



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**

**ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE DATOS EN REDES
INALÁMBRICAS DE TECNOLOGÍA CDMA 2000 1x EV-DO Y EL
COMPORTAMIENTO DEL ABONADO DE INTERNET**

Sergio Alfonso González Cano

Asesorado por el Ing. Edgardo Loukota Castellanos

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE DATOS EN REDES
INALÁMBRICAS DE TECNOLOGÍA CDMA 2000 1x EV-DO Y EL
COMPORTAMIENTO DEL ABONADO DE INTERNET**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO ALFONSO GONZÁLEZ CANO

ASESORADO POR EL ING. EDGARDO LOUKOTA CASTAÑEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing.	Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing.	Glenda Patricia Garcia Soria.
VOCAL II	Lic.	Amahán Sánchez Álvarez
VICAL III	Ing.	Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br.	Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br.	Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga.	Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRUBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing.	Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing.	José Anibal Silva de los Angeles
EXAMINADOR	Ing.	Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing.	Mario Renato Escobedo Martínez
SECRETARIA	Inga.	Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE DATOS EN REDES INALÁMBRICAS, DE TECNOLOGÍA CDMA 2000 1x EV-DO Y EL COMPORTAMIENTO DEL ABONADO DE INTERNET,

tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica- Eléctrica, el 12 de agosto de 2005.


Sergio Alfonso González Cano

Telefonica

Móviles

Telefónica Móviles Guatemala, S. A.
Boulevard Los Próceres 20-09, Zona
Torre Telefónica
Guatemala C. A.
Tel.: (502) 2379-7979

Guatemala, mayo de 2006

Ingeniero,
Ángel Roberto Sic García
Coordinador Unidad EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Estimado Ingeniero Sic:

Por este medio le informo que como asesor del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) del estudiante de la carrera de ingeniería electrónica **SERGIO ALFONSO GONZÁLEZ CANO**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, titulado **ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE DATOS EN REDES INALAMBRICAS DE TECNOLOGIA CDMA 2000 1x EV-DO Y EL COMPORTAMIENTO DEL ABONADO DE INTERNET**, habiéndolo encontrado satisfactorio.

Cabe Mencionar que los puntos planteados en este trabajo contribuyen un valioso aporte a la Universidad de San Carlos de Guatemala, a la empresa Telefonica moviles Guatemala S.A. y en general a la republica de Guatemala.

En tal virtud, lo doy por aprobado, solicitando dar el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente:



Ing. Edgardo Loukota Castellanos
Gerencia de Desempeño de Red
Colegiado Activo 5007
Asesor
Edgardo Loukota Castellanos
Ingeniero Electrónico, Colegiado 5.007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
Tel. 24423509

Guatemala, 29 de mayo de 2006
Ref. EPS. C. 263.05.06

Ing. Angel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

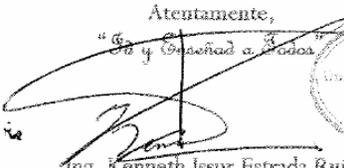
Estimado Ingeniero Sic García.

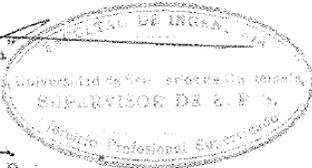
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **SERGIO ALFONSO GONZÁLEZ CANO**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es titulado **"ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE DATOS EN REDES INALAMBRICAS DE TECNOLOGÍA CDMA 2000 1xEV-DO Y EL COMPORTAMIENTO DEL ABONADO DE INTERNET"**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Se y Enseñad a todos"

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica - Eléctrica



cc. Archivo
KIER/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
Tel. 24423509

"Fides per se Cuiuslibet Rex"
Dr. Carlos Martínez, D. Sc.
2006: Creador de un Movimiento

Guatemala, 06 de julio de 2006
Ref. EPS. C. 263.07.06

Ing. Renato Escobedo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Escobedo,

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE DATOS EN REDES INALÁMBRICAS DE TECNOLOGÍA CDMA 2000 LLEVADO Y EL COMPORTAMIENTO DEL ARONADO DE INTERNET".

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, SERGIO ALFONSO GONZÁLEZ CANGO, quien fue asesorado por el Ing. Edgardo Loukota Castellanos y supervisado por el Ing. Kenneth Isur Estrada Roca.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la APROBACION DEL MISMO por parte del asesor y supervisor, ESTA COORDINACION TAMBIEN APRUEBA SU CONTENIDO; solicítasle dache el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Fides per se Cuiuslibet Rex"

Ing. Ángel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS



ARS/epn

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante, Sergio Alfonso González Cano titulado: ANALISIS DE CAPACIDAD DE DATOS EN REDES INALÁMBRICAS DE TECNOLOGÍA CDMA 2000 1x EV-DO Y EL COMPORTAMIENTO DEL ABONADO DE INTERNET, procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
DIRECTOR



GUATEMALA, 29 DE AGOSTO 2006.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.381.06

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE DATOS EN REDES INALÁMBRICAS DE TECNOLOGÍA CDMA 2000 1X EV-DO Y EL COMPORTAMIENTO DEL ABONADO DE INTERNET**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Alfonso González Cano**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Gympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, Octubre 2006

/cc

Todo por ti, Casalinga Mía
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su Nacimiento

ACTO QUE DEDICO A:

Dios: por su infinito Amor, el cual ha estado todos los días de mi vida.

Mis padres: Braulio Alfonso González y Dominga Cano, por todos los sacrificios realizados; se que este día verán recompensados sus esfuerzos en este nuestro logro.

Mi esposa: Nora Ileana de González, y a nuestra hija Julissa Mariel, por ser la inspiración de mi vida.

Mis hermanas: Velcy Sabrina y Leidy Mayari, por haber encontrado en ellas siempre un apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

El Ing. Edgardo Loukota, por su tiempo y asesoramiento profesional.

El departamento de Desempeño de Red Telefónica Móviles, por su contribución al desarrollo de este trabajo.

Telefónica Móviles Guatemala, por haberme permitido realizar el trabajo de EPS.

Todas las persona que de alguna forma contribuyeron con mi desarrollo profesional, gracias por brindarme su apoyo y amistad que Dios les bendiga.

Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser la fuente de conocimiento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	1
1.1. Antecedentes de la empresa.....	1
1.1.1. Visión de la empresa.....	1
1.1.2. Misión de la empresa.....	2
2. SISTEMA DE TELEFONIA MÓVIL PARA RED CDMA 2000.....	3
2.1 Principios de CDMA 2000.....	3
2.2 Red inalámbrica CDMA 2000 1xEV-DO.....	5
2.2.1 Elementos de la Red CDMA 2000 1x EV-DO.....	5
2.2.1.1 Nodo PSDN.....	5
2.2.1.2 Nodo AN-AAA.....	6
2.2.1.3 DO-RNC.....	6
2.2.1.4 Tarjeta DOM.....	6
2.2.2 Proceso del flujo de datos.....	7
2.3 Estándar de interfaz de aire IS-856.....	8
2.3.1 Normas del estándar IS-856.....	8
2.3.1.1 Estructura del protocolo IS-856.....	9
2.3.2 Importancia del estándar IS-856.....	9

2.3.2.1	Alta velocidad de datos.....	10
2.3.2.2	Codificación turbo dinámica.....	10
2.3.2.3	Canalización.....	10
2.3.2.4	Canal identificador.....	11
2.3.2.5	Canal de potencia.....	11
2.3.3	Enlace de bajada (Forward Link).....	12
2.3.3.1	Canal de piloto.....	13
2.3.3.2	Canal de acceso al medio MAC.....	13
2.3.3.3	Canal de control.....	13
2.3.3.4	Canal de tráfico.....	14
2.3.3.5	Canal de control paging.....	15
2.3.6	Canal de fat pipe.....	15
2.3.4	Enlace de subida (Reverse Link).....	16
2.3.4.1	Estructura de la trama del enlace de subida.....	17
2.3.4.1.1	Canal piloto.....	17
2.3.4.1.2	Canal de acceso al medio MAC.....	17
2.3.4.1.3	Canal de datos.....	19
2.4.4	Requisitos de la Red de Datos CDMA1X EV-DO.....	19
3.	MÉTRICAS EN EL ANÁLISIS DE DATOS.....	22
3.1.	Métricas en el análisis de datos en CDMA2000 1xEV-DO.....	22
3.1.1	Parámetros de entrada del sistema.....	26
3.1.2	Definición de variables.....	27
3.1.3	Derivación para los parámetros de tráfico.....	27
3.1.3.1	Provisionamiento cuando por usuario utiliza la aplicación de capacidad de flujo de datos.....	28
3.1.5	Provisionamiento de DOM.....	29
3.1.5.1	Provisionamiento de DOM, sobre la limitación de recursos.....	29

3.1.5.1.1 Cálculo y comportamiento típico de la DOM basado en la limitación de recursos.....	31
3.1.5.1.2 Provisionamiento de DOM basado en la limitación de la radio base.....	33
3.1.6 Provisionamiento del Nodo DO-RNC.....	34
3.1.6.1 Provisionamiento del Módulo SC.....	35
3.1.6.2 Provisionamiento del Módulo RNSM.....	36
3.1.6.2.1 Provisionamiento del Módulo RNSM basado en Erlangs.....	37
3.1.6.2.2 Provisionamiento del Módulo RNSM basado en la capacidad del flujo de datos.....	37
3.1.6.2.3 Provisionamiento del Módulo RNSM basado en las sesiones de 1x EV-DO.....	38
3.1.6.2.4 Provisionamiento del Módulo RNSM basado sobre el número de DOM.....	38
3.1.6.3 Provisionamiento del Módulo BIO.....	39
3.1.6.4 Reglas del Provisionamiento del Módulo DO-RNC.....	39
3.1.6.4.1 Provisionamiento con redundancia BIO en el Módulo DO-RNC.....	40
3.1.6.4.2 Aprovechamiento del Módulo DO-RNC con redundancia en RNSM y BIO.....	41
3.1.6.5 Provisionamiento del enlace de transporte.....	43
3.1.6.5.1 Interfaz Abis.....	43
3.1.6.5.2 Protocolos de comunicación.....	44
3.1.6.5.3 Capa física de paquetes Abis y Mac.....	45
3.1.6.5.4 Carga balanceada sobre los enlaces de transporte.....	46
3.1.6.5.5 Estimación del Provisionamiento T1/E1.....	46
3.1.6.5.5.1 Ancho de banda del enlace.....	46

3.1.6.5.5.2 Canal de control.....	46
3.1.6.5.5.3 Tráfico en el Módulo DO-EMS.....	47
3.1.6.6 Provisionamiento de los enlaces de transporte T1/E1.....	47
3.1.6.6.1 Estimación del enlace Ethernet.....	48
3.1.6.7 Provisionamiento del Módulo DO-EMS.....	50
4. MEDICIONES DE TRÁFICO Y CÁLCULO DE MÉTRICAS.....	51
4.1. Cálculo del dimensionamiento del Nodo DO-RNC.....	51
4.1.1 Cálculo de capacidad de la tarjeta SC, en base a los usuarios del sistema.....	51
4.1.2 Cálculo de capacidad de la tarjeta RNSM en el Módulo DO- RNC.....	54
4.1.2.1 Cálculo de capacidad de la tarjeta RNSM, basado en los números de conexiones, utilización de CPU, utilización en Mbps.....	54
4.1.2.2 Cálculo del dimensionamiento del número de tarjetas a implementar en el Nodo DO-RNC, basado en la cantidad del flujo de datos del sistema.....	61
4.1.2.3 Cálculo del dimensionamiento del número de tarjetas a implementar en el Nodo DO-RNC, basado en la cantidad de sesiones del sistema.....	62
4.1.2.4 Cálculo basado en la cantidad del número de DOM del sistema.....	63
4.1.2.5 Cálculo bajo todos los resultados de todas las variables, para la Tarjeta RNSM.....	64
4.1.3 Provisionamiento de la Tarjeta BIO (Base Input/Output).....	67
4.1.4 Provisionamiento del Módulo DO-RNC, tomando en cuenta la redundancia en cantidad de Tarjetas RNSM y BIO.....	67

4.1.5 Proyección de tráfico de los elementos del sistema	
1xEV-DO.....	69
CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES.....	77
BIBLIOGRAFÍA.....	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Proceso de flujo de transporte de datos.....	8
2. Estructura de la trama del enlace de bajada.....	12
3. Descripción de los elementos de la estructura del enlace de bajada.....	12
4. Estructura del canal de bajada.....	14
5. Canal de trafico.....	15
6. Aplicación de empaquetamiento de datos.....	16
7. Recursos del canal de subida.....	17
8. Indicador de velocidad.....	18
9. Estructura del canal de subida.....	19
10. Red CDMA 1xEV-DO.....	21
11. Metodología del provisionamiento Red CDMA 1xEV-DO.....	23
12. Monitoreo típico de la DOM.....	31
13. Monitoreo de la utilización del enlace de datos.....	33
14. Nodo DO-RNC.....	35
15. Protocolos de comunicación.....	44
16. Utilización de CPU de la Tarjeta RNSM No.3.....	55
17. Utilización de CPU de la Tarjeta RNSM No.4.....	56
18. Utilización de CPU de la Tarjeta RNSM No.13.....	59
19. Utilización de CPU de la Tarjeta RNSM No.14.....	60
20. Utilización típico de las tarjetas BIO en el Nodo DO-RNC.....	66
21. Configuración y correspondencia de las tarjetas a implementar en el Nodo DO-RNC.....	68

TABLAS

I. Definición de parámetros de entrada.....	25
II. Definición de parámetros variables.....	26
III. Derivación de parámetros de trafico.....	27
IV. DOWN-LOAD físico en ocupación en el sistema en hora cargada.....	28
V. UPLOAD físico en ocupación en el sistema en hora cargada.....	28
VI. Cálculo de Erlangs por máximo número de Modem.....	31
VII. Cálculo de Erlangs por máximo número de Links por sector.....	32
VIII. Cálculo de Erlangs y utilización por máximo número de circuitos del Enlace E-1 a 2048 Kbps.....	32
IX. Configuración del Nodo DO-RNC, con Redundancia BIO.....	40
X. Configuración del Nodo DO-RNC, con Redundancia en BIO y RNSM.....	42
XI. Promedio soportado por DOM (Kbps) frente a el número de enlaces.....	48
XII. Limite del Enlace T1/E1.....	48
XIII. Promedio soportado por flujo de datos por la DOM con un ancho de banda utilizando Enlace Ethernet.....	49
XIV. Solicitud de ancho de banda por DOM.....	49
XV. Modelo de llamada o aplicación sobre el Módulo DO-EMS.....	50
XVI. Cálculo para la capacidad de la tarjeta SC.....	52
XVII. Factores de ingeniería para la implementación de la tarjeta SC en el Nodo DO-RNC.....	52
XVIII. Requisito para la implementación de la Tarjeta RNSM.....	53
XIX. Cálculo de dimensionamiento de la Tarjeta RNSM No.3 basado en el número de conexiones.....	54

XX. Cálculo de dimensionamiento de la Tarjeta RNSM No.4 basado en el número de conexiones.....	55
XXI. Cálculo de dimensionamiento de la Tarjeta RNSM No.5 basado en el número de conexiones.....	56
XXII. Cálculo de dimensionamiento de la Tarjeta RNSM No.15 basado en el número de conexiones.....	57
XXIII. Cálculo de dimensionamiento de la Tarjeta RNSM No.13 basado en el número de conexiones.....	58
XXIV. Cálculo de dimensionamiento de la Tarjeta RNSM No.14 basado en el número de conexiones.....	59
XXV. Cálculo de dimensionamiento del número de Tarjetas RNSM.....	61
XXVI. Cálculo de dimensionamiento del número de las Tarjetas RNSM, en el Nodo DO-RNC.....	62
XXVII. Cálculo basado en la cantidad del número de DOM, alojadas en cada Tarjeta RNSM.....	63
XXVIII. Cálculo de dimensionamiento bajo todas las variables de la tarjeta RNSM a instalar en el Nodo DO-RNC.....	64
XXIX. Cálculo de dimensionamiento de las Tarjetas BIO, para el Nodo DO-RNC.....	65
XXX. Configuración del Nodo DO-RNC, con redundancia en Tarjetas BIO y RNSM.....	68
XXXI. Proyección de tráfico en base a la cantidad de conexiones y al crecimiento de los abonados en el Nodo DO-RNC.....	69
XXXII. Proyección de tráfico en base a la cantidad de flujo de datos y al crecimiento de los abonados en el Nodo DO-RNC.....	70
XXXIII. Proyección de tráfico en base a la cantidad del número de MODEM, y al crecimiento de los abonados.....	71

LISTA DE SÍMBOLOS

AAA	Nodo de Autenticación, Administrador, Autorización
ACH	– Access Channel-Control Acceso
ANSI	Instituto Nacional Americano de Estándares
BER	– BIT Error Rate -Tasa de Bits Errados
BTS	– Base Transceiver Station - Estación radio base
CDMA 2000	CDMA versión 2000
CCH	– Control Channel -Canal de Control
DOM	– Data Only Module-Modulo de proveedor de Datos
DRC	-Data Rate Control- Control de Velocidad de Datos
GSM	Sistemas Global Móvil
ITU	Unión Internacional de Radiocomunicaciones
IMT-2000	Internacional Móviles de Telecomunicaciones-2000
IP	Protocolo de Internet
MAP	Parte Móvil de Aplicación
MAC	Control de Acceso al Medio
PCF	Función de control de los paquetes
PDSN	Nodo proveedor de Paquetes de Datos
PPP	Protocolo de Punto a Punto
PN	Seudo Ruido
PCF	Función de Control de Paquetes
PCS	Servicio de Comunicación Personal
RRI	Indicador de Velocidad en el enlace de subida
RNC	Radio Controlador de la Red de Datos
SC	Controlador del Sistema
TIA	Asociación Industrial de Telecomunicaciones
T1/E1	Enlace de Transmisión.

GLOSARIO

Ancho de banda	Anchura de la banda de frecuencias, estrictamente suficiente para asegurar la transmisión de la información de una emisión determinada, a la velocidad de transmisión y con la calidad requerida en condiciones específicas.
Activo	Estado en el cual el móvil ocupa un canal físico para recibir o enviar datos.
BIT	Unidad elemental binaria de información
CDMA	Acceso múltiple por división de código, se refiere a la técnica de transmisión donde los canales de información comparten el mismo ancho de banda, y cada canal en particular es relacionado con un código.
Desactivo	Estado en el cual el móvil no ocupa un canal físico.
Dimensionamiento	Proceso de cálculo que busca obtener la cantidad necesaria de determinado elemento que satisfaga las necesidades del usuario.
Espectro	Distribución de la intensidad de una radiación en función de una magnitud característica, como la longitud de onda, la energía, la frecuencia o la masa.
Frecuencia	Número de ciclos que por segundo efectúa una onda del espectro radioeléctrico.
Hora pico	También recibe el nombre de hora cargada. Es la hora en la cual se ofrece la máxima carga de tráfico en un grupo de circuitos.

RESUMEN

Actualmente, Telefónica Móviles Guatemala, S.A. provee el servicio de Internet, a la población guatemalteca, para lo cual hace uso de la tecnología llamada CDMA 2000 1x EV-DO.

El servicio EV-DO en la actualidad, representa una mejor productividad a los clientes que necesitan alta velocidad de datos y la movilidad que dicha red provee.

Por tal motivo, se realizó el análisis del comportamiento de todos los elementos del sistema y del abonado de Internet, con la finalidad de identificar los puntos de alta demanda de tráfico.

Inicialmente, se describen los conceptos generales y características de el sistema CDMA 2000 1x EV-DO.

Posteriormente, se realiza el análisis del comportamiento del sistema y del abonado de Internet, describiendo las métricas y obtención de datos que se utilizarán en el dimensionamiento de la capacidad bajo demanda de Internet en la red CDMA 1x EV-DO.

OBJETIVOS

- **General**

Analizar la capacidad de datos en redes inalámbricas de tecnología CDMA 2000 1x EV-DO, basado en la demanda y el comportamiento del abonado de Internet.

- **Específicos**

1. Determinar los elementos críticos de la red 1x EV-DO, al existir demanda de tráfico.
2. Dimensionar la red 1xEV-DO, para el número de usuarios proyectados para inicios del año 2007, con la finalidad que dicha red trabaje en óptimas condiciones.
3. Lograr la generación de métricas que brinden diariamente el desempeño de las DOM's y del RNC en la hora de máxima utilización de la red EV-DO.

INTRODUCCIÓN

El presente anteproyecto consolida la planificación del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), y se enfoca básicamente en las actividades presentadas a continuación:

El presente trabajo se centra en el análisis de capacidad de datos en Redes inalámbricas de tecnología CDMA 2000 1x EV-DO y el comportamiento del abonado de Internet.

El primer capítulo aborda la información general de la empresa, sobre su misión, visión y servicio que ésta presta a la ciudadanía guatemalteca.

El segundo, describe las características y principios de una red CDMA 2000 y sus componentes.

El tercero, la red actual de EVDO, describiendo las métricas y técnica en la obtención de datos que se utilizan en el proceso de dimensionamiento de capacidad bajo demanda de la red CDMA 2000 1x EV-DO.

La parte final del estudio a lo largo del desarrollo del capítulo cuarto presenta los datos de referencia de tráfico; sobre el análisis de capacidad de datos en base al estudio bajo demanda y el comportamiento del abonado de Internet.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes de la empresa

Telefónica Móviles Guatemala, S.A. se encuentra en Guatemala prestando servicio de voz, datos, entre otros servicio de comunicación personal y corporativa desde el año de 1999.

En el año 2005, Telefónica Móviles adquiere la red CDMA 2000 1x EVDO (Evolution Data Optimizad) siendo uno de los primeros países en Latinoamérica en ofrecer este servicio.

La Tecnología 1xEV-DO tiene ventajas competitivas, como lo son :

- Proporcionar movilidad en el uso de Internet.
- Mejora la experiencia del usuario en el servicio lo que permite mayor satisfacción.
- Alta capacidad de cobertura, no requiere cableado ni antena directa.
- Servicio Fijo y móvil.

El objetivo es satisfacer las necesidades de comunicación de los clientes mediante soluciones integrales.

1.1.1 Visión de la empresa

“Telefónica Móviles es el operador Integral de Telecomunicaciones que mejor entiende las necesidades de comunicación de sus clientes, satisfaciéndoles mediante productos de alta calidad bajo un espíritu de excelencia en el servicio.”

1.1.2 Misión de la empresa

“Consolidar su posición como Operador Integral de Telecomunicaciones en Centroamérica, con un crecimiento rentable basado en el desarrollo de productos y servicios innovadores”

Todo ello fuertemente coordinado con otras empresas de Telefónica como corresponde a un Grupo Integrado y apoyado en una organización que potencie:

- El Compromiso.
- La Creatividad.
- La iniciativa de sus empleados.

2. SISTEMA DE TELEFONÍA MÓVIL PARA RED CDMA 2000

2.1 Principios de CDMA 2000

CDMA2000 es uno de los cinco interfaces de aire aprobados por al UIT (Union International Telecommunications) para IMT-2000 (The Internacional Movil Telecommunication 2000). La norma CDMA 2000 fue diseñada de independencia de espectro para permitir la migración de sistemas celulares, PCS y sistemas de tercera generación (3G). Los sistemas CDMA2000 están siendo desplegados actualmente en las bandas de 450, 800, 1700 y 1900 Mhz a evolución a CDMA2000 es una migración flexible que ofrece a lo operadores diversas opciones para personalizar sus redes de acuerdo con la demanda del mercado y sus objetivos comerciales.

CDMA2000 está a la vanguardia en el despliegue 3G de hoy en día y su expansión en el futuro. Su eficiencia espectral permite a los operadores cumplir con las explosivas demandas de las comunicaciones inalámbricas.

Las especificaciones de IMT-2000 son las siguientes:

- Soportar servicios de datos de altas velocidades.
- Estándar Global.
- Uso de frecuencias común en todo el mundo.
- Flexibilidad de evolución para la siguiente generación.
- Eficiencia del ancho de banda.

El estándar IMT-2000, es una red de datos de alta velocidad diseñada para proveer movilidad usando el protocolo de comunicación IP. Algunas de las aplicaciones de tercera generación son las siguientes:

- Internet inalámbrico.
- Correo inalámbrico.
- Telemetría.
- Comercio inalámbrico.
- Larga duración de vida de la batería del terminal

La secuencia que CDMA2000 a evolucionado respecto a sus servicios es de la siguiente manera, el termino 1x es usado para describir la primera generación de CDMA2000.

- CDMA2000 1x RTT.
- CDMA2000 1x EV-DO.
- CDMA2000 1x EV-DV.
- CDMA2000 3x RTT.

La red CDMA2000 1x RTT utiliza una portadora de 1.25Mhz del espectro, la red CDMA2000 1x EV-DO utiliza también el mismo ancho de banda para proveer servicio de datos. Para la red CDMA2000 1x EV-DV, utiliza el mismo ancho de banda de 1.25Mhz para dar un mejor servicio de datos y voz. Por ultimo la red CDMA2000 3x RTT, utiliza 3.75 Mhz del espectro para proveer mejores servicios de datos y voz a velocidades que alcanzaran los 5Mhz.

Un importante aspecto de CDMA2000, es que soporta protocolos de comunicación IS-41,IS-95, así como también el protocolo de comunicación MAP (Mobile Application Part), utilizado por la tecnología GSM (Global System Mobile) para proveer ínter conectividad hacia otras redes.

2.2 Red inalámbrica CDMA2000 1x EV-DO

El sistema CDMA 2000 1xEV-DO ofrece la introducción de servicios de tercera generación de alta velocidad en datos soportando velocidades que alcanzan los 2.4576 Mbps en el enlace de bajada (Forward Link) y para en enlace de subida arriba (Reverse Link) de 153.6Kbps utilizando, la tecnología acceso múltiple por división de código (Code División Múltiple Access) CDMA.

2.2.1 Elementos de la Red CDMA2000 1x EV-DO

2.2.1.1 Nodo PDSN

(PDSN) Packet Data Serving Node.

El PDSN, es un elemento esencial en el tratamiento del servicio de paquetes de datos. Este nuevo elemento en la red, ofrece los servicio de datos al usuario, estableciendo las siguientes funcionalidades.

1. Establece y mantiene, determina el protocolo que establecerá el protocolo punto a punto (PPP) con el usuario.
2. Soporta los servicios de IP Simple y Móvil IP.
3. Establece y mantiene, determina el enlace lógico a nivel de radio enlace (RN, Radio Network), usando la interfaz (R-P, Radio-Packet).
4. Realiza el control de administración de cuenta de usuario, Autenticación y autorización que conjuntamente lo hace con el Nodo llamado AAA.
5. Enrutamiento paquetes de datos sobre la red y redes externas.

Toda la capacidad del Nodo PDSN, es determinada por la Velocidad de datos y el número de secciones que puedan proveerse. Es de importancia notar que la capacidad es solamente un aspecto del proceso de Dimensionamiento de la red.

2.2.1.2 Nodo AN-AAA

Nodo Administrador, Autenticación y Autorización
Este realiza las funciones de administrador de las Cuentas de los usuarios, así como la validación en la Red.

2.2.1.3 Nodo DO-RNC

Este elemento es el encargado de manejar todas las Conexiones de las tarjetas DOM por medio del T1/E1.

Además coordina los handoffs de los usuarios, lleva el control del flujo de datos, maneja distintos Protocolos de control hacia el usuario y también para el elemento DO-EMS.

2.2.1.4 Tarjeta DOM

Tarjeta encargada de la interfaz de aire para el requerimiento de datos. Del Usuario al modulo de red DO-RNC. La tarjeta soporta 93 conexiones Simultáneas en el enlace de bajada con tres canales de control.

2.2.2 Proceso del flujo de transporte de datos

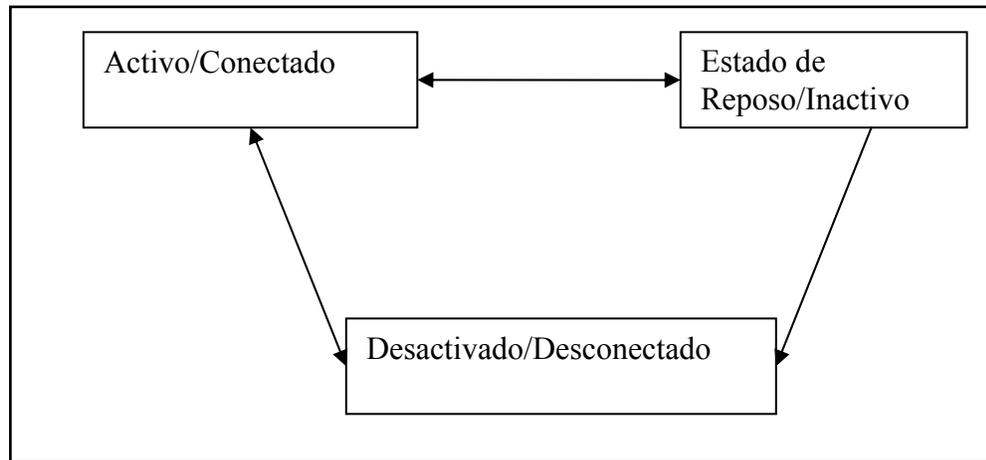
En CDMA2000 se utilizan dos tipos protocolos para transportar datos y voz, conocidas como Circuito de conmutación de Paquetes y Circuito de conmutación de circuitos utilizado para transportar la voz.

El Nodo PDSN, tiene la función principal de transportar los datos por medio de la interfaz de aire, por medio de la estación base llamado: Packet Control Function (PCF) o Función de control de paquetes.

Existen tres estados con respecto al servicio de datos, los cuales nos indicaran en que momento el usuario realmente se encuentra utilizando recurso físico, para poder intercambiar datos o simplemente se encuentra desactivado o en estado de reposo. A continuación se describen dichos estados:

- Activo/conectado.- Aquí el usuario utiliza un canal físico para intercambio de información, con la estación base y los demás elementos de la red de CDMA2000 1x EV-DO.
- Reposo/Desconectado.- No utiliza el usuario ningún canal físico, únicamente existe la comunicación a nivel de señalización entre el usuario el nodo PDSN.
- Inactivo/fuera de servicio.- El usuario, no utiliza recursos de la red.

Figura 1 Proceso del flujo de transporte de datos



2.3 Estándar de interfaz de aire IS-856

CDMA2000 1x EV-DO, utiliza el interfaz de Aire IS-856, el cual provee el servicio de alta velocidad de datos. El interfaz entre el Terminal y la red es definido por las especificaciones de IS-856. La interfaz entre la red y el PDSN esta definido por el estándar IS-878. Esta interfaz es conocida como el (R-P, Radio-Packet) o la interfaz A10/A11.

2.3.1 Normas de estándar IS-856

La TIA (Telecommunications Industry Association) es acreditada por la American National Standard Institute (ANSI), avalada por la American National Standard para las consideraciones de la ITU (Internacional Telecommunication Union). La TIA representa a la industria de telecomunicaciones de Norte América en asociación con Electronic Industries Alliance (EIA). Formaron el estándar llamado: IS-856 como una variante del estándar IS-2000. Estos estándares son de tercera generación

de redes inalámbricas después del estándar conocido como IS-95, el cual es utilizado en la llamada segunda generación de redes Móviles.

2.3.1.1 Estructura del protocolo IS-856

- Capa uno o Capa Física.- Esta capa define la estructura del canal, técnicas Modulación y Codificación.
- Capa Dos o Control de Acceso.- Esta capa provee los procedimientos de control de velocidades de datos, alojamiento de los usuarios según el tráfico requerido.
- Capa Tres o de Seguridad.- Provee la autenticación y encriptación de los servicios.
- Capa Cuatro o Conexión.- Define el procedimiento de señalización y establece y mantiene la conexión lógica en la interfaz de aire.
- Capa Cinco o de sesión.- Tiene la característica de proveer las direcciones y capacidad de los elementos, configuración de las sesiones.
- Capa Seis o Control de Velocidad de Datos.- Permite la distinción debido a la multiplexación que se realiza para cada usuario utilizando el enlace lógico que existe a nivel de señalización.
- Capa Siete o de Aplicación.- Esta aplicación se refiere a la aplicación de señalización del transporte de mensajes sobre la interfaz de aire, además transporta los paquetes de datos utilizando el canal de tráfico

2.3.2 Importancia del estándar IS-856

La Mayor importancia del estándar IS-856, es el transporte de toda la trama por medio de la interfaz de aire. A continuación se describe los elementos más importantes del estándar.

2.3.2.1 Alta velocidad de datos

El estándar IS-856, utiliza un turbo codificador para ambos sentidos, es decir en el enlace de bajada (Forward) y de subida (Reverse). Este método provee alta velocidad y protección comparado con el método de codificación por convolución. El nivel de protección permite que los datos se transmitan a bajo nivel de potencia.

2.3.2.2 Codificación turbo dinámico

En contraste con el estándar IS-2000, el cual la codificación tiene velocidades fijas, en el estándar IS-856 son dinámicas. Esta técnica muestra la efectividad de la alta velocidad de datos y con la tasa de error en el orden de los 10^{-6} Errores de Bits por segundo (BER BIT Error Rate). La Técnica de Turbo codificador dinámico utiliza dos codificadores convolucionales. Cada Codificador usa un registro de 3-Bits con un largo de $K = 4$ y una tasa de codificación de R . Para el enlace Forward se utiliza una tasa de codificación de $R = 1/5$ o $R = 1/3$. Mientras que el enlace de Reverse utiliza una tasa de codificación de $R = 1/2$ o $R = 3/4$.

2.3.2.3 Canalización

En el sistema CDMA la canalización es utilizada para identificar varios usuarios y los enlaces de Forward y Reverse. En IS-2000 se utilizan códigos Walsh, en el enlace de bajada. En el canal de subida, la dirección se define estadísticamente los códigos Walsh que son usados para identificar al usuario y el canal físico que esta utilizando.

En IS-856, en el enlace Forward los canales son multiplexados en tiempo. Aquí varios canales de bajada son multiplexados en tiempo dentro de la trama

del enlace de bajada. En el enlace de Reverse los canales son similares al estándar IS-2000, los cuales son estadísticamente definidos, utilizando códigos Walsh.

2.3.2.4 Canal Identificador

En IS-856 la forma de identificar al usuario es la misma que en IS-2000. En el enlace de subida, el usuario no necesita tener el ESN, esto no es utilizado para generar la secuencia de código largo. El código largo es generado basado en el identificador de terminal llamado: UATI (Assigned Unicast Access Terminal Identifier). El UATI es asignado temporalmente por los elementos de la Red durante la fase de direccionamiento o en el servicio de datos.

2.3.2.5 Canal de potencia

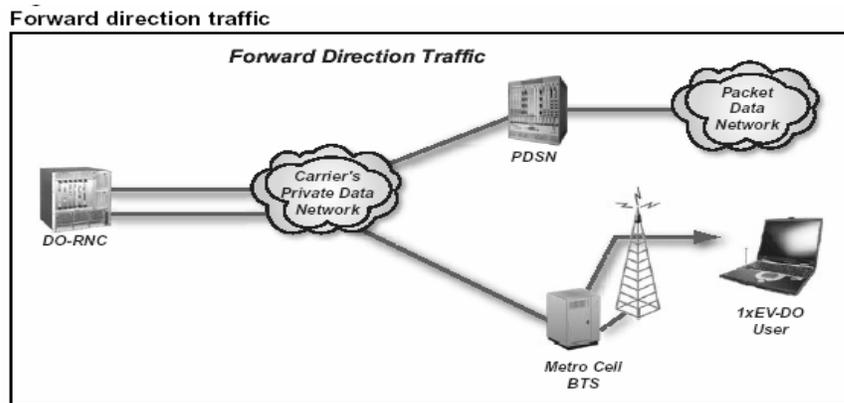
La filosofía es llamada: Velocidad Variable de Potencia. Donde los sectores transmiten a todos los usuarios. Si los usuarios están más cerca del sector que les provee, recibirán la mejor tasa de velocidad de datos. Con el estándar IS-856 especifica que siempre se tendrá la máxima potencia en el enlace de Forward, no existiendo un control de potencia como en IS-2000.

El estándar IS-856, nos indica que los canales de control en el enlace de Forward utilizan la multiplexación de tiempo, en cambio en el enlace de Reverse los canales de tráfico y acceso utilizan multiplexación por código es decir Códigos de Walsh.

2.3.3 Enlace de bajada (Forward Link)

Es el flujo de datos de la red, a través de la interfaz de aire al usuario.

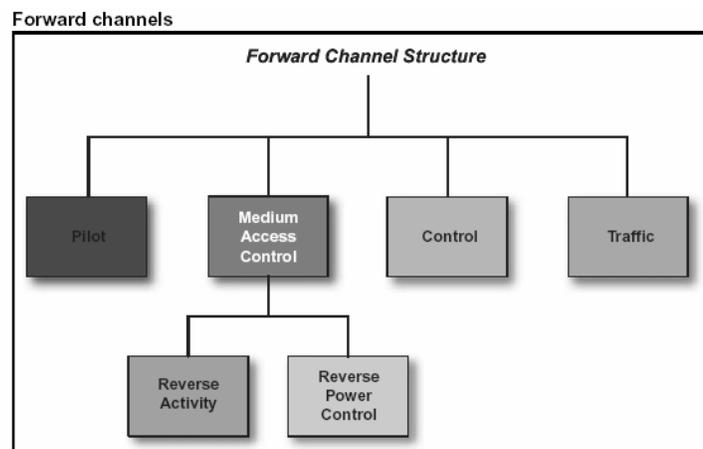
Figura 2 Estructura de la trama del enlace de bajada



Fuente: CDMA2000 1xEV-DO Deployment Guide 1xEV-DO 2.0 2003 Nortel Networks

En el estándar IS-856 y CDMA2000 1xEV-DO, hay solamente un canal físico y canales como el Piloto, MAC, control y tráfico los cuales son multiplexados en tiempo en una sola trama.

Figura 3 Descripción de los elementos de la estructura del enlace de bajada.



Fuente: CDMA2000 1xEV-DO Deployment Guide 1xEV-DO 2.0 2003 Nortel Networks

2.3.3.1 Canal de piloto

El canal de piloto es el portador de la sincronización, con el usuario esto simplifica la detección de los demás canales y ayuda al usuario o Terminal a tener acceso rápidamente a la red CDMA2000 1x EV-DO.

2.3.3.2 Canal de acceso al medio MAC

Este canal provee la aplicación MAC y conlleva información relacionada con:

- **Actividad del Enlace de subida.**
Este indica la información de todos los usuarios bajo un sector de la actividad del enlace de reversa para un sector específico.
- **Canal de Control de Potencia en el enlace de subida.**
Este indica cuantos usuarios se encuentran activos en un sector. Además indica la actividad de los usuarios para incrementar o decrementar el nivel de potencia.

La actividad del enlace y el canal de control de potencia de todos los terminales activos y la aplicación MAC se encuentran codificados utilizando códigos Walsh.

2.3.3.3 Canal de control

Esta canal provee la información del encabezado (Overhead), como los parámetros de mensajes, como la información específica de cada usuario.

2.3.3.4 Canal de tráfico

Este canal llevara la información, para el usuario a diferentes velocidades que van desde 38.4Kbps a 2.45Mbps. En el enlace de bajada hay dos asignaciones con respecto al espacio físico llamado: Slot.

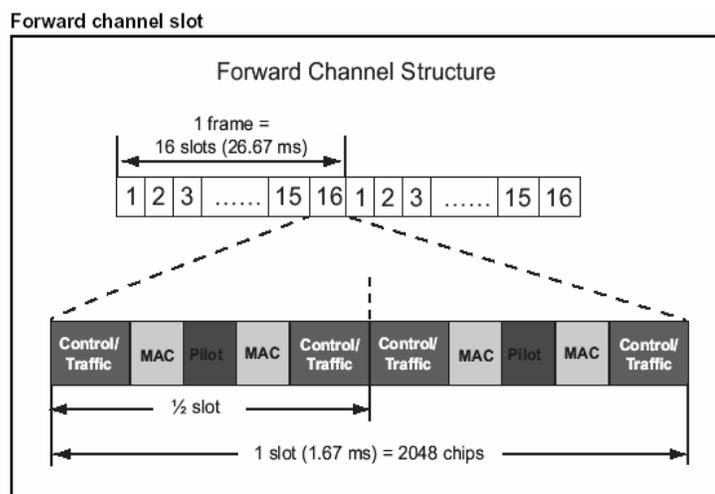
- Slot Activo

Cuando el acceso a la red se tiene el canal de control de información, canal de piloto, la aplicación de MAC, para recepción/envío se datos los cuales son multiplexados en tiempo.

- Slot libre

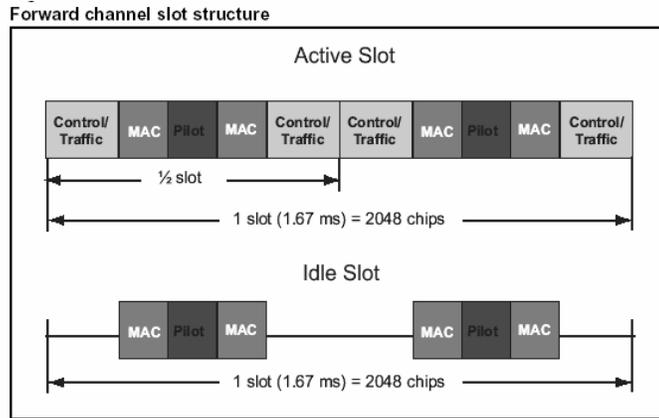
Este espacio físico cuando el usuario no presenta ninguna actividad, únicamente teniendo canal de control de información, canal de piloto y la aplicación MAC.

Figura 4 Estructura del canal de bajada



Fuente: CDMA2000 1xEV-DO Deployment Guide 1xEV-DO 2.0 2003 Nortel Networks

Figura 5 Canal de tráfico



Fuente: CDMA2000 1xEV-DO Deployment Guide 1xEV-DO 2.0 2003 Nortel Networks

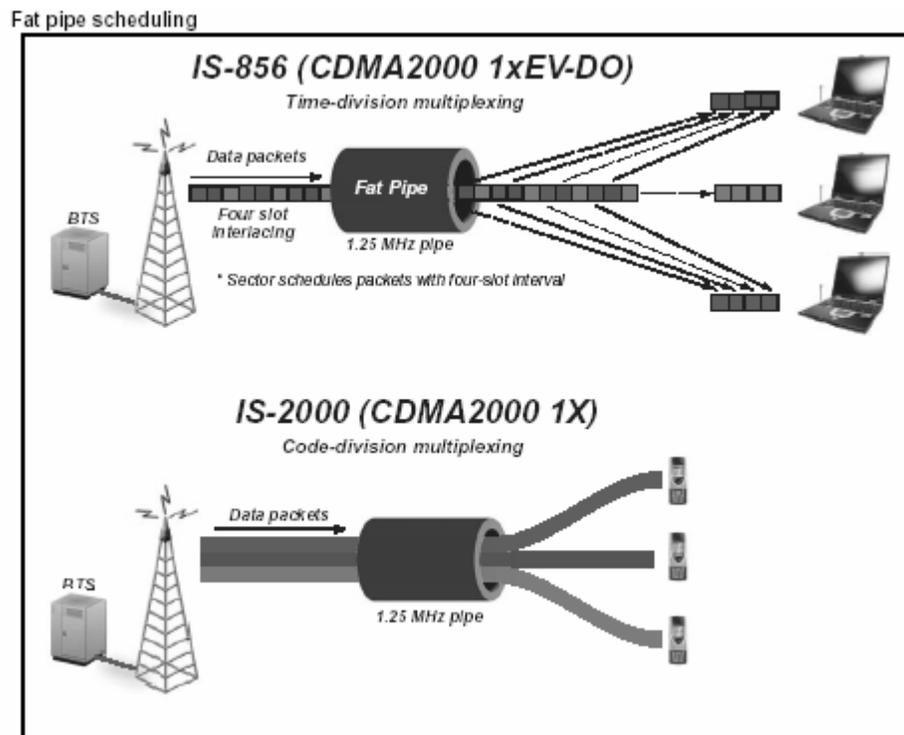
2.3.3.5 Canal de control paging

En el estándar IS-856, el canal de control paging es cíclico de 256 slots y cada slot tiene una duración de 1.67ms. IS-856 define como constante el número de canales de control, formando así el ciclo de no actividad (sleep) llamado: NIDPSleep = 12 ciclos con una duración de 5120ms esto es $256 \cdot 1.67 \cdot 12 = 5.12$ segundos. Esto define como una función que permite al usuario determinar en que tiempo se encuentra inactivo o necesita estar activado por el sistema.

2.3.3.6 Concepto de fat pipe

Todos los usuarios comparten la interfaz de aire, por lo cual se necesita de un canal de control para empaquetar de una forma óptima los datos o paquetes de información. El empaquetador utiliza 1.667msec de un espacio de tiempo, requiere de un slot físico utilizando multiplexación por tiempo, se tendrán cuatro slots de información.

Figura 6 Aplicación de empaquetamiento de datos



Fuente: CDMA2000 1xEV-DO Deployment Guide 1xEV-DO 2.0 2003 Nortel Networks

2.3.4 Enlace de subida (Reverse Link)

En el enlace de IS-856 es similar al utilizado por la norma IS-2000. Teniendo las siguientes operaciones:

- Soporta Canal de control de potencia y Soft Handoff.
- Modulación BPSK.
- Utiliza la secuencia de código PN para identificar al usuario.
- Velocidad de transmisión de 9.6 a 153.6 Kbps.
- Canal de Datos y Piloto.

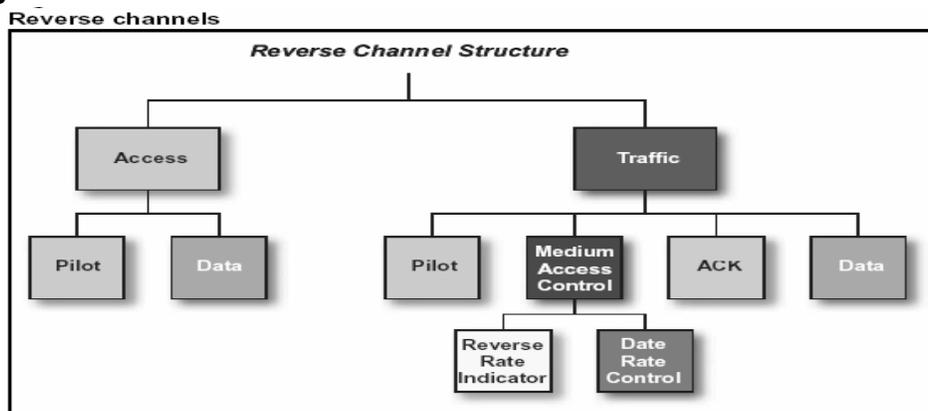
Operaciones del canal de subida.

- Transmitir los canales de aplicaciones de MAC y ACK.
- Transmitir la información de aplicación MAC.
- Indicador de velocidad de subida (RRI, Reverse Rate Indicator).
- Control de velocidad de Datos (DRC, Data rate control).

2.3.4.1 Estructura de la trama del enlace de subida

La estructura básica consta del canal de acceso, el cual tiene los canales de piloto y Datos. Trama de canal de tráfico esta conformado por el canal de piloto, aplicación MAC, Canal de ACK y el canal de Datos. A la vez el canal de MAC tiene el canal del indicador de control de velocidad y Canal de control de Datos.

Figura 7 Recursos del canal de subida



Fuente: CDMA2000 1xEV-DO Deployment Guide 1xEV-DO 2.0 2003 Nortel Networks

Cuando el Terminal requiere acceso a la red, requiere de los siguientes canales para realizar satisfactoriamente dicha conexión.

2.3.4.1.1 Canal piloto

El propósito de canal piloto es transmitir la sincronización al receptor en este caso al terminal y así poder demodular la información.

2.3.4.1.2 Canal de acceso al medio MAC

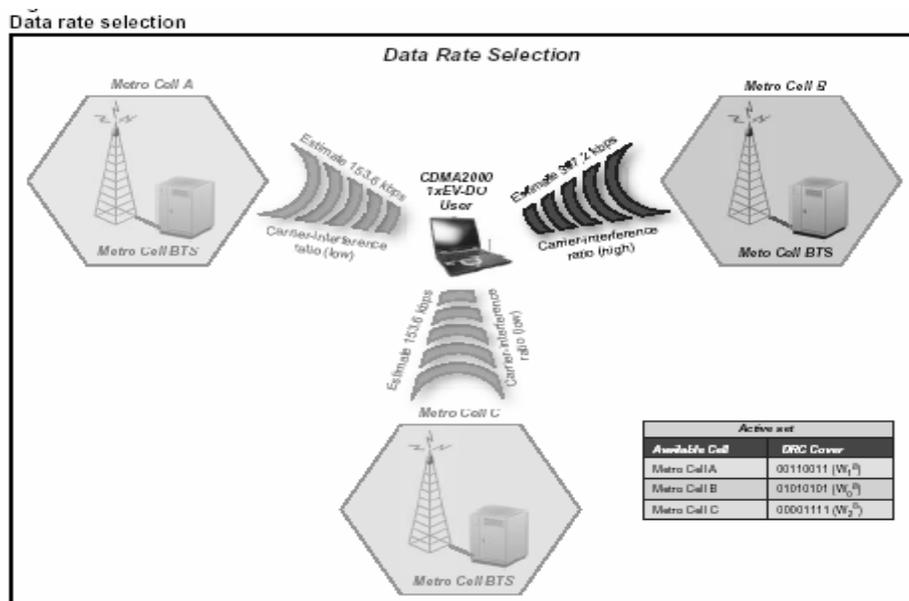
Tiene la responsabilidad de proveer el acceso a la red ajustando las velocidades de recepción de datos. El Terminal transmite el indicador de velocidad de datos (RRI) el cual indica a que velocidad se transmitirán los

datos, la velocidad esta representada por 3 Bits indicando 000 a una velocidad 0 y cuando el valor sea 101 para una velocidad de 153.6Kbps. Además el Terminal envía el canal de control de velocidad de datos (DRC), la cual es requerido por el enlace velocidad de datos en el enlace Forward para seleccionar el sector a proveer el mejor servicio, el Terminal predice por medio del valor de interferencia de portadora para cada sector, seleccionando el sector que tenga mas alta interferencia de portadora.

- Canal ACK (acknowledgment)

El Terminal necesita ser reconocido con una bandera que da de alta en estado de ACK(Acknowledgment) o NAK (negative acknowledgment) al no ser reconocido. Este canal provee una rápida respuesta del receptor al transmisor.

Figura 8 Indicador de Velocidad

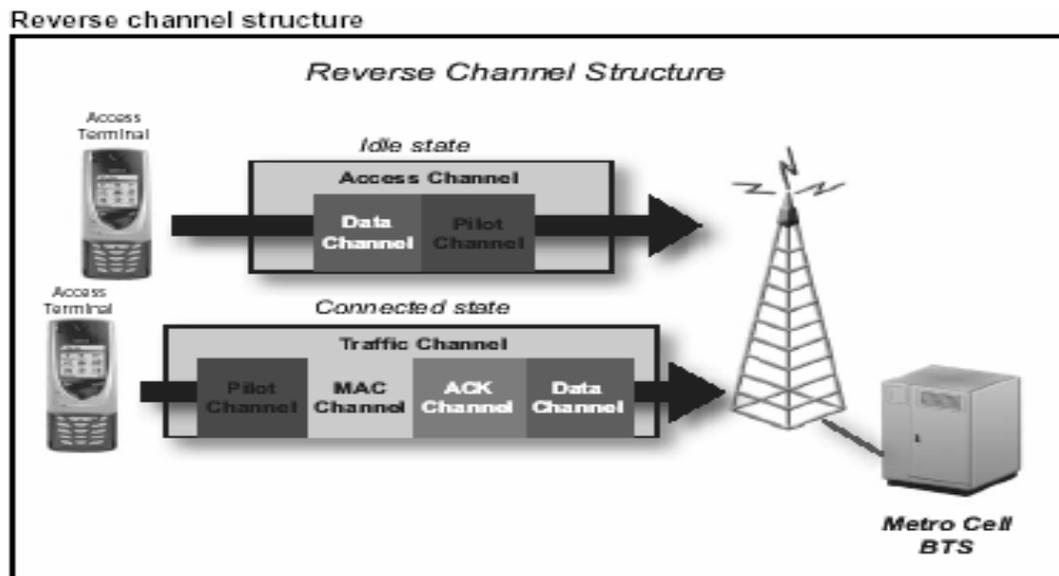


Fuente: CDMA2000 1xEV-DO Deployment Guide 1xEV-DO 2.0 2003 Nortel Networks

2.3.4.1.3 Canal de datos

Llamado como canal de tráfico, la velocidad de datos de este canal pueden variar de 9.6Kbps a 153.6Kbps.

Figura 9 Estructura del canal de subida



Fuente: CDMA2000 1xEV-DO Deployment Guide 1xEV-DO 2.0 2003 Nortel Networks

2.4.4 Requisitos de la Red de Datos CDMA 1xEV-DO

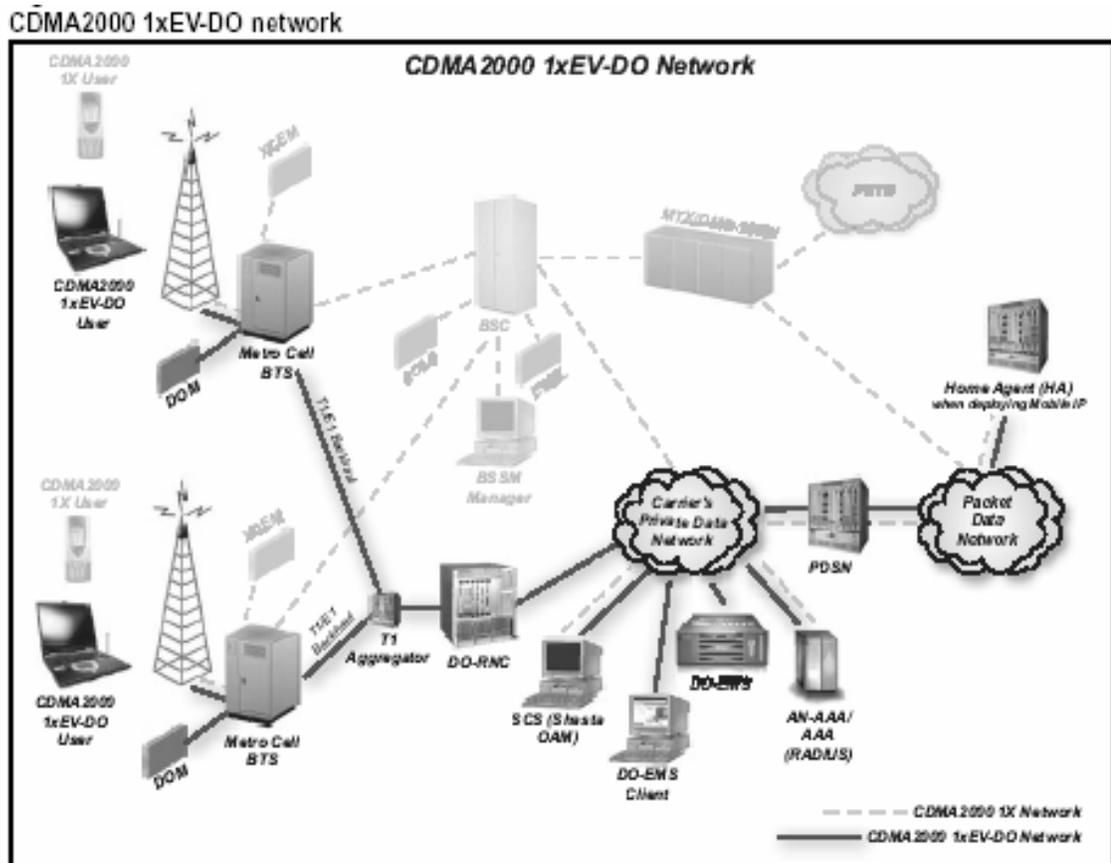
- Metro Celda conteniendo MFRMs.
- T1/E1 dedicado o 10/100 BaseT Ethernet) este es el enlace entre la metro celda y el nodo DO-RNC.
- Portadora de radio de 1.25MHz para trabajar solamente con CDMA2000 1xEV-DO.

En la red CDMA2000 1x EV-DO se requiere de tarjetas específicas que proporcionaran desde la interfaz de aire, direccionamiento IP hasta un centro de autenticación para abonados que requieran el servicio. Para lo cual se necesitan de los siguientes elementos de red. Además toma los recursos ya

existentes como la antena de GPS, el duplexor MFRM en la red CDMA 1x reduciendo así los costos y la complejidad del equipo.

- DOM tarjeta encargada de la interfaz de aire para el requerimiento de datos. Del Usuario al modulo de red DO-RNC. La tarjeta soporta 93 conexiones simultáneas en el enlace de bajada con tres canales de control.
- T1/E1 es la interfaz eléctrica bidireccional que llevara la información desde el usuario y la central DO-RNC.
- DO-RNC este elemento es el encargado de manejar todas las conexiones de las tarjetas DOM por medio del T1/E1. Además coordina los handoffs de los usuarios, lleva el control del flujo de datos, maneja distintos protocolos de control hacia el usuario y también para el elemento DO-EMS.
- DO-EMS elemento en cargado del manejo del hardware y software proveendo el control de la operación, administrador, mantenimiento y provisionamiento, recolector de alarmas de la Red CDMA2000 1x EV-DO.
- AAA elemento que proporciona la autenticación del abonado.

Figura 10 Red CDMA 1x EV-DO



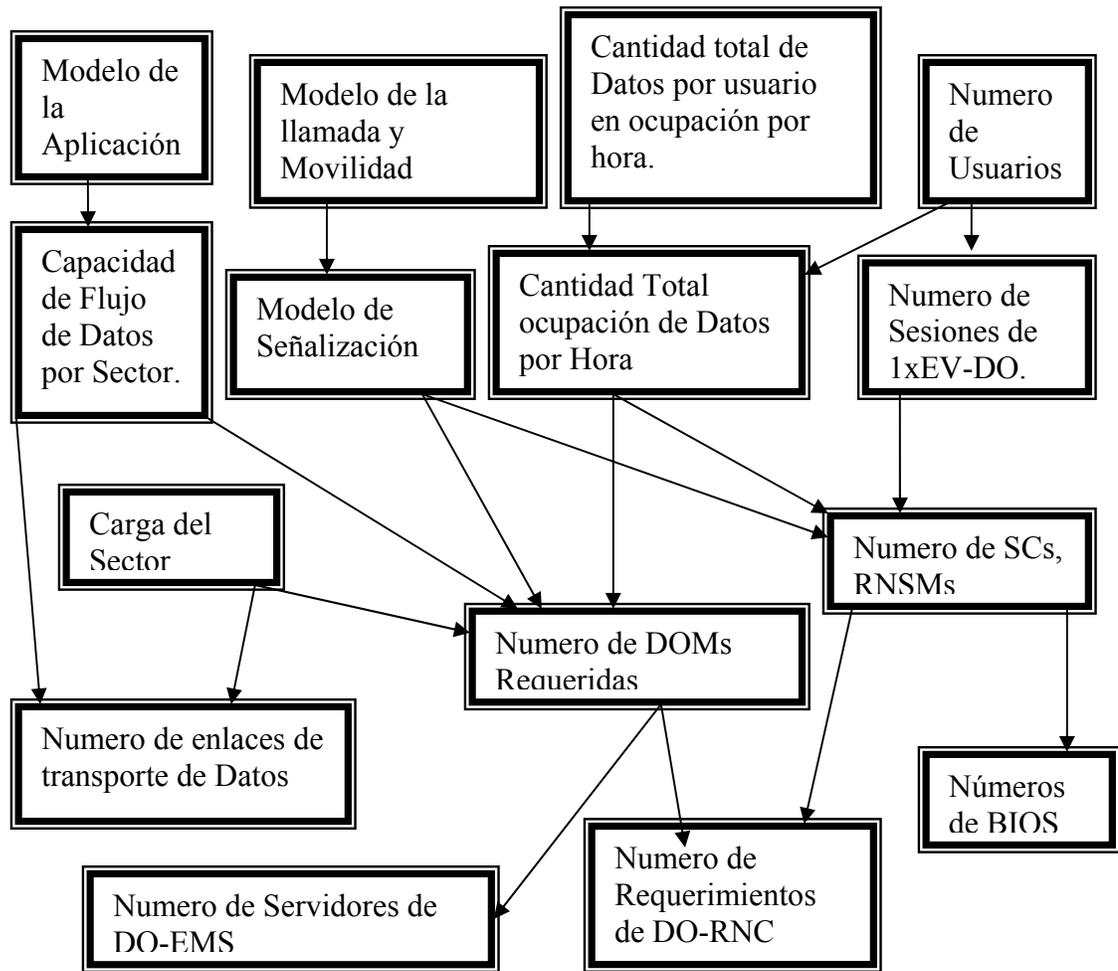
Fuente: CDMA2000 1xEV-DO Deployment Guide 1xEV-DO 2.0 2003 Nortel Networks

3 MÉTRICAS EN EL ANÁLISIS DE DATOS

3.1 Métricas en el análisis de datos en CDMA2000 1x EV-DO

Se abordara a detalle, los diferentes elementos de la red 1xEV-DO para los cuales existen métricas para el provisionamiento de la red, así como el comportamiento de sus elementos. La cantidad de datos en el enlace de bajada usualmente determina la capacidad del sistema. Como las condiciones de RF limitan el número de conexiones simultaneas que pueda soportar el sector. La señalización asociada al sistema 1xEV-DO, las conexiones y el control sobre la movilidad también influye en la capacidad del sistema. A continuación se ilustrara la metodología para el provisionamiento.

Figura 11 Metodología del provisionamiento Red CDMA 1x EV-DO



Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

El provisionamiento inicia por definir el número de usuarios deberá soportar la red, y la cantidad de datos que se deban generar por cada usuario en horas de ocupación.

El modelo de aplicación y la distribución de cada usuario puede definirse determinando la capacidad del sector en términos de la capacidad del sector de proveer servicio.

El Número de DOMs y el DO-RNC pueden ser determinados basados en los requerimientos de capacidad de flujos de datos, cantidad de conexiones.

Los Enlaces de transporte de Datos requieren también ser determinados basados en la capacidad de Flujo de datos a proveer el sector.

Parámetros.

La siguiente información es necesaria para el aprovisionamiento del sistema 1x EV-DO.

- El tiempo de conexión (CHT Connection Holding Time). Requerido por el provisionamiento de la tarjeta DOM.
- Cantidad Flujo de Datos requeridos por el usuario.
- Ocupación por hora activa y conexiones en proceso. Impactan la capacidad del procesador.

3.1.1 Parámetros de entrada del sistema

La siguiente información es requerida para el provisionamiento. Se asume que en el sistema 1x EV-DO la duración del tráfico se medirá en horas. Esto equivale a que todos los usuarios sean capaces estar activos en el sistema 1x EV-DO.

Tabla I Definición de parámetros de entrada

Notación	Definición
Nsys	Numero de usuarios de 1xEV-DO en todo el sistema.
CHT	Conexiones permanentes de EV-DO en segundos. Esto incluye los estados inactivo y en reposo. Este tiempo de desconexión esta dado por los parámetros de conectado/reposo/desconectado.
Esub	Erlangs por usuario por unidad de hora de ocupación.
SHF	Factor definido como el número de MODEM por usuario, utilizando el enlace de subida para los softhandoff.
SPU	Usuarios por Sector. Enlaces de RF en dirección del enlace de subida incluyendo soft y softer handoff .
ChannelCount	Número de Portadoras de 1xEV-DO.
MaxLinksPerSector	Maximo numero deEnlaces de RF por sector.Rango de 1 a 90. Hay parametros y factores que afectan el máximo numero de Enlaces de RF por sector. <ol style="list-style-type: none"> 1. Parametro en la DOM que puede ser cambiado. Valor por Default = 48, variable de 1 a 59. 2. Parametro sobre el DO-RNC. Valor por Deafult = 48, variable de 1 a 59. 3. Valor Calculado por el modem dependiendo sobre el parametro FDD (Forward Distribution Delay). Con el valor FDD, el maximo número de enlaces por sector es de 46. 4. Condiciones de RF. Esto es limite de soft. Un razonable número por sector es de 30 enlaces.
Tput_f_App_Sub	Promedio de tiempo del Flujo de Datos de ocupación por hora, El Flujo de Datos esta referido a los datos recibidos desde la PDSN y por el DO-RNC.
Tput_r_App_Sub	Promedio de tiempo del Flujo de Datos de ocupación por hora, El Flujo de Datos se refiere a los datos enviados por el usuario (AT, Access Terminal).
F_PL2RLP	RLP (Radio Link Packets) para el enlace de bajada.
R_PL2RLP	RLP (Radio Link Packets) para el enlace de subida.
BHDOSAsub	Intentos de sesion en la hora pico.
BHDOCAsub	Intentos de conexión en la hora pico.
ConnetionDormancyTiemout	Conexión, inactividad tiempo medido en segundos. Parametro que puede ser variable por DO-RNC. Valor que se debe fijar en el sistema

Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

3.1.2 Definición de variables

Tabla II Definición de parámetros variables

Notación	Definición
ESys	Total de Erlangs en el sistema 1xEV-DO por hora.
EDOM	Numero de Erlangs soportados por la DOM
LDOms_per_DO-RNC	El Número máximo de DOM soportados por el DO-RNC. LDOms_per_DO-RNC = 200 para la versión 2.2.
Tput_f_Phy	Promedio del flujo de datos del sistema en la utilización del enlace de bajada (Forward Link) en horas.
Tput_r_Phy	Promedio del flujo de datos del sistema en la utilización del enlace de subida (Reverse Link) en horas.
γRF_Sector	Promedio de ocupación del enlace de bajada por sector, tomando la capacidad del flujo de datos.
γRF_Conncetion	Promedio de ocupación del enlace de bajada por sector, tomando la capacidad del flujo de datos por conexión.
NModem_for_RTC	Número de MODEM por DOM permitidos por el canal de tráfico de subida (RTC,Reverse Traffic Channels).
BHDOSASys	Sesiones ocupadas por hora dentro del sistema 1xEVDO.
BHDOCASys	Conexiones ocupadas por hora dentro del sistema 1xEVDO.
TSession_Setup_Delay	Sesiones activas por segundo 1xEVDO. (Estimación promedio de 6 segundos).
BWBHL	Ancho de banda usado por los enlaces de transporte de datos

Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

3.1.3 Derivación para los parámetros de tráfico

$$E_{Sub} = CHT * BHDOCA_{Sub} / 3600 = (1500 * 30) / 3600$$

$$E_{Sys} = E_{Sub} * N_{Sys}$$

$$BHDOSA_{Sys} = BHDOSA_{Sub} * N_{Sys}$$

$$BHDOCA_{Sys} = BHDOCA_{Sub} * N_{Sys}$$

Tabla III Derivación de parámetros variables

E_{Sub}	CHT	BHDOCA_{Sub}
0.233 Erlangs	90seg	0.155
E_{Sys}	E_{Sub}	* N_{Sys}
1748 Erlangs	0.233 Erlangs	7498
BHDOSA_{Sys}	= BHDOSA_{Sub}	N_{Sys}
6276	0.558	7498
BHDOCA_{Sys}	BHDOCA_{Sub}	N_{Sys}
1165.33	0.155	7498

Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

Calculo para **BHDOCA_{Sub}**.

$$BHDOCA_{Sys} = 1748 \text{ Erlangs} * 60 \text{ seg/Erlangs} * 90 \text{ seg} = 1165.33$$

$$BHDOCA_{Sub} = BHDOCA_{Sys} / N_{Sys} = 1165.33 / 7498 = 0.155$$

$$E_{Sub} = E_{Sys} / N_{Sys} = 1748 / 7498 = 0.233 \text{ Erlangs.}$$

$$E_{Sub} / CHT = BHDOCA_{Sub}$$

$$0.233 \text{ Erlangs} / 90 \text{ seg} * 60 \text{ seg} / \text{Erlangs} = 0.155$$

$$BHDOCA_{Sub} = 0.155$$

3.1.3.1 Provisionamiento cuando por usuario utiliza la aplicación de capacidad de flujo de datos

$$T_{put_f_Phy} = T_{put_f_App_Sub} * F_PL2RLP * N_{sys}.$$

$$T_{put_r_Phy} = T_{put_r_App_Sub} * R_PL2RLP * N_{sys}.$$

DATOS QUE SE TOMARAN DEL MONITOREO DE TROUGHPUTSLOTHP DOWN_LOAD FISICO Y UP LOAD FISICO

Tabla IV DOWNLOAD físico en el sistema en hora cargada

$T_{put_f_Phy}$ (Mbps)	$T_{put_f_App_Sub}$ ((M bps)	F_PL2RLP	N_{sys}	
91.93311172	79.5910758	1.155	7498	

Tabla V UPLOAD físico en el sistema en hora cargada

$T_{put_r_Phy}$ (Mbps)	$T_{put_r_App_Sub}$ (Mbps)	R_PL2RLP	N_{sys}	
20.07143306	18.47410493	1.086	7498	

OCUPACION DEL ENLACE DE BAJADA INCLUYENDO RADIO LINK PACKETS

Los valores de F_PL2RLP y R_PL2RLP basados sobre el flujo Permitido de datos están dados como los siguientes.

$$F_PL2RLP = 1.13 \sim 1.16$$

$$R_PL2RLP = 1.52.$$

$$T_{put_f_Phy} \text{ (Mbps)} / T_{put_f_App_Sub} \text{ ((M bps)} = 91.93311172 / 79.5910758 = 1.155.$$

El factor $F_PL2RLP = 1.155$ para la relación que existe en el enlace de Down_Fisico y Down_app.

$$T_{put_r_Phy} \text{ (Mbps)} / T_{put_r_App_Sub} \text{ (Mbps)} = 20.07143306 / 18.47410493 = 1.086$$

El factor $R_{PL2RLP} = 1.086$ para la relación que existe en el enlace de Up físico y Up_app.

3.1.5 Provisionamiento de DOM

La DOM define el interfaz de aire hacia/desde el Terminal. La tarjeta DOM se instala en la BTS. La función de la DOM es el control y el proceso de comunicación en el enlace físico. Además la DOM se comunica vía enlaces de transporte de datos (BackHaul) con el modulo DO-RNC. La DOM también maneja en conjunto con el modulo DO-RNC los sofá handoff y softer referido a la movilidad del usuario, además tiene la función de realizar el cambio entre sectores cuando el usuario se desplaza de un sector a otro.

Provisionamiento y limitación de la DOM esta basado en las Sigüientes: La DOM puede proveer 96 MODEM, cada conexión necesita un MODEM. También la DOM tiene un limite en el flujo de datos que puede soportar.

- Limitación física de recursos.
- Capacidad de Flujo de datos.
- Limitaciones de la BTS.

3.1.5.1 Provisionamiento de DOM, sobre la limitación de recursos

La DOM tiene un recurso limitado del número de MODEM, para la utilización del canal de tráfico (RTC, Reverse Traffic Channels) hacia la BTS. Cada conexión requiere de un enlace subida de tráfico y un MODEM durante el tiempo de conexión.

Una configuración típica de la DOM respecto a la cantidad de MODEM es de 90 elementos para permita los enlaces de tráfico hacia la BTS ($N_{\text{Modem_for_RTC}}$). El algoritmo de control de admisión y las condiciones de RF, limitan el número de recursos por sector a nivel de RF. Esto crea una situación donde múltiples usuarios requieren de este recurso. Esta situación se puede modelar por la fórmula de Erlang-B.

La siguiente convención para provisionamiento en el sistema IS95/IS2000, da la probabilidad de bloqueos de 0.1% para los elementos de MODEM y 1% para la interfaz de aire o enlaces de RF. El número de Erlangs soportado por la DOM, después de la cantidad de los Soft/Softer Handoff, puede estimarse a continuación:

Calcular el número de Erlangs manejados por DOM, en base:

- 1.-Número del Recurso de MODEM.
- 2.- Máximo números de Links.
- 3.- Número de circuitos en enlace E-1.

**Cálculo de Erlangs por máximo número de MODEM.
Se tienen 93 MODEM con el 1% de bloqueo.**

$$E_{\text{DOM}} = \text{Erlang_B_C2E} (N_{\text{Modem_for_RTC}}, 0.1\%)$$

Cálculo de Erlangs por máximo número de Links por sector que es igual a 47 por sector.

$$E_{\text{DOM}} = \text{Erlang_B_C2E} (\text{MaxLinksPerSector}, 1\%) =$$

Cálculo de Erlangs por máximo número de circuitos del enlace E-1 y la utilización del mismo a 2048 Kbps a 2 E-1 4096 Kbps a 3 E-1 6144 Kbps.

Donde

$N_{\text{Modem_for_RTC}}$ = Número de MODEM por DOM permitidos por el canal de tráfico de subida.

MaxLinksPerSector = Máximo número de Enlaces de RF por sector. Rango de 1 a 90.

3.1.5.1.1 Cálculo y comportamiento típico de la DOM basado en la limitación de recursos

Elemento GUA051 Km15.5 Carretera El Salvador

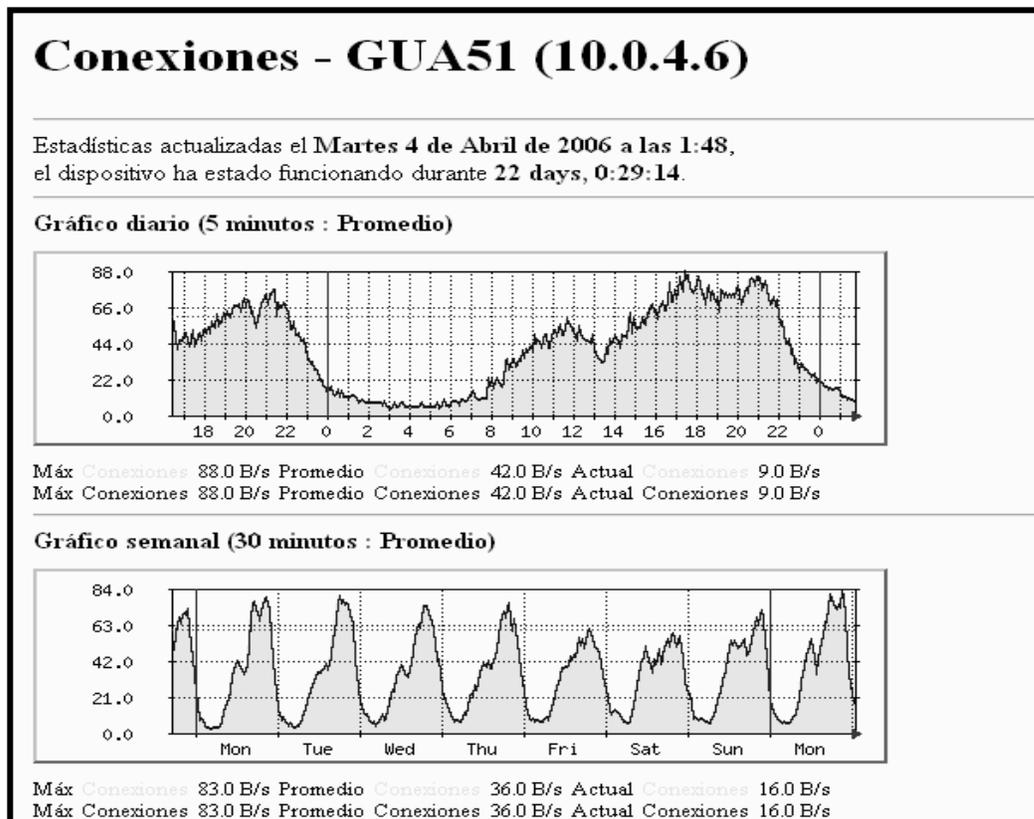
$$E_{DOM} = \text{Erlang_B_C2E} (N_{\text{Modem_for_RTC}}, 0.1\%)$$

Se tienen 93 MODEM con el 1% de bloqueo = 77.4926 Erlangs

Tabla VI Cálculo de Erlangs por máximo número de Modem

Elemento de Red GUA051	Impacto al usuario	Erlang_B_C2E (NModem_for_RTC , 0.1%)	Trafico (Erlangs)Cursado en hora cargada	porcentaje de Utilización	Limite de Ingeniería
KM15.5- Carretera El Salvador	No hay requerimiento de conexión	77.4926	68.5638889	88.47798228	70%

Figura 12 Monitoreo típico de la DOM



Cálculo de Erlangs por máximo número de Links por sector que es igual a 47 por sector.

$$E_{DOM} = \text{Erlang_B_C2E} (\text{MaxLinksPerSector}, 1\%) = \text{Erlang_B_C2E} (47,0.01)=35.2146$$

Tabla VII Cálculo de Erlangs por máximo número de Links por sector

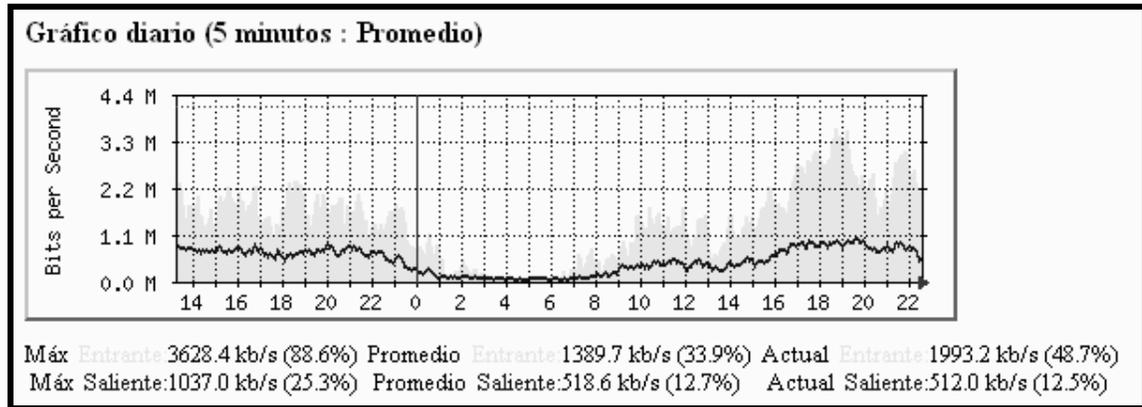
Elemento de Red GUA051	Impacto al usuario	Erlang_B_C2E MaxLinksPerSector, 1%)	Sector	Trafico (Erlangs) Cursado en hora cargada	porcentaje de Utilización	Limite de Ingeniería
KM15.5-Carretera El Salvador	Decrece la velocidad de Down load	35.2146	2	29.3633889	83.38	70%
		35.2146	3	28.1611111	79.97	70%
		35.2146	1	14.65	41.60	70%

Cálculo de Erlangs por máximo número de circuitos del enlace E-1 y la utilización del mismo a 2048 Kbps

Tabla VIII Cálculo de Erlangs y utilización por máximo número de circuitos del Enlace E-1 a 2048Kbps

Elemento de Red GUA051	Impacto al usuario	Erlang_B_C2E (MaxChannels E-1,1%)	porcentaje de Utilización	Estimación en Kbps del enlace E-1 de 2048 kbps	Trafico (Erlang) en hora cargada	Limite de Ingeniería
KM15.5 Carretera El Salvador	Decrece la velocidad de Down load	21.191	63.8958333	1308.58666	13.54	70 %

Figura 13 Monitoreo de la utilización del enlace de Datos



3.1.5.1.2 Provisionamiento de DOM basado en la limitación de la radio base

Cada DOM puede soportar una portadora. El número de DOM que puede alojar cada BTS es el siguiente:

- Metro-Celda: Arriba de 3 DOM por BTS.
- Metro-Celda Compacta Outdoor (CMO): Arriba de 3 DOMs por BTS con T1/E1.
- Metro-Celda Compacta Indoor (CMI): Arriba de 2 DOM por gabinete.

Si agregamos una segunda tarjeta DOM a la BTS, necesitamos instalar un segundo sistema de RF con otra portadora. El número de DOM por BTS se define de la siguiente forma:

$N_{DOM_BTS} = \text{Number of BTS} * \text{Channel Count}$
Donde

El **ChannelCount** es menor o igual a 3.

ChannelCount = Número de Portadoras de 1xEV-DO.

3.1.6 Provisionamiento del Nodo DO-RNC

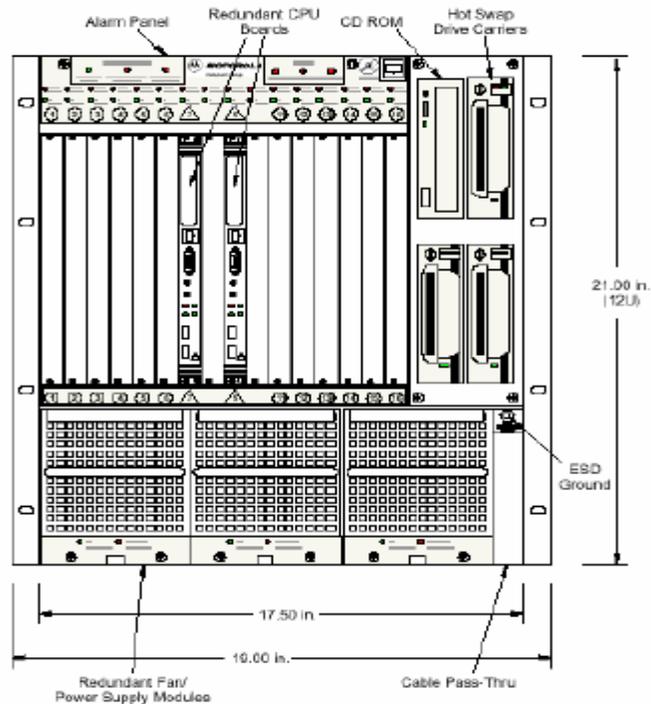
DO-RNC, comprende el Controlador del sistema (SC), El Módulo del servidor (RNSM) y el módulo de periféricos de Entrada/Salida (BIO). El módulo DO-RNC requiere de 2 SCs, lo cual ocupa 4 espacios. Ocho espacios para el módulo RNSMs y 4 espacios para el módulo BIOS. El DO-RNC consta de 16 espacios para alojar los distintos módulos.

El provisionamiento del módulo DO-RNC incluye el provisionamiento de los módulos SCs, RNSMs y BIOS. El provisionamiento de DO-RNC necesita de las siguientes condiciones:

- Número esperado de sesiones de 1x EV-DO.
- Número simultáneo de conexiones impuestas por el algoritmo de control de ingreso.
- Capacidad de Flujo de Datos.
- Número de DOMs por RNSM y por DO-RNC.
- Requerimiento de redundancia.
- Distribución de conexiones de dominio de DO-RNC.

Nota: La versión de 2.2 el número de DOMs por DO-RNC es de 200.

Figura 14 Nodo DO-RNC



Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

3.1.6.1 Provisionamiento del Módulo SC

El módulo SC es responsable para el manejo de funciones, almacenar y configurar datos relacionados a todo el sistema.

El provisionamiento de SC es esencialmente basado sobre el manejo de cuantas sesiones pueden ser soportadas de 1x EV-DO.

$$N_{sc} = \text{ROUNDUP} (N_{sys} / 160,000)$$

Donde

Máximo de Número de sesiones = 160,000.

N_{sys} = Número de usuarios de 1xEV-DO en todo el sistema

Se asume que todos los usuarios pueden tener una sesión de 1xEV-DO, abierta todo el tiempo. La fórmula necesita ser modificada si solamente una fracción de usuarios es capaz de tener sesiones de 1x EV-DO.

Cada nodo DO-RNC puede configurarse con un par de SCs para tener redundancia de 1+1. El máximo de sesiones de 1x EV-DO por DO-RNC es de 160,000.

3.1.6.2 Provisionamiento del Módulo RNSM

La funcionalidad del módulo RNSM, es el procesamiento, interfaz de aire, control de la llamada o aplicación, control de la movilidad y la función de control de la interfaz Abis. También el algoritmo de control de admisión limita el número de conexiones por RNSM.

La estimación de capacidad y limitaciones del módulo RNSM se muestran a continuación:

- Número simultaneo de conexiones por módulo RNSM = 1,500.
- Número de sesiones 1x EV-DO por módulo RNSM = 20,000.
- Conjunto promedio de Enlaces de subida y bajada de flujo de datos con señalización = 28 Mbps.
- El número de DOM por RNSM = 25 si el módulo RNSM no usa redundancia y 29 si utiliza la configuración (N + 1). Prescindiendo de la configuración de la BTS, si esta es ovni,bi-sector o tri-sector.
- La capacidad de señalización en términos del número de conexiones y sesiones de 1x EV-DO. La capacidad de la señalización depende totalmente sobre el modelo de la llamada o aplicación.

3.1.6.2.1 Provisionamiento del Módulo RNSM basado en Erlangs

Cada RNSM puede soportar un máximo de 1,500 conexiones simultaneas de 1x EV-DO. El número soportado por usuario Erlangs por cada RNSM esta estimado de la siguiente forma:

$$E_{RNSM} = \text{Erlang_B_C2E (1500, 0.1\%)}$$

Donde

E_{sys} = Total de Erlangs en el sistema 1xEV-DO por hora.

$BHDOSA_{sys}$ = Conexiones ocupadas por hora dentro del Sistema 1xEVDO.

$T_{Session_Setup_Delay}$ = Sesiones activas por segundo 1xEVDO.
(Estimación promedio de 6 segundos).

3.1.6.2.2 Provisionamiento del Módulo RNSM basado en la capacidad del flujo de datos

$N_{RNSM_Throughput} =$

$$\text{ROUNDUP } [(T_{put_f_Phy} + T_{put_r_Phy} / 0.7) / 28 \text{ Mbps}]$$

$T_{put_f_Phy}$ = Promedio del sistema en la utilización del enlace de bajada en horas.

$T_{put_r_Phy}$ = Promedio del sistema en la utilización del enlace de subida en horas.

0.7 = Este factor para el decrecimiento de la capacidad del flujo de datos. Con respecto al enlace de subida.

3.1.6.2.3 Provisionamiento del Módulo RNSM basado en las sesiones de 1xEV-DO

Cada módulo de RNSM puede soportar 20,000 sesiones de 1x EV-DO.
El número de RNSM requerido puede ser de la siguiente forma:

$$N_{RNSM_1xEV-Do_sesión} = \text{ROUNDUP} (N_{Sys} / 20,000)$$

Donde

N_{Sys} = Número de sesiones de 1xEV-DO en todo el sistema.

3.1.6.2.4 Provisionamiento del Modulo RNSM basado sobre el número de DOM

El máximo número de DOMs que puede manejar cada módulo RNSM es de 50. El límite es 25 DOMs/RNSM sino tiene redundancia y 29 DOM/RNSM si tiene redundancia (N + 1). El número de DOMs se estima de la forma siguiente:
Si RNSM no tiene redundancia.

$$N_{RNSM_DOM} = \text{ROUNDUP} (N_{DOM} / 25)$$

Si RNSM tiene redundancia (N + 1).

$$N_{RNSM_DOM} = \text{ROUNDUP} (N_{DOM} / 29)$$

3.1.6.3 Provisionamiento del Módulo BIO

La BIO provee la interfaz hacia la PDSN y la DOM usando una conexión Ethernet de 100 Mbps. La principal función es de llevarlos paquetes desde la DOM y PDSN apropiadamente al Modulo RNSM, y al SC para poderlos procesar de una forma viceversa.

Hay dos puertos 100BASET en cada tarjeta BIO. En una configuración normal una tarjeta BIO debería de proveer 2 RNSMs. El número deBIO es el siguiente:

$$N_{BIO} = \text{ROUNDUP} (N_{RNSM} / 2)$$

Donde

N_{RNSM} = Número de Módulo RNSM

3.1.6.4 Reglas del provisionamiento del Módulo DO-RNC

En esta sección combina todo los requerimientos y provee las reglas para determinar la cantidad total de equipo necesario.

Cada DO-RNC debe de tener 2 SC, el número de RNSM y la BIO dependen sobre la redundancia si es incluida o no.

3.1.6.4.1 Provisionamiento con redundancia BIO en el Módulo DO-RNC

$$N_{DO-RNC} = \text{MAX} (N_{SC}, \text{ROUNDUP}(N_{RNSM} / 8), \text{ROUNDUP}(N_{DOM} / L_{DOMs_per_DO-RNC}))$$

Donde

$$N_{SC_per_DO_RNC} = 2.$$

$$N_{RNSM_per_DO_RNC} = \text{ROUNDUP} (N_{RNSM} / N_{DO-RNC})$$

para todo excepto el último DO-RNC y

$$N_{RNSM_per_DO_RNC} = N_{RNSM} - [\text{ROUNDUP}(N_{RNSM} / N_{DO-RNC}) * (N_{DO-RNC} - 1)]$$

para el último DO-RNC

$$N_{BIO_per_DO_RNC} = \text{ROUNDUP}(N_{RNSM_per_DO_RNC} / 2)$$

Nota:

$$L_{DOMs_per_DO-RNC} = 200 \text{ para la versión 2.2}$$

El número de requerimiento de BIOS depende sobre la distribución del equipamiento en el módulo DO-RNC. El número de BIOS por DO-RNC puede darse como en la tabla siguiente.

Tabla IX Configuración del Nodo DO-RNC con Redundancia BIO

Dominio A		Dominio B		
$N_{RNSM_per_DO_RNC}$	Número de RNSMs	Número de BIOS	Número de RNSMs	Número de BIOS
1	1	1+1		
2	2	1+1		
3	2	1+1	1	1
4	2	1+1	2	1
5	3	2	2	1+1
6	3	2	3	2
7	4	2	3	2
8	4	2	4	2

Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

3.1.6.4.2 Aprovechamiento del Módulo DO-RNC con redundancia en RNSM y BIO

Ambos el RNSM y la BIO son provisionadas con redundancia, en algunas configuraciones. La redundancia de la BIO no puede llevarse a cabo dos en el slot designado.

La tarjeta RNSM puede provisionarse con la configuración (N+1) si se desea. Si esto es por fuerza recomendado la distribución de la DOM conectado todo a la configuración (N+1) RNSM si esto es para compartir la carga sobre una condición normal. Cuando una RNSM Falla, la DOM alojada en la tarjeta RNSM que fallo tomara la siguiente tarjeta N RNSM, es por eso si incrementa el número de DOMs se alojaran permanentemente en la tarjeta RNSM. Cuando una sesión de 1x EV-DO falla sobre la RNSM, debería también restablecerse en la N RNSM para que el usuario se restablezca la sesión.

En general, una tarjeta BIO es requerida por dos RNSMs. Se puede configurar DO-RNC (1+1), con BIO de respaldo. De cualquier forma el módulo BIO (1+1) es solamente verdadero si tiene el dominio PCI.

Allí puede llegar a ser el máximo de 2 BIOS por dominio PCI. Si una BIO fallara, todo el tráfico desde el RNSM en el mismo dominio debería de redistribuirse y restablecer en el otro modulo BIO dentro del dominio. Solamente cuando no hay módulo BIO que restablezca dentro del dominio, la carga debería distribuirse a la BIOS de otro dominio.

$$N_{DO-RNC} = \text{MAX} (N_{SC}, \text{ROUNDUP} (N_{RNSM} / 7), \text{ROUNDUP}(N_{DOM} / L_{DOMs_per_DO-RNC}))$$

Donde

$$N_{SC_per_DO_RNC} = 2$$

$$N_{RNSM_per_DO_RNC}^m = \text{ROUNDUP} (N_{RNSM} / N_{DO-RNC})$$

Para todo pero excepto el ultimo DO-RNC, y

$$N_{RNSM_per_DO_RNC}^m = N_{RNSM} - [\text{ROUNDUP}(N_{RNSM} / N_{DO-RNC}) * (N_{DO-RNC} - 1)]$$

Para el ultimo DO-RNC.

Nota: $L_{DOMs_per_DO-RNC} = 200$ para la versión 2.2

número de RNSMs y BIOS por DO-RNC con redundancia puede ser calculado en la siguiente Tabla.

Tabla X Configuración del Nodo DO-RNC, con redundancia en BIO y RNSM

N _{RNSM_per_DO_RNC}	Dominio A		Dominio B	
	Número de RNSMs	Número de BIOS	Número de RNSMs	Número de BIOS
1+1	1+1	1+1		
3+1	2	1+1	1+1	1
4+1	2+1	1+1	2	1
5+1	3	2	2+1	1+1
6+1	3+1	2	3	2
7+1	4	2	3+1	2

Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

3.1.6.5 Provisionamiento del enlace de transporte

Las DOM están, conectadas hacia el módulo DO-RNC a través de un enlace de transporte (Backhaul). Hay 4 interfaces de T1/E1 y 1 interfaz de Ethernet (100Base-T) sobre la tarjeta DOM.

El módulo DO-RNC contiene solamente interfaz 100-BaseT Ethernet, 2 por cada tarjeta BIO. Cuando el enlace de transporte se usa T1/E1, se necesita un concentrador de T1/E1 desde la DOM y convertirlo a interfaz Ethernet. La interfaz entre la DOM y el módulo DO-RNC es llamado Interfaz Abis. Propiedad de Nortel Networks.

3.1.6.5.1 Interfaz Abis

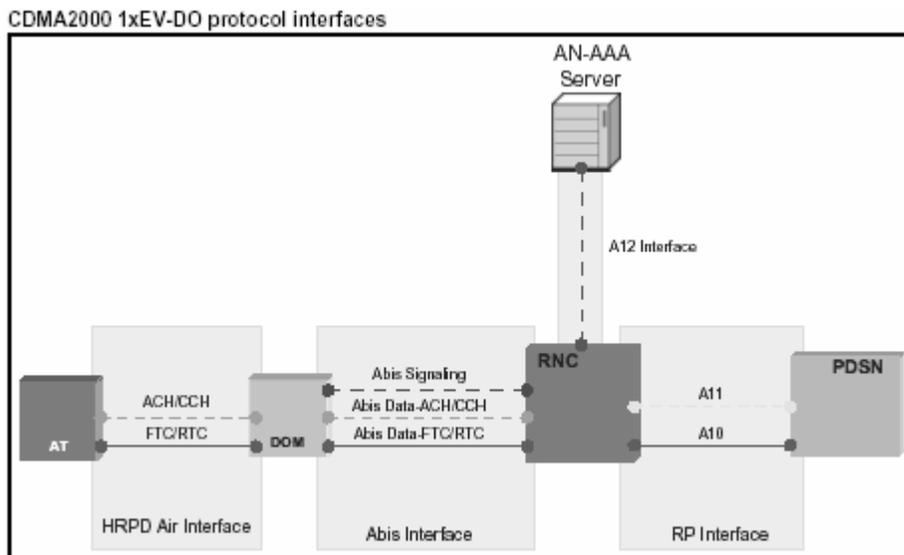
La interfaz Abis lógicamente comprende de la interfaz Abis de señalización y la interfaz Abis de datos. La interfaz Abis de señalización lleva los mensajes de control por el procesamiento de la llamada o aplicación, control y las funciones de operación y mantenimiento. Estos mensajes no son enviados sobre el interfaz de aire. La interfaz Abis de datos comprende del canal Abis de tráfico.

Hay un canal de tráfico Abis por canal de acceso (ACH, Access Channel), y canal de control (CCH Control Channel). Hay también un canal de tráfico Abis por usuario conectado de 1x EV-DO. El canal de tráfico Abis lleva los mensajes que deben ser enviados sobre la interfaz de aire incluyendo el ACH y CCH.

3.1.6.5.2 Protocolos de comunicación

La conexión del canal de Abis de señalización es una TCP/IP. El protocolo de comunicación entre la DOM y el concentrador T1/E1 es el protocolo PPP (Protocol point to point).

Figura 15 Protocolos de comunicación



Fuente: *CDMA 1xEV-DO Backhaul Networking Guide*; 411-2133-814. Standard 01.09

November 2003

3.1.6.5.3 Capa física de paquetes Abis y MAC

Los datos son transmitidos por el enlace de aire sobre la capa física de paquetes desde la DOM al usuario. La DOM recibe los paquetes de datos desde el módulo DO-RNC sobre los enlaces de transporte de la red. Cada canal de tráfico MAC y el canal de control MAC tienen una longitud de 1002 bits.

Para el canal de control, la DOM suma 22 bits a cada capa de paquetes MAC y los envía por la capa física de paquetes por la interfaz de aire al usuario. Se pueden combinar de 1,2,3 o 4 paquetes de capa MAC los cuales son combinados dentro de la capa física de paquetes dependiendo de la velocidad de los datos. Por eso para el promedio de la capacidad del sector esta dado por \bar{Y}_{RF_Sector} y el promedio de flujo sobre el enlace de transporte excluyendo todo los bits del encabezado están determinado como $1002 / (1002 + 22) * \bar{Y}_{RF_Sector}$.

Sobre el enlace de transporte, los paquetes de datos son enviados por la interfaz Abis sobre el canal de tráfico de paquetes. La forma de la interfaz Abis del canal de tráfico de paquetes es diferente al canal de bajada de tráfico y también para el canal de control.

Para el canal de tráfico de paquetes MAC, el módulo DO-RNC puede combinar múltiples paquetes MAC dentro de un paquete Abis. Estos paquetes MAC pueden llegar desde diferentes conexiones o de la misma conexión. El número exacto de paquetes MAC en un enlace transporte de paquetes y el número exacto de bits de encabezado son variables y no puede ser derivados analíticamente. Con 3 o más paquetes por paquetes transportados, el manejador de bits de MAC esta abajo del 14.6 % con el 10 % inicial es un

porcentaje más frecuentemente usado. Para efectos de provisionamientos los cálculos se harán asumiendo un 10%.

3.1.6.5.4 Carga balanceada sobre los enlaces de transporte

En la dirección de bajada (DO-RNC a la DOM), la interfaz Abis del canal de tráfico de datos es balanceada con múltiples conexiones de T1/E1, si hay mas de un enlace instalado. La interfaz Abis del canal de señalización es siempre enviado sobre el mismo T1/E1. La interfaz Abis del canal de señalización lleva los mensajes de control para las sesiones o conexiones realizadas. Si múltiples T1/E1 son instalados, uno de estos llevara más tráfico que los otros.

3.1.6.5.5 Estimaciones del Provisionamiento T1/E1

3.1.6.5.5.1 Ancho de banda del enlace

$$T1: 64 \text{ kbps} * 24 = 1536 \text{ kbps} = 1.536 \text{ Mbps}$$

$$E1: 64 \text{ kbps} * 31 = 1984 \text{ kbps} = 1.984 \text{ Mbps}$$

3.1.6.5.5.2 Canal de control

La cantidad exacta de ancho de banda requerida por canal de control dependerá del modelo de aplicación y de los intentos de conexión. Esto se asume que el 5 % del ancho de banda del enlace T1/E1, esto incluye el 5% del canal de control, la señalización de la interfaz Abis y el tráfico del modulo DO-EMS.

Se estimara lo anterior indicado de la siguiente manera:

Cada enlace de transporte de paquetes contiene la longitud de 1264 bits. El 5% del enlace T1 es $0.05 * 1536 \text{ Kbps} = 76.8 \text{ Kbps}$ y para el 5% del enlace E1 es $0.05 * 1984 \text{ Kbps} = 99.2 \text{ Kbps}$. Esto corresponde aproximadamente 60 mensajes del canal de control. Cada conexión requiere de 2 mensajes del canal de control (**ACAck y el TrafficChannelAssignment**).

Por eso se pueden soportar cerca de 30 conexiones por segundo por DOM (108 K por hora por DOM). Esto es más que suficiente, con el E-1, el número de conexiones soportadas puede llegar a ser más alto.

3.1.6.5.3 Tráfico en el Módulo DO-EMS

Sobre la dirección del enlace de bajada, el tráfico del Modulo DO-EMS consiste de buscar, datos y alarmas de sincronización, SNMP y carga de imagen de software. Basado solamente en el análisis, en dirección de bajada el tráfico DO-EMS es aproximadamente 3.6 % para la carga de imagen de software y de 1-2 % para el resto de control y señalización del tráfico.

3.1.6.6 Provisionamiento de los enlaces de transporte T1/E1

Se muestra en la siguiente tabla la capacidad de transporte del enlace en términos de la capa física de la interfaz de aire por DOM. Si el tráfico es eventualmente distribuido, entonces lo soportado por capacidad del sector es de 1/3 de los valores mostrados en la tabla. El promedio del tamaño de paquetes de 541 Bytes se asume.

Tabla XI Promedio soportado por DOM (Kbps) frente a el número de enlaces

Número de Enlaces	T1	E1
1	848	1165
2	1963	2672
3	3104	4163
4	4244	

Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

La capacidad de 3 E1 es suficiente para el caso de 4 E1 no se incluye en esta tabla. Se muestra en la siguiente tabla la capacidad sobre el enlace sobre el límite de ingeniería basado en el porcentaje de transporte.

Tabla XII Limite del Enlace T1/E1

Número de Enlaces	T1	E1
1	64%	68%
2	74%	78%
3	78%	81%
4	80%	

Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

3.1.6.6.1 Estimación del enlace de Ethernet

La DOM también tiene un puerto 10/100-BaseT Ethernet para el uso de interfaz o transporte de datos. Cuando se usan 10Mbps, el enlace Ethernet la tarjeta DOM puede soportar un flujo de datos de 7.514 Mbps. Las siguientes tablas muestran la capacidad de datos a transportar y el requerimiento de tamaño del paquete es de 541 Bytes.

Tabla XIII Promedio soportado por flujo de datos por la DOM con un ancho de banda utilizando Enlace Ethernet

Ancho de Banda (Mbps) Ethernet	Flujo de datos promedio soportado por la DOM (Kbps)
5	3584
10	7514

Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

Tabla XIV Solicitud de ancho de banda por DOM.

Flujo de datos promedio soportado por la DOM (Kbps)	Requerimiento de ancho de banda para el enlace Ethernet.
1200	2.014
2400	3.563
3600	5.083
7514	10.00

Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

3.1.6.7 Provisionamiento del Módulo DO-EMS

El módulo DO-EMS es basado en un servidor Netra 20 y consiste de los siguientes componentes.

- Servidor Netra 20.
- Estación de trabajo Sun Blade 150.

La capacidad del módulo DO-EMS está basada sobre la siguiente configuración sobre el servidor Netra 20.

- 2x 1.2 Ghz UltraSparc III CPU.
- 8MB e-cache.
- 2GB en RAM.
- DDS-4 grabador de cinta.
- DVD.
- Discos 2*73GB FCAL.
- Fuentes de -48 VDC.

El módulo DO-EMS su capacidad se basa sobre las siguientes aseveraciones. El estimado del módulo DO-EMS sobre la capacidad del manejo de DOM es de 500 y 8 DO-RNCs

Tabla XV Modelo de llamada o aplicación sobre el Módulo DO EMS

Función EMS	Frecuencia
Búsqueda total	1/15 min/NE
Búsqueda rápida	3/min/NE
SNMP	1/hora/NE
Colección de OM	1/15min/NE
OM por sector	1/5 min/NE
Sesiones FTP	Horario
Sobre carga SW	N/A

Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

4. MEDICIONES DE TRÁFICO Y CÁLCULO DE MÉTRICAS

4.1 Cálculo del dimensionamiento del Nodo DO-RNC

4.1.1 Cálculo de la capacidad de la tarjeta SC, en base a los usuarios del sistema

El módulo SC es responsable para el manejo de funciones, almacenar y configurar datos relacionados a todo el sistema. El provisionamiento de SC es esencialmente basado sobre el manejo de cuantas sesiones pueden ser soportadas de 1x EV-DO.

$$N_{sc} = \text{ROUNDUP} (N_{Sys} / 160,000)$$

Donde

Máximo de Número de sesiones = 160,000.

N_{Sys} = Número de usuarios de 1xEV-DO en todo el sistema.

Se asume que todos los usuarios pueden tener una sesión de 1xEV-DO, abierta todo el tiempo. La fórmula necesita ser modificada si solamente una fracción de usuarios es capaz de tener sesiones de 1x EV-DO. Cada nodo DO-RNC puede configurarse con un par de SCs para tener redundancia de 1+1. El máximo de sesiones de 1x EV-DO. Por DO-RNC es de 160,000.

$$N_{sc} = \text{ROUNDUP} (N_{Sys} / 160,000)$$

Donde

Máximo de Número de sesiones = 160,000.

N_{Sys} = Número de usuarios de 1xEV-DO en todo el Sistema

$$\begin{aligned} \text{Cálculo NSC} &= \text{ROUNDUP} (N_{Sys} / 160,000) = \\ &\text{ROUNDUP} (16000/160000) \end{aligned}$$

Se calcula el Nsys actuales más el porcentaje de crecimiento para el año 2007 que será de 16,000 usuarios.

Tabla XVI Cálculo para la capacidad de la tarjeta SC

Número de tarjetas SC	Número de Usuarios del sistema	Limite de sesiones según ingeniería
0.1	16000	160000
Actualmente se tiene una configuración 1+1 en las tarjetas SC, para efectos actuales no es necesario ampliar tarjeta SC		

Tabla XVII Factores de ingeniería para la implementación de la tarjeta SC en el Nodo DO-RNC

Elemento de Red SC	Limite de Ingeniería	Características de sobre carga del modulo SC	Impacto al Usuario
Número de Sesiones 1x EV-DO	160,000 Sesiones por DO-RNC	Bloqueo de Requerimiento de Sesiones de 1x EV-DO	Usuarios no podrán obtener una sesión 1x EV-DO
Utilización de CPU	70% sobre un intervalo de 15 minutos	No hay requerimiento de softhandoff, verificaciones de usuario.	Largo tiempo de espera para de señalización, procesos de configuración o requerimientos del sistema

4.1.2 Cálculo de la capacidad de la tarjeta RNSM en el Módulo DO-RNC

La estimación de capacidad y limitaciones del módulo RNSM se muestran a continuación:

- Número simultaneo de conexiones por módulo RNSM = 1,500.
- Número de sesiones 1x EV-DO por módulo RNSM = 20,000.
- Conjunto promedio de Enlaces de subida y bajada de flujo de datos con señalización = 28 Mbps.
- El número de DOM por RNSM = 25 si el módulo RNSM no usa redundancia y 29 si utiliza la configuración (N + 1). Prescindiendo de la configuración de la BTS, si esta es ovni, bi-sector o tri-sector.
- La capacidad de señalización en términos del número de conexiones y sesiones de 1x EV-DO. La capacidad de la señalización depende totalmente sobre el modelo de la llamada o aplicación.

Tabla XVIII Requisito para la implementación de la Tarjeta RNSM

Elemento de La Red	Factores para el funcionamiento óptimo	Limites de Ingeniería	Umbral de Decisiones	Características de sobrecarga	Impacto al usuario
DO-RNC RNSM	Número de Sesiones 1x EV-DO	20000 por RNSM	16000 por RNSM	Bloqueo de requerimiento de sesiones 1x EV-DO	No obtiene sesión el usuario al realizar un requerimiento
	Utilización de CPU	Promedio de 70% sobre intervalo de 15 min.	Promedio de 60 % sobre intervalo de 15 min.	Retardo de entrega de paquetes hacia el usuario y acceso al sistema	Prolongación de requerimiento en conexión y baja velocidad en la entrega de paquetes
	Conexiones Simultaneas	1500 por RNSM	1200 por RNSM	Bloqueo de requerimiento de conexiones	Bloqueo de requerimiento de conexiones

4.1.2.1 Cálculo de dimensionamiento de las tarjetas RNSM, basado en los números de conexiones, utilización de CPU, utilización en Mbps

Cada RNSM puede soportar un máximo de 1,500 conexiones simultáneas de 1x EV-DO. El número soportado por usuario Erlangs por cada RNSM esta estimado de la siguiente forma:

$$E_{RNSM} = \text{Erlang_B_C2E} (1500, 0.1\%) = 1471.186 \text{ Erlangs}$$

Tabla XIX Cálculo de dimensionamiento de la Tarjeta RNSM No.3 basado en el número de conexiones

Elemento de Red	Impacto al usuario	porcentaje de Utilización	Limite de Ingeniería	Utilización en Mbps (28 Mbps/ RNSM)	Erlang_B_C2E (1500, 0.1%)	Trafico (Erlangs) en hora cargada
RNSM SLOT 3	Bloqueo de requerimientos de conexiones para el usuario	(988/1471.186) = 0.67156 0.67156*100 % = 67.156 % Nota: La utilización oscila entre el 88 % máx. al 61 % Min	70%	18.80368 Mbps (0.67156 * 28 Mbps) = 18.80368 Mbps Nota: El máximo de utilización (100 %) es 28 Mbps	1471.186	988

Figura 16 Utilización de CPU de la Tarjeta RNSM No.3

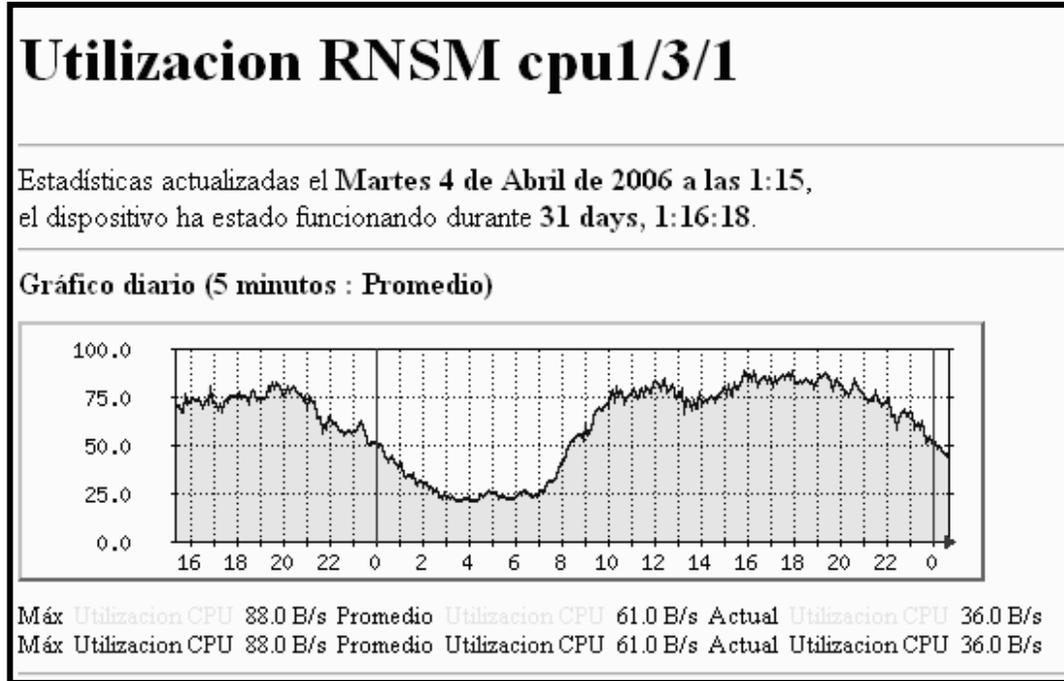


Tabla XX Cálculo de dimensionamiento de la Tarjeta RNSM No.4 basado en el número de conexiones

Elemento de Red	Impacto al usuario	porcentaje de Utilización	Limite de Ingeniería	Utilización en Mbps (28 Mbps/ RNSM)	Erlang_B_C2E (1500, 0.1%)	Tráfico Erlangs en hora cargada
RNSM SLOT 4	Bloqueo de requerimientos de conexiones para el usuario	68.9448 % $(1014.3062 / 1471.186) = 0.689448$ $0.689448 * 100\% = 68.9448 \%$ Nota: La utilización oscila entre el 94 % máx. al 64 % Min	70%	19.3045447 $(0.689448 * 28 \text{ Mbps}) = 19.3045447 \text{ Mbps}$ Nota: El máximo de utilización (100 %) es 28 Mbps	1471.186	1014.3062

Figura 17 Utilización de CPU de la Tarjeta RNSM No.4

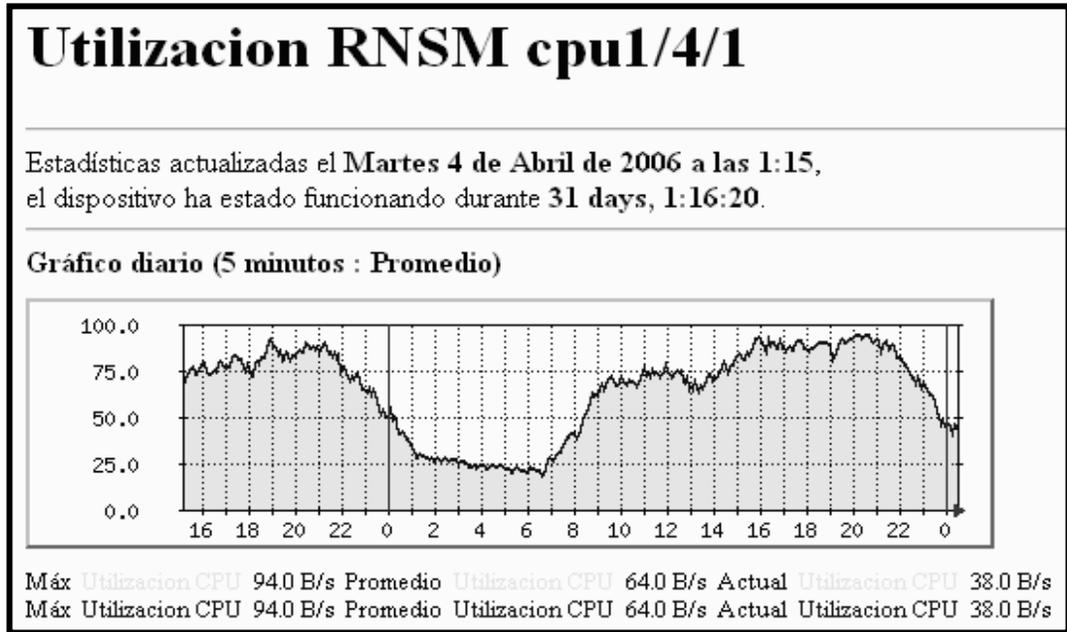


Tabla XXI Cálculo de dimensionamiento de la Tarjeta RNSM No.5 basado en el número de conexiones

Elemento de Red	Impacto al usuario	porcentaje de Utilización	Limite de Ingeniería	Utilización en Mbps (28 Mbps/ RNSM)	Erlang_B_C2E (1500, 0.1%)	Trafico (Erlangs) en hora cargada
RNSM SLOT 5	Bloqueo de requerimientos de conexiones para el usuario	52.9285 % (778.677 / 1471.186) = 0.529285 * 100% = 52.9285 % Nota: La utilización oscila entre el 100 % máx. al 52.92 % Min	70%	14.81998 Mbps (0.529285*28 Mbps) = 14.81998 Mbps Nota: El máximo de utilización (100 %) es 28 Mbps	1471.186	778.677

**Tabla XXII Cálculo de dimensionamiento de la Tarjeta RNSM No.15
basado en el número de conexiones**

Elemento de Red	Impacto al usuario	porcentaje de Utilización	Limite de Ingeniería	Utilización en Mbps (28 Mbps/ RNSM)	Erlang_B_C2E (1500, 0.1%)	Trafico (Erlangs) en hora cargada
RNSM SLOT 15	Bloqueo de requerimientos de conexiones para el usuario	22.634 % (333 / 1471.186) = 0.22634 * 100% = 22.634 % Nota: La utilización oscila entre el 100 % máx. al 22.634 % Min	70%	6.3377 Mbps (0.22634*28 Mbps) = 6.3377 Mbps Nota: El máximo de utilización (100 %) es 28 Mbps	1471.186	333

Tabla XXIII Cálculo de dimensionamiento de la Tarjeta RNSM No13 basado en el número de conexiones

Elemento de Red	Impacto al usuario	porcentaje de Utilización	Limite de Ingeniería	Utilización en Mbps (28 Mbps/ RNSM)	Erlang_B_C2E (1500, 0.1%)	Trafico (Erlangs) en hora cargada
RNSM SLOT 13	Bloqueo de requerimientos de conexiones para el usuario	72.69 % (1069.500 / 1471.186) = 0.7269 * 100% = 72.69 % Nota: La utilización oscila entre el 100 % máx. al 72.69 % min.	70%	20.355 Mbps (0.7269*28 Mbps) = 20.355 Mbps Nota: El máximo de utilización (100 %) es 28 Mbps	1471.186	1069.500

Figura 18 Utilización de CPU de la Tarjeta RNSM No.13

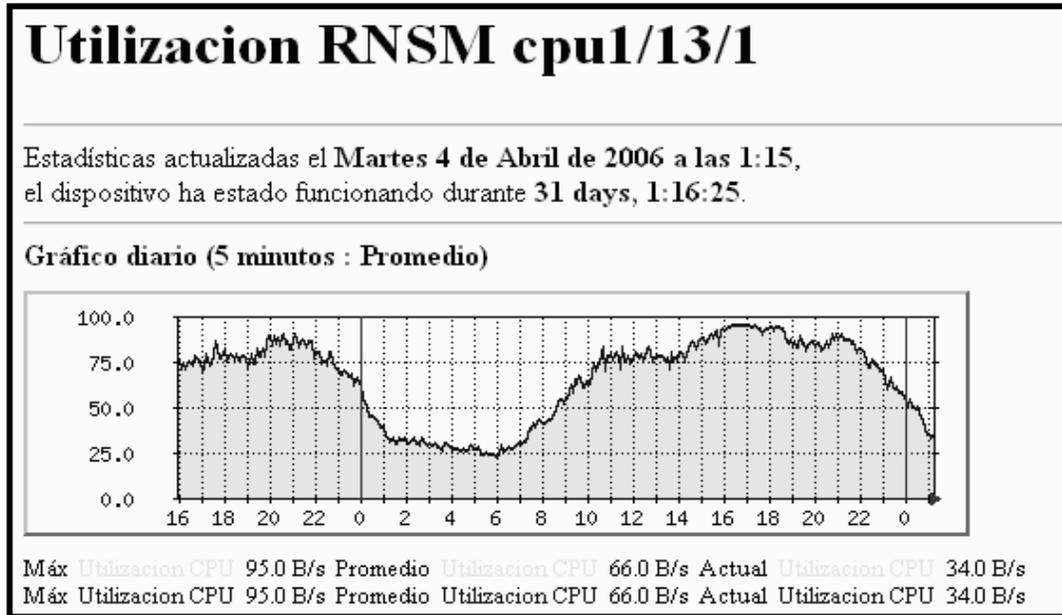
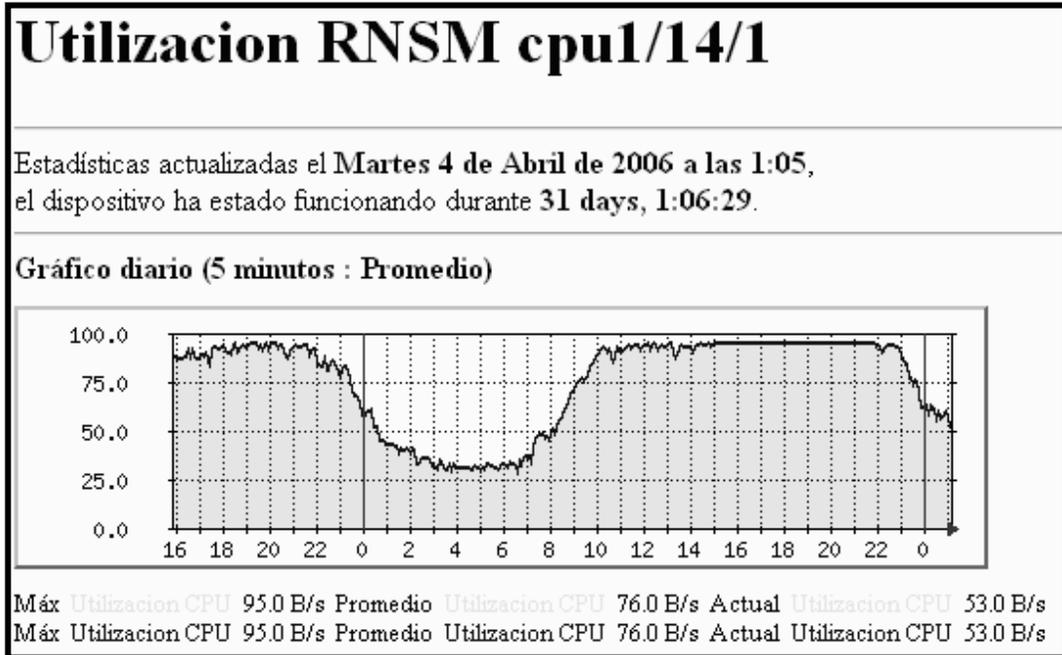


Tabla XXIV Cálculo de dimensionamiento de la Tarjeta RNSM No14 basado en el número de conexiones

Elemento de Red	Impacto al usuario	porcentaje de Utilización	Limite de Ingeniería	Utilización en Mbps (28 Mbps/ RNSM)	Erlang_B_C2E (1500, 0.1%)	Trafico (Erlangs) en hora cargada
RNSM SLOT 14	Bloqueo de requerimientos de conexiones para el usuario	72.69 % (1069.500 / 1471.186) = 0.7269 * 100% = 72.69 % Nota: La utilización oscila entre el 100 % máx. al 72.69 % min.	70%	20.355 Mbps (0.7269*28 Mbps) = 20.355 Mbps Nota: El máximo de utilización (100 %) es 28 Mbps	1471.186	1069.500

Figura 19 Utilización de CPU de la Tarjeta RNSM No.14



4.1.2.2 Cálculo del dimensionamiento del número de tarjetas a implementar en el Nodo DO-RNC, basado en la cantidad del flujo de datos del sistema

NRNSM_Throughput =

$$\text{ROUNDUP } [((T_{\text{put_f_Phy}} + T_{\text{put_r_Phy}}) / 0.7) / 28 \text{ Mbps}]$$

Tabla XXV Cálculo de dimensionamiento del número de Tarjetas RNSM, en el Nodo DO-RNC

NRNSM_Throughput	Tput_f_Ph(Mbps)	Tput_r_Ph(Mbps)	0.7	28 (Mbps)
6.379	100.318	24.719	0.7	28
<p>Nota: Tomar en cuenta que cada RNSM proporciona 28Mbps de manera que se tendrá (6*28 Mbps) es igual a 168 Mbps como máximo. El promedio de utilización sobre el flujo de datos del sistema esta alrededor de 100 Mbps en la actualidad se tiene instaladas 6 Tarjetas</p>				

T_{put_f_Ph} = Promedio del sistema en la utilización del enlace de bajada en horas.

T_{put_r_Ph} = Promedio del sistema en la utilización del enlace de subida en horas.

0.7 = Este factor para el decrecimiento de la capacidad del flujo de datos. Con respecto al enlace de subida.

4.1.2.3 Cálculo del dimensionamiento del número de tarjetas a implementar en el Nodo DO-RNC, basado en la cantidad de sesiones del sistema

Cada módulo de RNSM puede soportar 20,000 sesiones de 1x EV-DO. El número de RNSM requerido puede ser de la siguiente forma:

$$NRNSM_{1xEV-DO_Session} = ROUNDUP (N_{Sys} / 20,000)$$

Donde

N_{Sys} =Número de usuarios de 1xEV-DO en todo el sistema.

Tabla XXVI Cálculo de dimensionamiento del número de las Tarjetas RNSM, en el Nodo DO-RNC

$NRNSM_{1xEV-DO_Session}$	N_{Sys}	20,000
0.8	16000	20000
Tomando encuentra el crecimiento de la red nos indica que con una tarjeta RNSM podríamos cubrir la demanda de sesiones. En la actualidad se tienen 6 RNSM las cuales nos darían la capacidad de 120, 000 sesiones		

4.1.2.4 Cálculo basado en la cantidad del número de DOM del Sistema

El máximo número de DOMs que puede manejar cada módulo RNSM es de 50. El límite es 25 DOMs/RNSM sino tiene redundancia y 29 DOM/RNSM si tiene redundancia (N + 1). El número de DOMs se estima de la forma siguiente:
Si RNSM no tiene redundancia.

$$N_{RNSM_DOM} = \text{ROUNDUP} (N_{DOM} / 25)$$

Si RNSM tiene redundancia (N + 1).

$$N_{RNSM_DOM} = \text{ROUNDUP} (N_{DOM} / 29)$$

Tabla XXVII Cálculo basado en la cantidad del número de DOM, alojadas en cada Tarjeta RNSM

N_{RNSM_DOM}	N_{DOM}	29 DOM/RNSM
3.4482	100	29
Se deberían de instalar 4 tarjetas RNSM en el Nodo DO-RNC, en la actualidad se encuentran instaladas 6 tarjetas RNSM en las cuales podemos instalar 174 DOM.		

4.1.2.5 Cálculo bajo todos los resultados de todas las variables, para la Tarjeta RNSM

$$N_{RNSM} = \text{MAX} (N_{RNSM_Erlang}, N_{RNSM_Throughput}, N_{RNSM_1xEV-DO_Session}, N_{RNSM_DOM},)$$

Donde

N_{RNSM_Erlang} = Número de RNSM basado en la capacidad de Erlangs.

$N_{RNSM_Throughput}$ = Número de RNSM basado en la capacidad del flujo de datos.

$N_{RNSM_1xEV-DO_Session}$ = Número de RNSM basado en la cantidad sesiones de 1x EVDO.

N_{RNSM_DOM} = Número de RNSM basado en la cantidad de DOM.

Tabla XXVIII Cálculo de dimensionamiento bajo todas las variables de la Tarjeta RNSM a instalar en el Nodo DO-RNC

$N_{RNSM} = \text{MAX}$	N_{RNSM_Erlang}	$N_{RNSM_Throughput}$	$N_{RNSM_1xEV-DO_Session}$	N_{RNSM_DOM}
8	El número de Erlangs esta implicado en el cálculo de Throughput	6.368	0.8	4
El número de N_{RNSM} para tener un optimo rendimiento y el actual crecimiento de la red se puede establecer la configuración (7+1) RNSM esto se deberá al crecimiento del sistema en demanda de conexiones y bajo la cantidad de flujo de datos				

4.1.3 Provisionamiento de la tarjeta BIO (Base Input/Output)

La BIO provee la interfaz hacia la PDSN y la DOM usando una conexión Ethernet de 100 Mbps. La principal función es de llevarlos paquetes desde la DOM y PDSN apropiadamente al módulo RNSM, y al SC para poderlos procesar de una forma viceversa.

Hay dos puertos 100BASET en cada tarjeta BIO. En una configuración normal una tarjeta BIO debería de proveer 2 RNSMs. El número de BIO es el siguiente:

$$N_{BIO} = \text{ROUNDUP} (N_{RNSM} / 2)$$

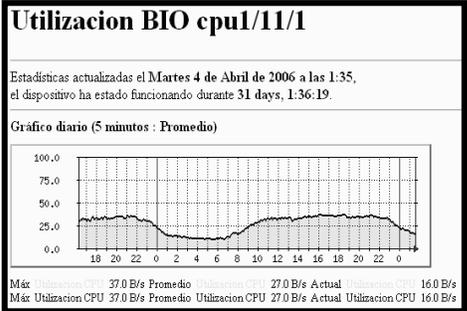
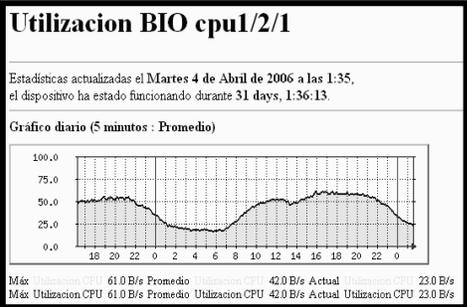
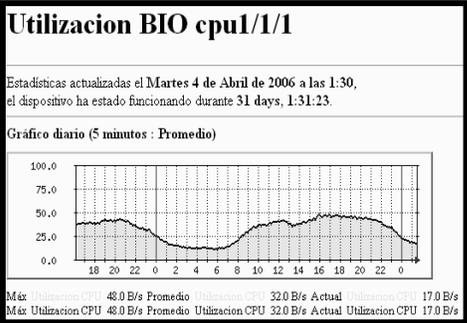
Donde

$$N_{RNSM} = \text{Número de Tarjetas RNSM}$$

Tabla XXIX Cálculo del dimensionamiento de las tarjetas BIO para el Nodo DO-RNC

N_{BIO}	$N_{RNSM} / 2$
4	$(7+1) / 2 = 8 / 2$
El número de N_{BIO} dependerá de la configuración de tarjetas RNSM, además tomar en cuenta las tarjetas BIO TM para conectarse al módulo PDSN, actualmente se tiene 6 Tarjetas RNSM por lo tanto hay tres BIO y tres BIO TM. Para el crecimiento previsto se debe instalar otra tarjeta BIO y BIO TM	

Figura 20 Utilización típico de las tarjetas BIO en el Nodo DO-RNC



4.1.4 Provisionamiento del Módulo DO-RNC, tomando en cuenta la redundancia en cantidad de Tarjetas RNSM y BIO

Ambos el RNSM y la BIO son provisionadas con redundancia, en algunas configuraciones. La redundancia de la BIO no puede llevarse a cabo dos en el slot designado.

La tarjeta RNSM puede provisionarse con la configuración (N +1) si se desea. Si esto es por fuerza recomendado la distribución de la DOM conectado todo a la configuración (N +1) RNSM si esto es para compartir la carga sobre una condición normal. Cuando una RNSM Falla, la DOM alojada en la tarjeta RNSM que fallo tomara la siguiente tarjeta N RNSM, es por eso si incrementa el número de DOMs se alojaran permanentemente en la tarjeta RNSM. Cuando una sesión de 1x EV-DO falla sobre la RNSM, debería también restablecerse en la N RNSM para que el usuario se restablezca la sesión.

En general, una tarjeta BIO es requerida por dos RNSMs. Se puede configurar DO-RNC (1+1), con BIO de respaldo. De cualquier forma el módulo BIO (1+1) es solamente verdadero si tiene el dominio PCI.

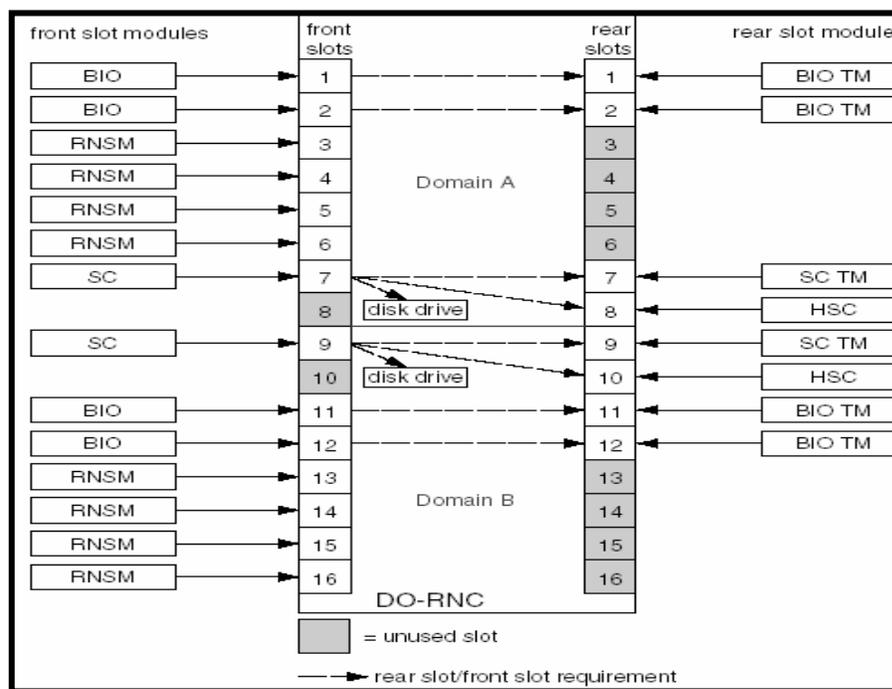
Allí puede llegar a ser el máximo de 2 BIOS por dominio PCI. Si una BIO fallara, todo el tráfico desde el RNSM en el mismo dominio debería de redistribuirse y restablecer en el otro modulo BIO dentro del dominio. Solamente cuando no hay modulo BIO que restablezca dentro del dominio, la carga debería distribuirse a la BIOS de otro dominio número de RNSMs y BIOS por DO-RNC con redundancia puede ser calculado en la siguiente Tabla.

Tabla XXX Configuración del Nodo DO-RNC, con redundancia en Tarjetas BIO y RNSM

NRNSM_per_DO_RNC	Dominio A		Dominio B	
	Número de RNSMs	Número de BIOS	Número de RNSMs	Número de BIOS
1+1	1+1	1+1		
3+1	2	1+1	1+1	1
4+1	2+1	1+1	2	1
5+1	3	2	2+1	1+1
6+1	3+1	2	3	2
7+1	4	2	3+1	2

Fuente: Nortel 1xEV-DO Provisioning Document V2.2.01 2003 Nortel Networks

Figura 21 Configuración y correspondencia de las Tarjetas a implementar en el Nodo DO-RNC



Fuente: CDMA2000 1xEV-DO DO-RNC Administration Guide V 01.12 November 2003

4.1.5 Proyección de tráfico de los elementos del sistema 1xEV-DO

Se realiza la proyección de tráfico de los elementos del sistema 1x EV-DO. Esto nos servirá ver el comportamiento del sistema en base al crecimiento de los abonados desde las tarjetas DOM hasta el Nodo DO-RNC.

A continuación se cálculo el número de conexiones y la cantidad de datos en Mbps en cada tarjeta RNSM instalada en el Nodo DO-RNC. Esto nos indicara el comportamiento de la red y que elementos requieren el crecimiento para satisfacer la demanda de los usuarios.

Tabla XXXI Proyección de tráfico en base a la cantidad de conexiones y al crecimiento de los abonados en el Nodo DO-RNC

		Mar/06	Abr/06	May/06	Jun/06	Jul/06	Ago/06	Sep/06	Oct/06	Nov/06	Dic/06
	Proyección de Usuarios	7498	8498	9498	10498	10498	12498	13498	14498	15498	16498
Elemento de Red	Número de Conexiones en Hora Cargada										
SLOT-3		343	389	434	480	526	572	617	663	709	755
SLOT-4		441	500	559	617	676	735	794	853	912	1029
SLOT-5		358	453	501	549	597	644	692	740	788	835
SLOT-13		389	441	493	545	597	648	700	752	804	856
SLOT-14		427	484	541	598	655	712	769	826	883	940
SLOT-15		172	195	218	241	264	287	310	333	356	378
	Total Conexiones	2130	2414	2698	2982	3266	3550	3834	4119	4403	4687
	Conexion por usuario	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28

De la tabla anterior, se puede observar que el número de conexiones no supera al 70 % de capacidad de las tarjetas RNSM que es alrededor de 1500 conexiones. Las tarjetas trabajaran bien según lo proyectado en base a la cantidad de usuarios.

Tabla XXXII Proyección de tráfico en base a la cantidad de flujo de datos y al crecimiento de los abonados en el Nodo DO-RNC

		Mar/06	Abr/06	May/06	Jun/06	Jul/06	Ago/06	Sep/06	Oct/06	Nov/06	Dic/06
	Proyección de Usuarios	7498	8498	9498	10498	10498	12498	13498	14498	15498	16498
Elemento de Red	Número de Flujo de Datos en Hora Cargada										
SLOT-3		15.72	17.82	19.91	22.01	24.10	26.2	28.30	30.39	32.49	34.59
SLOT-4		19.45	22.04	24.64	27.23	29.83	32.42	35.02	37.61	40.20	42.80
SLOT-5		16.01	18.15	20.29	22.42	24.56	26.69	28.83	30.96	33.10	35.24
SLOT-13		18.66	21.15	23.64	26.13	29.62	31.11	33.60	36.08	38.57	41.06
SLOT-14		19.57	22.18	24.79	27.40	30.01	32.62	35.24	37.85	40.46	43.07
SLOT-15		10.90	12.35	13.81	15.26	16.72	18.17	19.62	21.08	22.53	23.98
	Total Flujo de Datos (Mbps)	100.32	113.70	127.08	140.46	153.84	167.21	180.59	193.97	207.35	220.73
	Flujo de Datos por usuario	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

De la tabla anterior, se puede observar que varias tarjetas superan el límite de ingeniería que es del 70 % de utilización que es alrededor de 19.20 Mbps. En el Mes de Mayo iniciaran las tarjetas a sobrepasar el limite de ingeniería la alternternativa para la solución será instalar el máximo de tarjetas configurables en el Nodo DO-RNC que será 7+1 teniendo como máximo de 224 Mbps para satisfacer los objetivos comerciales y la demanda de los abonados de Internet.

Tabla XXXIII Proyección de tráfico en base a la cantidad del número de modem y al crecimiento de los abonados

Elemento	Mar/06 7498	Abr/06 8498	May/06 9498	Jun/06 10498	Jul/06 11498	Ago/06 12498	Sep/06 13498	Oct/06 14498	Nov/06 15498	Dic/06 16498
Km15.5 Carr.El Salvador	82.29	93.27	104.25	115.22	126.20	137.17	148.15	159.12	170.10	181.08
Jardines de Uatlan	78.50	88.97	99.44	109.92	120.39	130.86	141.33	151.80	162.27	172.74
Inaju	53.95	61.15	68.34	75.54	82.73	89.93	97.13	104.32	111.52	118.71
Balcones de San Cristóbal	64.72	73.35	81.98	90.618	99.25	107.88	116.51	125.14	133.77	142.41
Zona Viva	46.80	53.04	59.287	65.529	71.77	78.01	84.25	90.49	96.73	102.98
Terminal	51.86	58.78	65.70	72.62	79.54	86.45	93.37	100.29	107.21	114.129
Sonora	53.13	60.23	67.31	74.39	81.48	88.57	95.65	102.74	109.83	116.91
Sn. Jose Pinula	64.47	73.07	81.66	90.27	98.87	107.46	116.06	124.66	133.26	141.86
San Cristóbal	53.48	60.61	67.75	74.88	82.01	89.15	96.28	103.42	110.55	117.68
Villas de San Juan	49.20	55.76	62.33	68.89	75.45	82.01	88.58	91.14	101.70	108.26
Arrazola	52.36	59.34	66.33	73.31	80.29	94.26	101.25	108.23	115.21	122.20
Oakland	41.81	47.38	52.96	58.54	64.11	69.69	75.26	80.84	86.42	91.99
Vista Hermosa	50.78	57.55	64.32	71.10	77.87	84.64	91.19	98.19	104.96	111.74
Acueducto	44.44	50.37	56.29	62.22	68.15	74.08	80.00	85.93	91.86	97.79
El Campanero	43.34	49.12	54.90	60.68	66.46	72.24	78.02	83.81	89.59	95.37
Monte Bello	66.16	74.99	83.81	92.64	101.46	110.29	119.114	127.93	136.76	145.58
El Frutal Villa Nueva	51.94	58.87	65.80	72.73	79.65	86.58	93.51	100.44	107.37	114.30
Jose Milla	49.72	56.35	62.98	69.61	76.24	82.87	89.51	96.14	102.77	109.40
Col. Proyecto 4-4	47.28	53.58	59.89	66.19	72.50	78.80	85.11	91.42	97.72	104.03
Cerro Gordo Z.21	50.69	57.45	64.21	70.97	77.73	84.49	91.25	98.01	104.77	111.53
Santa Ana	36.83	41.74	46.65	51.56	56.47	61.39	66.30	71.21	76.12	81.03
Switch	44.41	50.33	56.26	62.18	68.10	74.03	79.95	85.87	91.80	97.72
El Zapote	38.35	43.46	48.58	53.69	58.81	63.92	74.15	79.27	84.38	89.50
Monte Maria II	40.60	46.02	51.43	56.85	62.26	67.68	73.09	78.51	83.93	89.34
Eureka	52.43	59.42	66.41	73.40	80.40	87.39	94.38	101.37	108.37	115.36
Colinas de Monte Maria	39.63	44.91	50.20	55.49	60.77	66.063	71.34	76.63	81.92	87.20
Petapa Sur	42.72	48.42	54.12	59.82	65.52	71.22	76.91	82.61	88.31	94.01
Barcnas	40.44	45.83	51.23	56.62	62.02	67.41	72.80	78.20	83.59	88.99
Edificio Mazval	33.76	38.26	42.76	47.26	51.77	56.27	60.77	65.28	69.78	74.28
Edificio Montufar	26.09	29.57	33.05	36.53	40.01	43.49	46.97	50.45	53.93	60.89
USAC	40.18	45.54	50.90	56.26	61.62	66.97	72.33	77.69	83.05	88.41
Hospital Militar	41.20	46.70	52.20	57.69	63.19	68.68	74.18	79.68	85.17	90.67
UFM	34.98	39.65	44.32	48.98	53.65	58.32	62.98	67.65	72.32	76.98
2ªAve Zona 1	34.10	38.64	43.19	47.74	52.29	56.83	61.38	65.93	70.48	75.03
Próceres	32.08	36.36	40.64	44.92	49.19	53.47	57.75	62.03	66.31	70.59
Col. El Maestro	33.75	38.25	42.75	47.25	51.75	56.25	60.75	65.25	69.76	74.26
Monteverde	37.07	42.02	46.96	51.90	56.85	61.79	66.74	71.68	76.63	81.57
La Pradera	38.87	44.06	49.24	54.43	59.61	64.80	69.98	75.17	80.35	85.54
Hospital Malouf	33.21	37.65	42.08	46.51	50.94	55.37	59.80	64.23	68.66	73.09
Valle Dorado	33.67	38.16	42.66	47.15	51.64	56.13	60.62	65.11	69.61	74.10
El Gallito	41.13	46.61	52.10	57.58	63.07	68.55	74.04	79.52	85.01	90.50
Colonia La Brigada	45.00	51.00	57.00	63.00	69.01	75.01	81.01	87.01	93.01	99.01

Finanzas	29.01	32.88	36.75	40.62	44.49	48.36	52.23	56.10	59.97	63.84
Jardines de Minerva	35.41	40.13	44.86	49.58	54.30	59.02	63.75	68.47	73.19	77.92
Colonia Abril Z.5	27.63	31.32	35.00	38.69	42.37	46.06	49.75	53.43	57.12	60.80
URL	29.81	33.79	37.70	41.74	45.72	49.70	53.67	57.65	61.63	65.60
Lancasco	45.53	51.61	57.68	63.75	69.83	75.90	81.98	88.05	94.12	100.20
Mixco	28.16	31.92	35.68	39.44	43.19	46.95	50.71	54.46	58.225	61.98
Colonia Alvarado	39.82	45.14	50.45	55.76	61.07	66.38	71.69	77.01	82.32	87.63
Hotel Marriott	23.00	26.06	29.13	32.20	35.26	38.33	41.40	44.47	47.54	50.60
Avenida Las Americas	25.31	28.69	32.06	35.44	38.81	42.19	45.57	48.94	52.32	55.69
Kodak	28.78	32.62	36.46	40.30	44.14	47.98	51.82	55.66	59.50	63.34
Colonia la Florida	37.43	42.42	47.41	52.41	57.40	62.39	67.38	72.38	77.37	82.36
Reformita	26.83	30.40	33.98	37.56	41.14	44.72	48.30	51.87	55.45	59.03
Monumento El Papa	30.39	34.44	38.49	42.55	46.60	50.65	54.71	58.76	62.81	66.87
Melia Hotel	27.53	31.20	34.87	38.54	42.21	45.88	49.56	53.23	56.90	60.57
San Lucas Sacatepequez	33.47	37.94	42.40	46.87	51.33	55.80	60.26	64.73	69.19	73.66
La Floresta Quetzaltenango	30.48	34.55	38.61	42.68	46.74	50.81	54.88	58.94	63.01	67.07
Transexpress	20.42	23.14	25.87	28.59	31.32	34.04	36.76	39.49	42.21	44.94
Antigua II	28.43	32.22	36.01	39.80	43.59	47.38	51.18	54.97	58.765	62.55
Villa Nueva	21.80	24.71	27.61	30.52	33.43	36.34	39.25	42.15	45.06	47.97
Colonia Lourdes	30.86	34.98	39.10	43.21	47.33	51.450	55.56	59.68	63.80	67.917
Billboard-Roosevelt	21.40	24.25	27.11	29.96	32.82	35.67	38.53	41.38	44.23	47.09
MetaCentro Villa Nueva	20.98	23.77	26.57	29.37	32.17	34.97	37.76	40.56	43.36	46.16
Hotel Sevilla	19.05	21.60	24.14	26.68	29.22	31.76	34.30	36.85	39.39	41.93
Amatitlan	26.33	29.85	33.36	36.87	40.39	43.90	47.41	50.92	54.44	57.95
Fraternidad Cristiana	26.40	29.92	33.44	36.97	40.49	44.01	47.53	51.05	54.57	58.10
Las Ilusiones	17.55	19.89	22.23	24.58	26.92	29.26	31.60	33.94	36.28	38.62
San Miguel Petapa	16.25	18.41	20.58	22.75	24.91	27.08	29.25	31.42	33.58	35.75
Aeropuerto	14.74	16.70	18.67	20.64	22.60	24.57	26.53	28.50	30.47	32.43
Ciudad Vieja	26.50	30.04	33.57	37.11	40.64	44.18	47.72	51.25	54.79	58.32
Puerta de Hierro Z.16	19.37	21.96	24.54	27.13	29.71	32.30	34.88	37.46	40.05	42.63
Escuintla ESC151	12.26	13.89	15.53	17.16	18.80	20.43	22.07	23.70	25.34	26.97
Xela Centro QUE127	14.08	15.95	17.83	19.71	21.59	23.47	25.34	27.22	29.10	30.98
Villa Canales	8.20	9.30	10.39	11.48	12.58	13.67	14.77	15.86	16.96	18.05
Quetzaltenango	8.40	9.52	10.64	11.76	12.88	14.01	15.13	16.25	17.37	18.49
Chiquimula	9.49	10.75	12.02	13.28	14.55	15.82	17.08	18.35	19.61	20.88
Palin	5.28	5.98	6.68	7.39	8.09	8.80	9.50	10.21	10.91	11.61
Mazatenango	8.73	9.90	11.07	12.23	13.40	14.56	15.73	16.89	18.06	19.22
Panajachel	12.60	14.29	15.97	17.65	19.33	21.01	22.69	24.37	26.06	27.74
Total de Trafico	2825.48	3202.32	3579.15	3955.98	4332.81	4709.65	5086.48	5463.31	5840.14	6216.98
Trafico por Usuario	0.377									

De la tabla anterior se realizó la proyección de tráfico con respecto a la utilización de la cantidad de MODEM y el límite de ingeniería es de 77.49 Erlangs. Observamos que se deberá realizar crecimiento de segundas portadoras para satisfacer la demanda de conexiones y el alto tráfico de flujo de datos.

CONCLUSIONES

- 4.1.5.1** Los elementos como críticos del sistema EVDO basado en la utilización de recursos, fueron las tarjetas DOM's y las tarjetas RNSM.
- 4.1.5.2** Dimensionar un 25 %, el Nodo RNC para la situación actual con tarjetas RNSM y BIO.
- 4.1.5.3** Dimensionar Las DOM's cuando sobrepasen el límite de ingeniería, basados en la utilización de la cantidad de MODEM.
- 4.1.5.4** Mantener el proceso de captación, almacenamiento y generación de reportes diarios de la utilización de los elementos en la hora cargada, del sistema EVDO para la óptima operación de la red y futuras proyecciones de tráfico.

RECOMENDACIONES

1. Dimensionamiento periódicamente del sistema EV-DO, debido a que el hardware y software de tercera generación de telefonía celular, evoluciona continuamente y a la demanda de los usuarios.
2. Mantener el análisis periódico del desempeño de la Red EVDO, para no exceder el límite de ingeniería y proyectar las ampliaciones necesarias para el óptimo desempeño del sistema.
3. Expandir la cantidad de tarjetas RNSM y BIO en un 25 %. en el nodo RNC para obtener una configuración de 7+1, para satisfacer la demanda de tráfico del sistema EVDO. Ver tabla XXXII.
4. Considerar la implementación de otra DOM para las cuales presenten una alta utilización en la cantidad de MODEM, arriba de 77.49 Erlangs, para satisfacer la demanda de tráfico en base a la cantidad de usuarios. Ver tabla XXXIII.
5. Considerar la implementación de un nuevo RNC, para liberar la carga del Flujo de Datos actual, y para futuras proyecciones basadas en la cantidad de tráfico y el número de usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Stremmer, Ferrel G. **Introduction to Communication System**. Tercera edición. S.I; Addison-Wesley Iberoamericana,S.A, 1993.
2. Taub, Herbert y Donald L Schilling, **Principles of Communication Systems**. Segunda edición. S.I: McGraw-Hill, 1986.
3. Clint Smith, P.E y Daniel Collins. **3G Wireless Networks**. S.I: McGraw-Hill 2002.
4. Nortel Networks. **Backhaul Networking Guide**. Número de Documento:411-2133-814, Noviembre 2003.
5. Nortel Networks. **CDMA2000 1x EV-DO Deployment Guide**.Número de Documento:411-2133-932, Noviembre 2003.
6. Nortel Networks. **Data Only Module (DOM) user Guide**. Número de Documento:411-2133-917, Noviembre 2003.
7. Nortel Networks. **DO-RNC Administration Guide**.Número de Documento:411-2133-532, Marzo 2004.
8. Nortel Networks. **System Overview Guide**. Número de Documento: 411-2133-012, Noviembre 2003.

9. Nortel Networks. **Nortel 1x EV-DO Provisioning Guideline, Version 2.2.01, 19 Enero 2005.**

10. Nortel Networks. **Oms and Performance Measurement Reference Guide.** Número de Documento: 411-2133-924 , Marzo 2004.

11. Nortel Networks. **Element Management Subsystem (DO-EMS) User Guide.** Número de Documento: 411-2133-927, Noviembre 2003.

