDF. Por razones anteriormente explicadas, los campos existentes en la actualidad, resultan limitados para ciertos casos.

Capítulo VI

Bibliografía

VI.1 Libros

- 1) Anttalainen, Tarmo (2003). *Introduction to Telecommunications Network Engineering* (2^a ed.). Artech House.
- 2) Bates, Regis "Bud" J. (2001). *Synchronous Digital Hierarchy* (1^a ed.). McGraw-Hill.
- 3) Black, Uyles (2002). *Optical Networks: Third Generation Transport Systems* (1^a ed.). Prentice Hall.
- 4) Forouzan B. (2002). *Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones* (2^a ed.). McGraw-Hill.
- 5) Freeman, Roger L. (2004). *Telecommunication System Engineering*. (4^a ed.). Wiley.
- 6) León-García, Widjaja (2002). *Redes de Comunicación*. (1^a ed.). McGraw-Hill.
- 7) UIT-T. Recomendación G.707 (1996). *Series G: Transmission Systems and Media. Network Node Interface for the Synchronous Digital Hierarchy (SDH)*.
- 8) UIT-T. Recomendación G.708 (1999). *Series G: Transmission Systems and Media. Sub STM-0 Network Node Interface for the Synchronous Digital Hierarchy (SDH)*.

VI.2 Fuentes Electrónicas (Internet)

- 9) Tektronix[®]. *SDH Telecommunications Standard Primer*.
http://www.tek.com/Measurement/cgi-bin/framed.pl?Document=/Measurement/App_Notes/sdhprimer/&FrameSet=optical. (2 de noviembre de 2005).

- 10) TTC (*The Technology Collaborative*). *The Fundamentals of SDH*. http://www.livingston.co.uk/fileadmin/downloads/uk/PDFs/sdh_tn.pdf. (4 de noviembre de 2005).
- 11) Basilio Sánchez, Gilberto. *Ingeniería de Tráfico*. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://telecom.fi-b.unam.mx/Telefonia/trafico.htm>. (5 de febrero de 2005).
- 12) RFC 3946 (2004). Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Extensions for Synchronous Optical Network (SONET) and Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Control. <http://www.rfc-archive.org/getrfc.php?rfc=3946>. (2 de diciembre de 2005).

VI.3 Manuales

- 13) Lucent Technologies (2001). *FLEXENT™ /AUTOPLEX®. Wireless Networks. Executive Cellular Processor (ECP). System Capacity Monitoring and Engineering Guidelines (SCME). Release 25*.
- 14) Tellabs® (2002) *Martis DXX Node Technical Description Vol. 2(3)*.
- 15) Tellabs® (2002) *Martis DXX Node Technical Description Vol. 1(3)*.
- 16) Tellabs® (2003). *Tellabs® 8100 Network Manager. Macro Manager System User Manual*.
- 17) Tellabs® (2003) *Tellabs® 8100 Network Manager R13A User Manual (33194_01)*.
- 18) Tellabs® (2003). *Tellabs® 8100 Network Manager R13A Database Description. (31091_04)*.
- 19) Tellabs® (2004). *Tellabs® 6345 Switch Node. Product Reference*.
- 20) Tellabs® (2004). *Tellabs® 6350 Switch Node. Product Reference*.
- 21) Tellabs® (2004). *Tellabs® 6340 Switch Node. Product Reference*.

- 22) *Tellabs[®] (2004). Tellabs[®] 6320/6340/6350 Nodes in Tellabs[®] 8100 System.*
- 23) *Tellabs[®] (2005). Tellabs[®] 8100 Network Manager R14 Software Installation Manual (31109_04).*
- 24) *Tellabs[®] (2005). Tellabs[®] Mobile Data Solutions: A Tellabs[®] Business Solutions Briefing.*