

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Facultad de Ciencias e Ingeniería



DISEÑO DEL EQUIPAMIENTO DE CONMUTACIÓN DE UNA RED CELULAR CDMA/IS95/1X

Tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico

Presentado por:

Demóstenes Zegarra Rodríguez

Lima – Perú

2006

RESUMEN

El presente trabajo de tesis se ha sido realizado con la finalidad de exponer los principales conceptos que se deben tener en consideración al afrontar el problema de dimensionar la etapa de conmutación dentro de una red celular llegando a determinar la solución conceptual y su posterior ejecución, para mayor claridad se presentan casos prácticos de dimensionamiento y el desarrollo de un proyecto.

Por consiguiente y con la finalidad de brindar un concepto teórico general, en el capítulo 1, se presenta el esquema de una red celular CDMA mostrando los principales equipos que componen esta red, describiendo las funciones fundamentales, capacidades y elementos internos de los principales equipos.

En el marco teórico, capítulo 2, se describen los principales conceptos referentes a tráfico telefónico y la descripción de los parámetros que indican el estado de una red celular, con el objetivo de caracterizar el comportamiento de llamadas de los usuarios y por ende de la misma red.

En el capítulo 3 se muestra la aplicación de los conceptos teóricos en casos prácticos de dimensionamiento de tráfico, determinación de estructura de la red y control de la capacidad de equipos. El objetivo es que tomando en consideración todas las reglas de dimensionamiento y parámetros de control de calidad, en cada uno de los tres casos expuestos en este capítulo, se debe plantear para cada caso una solución de ingeniería factible de aplicar.

Teniendo ya planteada la solución de un problema se debe ejecutar, por lo que en el capítulo 4 se ha descrito las principales consideraciones que se deben tener en la ejecución de un proyecto, como ejemplo, y para un mejor entendimiento, se ha tomado al segundo caso del capítulo 3.

Finalmente el Capítulo 5 muestra muy brevemente un análisis de los costos involucrados en el caso 1 del capítulo 3.

INDICE GENERAL

INTRODUCCION	I
--------------------	---

CAPITULO I

ESTRUCTURA DE UNA RED CDMA.....	1
---------------------------------	---

1.1 TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE	1
---------------------------------------	---

1.1.1 Acceso múltiple por división en frecuencia (FDMA, Frequency Division Multiple Access).....	2
--	---

1.1.2 Acceso múltiple por división en tiempo (TDMA, Time Division Multiple Access).....	3
---	---

1.1.3 Acceso múltiple por división en código (CDMA, Code Division Multiple Access)	4
--	---

1.2 ARQUITECTURA DE UNA RED CDMA	7
--	---

1.2.1 Estructura de la red CDMA	7
---------------------------------------	---

1.2.1.1 MSC	8
-------------------	---

1.2.1.2 Multiplexor	17
---------------------------	----

1.1.3.1 HLR	18
-------------------	----

1.1.3.2 BSC (Base Station Controler).....	20
---	----

1.1.3.3 STP (Signalling Transfer Point).....	23
--	----

1.1.3.4 Plataforma Prepago.....	23
---------------------------------	----

CAPITULO II

PARAMETROS DE DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED CELULAR	24
---	----

2.1 COMPORTAMIENTO DEL ABONADO	25
--------------------------------------	----

2.2 VARIACIONES DEL TRAFICO TELEFONICO	27
--	----

2.2.1 Variaciones Estacionales	27
--------------------------------------	----

2.2.2 Variaciones durante el Día	28
--	----

2.2.2.1 Definición de Hora de Mayor Movimiento (Hora Cargada).....	28
--	----

2.2.3 Variaciones con los días de Semana	29
--	----

2.2.4 Variaciones durante una hora.....	29
---	----

2.2.5 Variación del número de llamadas realizadas por el abonado.....	30
---	----

2.2.6 Variación de la duración de la llamada.....	30
---	----

2.3 CONCEPTOS DE TRAFICO TELEFONICO	31
---	----

2.3.1 Estado de un Órgano o Circuito.....	31
---	----

2.3.2	Toma de un órgano o circuito.....	32
2.3.3	Registro de ocupaciones de Circuitos	32
2.3.3.1	Registro de Ocupaciones Individuales	32
2.3.3.2	Registro de Ocupaciones Simultaneas.....	33
2.3.4	Tiempo de Ocupación (tj).....	33
2.3.5	Periodo de Observación (T).....	33
2.3.6	Volumen de tráfico (V).....	33
2.3.7	Tasa de Tomas (i).....	35
2.3.8	Tiempo Medio de Ocupación.....	35
2.3.9	Intensidad de Tráfico.....	37
2.3.9.1	Intensidad de Tráfico Ofrecido (A).....	37
2.3.9.2	Intensidad de Tráfico Cursado (A').....	37
2.3.10	Congestionamiento.....	38
2.3.10.1	Congestionamiento en la llamada (B).....	38
2.3.10.2	Congestionamiento en el Tiempo (E).....	39
2.4	CANTIDAD DE USUARIOS EN LA RED.....	39
2.5	FACTOR MINUTOS MENSUALES – ERLANGS EN HMM (HCD).....	39
2.5.1	Cálculo del factor Día – Hora.....	40
2.5.2	Cálculo del factor Mes – Día.....	40
2.6	DETERMINACIÓN DE TRASLACIONES/ENRUTAMIENTOS SEGÚN OI.....	41
2.7	TIPOS DE USUARIOS SEGÚN PERFILES DE PLANES COMERCIALES.....	42
2.7.1	Plan Prepago	42
2.7.2	Plan Contrato.....	42
2.7.3	Plan Control	42
2.8	INTENTOS DE LLAMADAS EN HORA CARGADA (BHCA)	42
2.9	RELACIÓN BHCA – TRÁFICO ERLANGS.....	43
2.10	CANTIDAD DE PUERTOS EN EQUIPOS PARA INTERCONEXIÓN.	43
2.11	ENLACES DE SEÑALIZACIÓN.....	44
 <u>CAPITULO III</u>		
DISEÑO EN UNA RED CELULAR		45
3.1	CASO I: INCREMENTO DE TRÁFICO DEBIDO AL LANZAMIENTO DE CAMPAÑAS COMERCIALES.	45

3.1.1	Determinación de capacidad de puertos (Vocoders) de voz en BSC	46
3.1.2	Determinación de cantidad de puertos de Voz en MSC	49
3.1.2.1	Equipo SPM OC-3	49
3.1.2.2	Equipo Multiplexor OC-3 – T1 (OPTERA 3500 – NORTEL NETWORKS)	50
3.1.2.3	Bastidor de distribución para conexiones	51
3.1.3	Determinación de capacidad de procesadores entre BSC y MSC	51
3.1.3.1	CAU (CDMA Administration Unit)	52
3.1.3.2	CIU (CDMA Interface Unit)	52
3.1.3.3	RMU (Resource Managment Unit)	53
3.1.3.4	Ampliación de Procesador CAU y CIU	53
3.1.3.5	Determinación de la capacidad del procesador XA-CORE	54
3.1.4	Determinación de capacidad grupos troncales con plataforma prepago	55
3.1.5	Determinación de capacidad en los bastidores de puntos de conexión	57
3.2	CASO II: INCREMENTO DE CAPACIDAD EN UNA RED CELULAR - IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS CENTRALES.....	57
3.2.1	Condiciones Iniciales	57
3.2.2	Determinación de la Solución al Problema.....	59
3.2.3	Situación Final	60
3.2.3.1	Etapa 1	60
3.2.3.2	Etapa 2	61
3.2.4	Dimensionamiento de los Grupos Troncales.....	63
3.2.4.1	Elaboración de la Matriz de tráfico esperado:.....	63
3.2.5	Esquema de Red de Señalización.....	64
3.2.5.1	Sistema de Señalización por Canal Común Número 7.	65
3.2.5.2	Ventajas de la Señalización por Canal Común	65
3.2.5.3	Tipos de Enlace de Señalización:.....	66
3.2.5.4	Consideraciones de diseño:	67
3.2.6	Configuración de Grupos Troncales y Rutas de Señalización en MSC	68
3.2.6.1	Grupos Troncales (Voz)	68
3.2.6.2	Rutas de señalización.....	68
3.2.7	Ejemplo de configuraciones de rutas de señalización y grupos troncales de voz	69
3.2.7.1	Base de Datos para rutas de señalización	69
3.2.7.2	Base de datos para Grupos Troncales (Voz).....	70
3.2.8	Reconocimientos de Grupos Troncales en Sistema Informático	71
3.3	CASO 3: BALANCEO DE CARGA EN EQUIPOS PERIFERICOS.....	74
3.3.1	Consideraciones Iniciales	74
3.3.2	Consideraciones Finales:.....	75

CAPITULO IV

ADMINISTRACIÓN DE UN PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN EN UNA RED CELULAR.....	77
4.1 DESCRIPCIÓN DE UN CONJUNTO DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS A UN GRUPO DE PROVEEDORES.....	77
4.1.1 Requerimientos en infraestructura.....	78
4.1.1.1 Requerimiento en Obra Civil.....	78
4.1.1.2 Requerimiento en Energía.....	78
4.1.1.3 Requerimiento en aire acondicionado.....	79
4.1.2 Requerimientos funcionales de central.....	79
4.1.3 Requerimiento en traductores y funciones relacionadas.....	80
4.1.4 Requerimientos en señalización.....	81
4.1.5 Requerimientos en sincronismo.....	82
4.1.6 Requerimientos en servicios suplementarios.....	82
4.1.7 Requerimientos para integración con sistema de facturación.....	83
4.1.8 Requerimientos en gestión de red.....	84
4.1.8.1 Relacionados a grupos troncales de voz.....	84
4.1.8.2 Relacionados a enlaces de señalización.....	85
4.1.8.3 Relacionados a Carga de Procesadores.....	85
4.1.9 Requerimientos en cursos de capacitación.....	85
4.2 EVALUACIÓN DE PROVEEDORES.....	86
4.3 DESARROLLO DEL PROYECTO.....	87
4.3.1 Ubicación de los nuevos equipos en las salas celulares.....	87
4.3.2 Características mecánicas y eléctricas de los equipos a instalar.....	88
4.3.2.1 Dimensiones del bastidor.....	88
4.3.2.2 Carga del piso.....	89
4.3.2.3 Ambiente.....	89
4.3.2.4 Requisitos de Alimentación.....	89
4.3.3 Consideraciones técnicas para la interconexión.....	90
4.3.4 Parámetros necesarios en la configuración de las centrales.....	91
4.3.4.1 Identificación de las nuevas centrales en la red.....	91
4.3.4.2 Punto de Códigos (DPC's a configurar) de todos los Nodos a Interconectar.....	91
4.3.4.3 Rangos de Numeración y Números Temporales.....	92
4.3.4.4 Definición de enlaces de voz y señalización.....	93
4.3.5 Pruebas de aceptación.....	93
4.3.5.1 Pruebas de Hardware.....	93

4.3.5.2 Prueba de funcionalidades.....94

CAPITULO V

ANALISIS DE COSTOS 97

5.1 Descripción de equipos a adquirir.....97

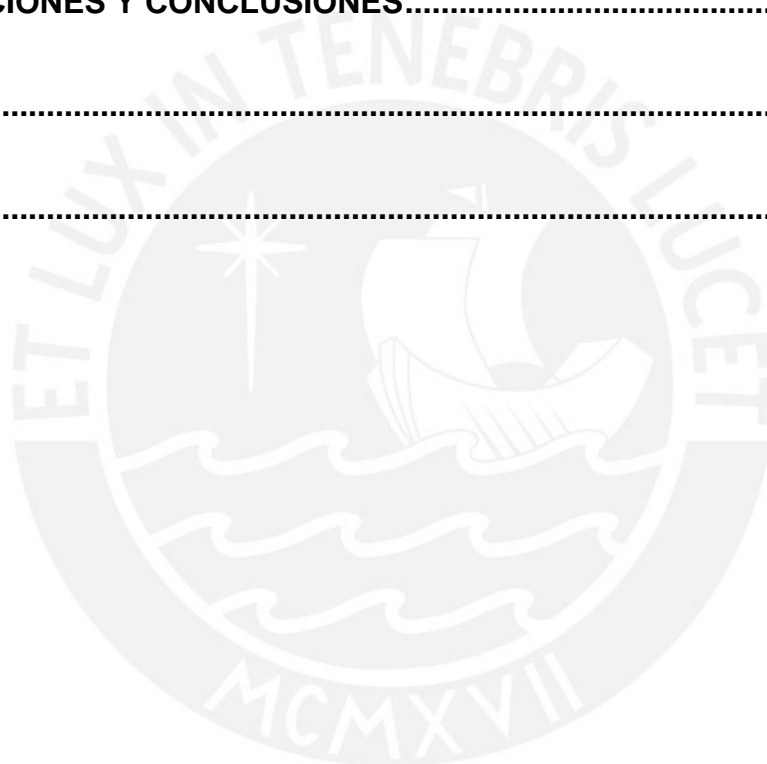
5.2 Relación de costos98

5.3 Valor referencial de un minuto de llamada.....98

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES..... 99

FUENTES..... 101

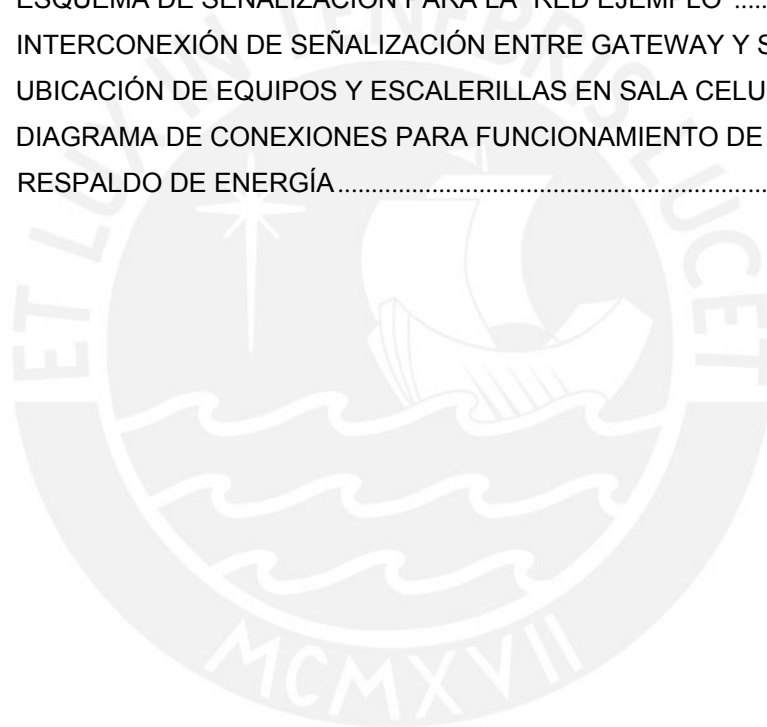
ANEXOS 103



INDICE DE GRAFICOS

FIGURA 1. 1	TÉCNICA DE ACCESO MÚLTIPLE FDMA [1]	2
FIGURA 1. 2	TÉCNICA DE ACCESO MÚLTIPLE TDMA [1]	4
FIGURA 1. 3	TÉCNICA DE ACCESO MÚLTIPLE CDMA [1].....	5
FIGURA 1. 4	ESTRUCTURA DE UNA RED CDMA.....	7
FIGURA 1. 5	DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA CENTRAL DE CONMUTACIÓN.....	8
FIGURA 1. 6	DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONAL DE UNA CENTRAL NORTEL DMS MTX.....	12
FIGURA 1. 7	DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA CENTRAL NORTEL DMS MTX.....	12
FIGURA 1. 8	DIAGRAMA DE CORE TIPO CM/SLM (FUENTE: NORTEL NETWORKS).....	13
FIGURA 1. 9	DIAGRAMA DE CORE TIPO XA-CORE (FUENTE: NORTEL NETWORKS) ...	13
FIGURA 1. 10	DIAGRAMA DE TARJETEARÍA DE XA-CORE (FUENTE: NORTEL NETWORKS).....	14
FIGURA 1. 11	DIAGRAMA DE TARJETAS EN BASTIDOR ENET (FUENTE: NORTEL NETWORKS).....	15
FIGURA 1. 12	TARJETA PADDLEBOARD (FUENTE: NORTEL NETWORKS)	15
FIGURA 1. 13	BASTIDOR LPP (FUENTE: NORTEL NETWORKS)	15
FIGURA 1. 14	BASTIDOR SPM (FUENTE: NORTEL NETWORKS)	16
FIGURA 1. 15	ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN EXTERNA E INTERNA DEL SPM	17
FIGURA 1. 16	OPTERA METRO 4150 – (FUENTE: NORTEL NETWORKS)	18
FIGURA 1. 17	DIAGRAMA DE INTERFACES DE HLR.....	19
FIGURA 1. 18	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE HLR CON MSC (REDUNDANCIA).....	20
FIGURA 1. 19	DIAGRAMA DE BSC - (FUENTE: NORTEL NETWORKS).....	21
FIGURA 2. 1	DIAGRAMA DE EVENTOS POSIBLES PARA CADA INTENTO DE LLAMADA TELEFÓNICA	26
FIGURA 2. 2	NÚMERO DE REINTENTOS DE LLAMADAS [7] (“EFECTO AVALANCHA”) ..	26
FIGURA 2. 4	VARIACIONES DE TRÁFICO DE UNA CENTRAL CELULAR DURANTE EL DÍA.....	28
FIGURA 2. 5	VARIACIÓN DE TRÁFICO EN HMM EN UNA CENTRAL CELULAR.....	29
FIGURA 2. 6	FLUCTUACIÓN DEL NÚMERO DE LLAMADAS SIMULTANEAS DURANTE EL PERIODO DE UNA HORA	30
FIGURA 2. 7	VARIACIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS LLAMADAS DURANTE UN DÍA ÚTIL.	31
FIGURA 2. 8	ESTADO DE UN ÓRGANO O CIRCUITO A LO LARGO DEL TIEMPO	32
FIGURA 2. 9	REGISTRO DE OCUPACIONES INDIVIDUALES.....	32
FIGURA 2. 10	REGISTRO DE OCUPACIONES SIMULTÁNEAS.	33
FIGURA 2. 11	REGISTRO DE OCUPACIONES INDIVIDUALES.....	38
FIGURA 2. 12	MUESTRA DE TRÁFICO EN CENTRAL DURANTE UN MES.....	40

FIGURA 3. 1	CAPACIDAD EN CANALES DE VOZ DE BSC	47
FIGURA 3. 2	CAPACIDAD PROYECTADA EN CANALES DE VOZ DE BSC.....	48
FIGURA 3. 3	DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN ENTRE BSC Y MSC - NORTEL	49
FIGURA 3. 4	CAPACIDAD EN CANALES DE VOZ EN SPM OC-3	50
FIGURA 3. 5	PROCESADORES RELACIONADOS A INTERCONEXIÓN ENTRE BSC Y MSC	52
FIGURA 3. 6	AMPLIACIÓN DE CAPACIDAD DE PROCESADORES CAU	54
FIGURA 3. 7	AMPLIACIÓN DE CAPACIDAD DE PROCESADORES CIU.....	54
FIGURA 3. 8	DIAGRAMA DE CONEXIONES ENTRE CENTRAL Y PLATAFORMA PREPAGO.....	55
FIGURA 3. 9	TOPOLOGÍA DE LA RED EJEMPLO	58
FIGURA 3. 10	TOPOLOGÍA FINAL DE RED.....	60
FIGURA 3. 11	ESQUEMA DE SEÑALIZACIÓN PARA LA “RED EJEMPLO”	67
FIGURA 3. 12	INTERCONEXIÓN DE SEÑALIZACIÓN ENTRE GATEWAY Y STP’S.....	67
FIGURA 4. 1	UBICACIÓN DE EQUIPOS Y ESCALERILLAS EN SALA CELULAR.....	88
FIGURA 4. 2	DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA FUNCIONAMIENTO DE SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA.....	89



INDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1	EJEMPLOS DE OI'S	41
TABLA 3. 1	MODULARIDAD DE VOCODERS EN BSC	47
TABLA 3. 2	CAPACIDAD ERLANGS DE VOCODERS EN BSC	48
TABLA 3. 3	CAPACIDAD ERLANGS POR MÓDULOS EN SPM OC-3.....	50
TABLA 3. 4	DOCUMENTACIÓN DE PUERTOS DE LOS EQUIPOS INVOLUCRADOS EN CONEXIONES.....	51
TABLA 3. 5	CAPACIDAD DE PROCESADORES CAU, CIU, RMU.....	53
TABLA 3. 6	INCREMENTO DE CAPACIDAD DE PROCESADORES CAU, CIU, RMU	53
TABLA 3. 7	CONFIGURACIÓN DE GRUPO TRONCAL PREPAGO	56
TABLA 3. 8	TRÁFICO ENTRE RED MÓVIL Y RED FIJA.....	58
TABLA 3. 9	CARGA EN BHCA DE CENTRALES.....	59
TABLA 3. 10	TRÁFICO ENTRE RED FIJA Y RED MÓVIL.....	60
TABLA 3. 11	TIEMPO PROMEDIO DE LLAMADA PARA CADA CENTRAL	61
TABLA 3. 12	TRÁFICO ERLANGS Y BHCAS ENTRE RED FIJA Y RED MÓVIL	61
TABLA 3. 15	DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO ENTRE MSCS Y RED FIJA – 1ª ETAPA.....	61
TABLA 3. 14	DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO ENTRE MSCS Y RED FIJA – 2ª ETAPA.....	62
TABLA 3. 15	DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO ENTRE MSCS Y RED FIJA – ETAPA FINAL..	62
TABLA 3. 16	TRÁFICO DE CELDAS DE FRONTERA	62
TABLA 3. 17	DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO ENTRE MSCS Y RED FIJA, DESPUÉS DE REDISTRIBUCIÓN DE BTS'S	63
TABLA 3. 18	TRÁFICO DE GRUPOS TRONCALES DE AMBOS GATEWAYS.....	64
TABLA 3. 19	Nº DE E1S DE GRUPOS TRONCALES DE AMBOS GATEWAYS.....	64
TABLA 3. 20	CARGA DE PROCESADOR PRINCIPAL (KBHCAS) DE SPM'S - SITUACIÓN INICIAL	75
TABLA 3. 21	CARGA DE PROCESADOR PRINCIPAL (KBHCAS) DE SPMS - SITUACIÓN FINAL	75
TABLA 4. 1	PUNTAJE DE IMPACTO PARA CADA REQUERIMIENTO	86
TABLA 4. 2	PUNTAJE DE CUMPLIMIENTO PARA CADA REQUERIMIENTO	86
TABLA 4. 3	TABLA EJEMPLO DE PUNTUACIÓN DE PROVEEDORES	87
TABLA 4. 4	DIMENSIONES DE UN TIPO DE BASTIDOR DE CENTRAL (FUENTE: NORTEL NETWORKS).....	88
TABLA 4. 5	ESPECIFICACIONES AMBIENTALES PARA EQUIPOS DE CENTRAL (FUENTE: NORTEL NETWORKS)	89
TABLA 4. 6	CONSUMO DE ENERGÍA Y AIRE ACONDICIONADO VS. CANTIDAD DE PUERTOS.....	90
TABLA 4. 7	PARÁMETROS DE IDENTIFICACIÓN DE CENTRAL EN UNA RED CELULAR	91

TABLA 4. 8	PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DE CENTRAL EN UNA RED CELULAR	91
TABLA 4. 9	DPC'S A CONFIGURAR EN LAS NUEVAS CENTRALES	92
TABLA 4. 10	RANGO DE NUMERACIÓN POR LOCALIDADES	92
TABLA 4. 11	RANGO DE TLDNS POR CENTRAL	93
TABLA 4. 12	ATP OPTERA METRO 4150 – NORTEL NETWORKS.....	94
TABLA 5. 1	RESUMEN DE PRECIOS GLOBALES	98



INTRODUCCION

En la última década las comunicaciones móviles, girando alrededor de servicios como: voz, mensajes cortos (SMS) y diversos servicios multimedia, se han constituido en la tecnología más determinante en la forma como las personas y los negocios entienden la comunicación y el intercambio de información.

Existiendo diversas tecnologías en la implementación de una red celular, este trabajo se desarrollará considerando la tecnología CDMA, de la cual se tratará breves conceptos y no se entrará en mucho detalle pues éste no es el principal objetivo. Es conveniente mencionar que algunos conceptos vertidos durante el desarrollo de los 5 capítulos que consta este trabajo no son sólo aplicables a redes CDMA, son conceptos teóricos de tráfico y parámetros de control - dimensionamiento existentes en todas las diferentes tecnologías de redes celulares.

El presente trabajo de tesis se ha sido realizado con la finalidad de exponer los principales conceptos que se deben tener en consideración al afrontar el problema de dimensionar la etapa de conmutación dentro de una red celular llegando a determinar la solución conceptual y su posterior ejecución, presentándose casos prácticos de dimensionamiento y el desarrollo de un proyecto.

Es preciso mencionar que la interfase aire, es decir la red de acceso como: canales de tráfico, capacidad de portadoras, coberturas, ubicación de estaciones bases, potencias de señales, etc. no serán tratadas. En algunos casos de dimensionamiento se asumirá que los estudios referidos a esta interfase ya han sido vistos y se tomarán ciertos valores de tráfico que ayuden con los cálculos de las capacidades de los demás equipos relacionados a la central. Por ser un punto clave en la estructura de la red, sobre todo desde el punto de vista de capacidades, ya que es un posible cuello de botella, sí formará parte del contenido de este trabajo el controlador de estaciones bases (BSC) además de su estrecha relación que éste tiene con la Central de Conmutación (MSC).

Con la finalidad de tener un desarrollo claro del tema, el capítulo 1 trata sobre la estructura que tiene una red celular y describe las características técnicas, capacidades y funciones de los principales equipos, se pone como ejemplo equipos

comerciales que están en funcionamiento en redes celulares actuales. En esta sección el objetivo es conocer los elementos de la red y de éstos su configuración.

Para tomar medidas y acciones en una red celular se debe primero conocer los principales indicadores y parámetros de dimensionamiento de cada equipo y de los enlaces que conectan toda la red, por lo que se recalca en cada momento la importancia de la generación de reportes estadísticos que controlan el crecimiento de la red y ayudan a determinar la calidad de servicio que el operador quiere brindar a sus usuarios. Por estas razones en el capítulo 2 se dan los principales conceptos de tráfico telefónico y se trata de caracterizar una red en base al tipo de comportamiento que los usuarios tienen al realizar sus llamadas como: duración de una llamada, hora de mayor movimiento durante el día, curvas de tráfico características para una semana, un mes y un año entre otros conceptos. Teniendo estos conocimientos se puede afrontar con mayor seguridad los problemas que pueden presentarse en esta red celular que se ha modelado.

El objetivo principal de este trabajo, es a través de ejemplos prácticos, aplicar los conceptos teóricos de tráfico y tomar las medidas correctivas para mejorar la calidad de servicio de la red. En el capítulo 3 se muestra casos en donde para cumplir ciertos objetivos se debe primeramente analizar las condiciones iniciales del sistema, esto en base a reportes, luego determinar cuáles son todos los equipos que intervienen en el proceso del encaminamiento de la llamada, identificando en cada uno de estos equipos, los principales procesadores que los componen para indicar si están trabajando dentro de los límites de ingeniería recomendados por el fabricante. Después de este completo y detallado análisis se determina que elementos y en que cantidad deben ser ampliados. Como es fácil notar para realizar este análisis, el ingeniero encargado, debe poseer un buen conocimiento de todos los equipos y la relación que estos tienen.

Una vez dada la solución de dimensionamiento ésta debe ejecutarse a través de un proyecto, para ello en el capítulo 4 se describen las principales consideraciones en la administración de un proyecto, mostrándose requerimientos que deben ser los más detallados posibles, como: características físicas y eléctricas, capacidades y funcionalidades de los equipos, condiciones de integración con los demás elementos de la red, (Interconexión de voz, Sistema de señalización, Sistema informático, Sistema de gestión) etc. En este capítulo se muestra todo el desarrollo del proyecto pasando por la evaluación de las empresas concursantes, intercambio de información

técnica referente a la integración de los equipos, para finalmente desarrollar las diversas pruebas de aceptación y dar por concluido el proyecto.

Como parte final el capítulo 5 muestra muy brevemente un análisis de los costos involucrados en el caso 1 del capítulo 3, es conveniente mencionar que los valores referenciales de un minuto de llamada varían para cada proyecto de ampliación pues las condiciones iniciales de capacidad del sistema son determinantes en la cantidad de equipos a adquirir.



CAPITULO I

ESTRUCTURA DE UNA RED CDMA

1.1 TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE

Las denominadas técnicas de acceso múltiple surgen de la necesidad de poder permitir a usuarios diferentes compartir un mismo medio físico de transmisión como el interfaz aire dentro del ámbito de las comunicaciones móviles. La idea básica que aparece en la definición de estas estrategias radica en la capacidad de separación que debe existir en el extremo receptor entre las señales provenientes de cada uno de los usuarios, para que puedan ser recuperadas de forma independiente y sin verse afectadas por las señales del resto. Dicho de otro modo, y matemáticamente hablando, es preciso que las señales transmitidas por los diferentes usuarios que comparten el mismo medio físico sean ortogonales entre sí, lo que garantiza su capacidad de separación [1].

La condición para que dos señales $v(t)$ y $w(t)$ sean ortogonales viene dada, en los dominios: temporal y frecuencial, por:

$$\int v(t) w(t) dt = \int V(f) W(f) df = 0$$

De esta definición se desprende que siempre que no exista solapamiento a nivel frecuencial o a nivel temporal entre dos señales, éstas serán ortogonales entre sí, pues esto implicaría que el integrando constituido por el producto de las dos señales en el dominio frecuencial o temporal sería nulo.

A partir del concepto de ortogonalidad surgen tres técnicas básicas de acceso múltiple, y que son las que a continuación se detallan:

1.1.1 Acceso múltiple por división en frecuencia (FDMA, Frequency Division Multiple Access)

El principio de esta técnica de acceso múltiple consiste en ortogonalizar las señales en banda base por medio de su traslación a bandas frecuenciales diferentes del espectro radioeléctrico, permitiéndose que los diferentes usuarios transmitan simultáneamente. En recepción, para separar la señal de un usuario de las del resto, basta con sintonizarse con la frecuencia empleada por el transmisor deseado y filtrar la señal recibida teniendo en cuenta su ancho de banda ocupado.

En la Figura 1.1 se muestra una representación gráfica de cómo diferentes usuarios comparten el medio de transmisión haciendo uso de la técnica de acceso FDMA. Como puede apreciarse, en un sistema de comunicaciones que disponga de un ancho de banda total de B_T Hz, y para un ancho de banda de la señal de cada usuario de B_c Hz, se puede dar cabida a un total de $K=B_T/B_c$ usuarios que transmiten simultáneamente. Cabe destacar la necesidad de que la separación entre las portadoras o frecuencias centrales de cada banda sea como mínimo igual al ancho de banda B_c de cada usuario, lo que garantiza la ortogonalidad entre todas las señales transmitidas.

Esta técnica de acceso ha sido ampliamente utilizada por los diferentes sistemas de radiocomunicaciones y, de hecho, todavía hoy cualquier sistema que emplee el espectro radioeléctrico conserva una cierta componente FDMA como mínimo a través de la asignación de bandas diferentes de dicho espectro para diferentes sistemas. Respecto de su relación con los sistemas de comunicaciones móviles, esta técnica fue la empleada por los sistemas denominados de primera generación, tales como NMT o AMPS, basados en modulaciones analógicas.

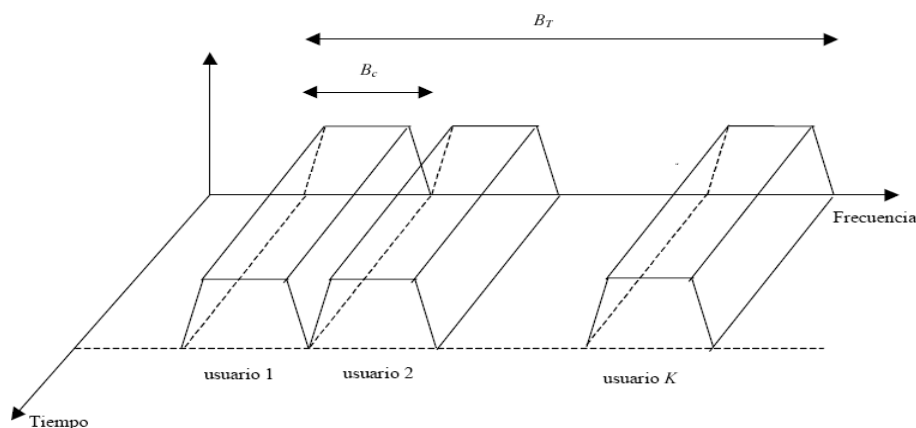


Figura 1. 1 Técnica de acceso múltiple FDMA [1]

1.1.2 Acceso múltiple por división en tiempo (TDMA, Time Division Multiple Access)

A diferencia de la técnica FDMA, el acceso TDMA permite a diferentes usuarios compartir una misma banda frecuencial a través de restringir la transmisión de cada uno a un cierto intervalo temporal denominado ranura (en inglés *time slot*). En consecuencia, en este caso la capacidad de separación entre señales en el receptor viene propiciada por la no existencia de solapamiento temporal.

Esta técnica de acceso aparece ligada habitualmente a una estructura de tramas repetidas periódicamente y cada una formada por un número de ranuras temporales, con lo que a cada usuario se le permitiría transmitir una vez cada trama. En cualquier caso, nótese que esta estrategia obliga a disponer de mecanismos apropiados de sincronización para que cualquier usuario conozca sin ambigüedad posible cual es el intervalo en el que puede transmitir. Igualmente, debe evitarse la posibilidad de que las señales de usuarios diferentes pudieran llegar a solaparse en un mismo intervalo temporal por ejemplo debido a los diferentes tiempos de propagación de cada uno, lo que se puede conseguir mediante mecanismos como el avance temporal definido en GSM.

La Figura 1.2 ilustra gráficamente cómo diferentes usuarios comparten el medio de transmisión según TDMA. Como puede observarse, para una trama de duración TF subdividida en ranuras temporales de duración T_s , el número de usuarios a los que se podrá dar cabida en el sistema en este caso es de $K=TF/T_s$, y cada vez que uno de ellos transmita hará uso de todo el ancho de banda asignado, BT .

Tradicionalmente, los esquemas de multiplexación basados en TDMA se han empleado para comunicaciones alámbricas, tales como la estructura de tramas MIC 30 + 2 (Modulación por Impulsos Codificados) utilizada por ejemplo para el transporte de señales vocales entre centrales de conmutación. Dentro del ámbito de las comunicaciones móviles, este esquema se utiliza por ejemplo dentro de los sistemas de segunda generación como GSM, en combinación con el esquema FDMA. En particular, en el sistema GSM se emplea un acceso FDMA con la existencia de 125 bandas frecuenciales de 200 Khz. cada una y un acceso TDMA en tanto que cada una de estas bandas presenta una estructura de tramas de 4.615 ms subdivididas en 8 ranuras temporales, lo que permite disponer de hasta 8 comunicaciones en cada portadora.

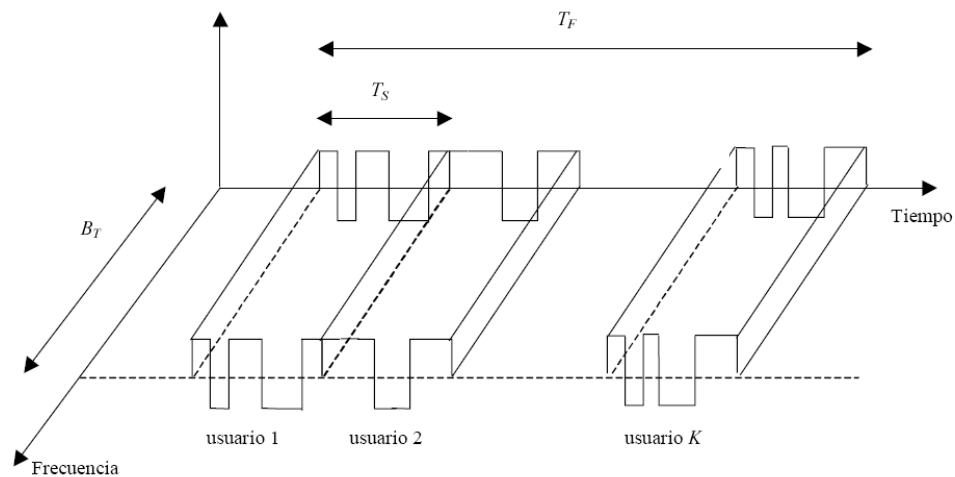


Figura 1.2 Técnica de acceso múltiple TDMA [1]

1.1.3 Acceso múltiple por división en código (CDMA, Code Division Multiple Access)

El modo de funcionamiento de este esquema de acceso consiste en ortogonalizar las señales de los diferentes usuarios mediante el empleo de secuencias código ortogonales entre sí, lo que permite a dichos usuarios el transmitir simultáneamente y emplear a su vez la misma banda frecuencial. En recepción, basta con conocer la secuencia código de cada usuario para conseguir separar cada una de las señales.

En la Figura 1.3 se muestra gráficamente cómo diferentes usuarios comparten el medio de transmisión según la técnica CDMA, y como puede apreciarse los usuarios emplean al mismo tiempo todo el ancho de banda disponible. En este caso, la limitación respecto del número máximo de usuarios que pueden tolerarse en el sistema no es tan clara como en los casos TDMA y FDMA, para los que existe un número fijo de canales disponible dado por el ancho de banda de cada canal, el ancho de banda total o la duración de la trama y de la ranura temporal. Por el contrario, en CDMA, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cuando se hace uso para separar las señales de los diferentes usuarios de códigos totalmente ortogonales entre sí, se dispone en general de familias de códigos bastante reducidas. De esta forma, puede existir una limitación en el número de usuarios motivada por el número total de códigos disponible.

- Sin embargo, muy habitualmente, y con objeto de disponer de un número de secuencias código mayor, no se emplean códigos que sean totalmente ortogonales sino que es suficiente con que tengan unas buenas propiedades de correlación. En este caso, las señales de los diferentes usuarios se pueden separar pero se mantiene un cierto nivel de interferencia residual que aumenta si se incrementa el número de usuarios transmitiendo

simultáneamente. Esto se traduce en una cierta probabilidad de error en la señal recuperada dependiente de los usuarios existentes en el sistema, por lo que el límite máximo de usuarios que pueden tolerarse dependerá directamente de la tasa de error que cada uno pueda tolerar. Así, no puede hablarse de un límite de capacidad rígido como en los casos TDMA y FDMA sino que existe una capacidad *manejeable* en tanto que se podrán aceptar más usuarios si sus requerimientos de tasa de error son menos exigentes.

En cualquier caso, esta última limitación no impide que, en ciertas circunstancias, especialmente dentro de la transmisión por paquetes, la limitación en cuanto a número de códigos, directamente traducida en número de receptores del sistema, también deba ser tenida en consideración.

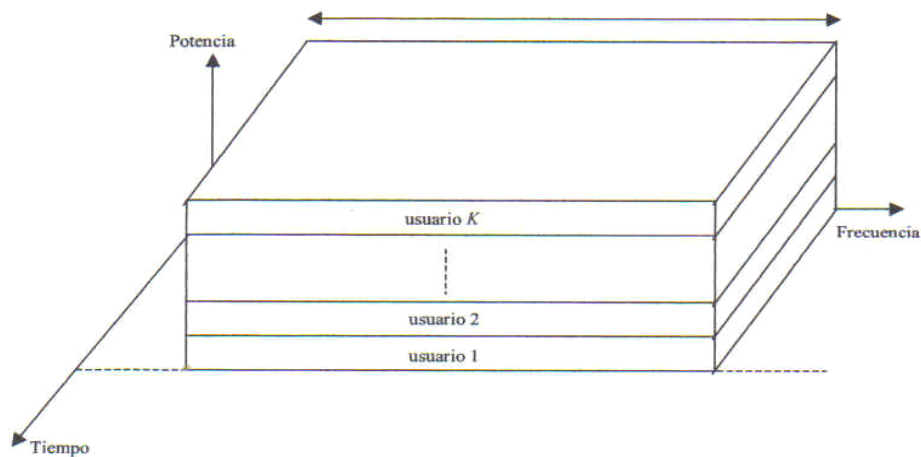


Figura 1.3 Técnica de acceso múltiple CDMA [1]

La técnica de acceso CDMA presenta su origen en las técnicas de espectro ensanchado que fueron desarrolladas en el ámbito militar como estrategia para proporcionar robustez frente a interferencias de banda estrecha y para llevar a cabo comunicaciones secretas gracias a la apariencia de ruido de las señales transmitidas. En los sistemas de comunicaciones móviles, ha sido utilizada en sistemas de segunda generación, como IS-95, pero son los sistemas de tercera generación los que harán un uso extensivo de este mecanismo.

Principios básicos de CDMA

La técnica de acceso múltiple CDMA se engloba dentro de las denominadas técnicas de espectro ensanchado, basadas en distribuir la potencia de la señal a transmitir a lo largo de una banda frecuencial mucho más grande de la estrictamente necesaria, lo que

se traduce en una densidad espectral de potencia que puede tomar valores inferiores incluso al ruido térmico. Esta característica propicia que las comunicaciones CDMA sean capaces de coexistir con otras transmisiones de banda estrecha sin verse afectadas por éstas.

Fundamentalmente existen dos técnicas para proporcionar el ensanchamiento espectral en CDMA, a saber:

- CDMA por Salto en Frecuencia (FH/CDMA, *Frequency Hopping CDMA*): consiste en efectuar la transmisión de la señal de información alternando la frecuencia portadora según una secuencia pseudo aleatoria de frecuencias diferentes conocida por el receptor. Esta característica dota a la transmisión de una diversidad inherente que permite que aún cuando la transmisión a una frecuencia pueda verse degradada por el canal no ocurra así para el resto de frecuencias. Uno de los inconvenientes que dificulta la puesta en práctica de esta estrategia radica en la necesidad de disponer de sintetizadores de frecuencias capaces de efectuar los cambios de frecuencia en tiempos muy inferiores al período de bit.

- CDMA por Secuencia Directa (DS/CDMA, *Direct Sequence CDMA*): en este caso el ensanchamiento espectral se produce por medio de la multiplicación de cada bit de información por una secuencia código diferente para cada usuario que presenta una variación mucho más rápida que la de la señal de información. En recepción basta con multiplicar nuevamente por la misma secuencia para devolver el espectro recibido a su forma original.

Dentro de las dos técnicas CDMA comentadas, es DS/CDMA la que constituye la base de funcionamiento de los sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación.

En el Anexo I se muestra conceptos adicionales referentes a esta tecnología.

1.2 ARQUITECTURA DE UNA RED CDMA

1.2.1 Estructura de la red CDMA

El siguiente diagrama muestra la estructura básica de una Red CDMA:

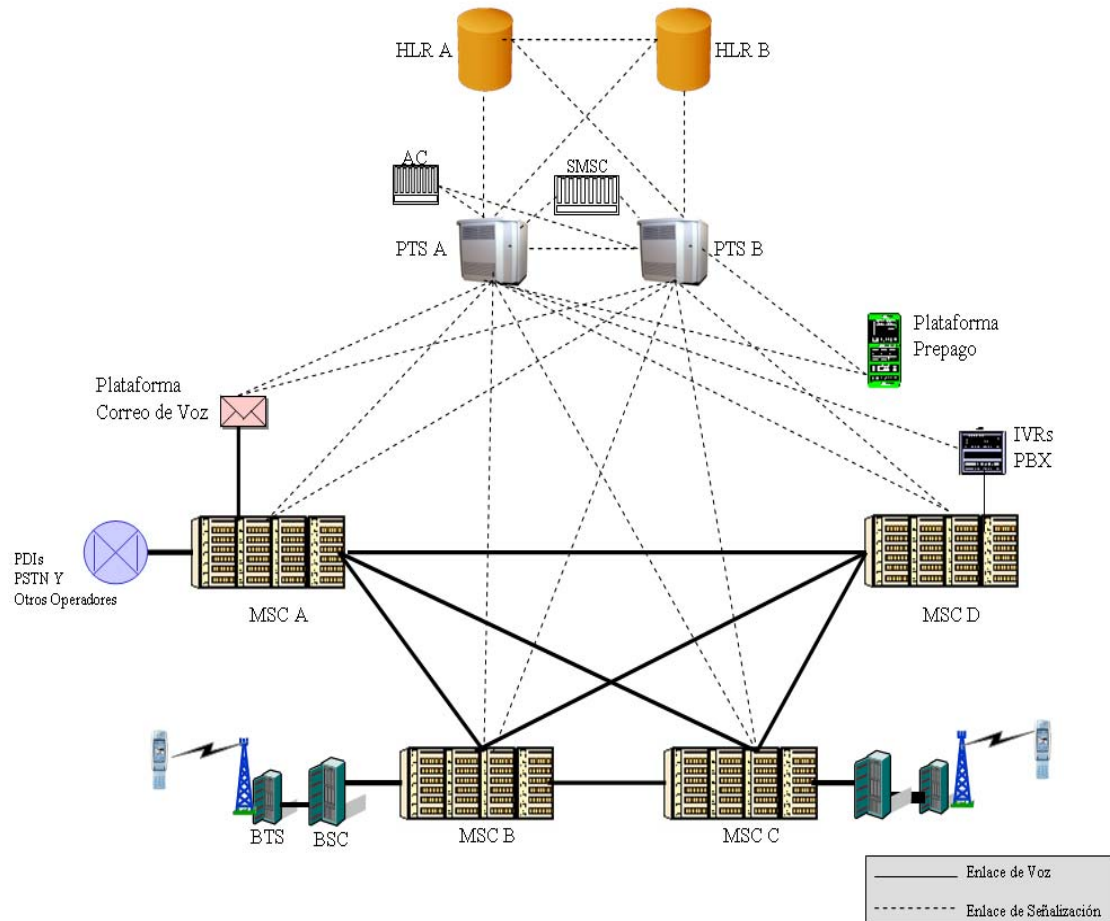


Figura 1.4 Estructura de una Red CDMA

En este capítulo se describirá la estructura y configuración de los principales elementos de una Red Celular CDMA, para tener un mejor enfoque de estos elementos se detallará el hardware y la función de cada una de las etapas que componen cada equipamiento.

1.2.1.1 MSC

Mobile-Service Switching Center (MSC), es el corazón de toda la red celular.

En el siguiente diagrama de bloques se muestra los principales componentes de una central de conmutación celular

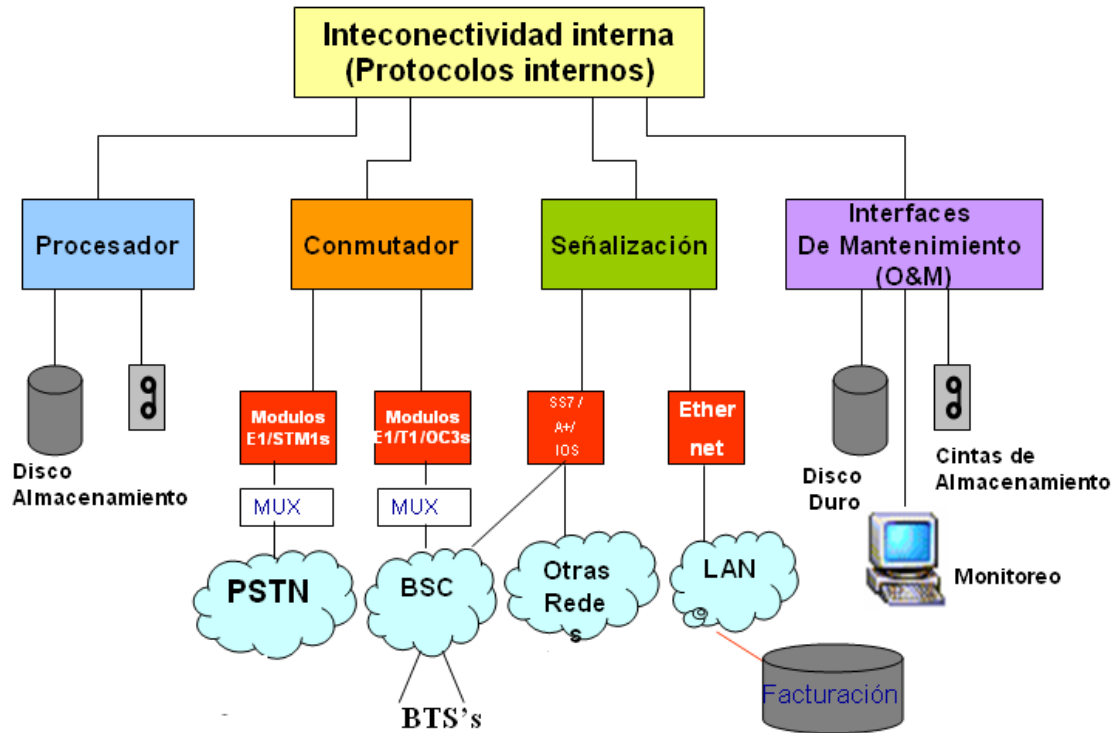


Figura 1.5 Diagrama de bloques de una central de conmutación

Breve descripción de los componentes:

Procesador: Encargado de realizar el procesamiento de llamadas. Es el Cerebro de la Central. La capacidad en procesamiento de intentos de llamadas simultáneas de una central depende de la capacidad que posea el procesador principal.

Por la vital importancia de este elemento en el sistema debe ser redundante, y se debe controlar estrictamente los valores de carga del procesador para que estén siempre por debajo del límite de ingeniería.

Es conveniente que el fabricante indique cuáles son los principales indicadores que determinan el correcto funcionamiento de este equipo.

Cuenta con discos de almacenamiento interno en donde se guardan los procedimientos/rutinas que se ejecutan en la central.

Las cintas extraíbles son para realizar back up físicos de las configuraciones y registros almacenados en central. Este proceso es rutinario y generalmente, según la importancia de la información almacenada se debe realizar diariamente.

Conmutador: Encargado de realizar el traspaso de llamadas entre canales, una un canal de entrada con otro de salida según se determine en la matriz de conmutación y el proceso de traslaciones.

La Matriz digital de conmutación generalmente está organizada en una configuración de tres etapas de conmutación espacio–tiempo–espacio.

Cada componente de la matriz está duplicado para proporcionar una redundancia de 2N para los elementos de control y de conmutación.

Cada canal acepta datos o información con codificación PCM. Los datos están en un formato de 8 bits y se transportan a una tasa de 64 Kbps.

Una central siempre posee un generador de temporización del sistema que suministra las señales de reloj PCM y los impulsos de selección de cuadros de datos de 8 Khz. a la matriz digital de conmutación. La matriz suministra directamente la capacidad de distribución de las señales de reloj PCM a los subsistemas de enlaces troncales y circuitos de dispositivos.

Señalización: Para comunicarse con otras redes es necesario primero tener una ruta de señalización que es la fase inicial de una comunicación telefónica. Estas rutas están regidas por protocolos.

Cada central cuenta con módulos especializados encargados de la señalización tanto para comunicarse con otras redes internas/externas (SS7, IS-41, ISUP/SS7) como para comunicarse con los controladores digitales propios (IS-634, IOS V4)

Interfases: Se tiene diferentes módulos, entre los principales:

Discos de almacenamiento: Usados para guardar procedimientos, rutinas, parámetros e indicadores de operación y mantenimiento para cada uno de los módulos de la central, así como alarmas y CDRs en caso la transmisión en línea de éstos se detenga por algún problema.

Módulos para brindar locuciones: Sirve para almacenar locuciones requeridas por el operador tales como: número no existe, red congestionada, restricciones a ciertas llamadas para un perfil determinado de usuario, abonado sin saldo, promociones varias, etc.

Pantallas para monitoreo y ejecución de procedimientos: Usadas generalmente cuando la conexión remota presente fallas, así también algunos procedimientos

críticos que pudieran causar pérdida de servicio son ejecutados desde estas interfases.

Equipamiento para prueba de canales de voz por lo que se debe tener una rutina para pruebas de calidad de audio.

Interfase para envío de CDRs: cada vez que se generan llamadas la central guarda registros detallados de llamadas (CDRs) que son almacenados y transferidos a través de una conexión ethernet, mediante protocolos tales como: ftp, aft (automatic file transfer).

Multiplexores: No es precisamente una parte de una central de conmutación, esta más orientado a la parte del medio de transmisión, estos equipos son utilizados con centrales que tiene interfases ópticas como: STM1, STM4, STM16, OC3, para poder desmultiplexarlos a nivel E1/T1. Las centrales que poseen interfaces ópticas de transmisión reducen en gran medida la cantidad de bastidores con interfaces de interconexión y por ende el consumo de energía y espacio requeridos en una sala celular, así como la cantidad de cableado requerido.

Estos equipos en sus interfases STM1 / OC3 necesariamente deben tener redundancia a nivel de tarjetas y a nivel de medio de transmisión (fibra óptica) debido a la alta concentración de enlaces de 2MB que poseen.

Conexiones interna: Para que los diferentes módulos de la central puedan conversar requieren de equipamiento y protocolos que en muchos de los casos son propietario de cada fabricante. La unidad de procesamiento generalmente posee una interfase de mensajería que a través de buses se comunica con el resto de los módulos de la central.

Las funciones genéricas que una central cumple son:

- Interconexión con otras centrales de la misma red o redes externas.
- Conexión de voz con las diferentes Plataformas de la red (Correo, Prepago, IVR's, Centralitas, etc.)
- Conexiones de señalización hacia los STP's y punto de paso para los envíos de SMS.
- Reconocimiento de Puntos de Códigos (DPC) de otras centrales y plataformas con las que tiene comunicación. Estos puntos deben estar reconocidos en los STP's y en el HLR debe estar declarado los tipos de subsistema de la plataforma remota.
- Señalización y sincronización entre las diversas interfases.

- Registración del abonado, la data presente en el VLR sólo se encuentra mientras el abonado se encuentre registrado en la central.
- Administración del Procesamiento de llamada.
- Determinación y ejecución de enrutamientos para los diferentes perfiles de abonados que existen en una red celular.
- Búsqueda de abonado B (Paging).
- Reubicación dinámica de recursos.
- Control y administración del handover.
- Generación y envío de CDRs a recolector informático para posterior procesamiento y facturación.
- Operación de control echo cancelar (EC), algunas centrales no la usan.
- Generación y envío de alarmas al Centro de Gestión.
- Generación y envío de parámetros de calidad.

En las siguientes líneas se detalla la estructura del equipamiento de una Central de Conmutación CDMA Comercial (Fabricante: NORTEL NETWORKS), se eligió este fabricante por ser uno de los líderes en ésta tecnología.

Descripción General

- DMS es la línea de producto de **Nortel Networks** que sirve como un conmutador (switch) digital que puede cumplir funciones de central de telefonía fija local/internacional, telefonía celular u otras aplicaciones especiales [2].
 - DMS significa **D**igital **M**ultiplex **S**ystem.
- Dentro de la familia de switches DMS, a los que se les utiliza para el mercado de telefonía celular o wireless se les denomina: DMS-MTX.
 - MXT significa **M**obile **T**elephone **eX**change.

Diagrama Funcional:

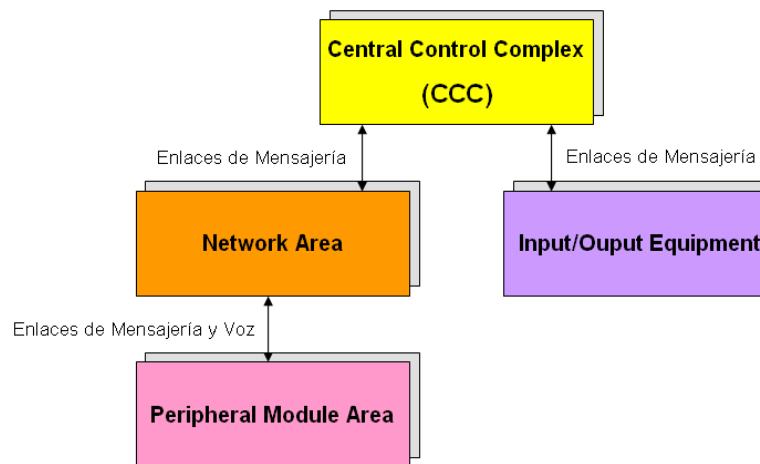


Figura 1. 6 Diagrama de bloques funcional de una central NORTEL DMS MTX

Diagrama de Bloques de una Central Celular MTX

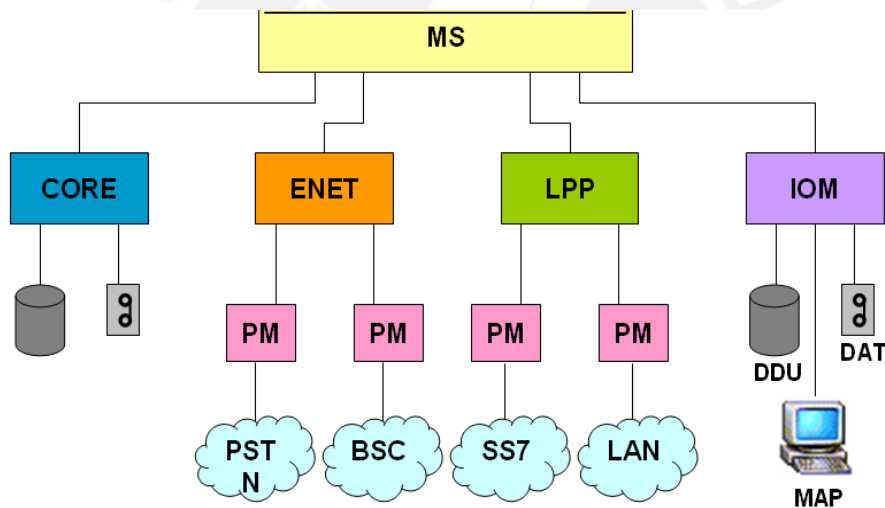


Figura 1. 7 Diagrama de bloques de una central NORTEL DMS MTX

- MS:** Message Switch
- ENET:** Enhanced Network
- LPP:** Link Peripheral Processor
- DDU:** Disk Drive Unit
- IOM:** Input/Output Module
- PM:** Peripheral Module
- MAP:** Maintenance & Administration Position
- DAT:** Digital Audio Tape

CORE (Procesador Principal)

El **CORE** puede usar 2 tipos de configuraciones según sea el requerimiento de procesamiento de la central DMS [3]:

- **CORE = Computing Module (CM) + System Load Module (SLM)**
- **CORE = XA-Core (eXtended Architecture Core)**

CM/SLM Core:

- Procesamiento en modo ACT / STBY.
- Utiliza microprocesadores Motorola con arquitectura BRISC.
- Redundancia 1+1.

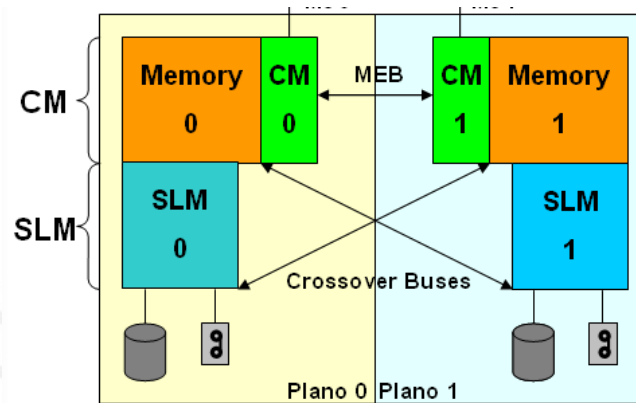


Figura 1.8 Diagrama de CORE tipo CM/SLM (Fuente: Nortel Networks)

MEB: Mate Exchange Bus (interfase de comunicación)
CM: Computing Module (Procesador)
SLM: System Load Module (Memoria)

XA-Core:

- Procesamiento paralelo.
- Utiliza microprocesadores con tecnología Power PC.
- Redundancia N+M. (Generalmente N =3 y M =1)

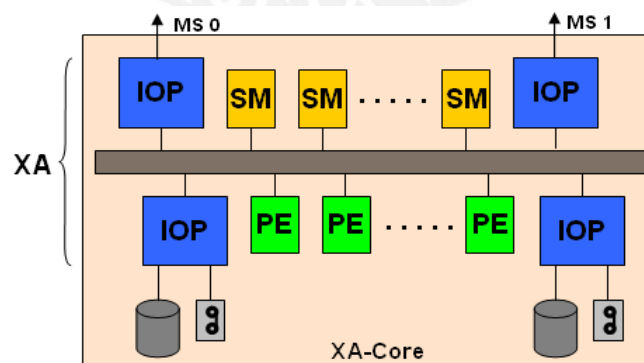


Figura 1.9 Diagrama de CORE tipo XA-Core (Fuente: Nortel Networks)

PE: Procesor Element (La capacidad de intentos en esta central se incrementa aumentando el número de PE's)
SM: Shared Memory
IOP: Input/Output Processor

Descripción de Bastidor (XA-CORE / MS)

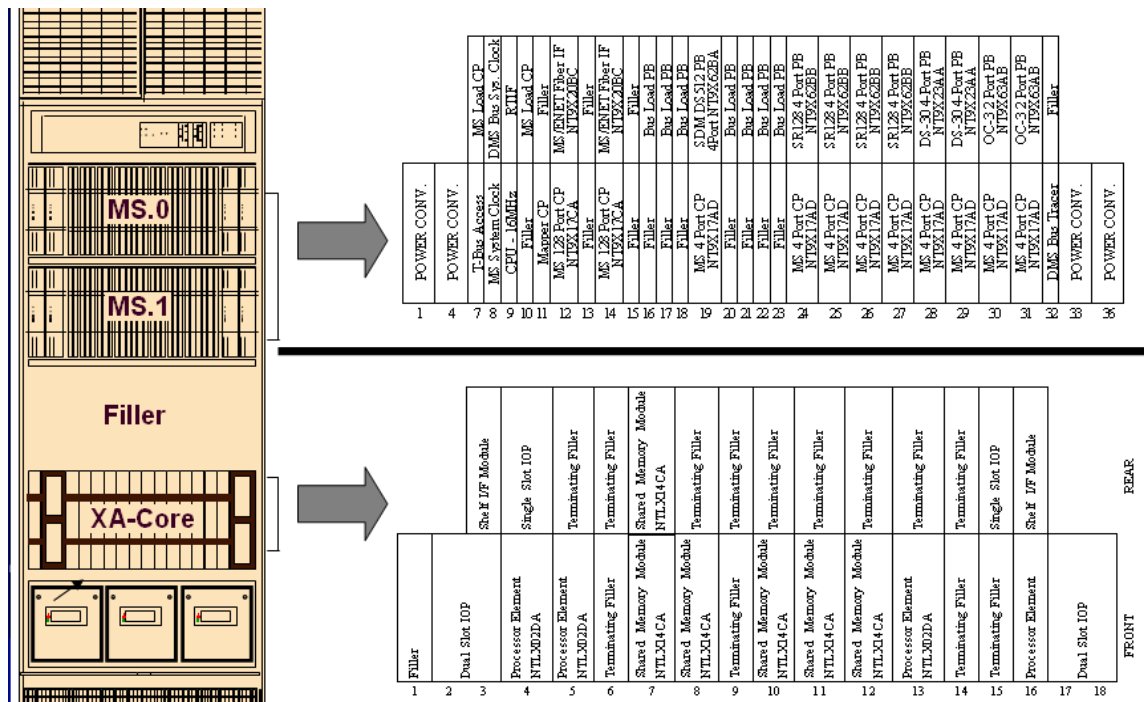


Figura 1. 10 Diagrama de tarjetearía de XA-CORE (Fuente: Nortel Networks)

ENET

Posee capacidad en cada bastidor de 32 000 conexiones. Tiene redundancia de plano 2N

Principales tarjetas:

- Crosspoint (Código NT9X35BA) estas tarjetas conforman la matriz de conmutación.
- Xpoint (Código NT9X35CA) conforman las interfaces hacia los buses de comunicación.
- DS 512 (Código NT9X40BB) es la interfase hacia el MS
- HCS (Código NT9X40DA) es la interfase hacia los módulos periféricos con interfase E1/T1

Descripción de tarjetas en bastidor ENET (Cada gabinete contiene el mismo tipo y cantidad de tarjetas):



Figura 1. 11 Diagrama de tarjetas en bastidor ENET (Fuente: Nortel Networks)

El siguiente esquema muestra como se conectan las ‘tarjetas’ de la parte frontal con las de la parte posterior a través de un backplane.

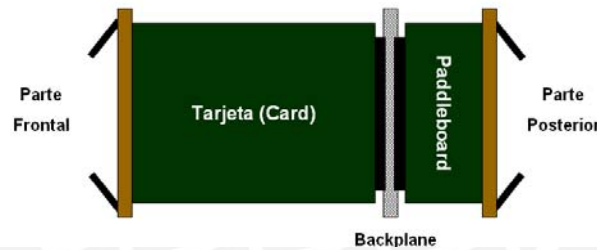
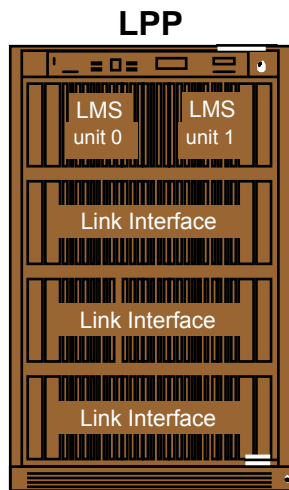


Figura 1. 12 Tarjeta Paddleboard (Fuente: Nortel Networks)

LPP

El LPP (Link Peripheral Processor) es la interfase de señalización de la central celular hacia el exterior.



LMS interconecta el LPP con el resto de la central MTX LPP es equipado con 3 gabinetes de interfase de enlaces

Cada LIS es equipado hasta con 12 Unidades de aplicaciones especificas (ASU) como son: LIU7, NIU, EIU, CAU, CIU, RMU.

LPP es usado para aplicaciones de señalización :

- LIU7 (message processing for SS7 signaling link)
- NIU (conecta la LIU7 a la ENET a través del LMS)
- EIU (Enlaces de mensajes Ethernet)
- CAVU (Enlace de autenticação)

Figura 1. 13 Bastidor LPP (Fuente: Nortel Networks)

PM – SPM

El SPM (Spectrum Peripheral Module) es la Interfase E1/STM1 para interconexión con otras centrales.

Según la interfase E1/T1 existen 2 Tipos de SPMs:

- Un SPM STM-1 que tiene la capacidad de manejar 63 E1s (63*32= 2016 Canales)
- Un SPM OC-3 que tiene la capacidad de manejar 84 T1s (84*24= 2016 Canales), este tipo de SPM es usado para la conexión con BSC que sólo maneja interfase T1.

Nota: Sólo cambia Software, el Hardware es el mismo.

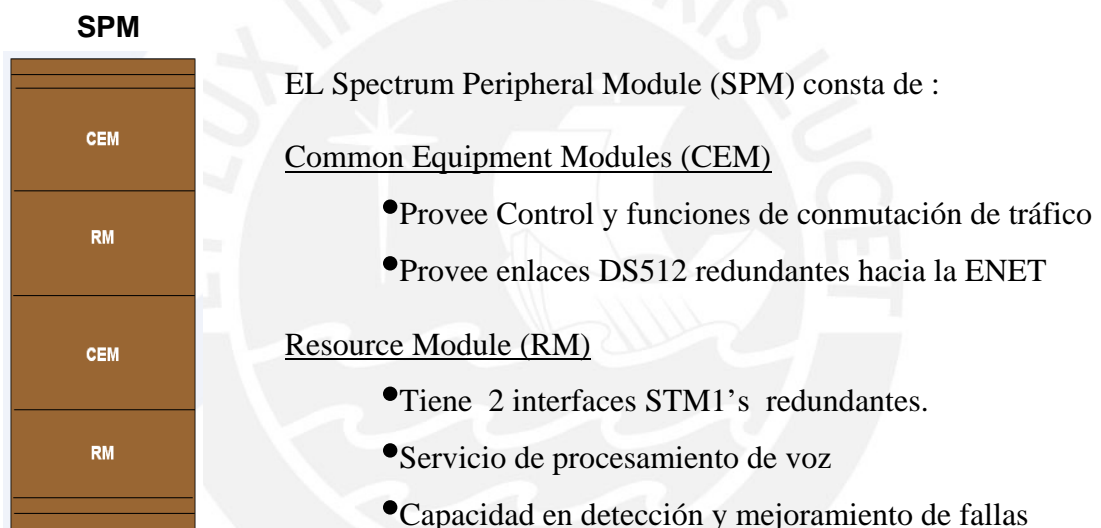


Figura 1. 14 Bastidor SPM (Fuente: Nortel Networks)

El siguiente diagrama muestra como se interconecta los SPMs con la parte externa de la central (Multiplexor) y la parte interna a la Central (ENET) notándose claramente que es un módulo periférico con funciones específicas.

En el Anexo II se muestra como se realiza el encaminamiento de llamada mostrando las principales funciones de cada elemento de una central.

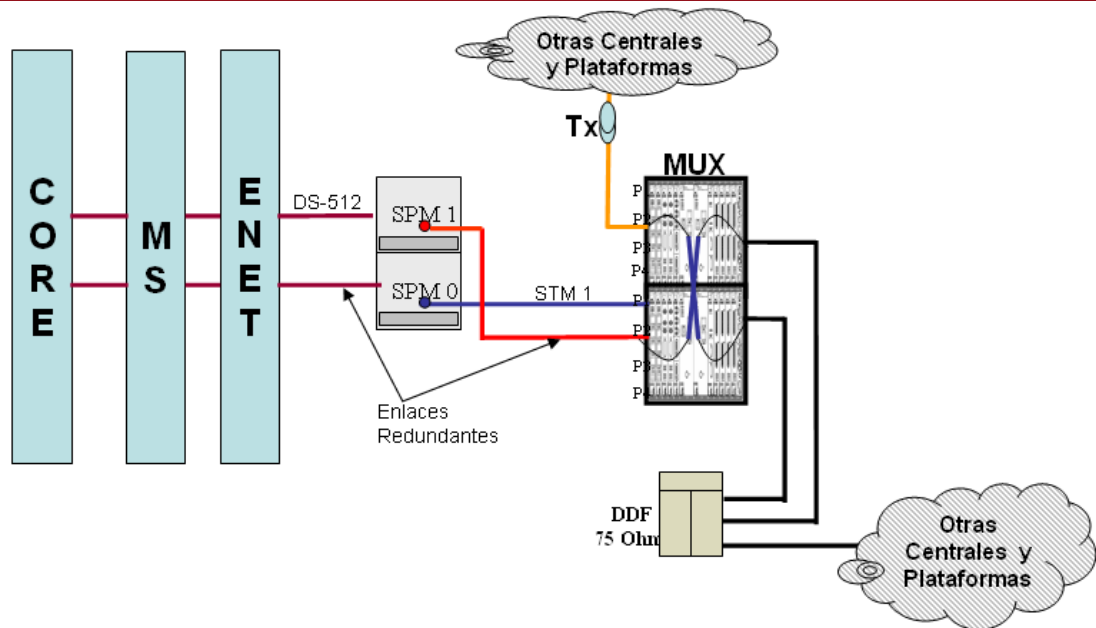


Figura 1. 15 Esquema de interconexión externa e interna del SPM

1.2.1.2 Multiplexor

Se describirá el Equipo OPTERA METRO modelo 4150 de Nortel Networks [4]. Este equipo cuenta con tarjetas de tipo:

- STM 1 (Cada Tarjeta contiene 4 puertos STM 1's)
- E1 (Cada tarjeta maneja 32 puertos E1)
- STM 4 (Cada Tarjeta contiene 2 puertos STM 4's)

Las Tarjetas STM 1 (Slot 1 y slot 2) son redundantes entre si.

Las Tarjetas STM 4 (Slot 6 y slot 8) son redundantes entre si.

Las Tarjetas E1s no poseen redundancia.

Para la ampliación de capacidad este módulo puede conectarse en anillo con otro módulo de las mismas características a través de los puertos STM-4, de esta manera puertos E1's de un módulo pueden conectarse lógicamente a puertos STM1s del otro módulo (usando el anillo).

Cuenta con una interfase (Ethernet) para gestión remota controlada por un servidor llamado EC -1, mediante el cual se puede concentrar la administración de diferentes módulos ubicados en distintas salas celulares.

Este equipo puede generar diversos tipos de alarma e indicadores que son enviados al centro de gestión.

A través de este servidor se puede realizar el back-up de cada uno de los módulos.

El siguiente gráfico es una fotografía a un modulo multiplexor:

OPTERA 4150

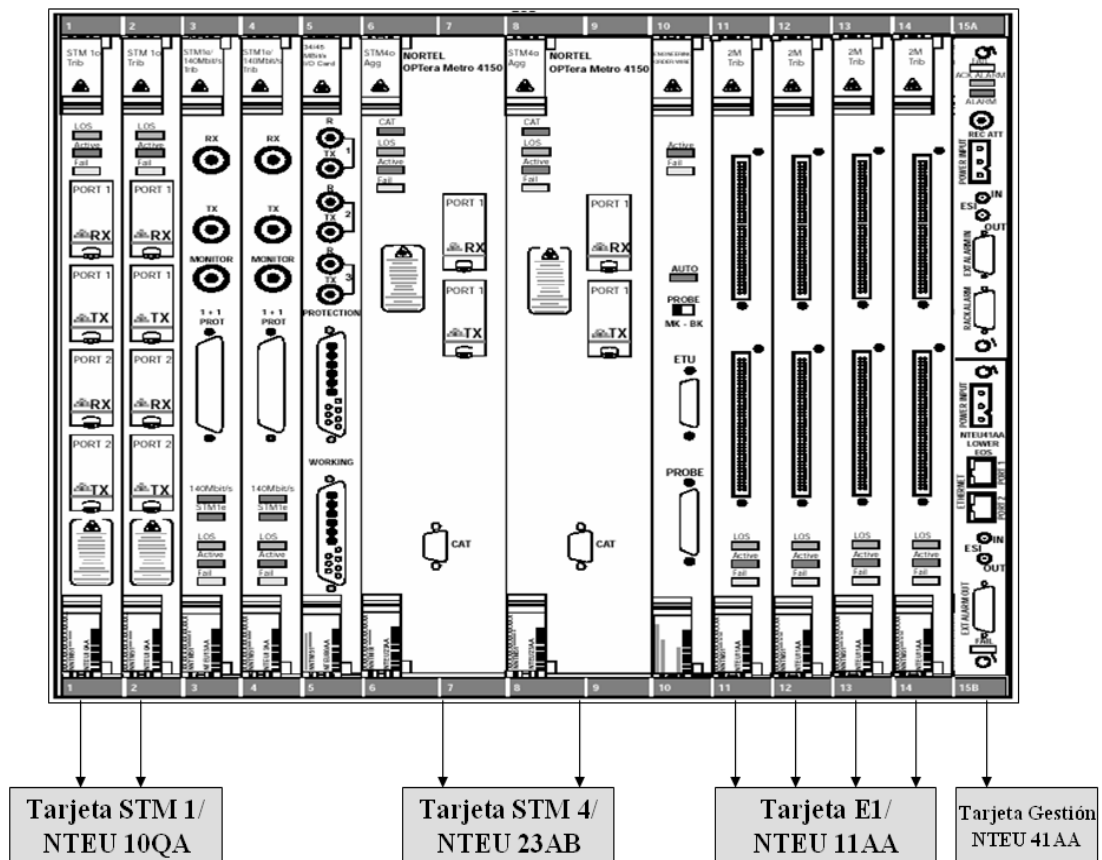


Figura 1. 16 OPTERA METRO 4150 – (Fuente: Nortel Networks)

1.1.3.1 HLR

Servidores con alta disponibilidad, fiabilidad (redundancia) y capacidad para almacenar información de abonados.

Se describirá la estructura básica de un HLR HP-Compaq, por tener este proveedor, una gran presencia en operadores en temas relacionados a base de datos, así mismo se mostrará la escalabilidad que soporta [5]:

- De 2 – 16 CPUs
- De 256 MB a 1 GB de Memoria por CPU
- De 128 MB a 8 GB de Disco Duro
- De 2- 128 links SS7
- De 75 k – 4000 k abonados

El siguiente diagrama muestra las interfaces del HLR hacia:

- El sistema comercial para el aprovisionamiento / cambios de perfil de abonados a través de comandos ejecutados por operarios (que también pueden ser ordenes automáticas “OAs”)
- Hacia la MSC/VLR a través de los PTS con mensajes IS-41

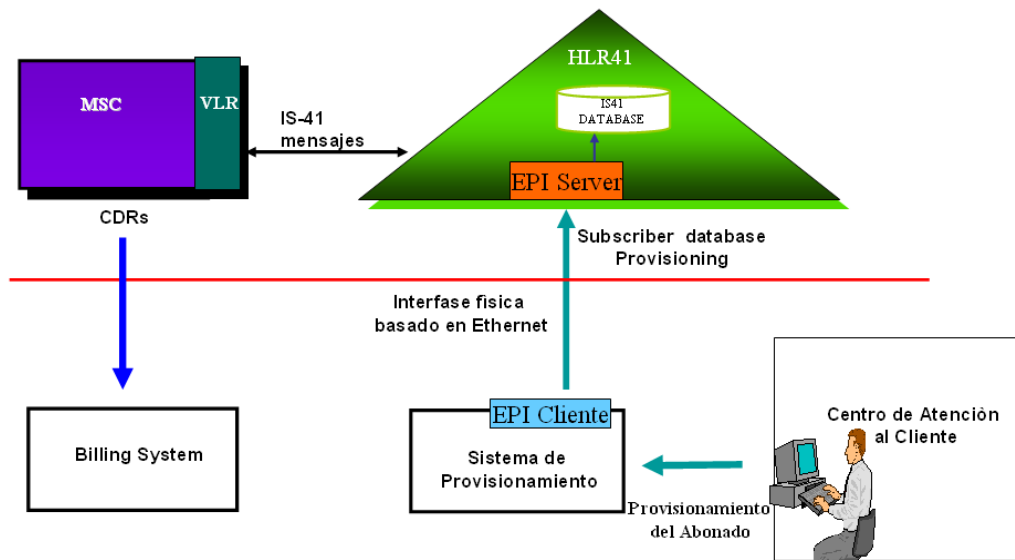


Figura 1. 17 Diagrama de interfaces de HLR

Características de configuración en HLR:

- Redundancia Física, servidores en diferentes ubicaciones geográficas.
- Sincronización automática después de una falla en la red o en uno de los servidores del HLR.
- La sincronización del reloj es provista en ambos nodos.

Características funcionales en HLR:

- Ambos servidores manejan la misma información, cualquier cambio en un servidor es replicado en el otro servidor.
- En caso de falla en uno de los HLRs o enlaces, los STP`s enrutarán todo el tráfico al HLR activo, esto se realiza de forma automática.

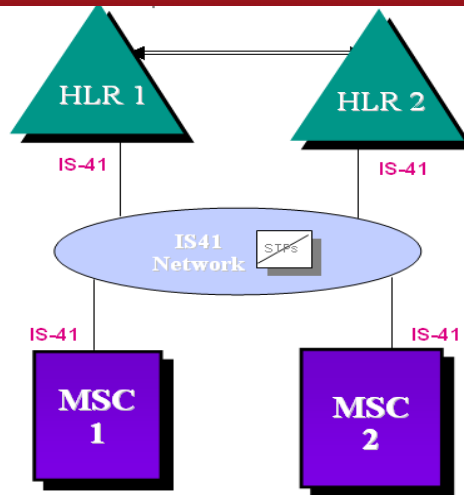


Figura 1. 18 Diagrama de conexión de HLR con MSC (Redundancia)

1.1.3.2 BSC (Base Station Controler)

La BSC tiene por un lado conectado a las BTS y por el otro a la MSC.

Las siguientes son sus principales funciones:

- Básico control de llamadas.
- Asignación de canal de radio.
- Determinación de conexiones.
- Punto de control para operaciones de handoff.
- Manejo de la potencia de las BTS.
- Sincronización en tiempo y frecuencia a las BTS.
- Realiza concentración del tráfico para reducir el número de enlaces desde la BSC a la MSC y las BTS.
- Colección de data para registros de llamadas y medición de rendimiento.
- Provee la interfase para las Operaciones y Manejo de la BSS.

Se describirá los componentes y funciones del equipo BSC de Nortel Networks [6], para tener una mejor comprensión, pues cada uno de sus elementos se conecta a la central del mismo proveedor ya descrita.

El siguiente esquema muestra todos los bastidores que conforman el equipo BSC:

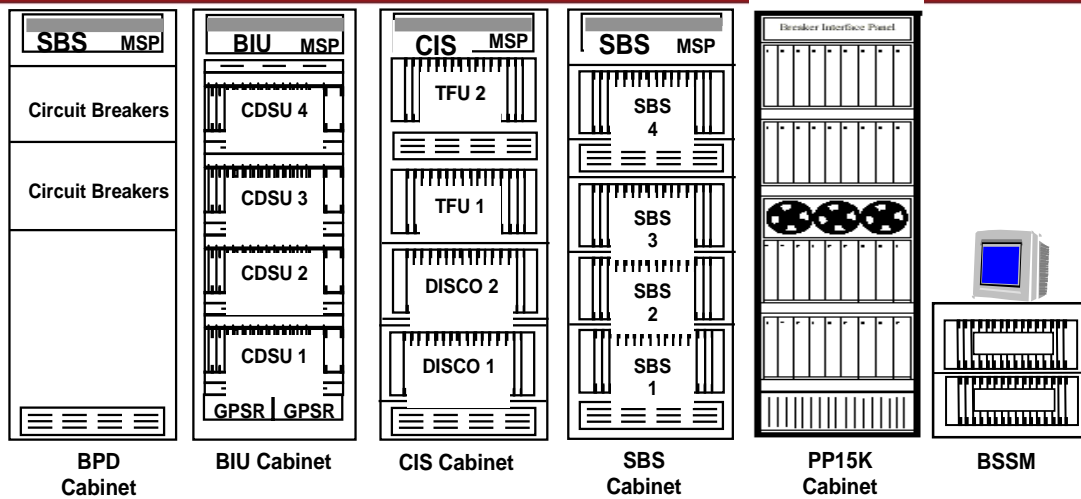


Figura 1. 19 Diagrama de BSC - (Fuente: Nortel Networks)

CIS (CDMA Interconnect Subsystem)

Tiene la función proveer conectividad de tráfico y control desde la DMS-MTX hacia las BTS.

Los Subsistemas que incluye son:

- o **DISCO** (Distribution and Consolidation Unit)

Es el elemento que controla los diferentes niveles de interconectividad de todos los elementos del sistema a través de un protocolo propietario BCN (Base Station Communication Network); otra función que posee es el de temporizar los demás subsistemas del BSC.

- o **TFU** (Timing Frequency Unit)

Los gabinetes TFU proveen: referencia de sincronismo, señales de temporización, hora exacta del día.

Contiene las siguientes interfaces: receptor de GPS (GPSR), referencia de reloj y frecuencia, una tarjeta de alarmas y una interfase de potencia.

SBS (Selector Bank Subsystem)

El SBS provee la funcionalidad de seleccionar Vocoders.

Los SBS y las BTS están interconectadas a través del CIU mediante los enlaces de señalización.

Para comunicarse con la MTX se establece enlaces a través del CDSU (en el bastidor BIU), por donde se transfiere datos de señalización, también provee la interfase para llevar tráfico de voz hacia/desde la MTX.

Posee unas tarjetas ESEL que tienen cargado el software para cancelación de eco y soporta los tipos de Vocoders de 8 y 13 Kbps.

Tiene en su base de datos todos los pilotos por sector de todas las BTSs configuradas en el BSC. (PDB: Pilot Data Base)

Tiene la capacidad de seleccionar el tipo de servicio, como puede ser: voz, circuitos de datos, paquete de datos, SMS y llamadas de prueba.

Cada gabinete de SBS puede manejar hasta 192 llamadas de voz simultáneas, vale decir que posee esta misma cantidad de canales.

BIU (Backhaul Interface Unit)

Sus principales componentes son:

- **GPSR Gabinete**

Se ubica en uno de los gabinetes del bastidor BIU y opera a 1.57542 GHz. Con una seguridad de 100nsec. El GPSR puede activarse automáticamente si la sincronización del GPS se pierde.

- **Channel Service Unit / Data Service Unit (CDSU)**

Actúa como un conversor de protocolos entre el nivel físico de T1/E1 al nivel RS-422. Se conecta directamente con los enlaces provenientes de las estaciones bases.

El CDSU asegura que el enlace E1/T1 envíe y reciba una señal de alta calidad, comprobando si hay conformidad de la señal recibida según los estándares E1/T1 que depende del tipo de línea de codificación que es utilizada. Controla la potencia de cada celda. Cada tarjeta de CDSU soporta 2 T1's ó 2 E1's.

BPD (BSC Power Distribution)

La energía se distribuye al BSC a través de un bastidor centralizado que es el BPD.

BSSM (Base Station Subsystems Manager)

Su función es de administración del sistema, desde sus terminales, como interfase de operador, se ejecutan procedimientos de mantenimiento y operación.

Tiene mecanismos para almacenar diversos archivos con información de parámetros de calidad del sistema.

1.1.3.3 STP (Signalling Transfer Point)

Son conmutadores de paquetes que se encargan del tráfico de señalización de la red, actúan como concentradores de la red al enrutar cada mensaje que llega a un enlace de señalización de salida basándose en la información de enrutamiento contenida en el mensaje.

1.1.3.4 Plataforma Prepago

La configuración característica y básica de una plataforma prepago es:

- Una Base de datos conformada por 2 servidores redundantes (Por ejemplo: una activa y la otra standby) y de gran capacidad para el almacenamiento de todos los perfiles de los usuarios prepago de una red. También tiene la función de validar y activar los códigos de tarjetas para la recarga de saldos
- Un módulo de señalización para poder integrarse con la red celular (tráfico de mensajería de señalización), debe poseer enlaces redundantes hacia los STP's.
- Un módulo de control para la administración de la llamada (Call Control), este actuará con la central en la administración de la llamada, como el manejo de la asignación de circuito en la llamada. También se encarga de establecer una comunicación de la base de datos con los módulos IVR en el caso de consultas de saldo y tiene una conexión con el sistema informático.
- Un módulo de locuciones (IVR), donde se tiene grabado locuciones características del operador para los casos de consulta y recarga de saldo así como locuciones publicitarias del operador.

En la figura 3.8 del capítulo III, se muestra un esquema de configuración de una plataforma prepago y su integración a una red celular.

CAPITULO II

PARAMETROS DE DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED CELULAR

El problema básico del tráfico telefónico es el dimensionamiento del sistema-red celular, en lo que respecta a la cantidad de equipos necesarios para cursar las llamadas ofrecidas, de manera económica y dentro de los patrones de calidad de servicio aceptables desde el punto de vista de los usuarios.

Este problema sería de fácil solución si las llamadas surgieran de manera ordenada y tuviese duración constante. Pero esto no ocurre en la práctica ya que las necesidades de comunicación de las personas así como la duración de las mismas están sujetas a fluctuaciones aleatorias.

En etapas de evaluación de proyectos que involucren crecimientos de tráfico y/o cambios en la estructura de la red, destacan las labores de 2 áreas dentro de la estructura de un operador: El área de planificación/ingeniería y el área de Comercial/Marketing.

El área de planificación/ingeniería de un operador se encarga de realizar los estudios correspondientes al dimensionamiento de cada uno de los equipos que sufrirán incrementos/decrementos de tráfico ante cualquier cambio que se de en la estructura de la red celular.

El área Comercial/Marketing de un operador se encarga de dar estimaciones de incrementos/decrementos de tráfico debido a campañas comerciales e implementación de nuevos proyectos referidos a un determinado periodo.

Los principales conceptos / parámetros que se deben considerar en el dimensionamiento de una red celular son:

1. Comportamiento del abonado.
2. Variaciones del tráfico telefónico.
3. Conceptos de tráfico telefónico – unidades de medida – parámetros.

4. Cantidad de usuarios en la red.
5. Determinación de Factor Minutos Mensuales – Erlangs en HMM (HCD)
6. Determinación de traslaciones/enrutamientos según OI
7. Tipos de usuarios según perfiles de planes comerciales y uso de recursos del sistema
8. Intentos de llamadas en Hora Cagada (BHCA)
9. Relación BHCA – Tráfico Erlangs.
10. Cantidad de puertos en equipos para interconexión
11. Enlaces de señalización

2.1 COMPORTAMIENTO DEL ABONADO

Cuando un abonado del sistema telefónico trata de establecer una conexión (llamada telefónica) con otro abonado, pueden ocurrir uno de los siguientes eventos:

- a. La conexión se completa (Resulta en conversación)
- b. El abonado llamado no responde. (Si abonado B tiene el feature CFNA activado se deriva a casilla de voz)
- c. La línea llamada esta ocupada. (Si abonado B tiene el feature CFB activado se deriva a casilla de voz)
- d. La llamada encuentra una situación de congestión (En acceso a radio-canales y/o en grupos troncales de interconexión de central)
- e. Falla en el sistema telefónico (A esta llamada se le da un tratamiento hacia una locución)
- f. Error del abonado llamante.

Los 5 últimos casos, además de impedir que la llamada sea completada, conducen al abonado llamante a optar por unas de las siguientes alternativas.

- a. Permanece en el sistema (repite la llamada sucesivas veces) – “Fenómeno de Avalancha” en la cantidad de intentos originantes de llamadas.
- b. Sale del sistema (Ya no realiza más intentos de llamada)

El siguiente esquema ilustra los eventos posibles para cada intento de llamada.

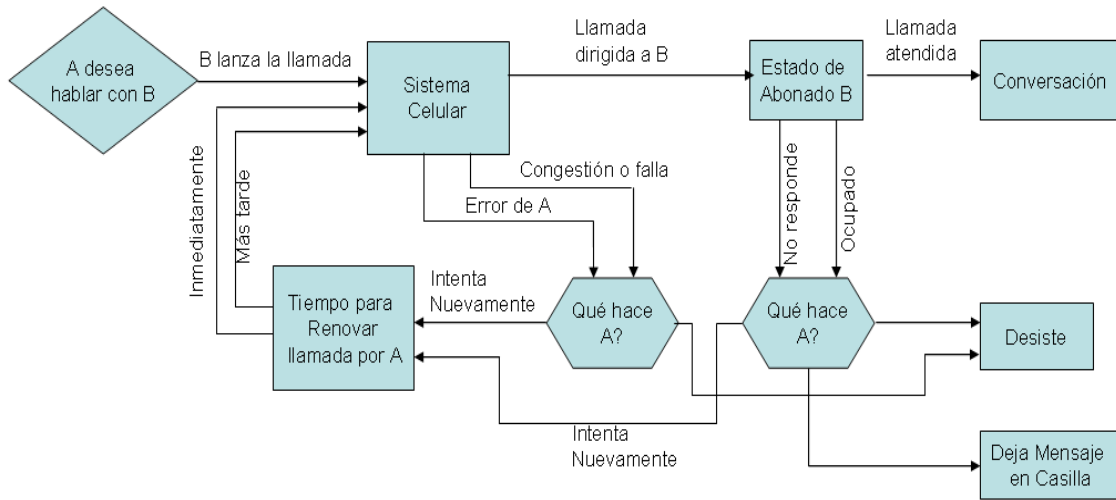


Figura 2.1 Diagrama de eventos posibles para cada intento de llamada telefónica

Como puede observarse en la figura 2.1 los intentos de llamadas repetidas representan un aumento de tráfico y como consecuencia un aumento en la tasa de pérdida y en determinadas horas este fenómeno puede causar sobrecarga en algunos elementos de la MSC que pueden hacer colapsar a gran parte de la Red. Es conveniente que se conozca los elementos críticos del sistema de la MSC y de los mecanismos de Control de Sobrecarga.

La siguiente gráfica muestra el comportamiento de un abonado que reintenta llamar al no encontrar respuesta en el sistema (Intentos de llamadas vs. Segundos):

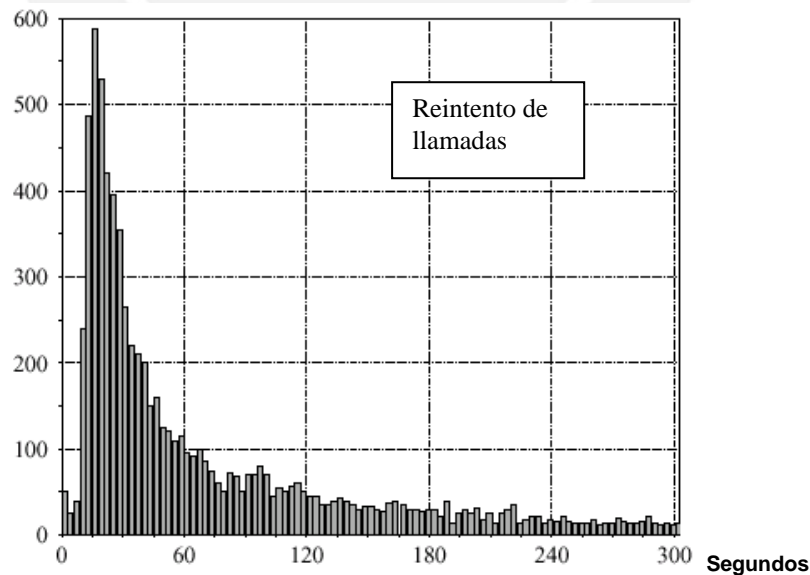


Figura 2.2 Número de reintentos de llamadas [7] (“Efecto Avalancha”)

2.2 VARIACIONES DEL TRAFICO TELEFONICO

El tráfico telefónico varía de un periodo a otro de manera no uniforme; de acuerdo con las necesidades de los usuarios las variaciones ocurren de estación a estación, de mes a mes, de día a día, de hora a hora, etc. [7]

Las causas de esas variaciones son varias dentro de las cuales podemos resaltar las siguientes:

- Actividades periódicas en determinadas regiones o localidades.
- Feriados y días festivos tales como: Día de San Valentín, Navidad, Año Nuevo, Día de la Madre, Día de la Canción Criolla, etc.
- El comportamiento del usuario según campañas u ofertas del operador en determinados periodos de tiempo.

Las principales variaciones del tráfico telefónico se describen a continuación:

2.2.1 Variaciones Estacionales

En la mayoría de las localidades o regiones el periodo que representa más alto tráfico ocurre en una determinada estación del año o a causa de algún evento público.

En la Figura 2.3 se muestra una variación típica del tráfico cursado durante la hora de más alto tráfico en cada semana del año. En este ejemplo la estación de más alto tráfico se extiende de Octubre a Diciembre.

La estación de más alto tráfico es diferente para diferentes regiones, variando en magnitud y duración. Esta variación normalmente depende de las actividades económicas desentruvadas en la región (agricultura, industrias, turismo, etc.)

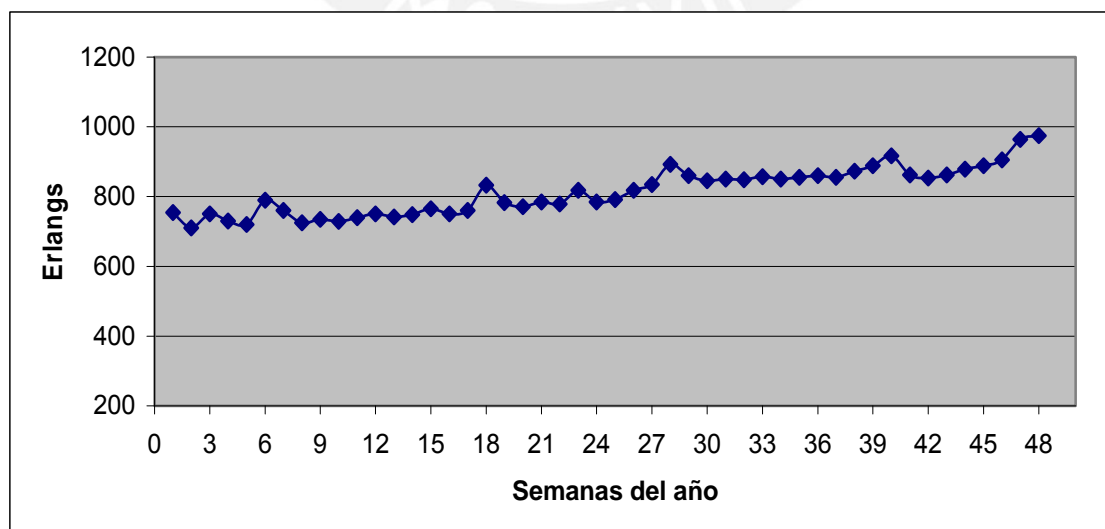


Figura 2.3 Variación del número de llamadas originadas en HMM en cada semana del año

2.2.2 Variaciones durante el Día

Para una misma central telefónica la variación de tráfico durante el día representa un modelo bien definido que puede fácilmente ser previsto en función de las características del área atendida por la referida central.

Para una central que atiende un área de distritos donde típicamente haya movimiento comercial/empresarial ocurren normalmente dos picos de tráfico, uno en el periodo de la mañana, y otro en el periodo de la tarde.

En la Figura 2.4 se puede observar claramente los picos de tráfico que ocurren durante el día.

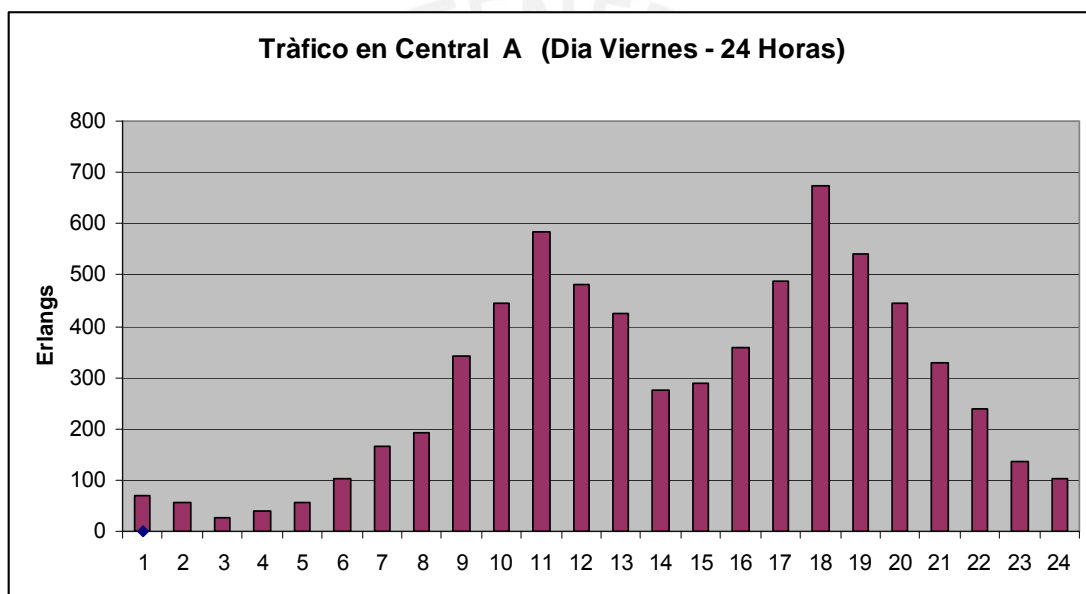


Figura 2. 4 Variaciones de Tráfico de una Central Celular durante el día

2.2.2.1 Definición de Hora de Mayor Movimiento (Hora Cargada)

Conforme fue mostrado anteriormente el tráfico telefónico celular varía durante el día representando variaciones que van de periodos de tráfico despreciables a periodos de alto tráfico.

La hora de mayor movimiento (HMM) se define como el periodo de 60 minutos consecutivos durante el cual el tráfico es máximo.

La HMM en Lima ocurre normalmente dentro del periodo de 18: 00 a 20: 00 horas. Pero esto no es una regla general, ya que puede ocurrir también en la mañana, dependiendo de las características de cada área específica.

En el ejemplo ilustrado en la Figura 2.4 la HMM corresponde al periodo de las 18:00 horas.

Como el tráfico varía de día a día es fácil concluir que existe prácticamente un HMM para cada día del año no necesariamente coincidente. Esto conduce a que sea utilizado en la práctica una HMM media.

Para determinación de la HMM se efectúan estudios de tráfico a partir de estadísticas que correspondan a las 24 horas del día para los últimos 6 meses para cada una de las centrales. En seguida se calcula el tráfico medio para cada hora sucesiva a intervalos de 15 minutos. La hora a la cual corresponde el tráfico máximo es la HMM.

2.2.3 Variaciones con los días de Semana

El tráfico presenta variaciones con los días de la semana, por ejemplo en la ciudad de Lima generalmente ocurre un pico el día Viernes, presentando un tráfico similar de Lunes a Miércoles. Los Domingos, el tráfico presenta valores muy por debajo de los demás días.

La Figura 2.5 muestra las variaciones típicas del tráfico en la HMM de una central celular durante una semana.

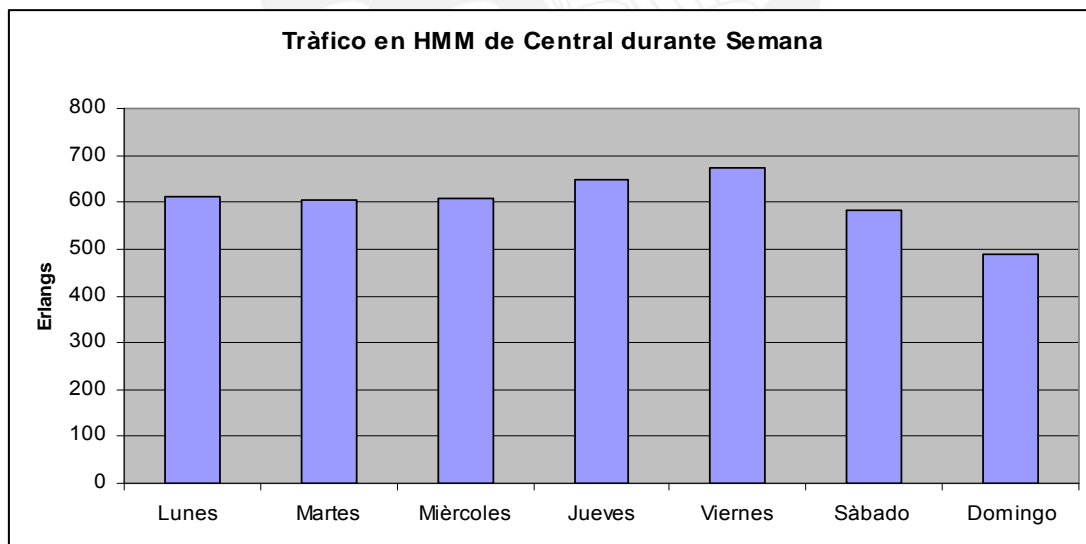


Figura 2.5 Variación de Tráfico en HMM en una central celular

2.2.4 Variaciones durante una hora

La Figura 2.6 muestra la variación del tráfico telefónico durante un periodo de una hora. Este gráfico **no** representa una variación típica del tráfico para otra hora cualquiera. Un gráfico similar para otra hora será bastante diferente teniendo en

común apenas la irregularidad de la distribución de tráfico. En este caso ninguna previsión puede efectuarse sobre el tráfico en un instante dado o para pequeños periodos de tiempo.

La Figura 2.6 muestra las fluctuaciones del número de llamadas durante el periodo de una hora en una ruta de 30 troncales.

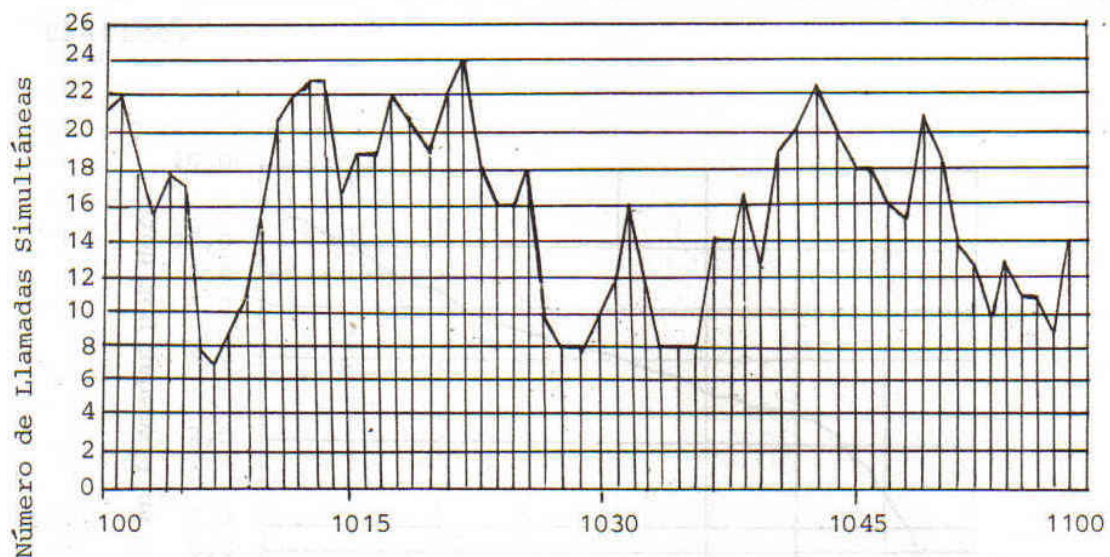


Figura 2.6 Fluctuación del Número de Llamadas simultaneas durante el periodo de una hora

2.2.5 Variación del número de llamadas realizadas por el abonado

Una importante fuente de variación de tráfico telefónico celular es la variación de la tasa de llamadas por abonado.

Esto depende principalmente del tipo de plan comercial que tenga el abonado pudiendo ser principalmente: Plan Contrato, Plan Control, Plan Prepago.

2.2.6 Variación de la duración de la llamada

Otra importante fuente de la variación de tráfico telefónico es el tiempo de duración de las llamadas.

Muchos factores pueden influenciar en la duración de las llamadas, tales como la hora en que son realizadas, el resultado de la llamada, el comportamiento del abonado, el performance del sistema, etc.

La Figura 2.7 ilustra el resultado de una medición efectuada en un grupo de circuitos de una ruta. En el grafico se muestra el tiempo medio de duración de las llamadas por periodo de 15 minutos. Puede observarse que las llamadas realizadas en

el periodo nocturno, entre 19:00 y 22:00 horas son las que presentan un tiempo medio de duración mas elevado.

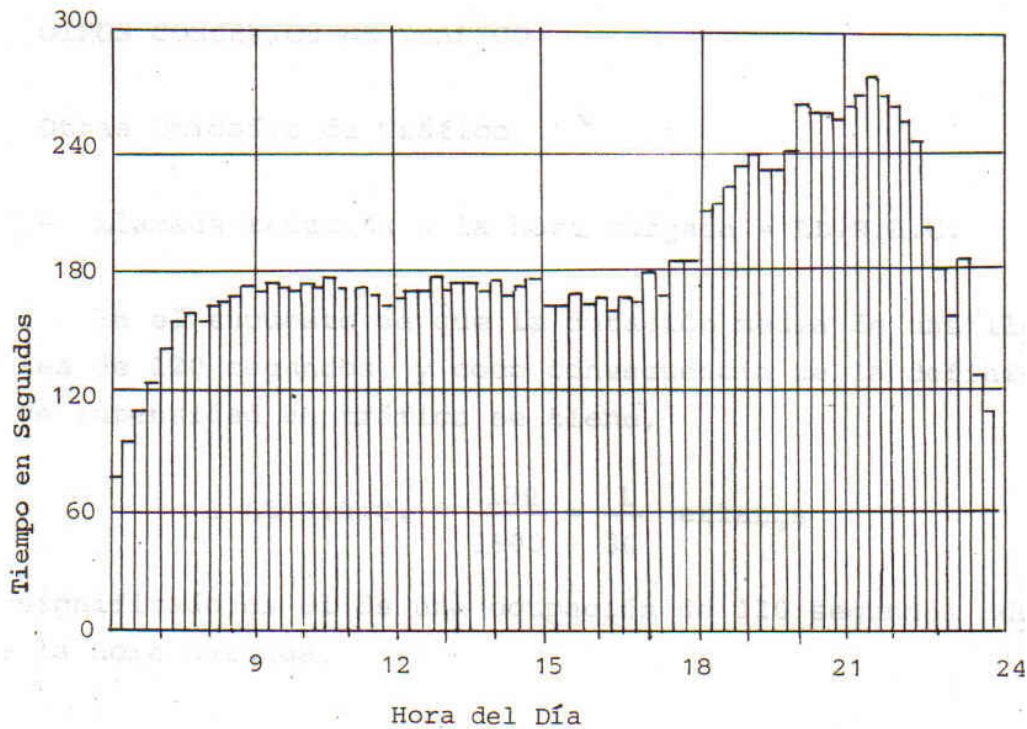


Figura 2.7 Variación de la duración de las llamadas durante un día útil.

2.3 CONCEPTOS DE TRAFICO TELEFONICO

Para el desarrollo de temas posteriores es conveniente revisar conceptos básicos de tráfico telefónico

2.3.1 Estado de un Órgano o Circuito

Un órgano o circuito de una central de comunicación telefónica en perfecto funcionamiento, cuando es observado a lo largo del tiempo puede ser representado en dos aspectos en cuanto a su estado:

- Libre: un órgano o circuito se dice "Libre" cuando esta disponible para ser utilizado por cualquier llamada que lo solicite.
- Ocupado: Un órgano o circuito se dice "ocupado" cuando esta siendo utilizado por una llamada telefónica en curso.

La Figura 2.8 ilustra los estados de un órgano o circuito a lo largo del tiempo

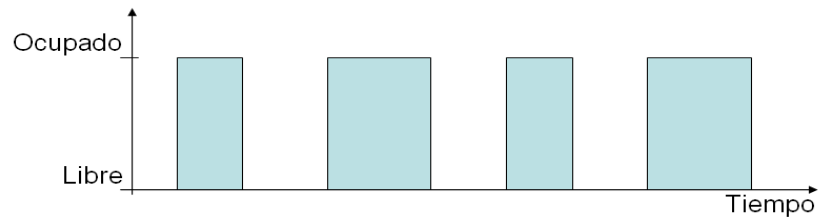


Figura 2.8 Estado de un Órgano o Circuito a lo largo del tiempo

2.3.2 Toma de un órgano o circuito

Es el paso del órgano o circuito, del estado libre al estado ocupado por la demanda de una llamada.

2.3.3 Registro de ocupaciones de Circuitos

2.3.3.1 Registro de Ocupaciones Individuales

Es el método utilizado para registrar las ocupaciones de un grupo de circuitos, a través de registros de las ocupaciones de cada circuito individualmente.

La Figura 2.9 ilustra las ocupaciones de un grupo de 5 circuitos a través del registro de ocupaciones individuales.

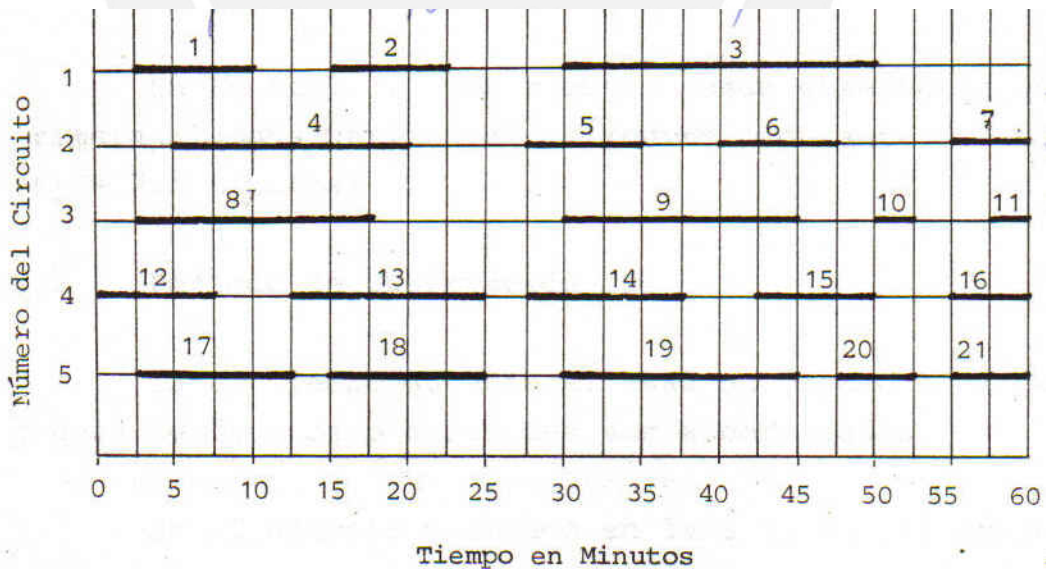


Figura 2.9 Registro de Ocupaciones Individuales

2.3.3.2 Registro de Ocupaciones Simultáneas

Es el método utilizado para registrar las ocupaciones de un grupo de órganos o circuitos a través del registro de las ocupaciones que ocurren simultáneamente.

La Figura 2.10 ilustra los datos mostrados en la figura 2.9 a través del registro de las ocupaciones simultáneas:

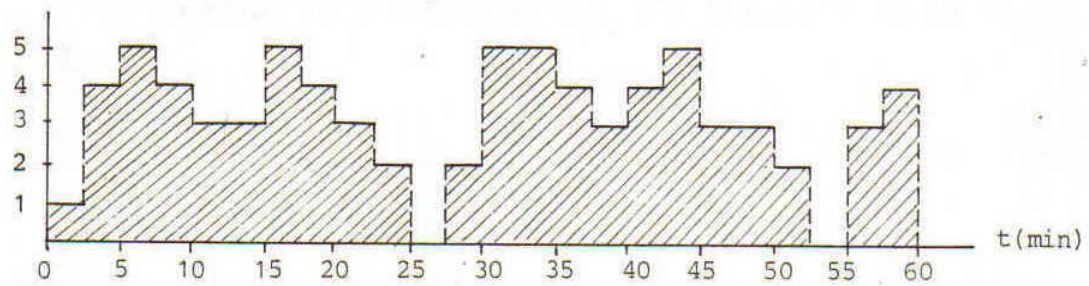


Figura 2.10 Registro de Ocupaciones Simultáneas.

2.3.4 Tiempo de Ocupación (t_j)

Es el tiempo mediante el cual una llamada telefónica ocupa un circuito de la central.

En la Figura 2.9 por ejemplo puede observarse que la primera llamada utilizó el circuito 1 durante 7.5 minutos ($t_j = 7.5$ minutos)

2.3.5 Periodo de Observación (T)

Es el tiempo durante el cual un órgano o circuito, o grupos de órganos o circuitos son supervisados.

En el ejemplo mostrado en la figura 2.9 el grupo de circuitos fue supervisado durante 60 minutos ($T = 60$ min. o 1hr)

2.3.6 Volumen de tráfico (V)

Es la sumatoria de los tiempos de ocupación de un órgano o circuito o grupos de circuitos de la central durante el periodo de observación.

El Volumen de tráfico se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$V = \sum_{j=1}^n t_j$$

Donde : n = Número total de tomas
 t_j = Tiempo de ocupación de la j-ésima toma

La unidad de volumen tráfico es el “tiempo”, en tanto, para indicar que la misma se refiere a “tráfico telefónico” se utiliza la unidad de tiempo seguido de la palabra “Erlang”.

Así utilizando los datos registrados en la Figura 2.9 se puede calcular:

- (a) El volumen de tráfico de cada circuito individualmente
- (b) El volumen de tráfico del grupo de circuitos

a.1) El volumen de tráfico del circuito 1 (V₁)

$$V_1 = \sum_{j=1}^3 t_j = 7.5 + 7.5 + 20.0$$

V₁ = 35.00 Minutos – Erlang

a. 2) El volumen de tráfico del circuito 2 (V₂)

$$V_2 = \sum_{j=1}^4 t_j = 15.0 + 7.5 + 7.5 + 5.0$$

V₂ = 35 minutos – Erlang

De la misma manera se calcula el tráfico de los otros 3 circuitos.

b. Volumen del tráfico del grupo de Circuito (V) de la Figura 2.9

$$V = 7.5+ 7.5+ 20+ 15+ 7.5+ 7.5+ 5+ 15+ 15+ 2.5+ 2.5+ 7.5+ 12.5+ 10+ 7.5+ 5+ 10+ 10+ 15+ 5+ 5 = \underline{192.5}$$

V = 192.5 Minutos – Erlang

V = 192.5 = 3.208 Horas – Erlang

Teniéndose que: “El volumen del tráfico de un grupo de órganos es igual a la sumatoria del volumen de tráfico de cada órgano individualmente”

2.3.7 Tasa de Tomas (i)

Es el número de tomas de un órgano o circuito, o grupos de órganos o circuitos por periodo de observación.

La tasa de tomas se calcula a través de la siguiente relación:

$$i = n / T$$

Donde : n = Número de tomas
T = periodo de observación

La tasa de tomas se expresa en tomas por unidad de tiempo. Así para calcular la tasa de tomas del grupo de circuitos mostrados en la Figura 2.9

$$i = \frac{n}{T} = \frac{21}{60}$$

$$i = 0.35 \text{ tomas / minutos}$$

$$i = 21 \text{ tomas / hora}$$

2.3.8 Tiempo Medio de Ocupación

Es la media aritmética de los tiempos de ocupación de un órgano o un grupo de órganos o circuitos de la central de Conmutación, durante el periodo de observación.

El tiempo medio de ocupación se calcula a través de la siguiente relación:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{j=1}^n t_j}{n}$$

El tiempo medio de ocupación puede también calcularse a través de la relación entre el volumen de tráfico (V) y el número total de tomas (n) durante el periodo de observación:

$$\bar{t} = \frac{V}{n}$$

El tiempo medio de ocupación se expresa en unidades de “tiempo” por toma. Así utilizando los datos mostrados en la Figura 2.9 se puede calcular

- El tiempo medio de ocupación de cada circuito individualmente.
 - a.1) Tiempo medio de ocupación del circuito 1 (t_1)

$$\bar{t}_1 = \frac{V_1}{n_1} = \frac{35}{3}$$

$$T_2 = 11.66 \text{ minutos / toma}$$

a.2) Tiempo medio de ocupación del circuito 2 (t_2)

$$\bar{t}_2 = \frac{V_2}{n_2} = \frac{35.0}{4}$$

$$T_2 = 8.75 \text{ minutos / toma}$$

a.3) Tiempo medio de ocupación del circuito 3 (t_3)

$$\bar{t}_3 = \frac{V_3}{n_3} = \frac{35.0}{4}$$

$$T_3 = 8.75 \text{ minutos / toma}$$

a.4) Tiempo medio de ocupación del circuito 4 (t_4)

$$\bar{t}_4 = \frac{V_4}{n_4} = \frac{42.5}{5}$$

$$T_4 = 8.5 \text{ minutos / toma}$$

a.5) Tiempo medio de ocupación del circuito 5 (t_5)

$$\bar{t}_5 = \frac{V_5}{n_5} = \frac{45.0}{5}$$

$$T_5 = 9.00 \text{ minutos / toma}$$

- El tiempo medio de ocupación del grupo de circuitos.
 - b) Tiempo Medio de Ocupación del Grupo de Circuitos (t)

$$\bar{t} = \frac{V}{n} = \frac{192.5}{21}$$

$$t = 9.17 \text{ minutos / toma } \text{ ó } 0.1528 \text{ horas / toma}$$

2.3.9 Intensidad de Tráfico

La intensidad del tráfico es una cantidad adimensional. Internacionalmente se expresa en “ERLANG”, nombre dado en homenaje al Danés A.K. Erlang por sus notables contribuciones a la teoría del tráfico telefónico.

Un Erlang representa un órgano ocupado durante todo el periodo de observación.

La intensidad del tráfico representa:

- El número medio de circuitos ocupados simultáneamente durante el periodo de observación.

Por ejemplo, si un grupo de 20 circuitos cursaron durante una hora, un tráfico de 10 Erlang, esto significa que en promedio fueron cursados 10 llamadas simultáneamente.

2.3.9.1 Intensidad de Tráfico Ofrecido (A)

La intensidad del tráfico ofrecido puede definirse como el número medio de llamadas originadas durante un periodo de observación igual al tiempo medio de duración de las llamadas.

La intensidad de tráfico ofrecido no es medible. Su valor se obtiene a través de estimados. También es conocido como tráfico de diseño.

2.3.9.2 Intensidad de Tráfico Cursado (A')

La intensidad de tráfico cursado se define como el número medio de ocupaciones simultáneas ocurridas en el periodo de observación.

La intensidad del tráfico cursado puede obtenerse a través de mediciones.

Puede también calcularse a través de la relación entre el volumen de tráfico (v) y el Tiempo de observación (t)

$$A' = V / T$$

Por ejemplo si un circuito, durante una hora de observación, permanece ocupado durante 15 minutos, su intensidad de tráfico será: $A' = V/T = 15/60 = 0.25$ Erlang que sería el porcentaje del tiempo de observación durante el cual un órgano permanece ocupado.

La intensidad del tráfico cursado puede también calcularse por el producto de la tasa de tomas (i) por el tiempo de ocupación (t).

$$A' = i \cdot t$$

2.3.10 Congestionamiento

Es el estado del Sistema Telefónico caracterizado por la ocupación de todos los medios de conexión. El congestionamiento puede ser considerado bajo dos aspectos distintos definidos:

2.3.10.1 Congestionamiento en la llamada (B)

El congestionamiento en la llamada es el porcentaje de las llamadas que encuentran todos los medios de conexión ocupados.

El congestionamiento en la llamada se calcula a través de la siguiente relación:

$$B = \frac{P}{N}$$

Donde:

P = Número de tentativas de llamadas que encuentran todos los medios de conexión ocupados.

N = Número total de tentativas de llamadas.

Así en la Figura 2.11 están registradas las ocupaciones de un grupo de 5 circuitos durante un periodo de 60 minutos suponga que en este periodo 4 llamadas encontraron todos los medios ocupados. Calcular el congestionamiento en llamadas.

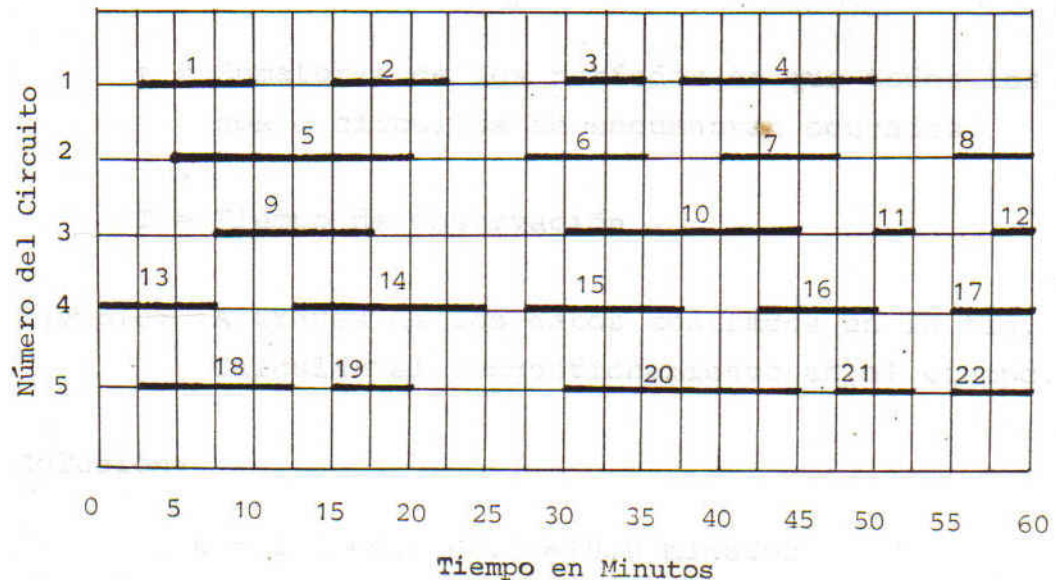


Figura 2.11 Registro de Ocupaciones Individuales

La congestión B sería

$$N = 22 + 4 = 26$$

$$P = 4$$

$$B = 4/26$$

2.3.10.2 Congestionamiento en el Tiempo (E)

Es la proporción del tiempo, en relación al periodo de observación, en que todos los órganos o circuitos permanecen ocupados simultáneamente.

El congestionamiento en el tiempo se calcula a través de la relación:

$$E = \frac{t}{T}$$

Donde:

t = Sumatoria de los periodos en que todos los órganos o circuitos se encuentran ocupados.

T = Tiempo de Observación

Por ejemplo a través de los datos mostrados en la Figura 2.11 se puede calcular el congestionamiento en el tiempo.

$$t = 2.5+5.0+2.5 = 10.0$$

$$T = 60.0 \text{ minutos}$$

$$E = 10 / 60 = 0.1667 = 16.67\%$$

2.4 CANTIDAD DE USUARIOS EN LA RED

Es la cantidad de usuarios proyectada por el área de marketing para un periodo determinado, los abonados deben ser clasificados según al tipo de plan comercial al que pertenezcan y según las regiones o zonas.

Estos datos deben ser comunicados mensualmente y cuándo se planifica lanzar una campaña comercial que incrementará tráfico.

Es conveniente también para fines de dimensionamiento de capacidades de HLR, Centro de Autenticación, Casillas de Voz, etc.; llevar estadísticas históricas que muestren el tipo de crecimiento de cada planta de abonados y en base a esto poder realizar proyecciones.

2.5 FACTOR MINUTOS MENSUALES – ERLANGS EN HMM (HCD)

Para que exista una concordancia entre los datos expresados por el área comercial (Minutos mensuales) y los manejados por el área de ingeniería (Erlangs) se

debe de determinar algunos parámetros (factores) que relacionen esta información. A este Factor comúnmente se le conoce como: “Mascara”.

Para obtener este factor se debe de realizar el siguiente proceso:

En cada una de las centrales que componen la red se debe de realizar un estudio de las estadísticas de tráfico total por cada hora, para cada día y para cada mes en un periodo de muestra, por ejemplo, de los últimos 3 meses.

2.5.1 Cálculo del factor Día – Hora

En el caso de la Figura 2.4 se tiene que durante todo el día (Viernes Típico) en una Central A se ha tenido un total de 6865 Erlangs siendo la Hora de Mayor Movimiento (Hora Cargada del Día – HCD) las 18 Horas en donde se tuvo un tráfico de 673 Erlangs que es un 9.8% del tráfico acumulado en el día. (Para cálculos de dimensionamiento se puede utilizar 10%)

2.5.2 Cálculo del factor Mes – Día

De las estadísticas se debe relacionar el tráfico acumulado durante todo un mes en la HMM en una central determinada y compararlo con el tráfico en HMM de un Viernes Pico. La siguiente gráfica muestra el tráfico mensual día a día en la hora cargada:

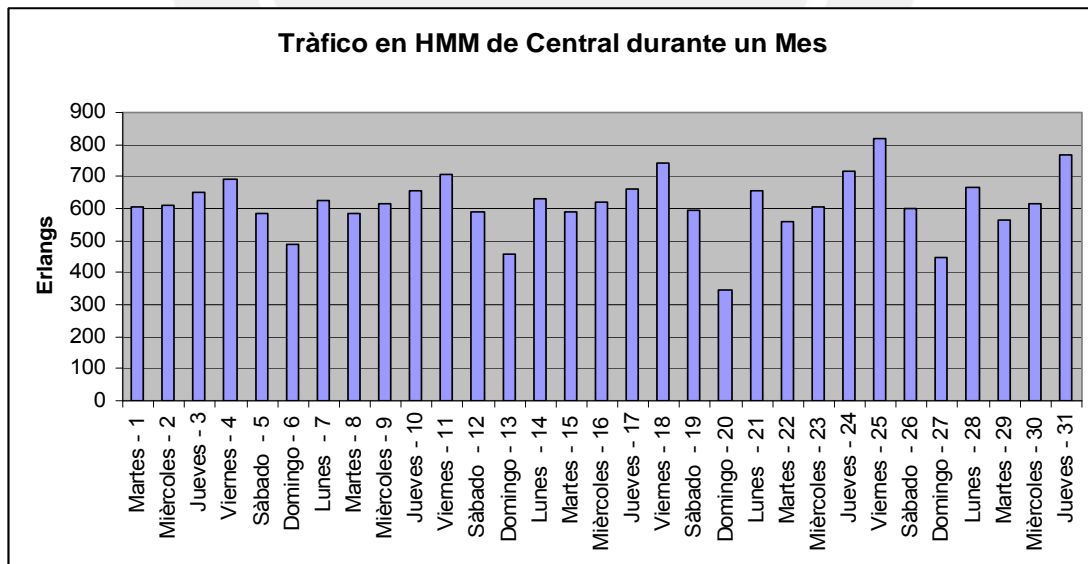


Figura 2.12 Muestra de Tráfico en Central durante un mes

Se tiene un tráfico acumulado mensual de 19 600 Erlangs y el Día Viernes de mayor carga tiene 816 Erlangs (4.163 %)

De estos datos se puede obtener un factor para llevar los datos mensuales de tráfico a una Hora Cargada Diaria, que es el dato utilizado para diseñar la red. Este factor seria:

$$(*) \text{ Tráfico en HCD} = \text{Total Tráf. Mensual} \times (\text{Factor mes/día}) \times (\text{Factor día/hora}).$$

Para los datos trabajados se tendría:

$$673 \text{ Erlangs} = \text{Tráf. Mensual} \times 4.163\% \times 9.8\%$$

$$\text{Total Tráf. Mensual} = 164\,961 \text{ Erlangs}$$

$$\text{Total Tráf. Mensual} = 9\,897\,690 \text{ Minutos Mensuales}$$

Este modelo también se puede expresar de una manera equivalente:

$$(*) \text{ Total Tráf. Mensuales minutos} = (\text{Tráfico en HCD} \times 60) \times 24 \times 10$$

(Equivalente a: Mes de 24 días y días de 10 Horas, este modelo es conocido como "Mascara" y es referida a una central)

2.6 DETERMINACIÓN DE TRASLACIONES/ENRUTAMIENTOS SEGÚN OI

Un abonado de un operador móvil puede tener diferentes tipos de salidas o restricción de llamadas a determinados servicios y también según el estado en que se encuentre.

Los abonados se agrupan según el indicador de origen (OI) al que pertenecen. El OI es un parámetro de la Central que hace posible clasificar/agrupar a los abonados con ciertos privilegios o restricciones en la generación de sus llamadas.

Los enrutamientos de las llamadas se ejecutan según el OI, es decir se crea un plan de traslaciones para cada OI [8], de esta manera se tiene un orden en todas las tablas de la central que involucren enrutamientos. Cuando un abonado no puede realizar un tipo de llamada (por ejemplo: llamadas internacionales) debido al OI que posee se le hace un encaminamiento a una locución interna de la central. La siguiente tabla muestra algunos ejemplos de OI's:

Nº de OI	Plan Comercial	Descripción de Servicio
2	Plan Contrato/ Control/ Prepago	Originación Denegada
3	Plan Contrato	Sólo Llamadas locales
6	Plan Contrato	Sólo Llamadas Larga Distancia Nacional
7	Plan Contrato	Sólo Llamadas Larga Distancia Internacional
201	Plan Contrato	Solo llamadas M-M locales
203	Plan Prepago	Plan Prepago con crédito
204	Plan Control	Plan Control
205	Plan Prepago	Plan Prepago que no recargó antes de la fecha de expiración de tarjeta
206	Plan Control	Plan Control sin acceso a servicios de datos

Tabla 2. 1 Ejemplos de OI's

(*) Nota: En el ejemplo los primeros 4 OI's son recomendaciones ITU-T, los demás son asignado por el operador.

2.7 TIPOS DE USUARIOS SEGÚN PERFILES DE PLANES COMERCIALES

2.7.1 Plan Prepago

Son abonados que para realizar una llamada deben pasar por un control en la base de datos de la máquina prepago que verifica si tiene saldo en su cuenta.

Este producto es el que tiene mayor número de abonados, típicamente en una operadora celular entre el 80-90% de abonados registrados son prepago.

2.7.2 Plan Contrato

Es un producto en el cual los abonados tienen un contrato comercial con el operador, en donde se determinan el tipo de servicios que tendrán, el Sistema Comercial los controla directamente. En la tabla 2.1 se dan algunos ejemplos de los accesos de diferentes tipos de abonados contrato.

2.7.3 Plan Control

Este producto es un híbrido entre un producto prepago y un producto contrato, técnicamente es un producto prepago (las llamadas originadas por estos abonados pasan por la plataforma prepago) y comercialmente es un contrato. En este producto, se le asigna un monto fijo mensual al cliente en su cuenta prepago contra una factura mensual, pudiendo en caso de ser necesario cargar tarjetas para aumentar o recargar el saldo de la cuenta del abonado.

La plataforma prepago deberá asignar de forma automática el saldo mensual a la cuenta del cliente (sin interacción del sistema comercial). La fecha de asignación de saldo mensual podrá ser parametrizable por usuario o como una fecha general para todos (dependiendo de la decisión de la operadora).

2.8 INTENTOS DE LLAMADAS EN HORA CARGADA (BHCA)

Es la cantidad de intentos de llamadas simultáneas que se dan en la hora cargada en cobertura de una determinada central. Es un factor fundamental en el dimensionamiento de centrales, controladores y plataformas debido a que es un parámetro que se mide directamente de la central. La capacidad de procesamiento de una central/plataforma se expresa en la cantidad de BHCAs que puede manejar.

2.9 RELACIÓN BHCA – TRÁFICO ERLANGS.

El tráfico (Erlangs) en una central se determina por la sumatoria de todos los grupos troncales que esta central posea, siendo esta forma un poco complicada de realizar debido a la cantidad de grupos existentes y también debido a que algunas veces por configuraciones de red la misma llamada pasa por más de un grupo troncal consiguiendo resultados con tráfico duplicado para algunos escenarios de llamadas.

Debido a esto el tráfico cursado en una central es recomendable medirlo indirectamente por una relación existente con los BHCA's (que son valores que provienen directamente de reportes de central) y con el tiempo promedio de retención de llamada de un abonado promedio.

La relación es la siguiente:

$$\text{Tráfico (Erlangs)} = (\text{BHCA's} * \text{Tp}) / 3600$$

Donde:

Tp: Tiempo (en segundos) promedio de duración de llamada. Este valor depende de la característica de abonados que maneje la central, por lo que puede variar de central en central.

2.10 CANTIDAD DE PUERTOS EN EQUIPOS PARA INTERCONEXIÓN.

Para un adecuado dimensionamiento se debe de considerar la cantidad de puertos (E1 / T1, STM 1, etc.) en Centrales/BSC y plataformas como: Prepago; Casilla de Voz; IVR's; PBX's; que garantice que se puede cursar todo el tráfico dimensionado sin sobrecarga en los grupos troncales.

Para fines de dimensionamiento se debe considerar generalmente una carga máxima en grupos troncales de 75-85 % considerando tráficos de días picos (Ejemplo: Viernes Pico).

Este umbral depende de la calidad de servicio que el operador este dispuesto a establecer, pues mientras más baja sea la carga implica que la planta instalada es mayor y por consecuencia más costosa.

La relación tráfico (Erlangs) y cantidad de circuitos para Grupos Troncales de interconexión entre centrales y centrales-plataformas son extraídas de la TABLA ERLANG B y se considera un GoS = 1 %. Estas tablas se muestran en el Anexo III.

Para el dimensionamiento de la cantidad de circuitos correspondientes a IVRs (Interactive voice response) y Centralitas (PBX's.) se usa la TABLA ERLANG C.

Es importante diseñar una matriz de interconexión de tráfico entre centrales con campos que muestren la capacidad (tráfico de diseño) y tráfico esperado para cada uno de los grupos troncales.

A un Grupo de Interconexión se le identifica generalmente por un número (Que de alguna manera relacione la central origen y la central destino) que queda registrado en un campo del CDR cada vez que una llamada ocupe un circuito de este grupo troncal, esto debe ser verificado por los Sistemas Informáticos encargados de realizar la liquidación entre operadores.

Ejemplos de dimensionamiento de grupos troncales considerando topologías se verán el capítulo: Diseño de una Red Celular

2.11 ENLACES DE SEÑALIZACIÓN

La cantidad de enlaces de señalización depende de la cantidad de tráfico que se cursará y de la complejidad del sistema, debido a que por estos enlaces (PTS – Centrales/plataformas) cursan diversos mensajes de señalización como IS-41, ISUP/C7, etc.

Típicamente los enlaces de señalización entre PTS y Centrales se deben diseñar para una carga no mayor al 40% en día de alto tráfico, esto para asegurar la redundancia en caso se tenga algún problema con el medio de transmisión o se presente alguna falla en uno de los PTS. Según recomendaciones de la ITU-T se tiene la siguiente relación: 90 E1's por 1 link de señalización.

Por redundancia los PTS s deben ser instalados en espacios geográficos diferentes.

En el siguiente capítulo se verá los diferentes tipos de enlaces de señalización según los equipos que se conecten al PTS.

CAPITULO III

DISEÑO EN UNA RED CELULAR

Con los conceptos de parámetros de dimensionamiento vertidos en el capítulo anterior se podrá desarrollar algunos casos en donde se muestre la aplicación práctica de estos conceptos.

3.1 CASO I: INCREMENTO DE TRÁFICO DEBIDO AL LANZAMIENTO DE CAMPAÑAS COMERCIALES.

Una operadora para mejorar sus ingresos realiza constantemente estudios de marketing para incrementar el tráfico telefónico, es en base a estos estudios que esta área estima un tráfico mensual adicional proveniente de sus campañas.

Con estos datos, el área de planificación-ingeniería realiza estudios para determinar si la capacidad instalada de equipos podrá soportar el tráfico adicional.

Las siguientes líneas muestran un ejemplo para este tipo de casos:

El área de Marketing ha determinado que habrá un incremento de tráfico de: 11 471 000 minutos mensuales (Datos sólo para una central) debido a una campaña comercial, dándose este impacto desde el inicio de la campaña.

Este tráfico proyectado esta dividido de la siguiente manera:

- 55 % Prepago
- 35 % Contrato
- 10 % Control

Con estos datos se debe realizar los siguientes estudios en la fase de conmutación del sistema:

- Determinación de capacidad de puertos (Vocoders) de voz en BSC
- Determinación de cantidad de puertos de Voz en MSC

- Determinación de capacidad de procesadores entre BSC y MSC (Procesadores de señalización y procesadores de administración de llamada)
- Capacidad de puertos con interconexión de Plataforma Prepago

Nota: Se debe de realizar estudios previos en la fase de acceso (Capacidad en BTSs, portadoras, etc.) que no serán tratados en este documento.

3.1.1 Determinación de capacidad de puertos (Vocoders) de voz en BSC

La capacidad de Vocoders debe ser siempre registrada en estadísticas, pues es el primer punto de paso en el proceso de la llamada.

Se debe convertir la cantidad de minutos mensuales a una Cantidad de Erlangs en la Hora Cargada usando la siguiente relación:

El FACTOR fue deducido en el capítulo anterior para un modelo de red dado, para este caso se asumirá este mismo modelo:

$$(*) \text{ Total Tráfico Mensual en minutos} = (\text{Tráfico en HCD} \times 60) \times \text{FACTOR}$$

$$(*) \text{ Total Tráfico Mensual en minutos} = (\text{Tráfico en HCD} \times 60) \times (24 \times 10)$$

$$\text{Tráfico en Hora Cargada} = \underline{797 \text{ Erlangs}}$$

Consideraciones:

- Este tráfico se considerará que se incrementará desde el inicio de la campaña.
- Se considera como límite de ingeniería para la carga: 85%, con GoS = 1%.
- Se proyectará el tráfico para los 2 meses siguientes (En el ejemplo Diciembre y Enero) y en base a la última fecha (27 Enero) se dimensionará el sistema. Este crecimiento se calcula en base a los datos históricos de la capacidad del BSC es decir se considerará un “crecimiento natural”.
- Se considera tráfico de los días Viernes en la Hora Cargada como datos para dimensionamiento, por ser el más alto de la semana. Esto según los datos del modelo de red vistos en el capítulo anterior.

La siguiente gráfica muestra el crecimiento de la capacidad del sistema en estudio, mostrando los valores reales de los 3 últimos meses (Setiembre-Noviembre) y en base a estos datos se realiza el incremento por campaña (incremento puntual de 2 Dic.) y para los dos meses siguientes el crecimiento natural.

Así, para proyectar el crecimiento natural, se tiene que entre el 7 de Octubre y el 25 de Noviembre se ha crecido 680 Erlangs, se considera un crecimiento mayor entre Diciembre y Enero en un factor de aproximadamente 7.5 %, es decir el crecimiento natural considerado será de 731 Erlangs.

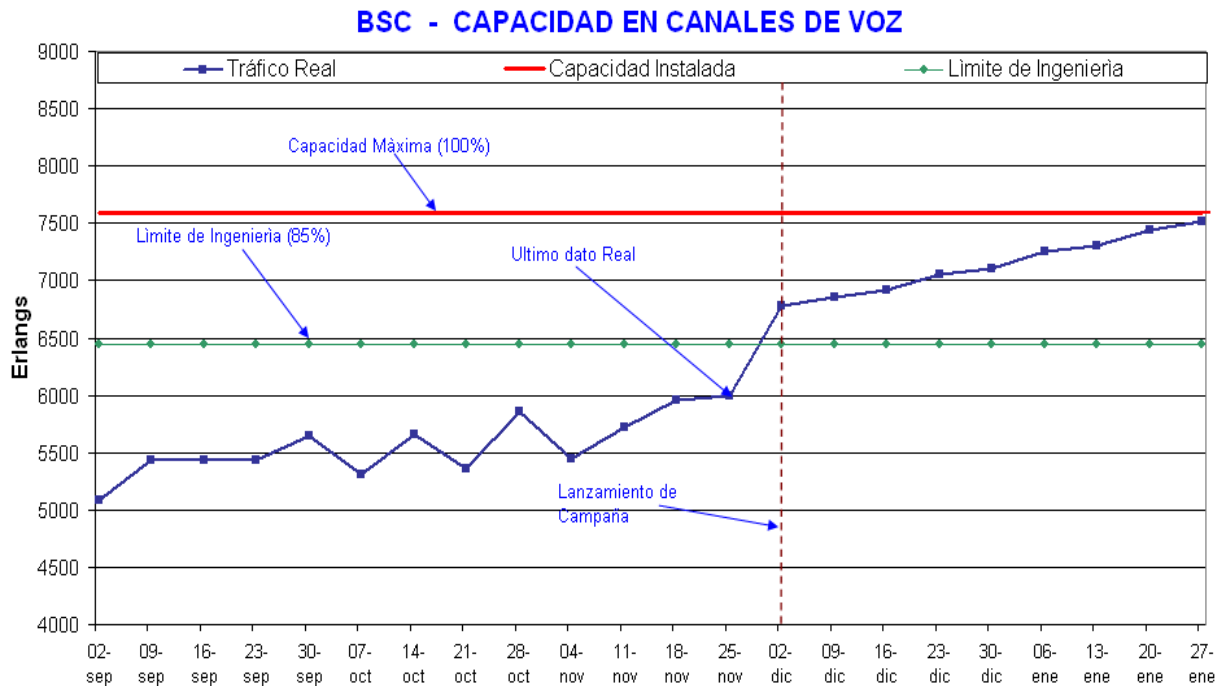


Figura 3. 1 Capacidad en canales de voz de BSC

De esta gráfica se concluye que la capacidad de Vocoders se debe incrementar de tal manera que el Valor de Ingeniería sobrepase el valor de tráfico final proyectado.

El Tráfico de diseño sería:

Tráfico Ultimo dato real = 5989 Erlangs.

Tráfico Final Proyectado = 5989 + 797 + 731= 7 517 Erlangs

Tráfico Diseño = 7517/0.85 = 8 844 Erlangs

Capacidad máxima instalada inicial = 7 586 Erlangs

Lo que se requiere incrementar en capacidad sería: $8\ 844 - 7\ 586 = 1\ 258$ Erlangs.

- Modularidad en la Capacidad Vocoders del BSC:**

Cada Módulo SBS contiene 8 Tarjetas T1 y cada tarjeta T1 contiene 24 canales de voz, expresando en Erlangs (Usando la Tabla Erlangs B) con GoS = 1% se tendría:

Modulo	Tarjeta T1	Canales	Capacidad (Erlangs)
1	8	192	172

Tabla 3. 1 Modularidad de Vocoders en BSC

Nota:

Se debe considerar que la distribución en la tabla Erlang B no es lineal, porque se podría cometer el siguiente error:

Si se requiere 1258 Erlangs y cada Modulo tiene 172 Erlangs, se podría pensar que la cantidad de módulos sería: $1258/172 = 7.31$, es decir 8 módulos. Esto pues se esta usando una relación lineal. Lo que se debe realizar sería por ejemplo la definición de una tabla de capacidades por módulo, teniéndose los siguientes valores:

Modulo	Canales	Capacidad (Erlangs)
5	960	931
6	1152	1123
7	1344	1315
8	1536	1507
9	1728	1700

Tabla 3. 2 Capacidad Erlangs de Vocoders en BSC

Como se observa la capacidad de **7 módulos SBS's** sería suficiente para soportar el crecimiento estimado de 1258 Erlangs.

Finalmente se obtiene como capacidad instalada: 8 901 Erlangs (mayor a los 8844 que se requería en el tráfico de diseño, esto debido al crecimiento modular de este equipo), y con un límite de ingeniería de 7566 Erlangs. La siguiente gráfica muestra la situación final, después del crecimiento, se estima 15 días para poder realizar la ampliación. (Del 25 de Noviembre, que es el día que se toma la decisión de ampliar hasta el 9 de Diciembre)

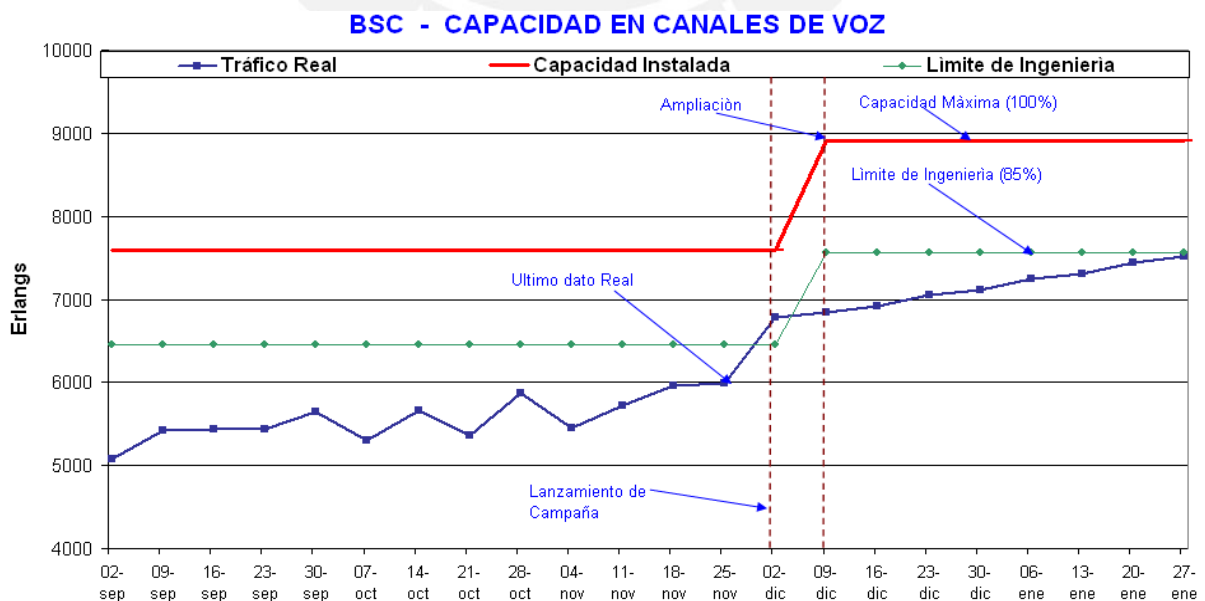


Figura 3. 2 Capacidad Proyectada en canales de voz de BSC

3.1.2 Determinación de cantidad de puertos de Voz en MSC

La capacidad del Grupo de Interconexión y disponibilidad de puertos tanto en BSC como en MSC debe ser registrado diariamente.

El siguiente gráfico muestra los equipos que intervienen en la interconexión entre BSC y MSC (Equipamiento NORTEL NETWORKS):

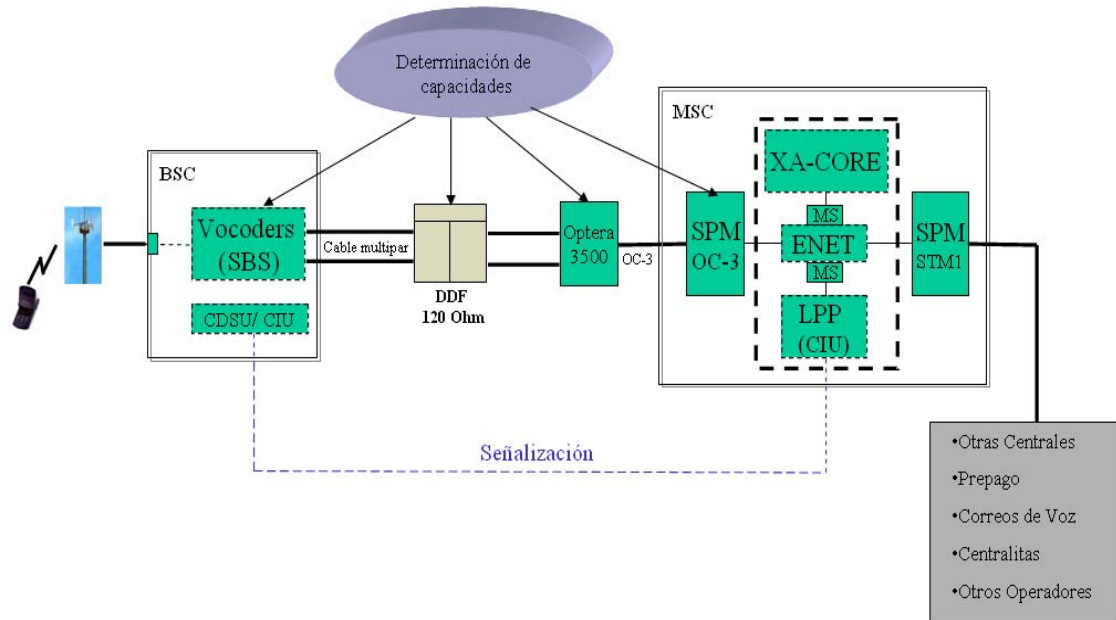


Figura 3.3 Diagrama de Interconexión entre BSC y MSC - NORTEL

La determinación de puertos en MSC destinado para los Grupos de Interconexión con BSC pasa por el análisis de capacidad de:

- SPM OC-3,
- Multiplexor OC-3 – T1 y
- Bastidor de distribución para conexiones.

3.1.2.1 Equipo SPM OC-3

Un equipo SPM OC-3 es un módulo periférico que posee las interfaces T1's de la MSC para la interconexión con el BSC [9].

Cada SPM de este tipo tiene capacidad de 84 T1s, es decir 2016 canales de voz que da una capacidad de 1 989 Erlangs.

En las condiciones iniciales se cuenta con 4 SPMs (8079 Erlangs) teniéndose para este caso la misma premisa que para el caso de Vocoders: “el Límite de Ingeniería debe ser mayor a 7 517 Erlangs”:

Según la siguiente tabla se tendría que ampliar en UN SPM OC-3:

Nº de SPM OC-3	Nº de Puertos T1	Canales	Capacidad Total (Erlangs)	Límite de Ingeniería (85%) Erlangs
1	84	2016	1989	1690
2	168	4032	4015	3413
3	252	6048	6046	5139
4	336	8064	8079	6867
5	420	10080	10112	8595
6	504	12096	12146	10324
7	588	14112	14180	12053

Tabla 3.3 Capacidad Erlangs por módulos en SPM OC-3

Con 5 SPMs OC-3 se garantiza la carga del sistema a un nivel de carga que bordea 75%, esto se puede ver en la siguiente gráfica.

Se debe tener en consideración que si por motivos presupuestales se determina no ampliar este equipo, el tráfico real sobrepasará el límite de ingeniería y estará bordeando el 93% de carga lo que no es aconsejable pues puede haber picos que sobrepasen la capacidad total.

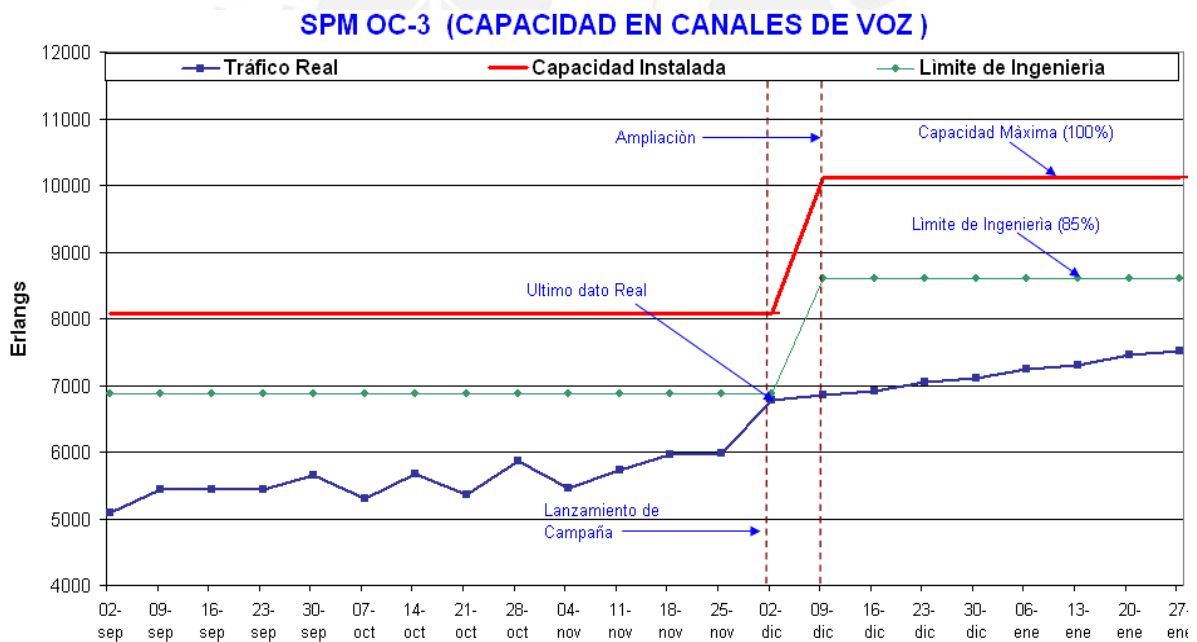


Figura 3.4 Capacidad en Canales de voz en SPM OC-3

3.1.2.2 Equipo Multiplexor OC-3 – T1 (OPTERA 3500 – NORTEL NETWORKS)

Como se puede ver en el diagrama de conexiones (Figura 3.3), este equipo se encarga de multiplexar/demultiplexar OC-3s a T1s [10].

Este equipo esta compuesto por módulos (tarjetas 1+1) tal que una tarjeta se encarga de manejar el tráfico proveniente de 1 SPM OC-3. De modo que los cálculos serían los mismos que los realizados para el SPM.

Se requerirá ampliar 1 módulo de OPTERA 3500 (Tarjeta OC3 1+1)

Es importante mencionar que los enlaces (fibras) entre SPM Y Optera 3500 deben ser redundantes (1+1) por la gran cantidad de tráfico que estos manejan.

3.1.2.3 Bastidor de distribución para conexiones

Es un equipo en el que se lleva a cabo las conexiones entre los cables multipar provenientes del Optera (MSC) y de los Vocoders (BSC), es un equipo pasivo que sirve como punto de conexión y que debe estar claramente etiquetado para la identificación de las conexiones

Es muy importante elaborar un documento de ingeniería en donde se especifique todas las conexiones que en este equipo se han realizado, en este documento debe quedar claramente especificado la relación Vocoder – T1 (dentro de un SPM determinado). Esta información es muy usada para la ubicación y corrección de problemas de audio/señal que se encuentren en alguno de estos elementos.

El siguiente cuadro muestra un ejemplo de documentación de estas conexiones:

Nº de Conexión	SPM	T 1	DDF OPTERA		DDF BSC		SBS	VOCODER
			MODULO	PUERTO	MODULO	PUERTO		
Conexión 1	3	1	1	1	5	1	4	9
Conexión 2	3	2	1	2	5	2	4	10
Conexión 3	3	3	1	3	5	3	4	11
Conexión 4	3	4	1	4	5	4	4	12
Conexión 5	3	5	1	5	5	5	4	13
Conexión 6	3	6	1	6	5	6	4	14
Conexión 7	3	7	1	7	5	7	4	15
Conexión 8	3	8	1	8	5	8	4	16

Tabla 3. 4 Documentación de puertos de los equipos involucrados en conexiones

3.1.3 Determinación de capacidad de procesadores entre BSC y MSC

Para una mejor comprensión se explicarán brevemente los equipos que intervienen en esta interfase, así como las capacidades de estos.

En los equipamientos Nortel, los principales procesadores en la interfase MSC – BSC radican en el Bastidor LPP dentro del MSC [11], como se indica en la siguiente figura:

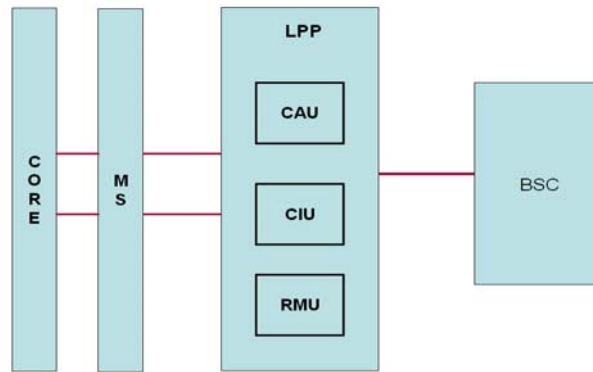


Figura 3.5 Procesadores relacionados a interconexión entre BSC y MSC

3.1.3.1 CAU (CDMA Administration Unit)

Es el procesador de administración de llamadas.

El Procesador CAU tiene una capacidad de 56 KBHCA (Dato Nortel).

La cantidad de procesadores CAU se determina de la siguiente manera:

$$\text{Nº de CAU} = 2 \times \text{KBHCA del Sistema} / 56 \text{ KBHCA}$$

De esta manera se garantiza la redundancia de procesador.

La carga de estos procesadores tiene como límite de ingeniería 40%. La cantidad máxima de procesadores CAU que se pueden configurar en un bastidor LPP es de 16.

3.1.3.2 CIU (CDMA Interface Unit)

Es encargado de administrar los mensajes de señalización cursados entre MSC y BSC. Su procesador tiene una capacidad de 27 KBHCAs. (Dato Nortel).

La cantidad de procesadores CIU se determina de la siguiente manera:

$$\text{Nº de CIU} = 2 \times (\text{KBHCA del Sistema} / 27 \text{ KBHCA} + 1)$$

La carga de estos procesadores tiene como límite de ingeniería 80%. La cantidad máxima de procesadores CAU que se pueden configurar en un bastidor LPP es de 18.

3.1.3.3 RMU (Resource Management Unit)

Es encargado de la administración de los recursos operativos. Tiene una alta capacidad de procesamiento: 360 KBHCAs.

La regla de dimensionamiento sería: 2 RMU (considerando redundancia) por BSC, siempre que la capacidad de BSC no exceda la capacidad de 1 RMU.

Para poder medir el impacto del incremento de tráfico debido a la campaña de Marketing se puede expresar la cantidad de intentos en términos de Erlangs.

$$\text{Erlangs} = \text{BHCA} \times T_p / 3600$$

Aplicando esta correspondencia se tiene para cada procesador las siguientes capacidades:

Procesador	Capacidad de Procesador (KBHCA)	Límite de Ingeniería (%)	Capacidad Total (Erlangs)	Límite de Ingeniería (Erlangs)
CAU	56	40	778	311
CIU	27	80	375	300
RMU	360	80	5000	4000

Tabla 3. 5 Capacidad de procesadores CAU, CIU, RMU

(*) El Tiempo promedio de duración de llamada (T_p) considerado fue de 50 seg.

Con estos datos, y la premisa que el límite de ingeniería para cada tipo de procesador expresado en Erlangs no debe ser menor a 7517 Erlangs, se sustenta los siguientes incrementos de HW:

PROCESADOR	CAPACIDAD INICIAL		CAPACIDAD FINAL		COMPRA DE HW (Nº DE TARJETAS)
	TARJETAS	ERLANGS	TARJETAS	ERLANGS	
CAU	20	15556	26	20222	6
CIU	20	7500	26	9750	6
RMU	2	10000	2	10000	0

Tabla 3. 6 Incremento de capacidad de procesadores CAU, CIU, RMU

(*) Se debe considerar que el Nº de tarjetas procesadoras debe ser par.

3.1.3.4 Ampliación de Procesador CAU y CIU

Con las ampliaciones consideradas en la tabla anterior se puede administrar el tráfico dentro de los límites de Ingeniería según se muestra en los siguientes gráficos:

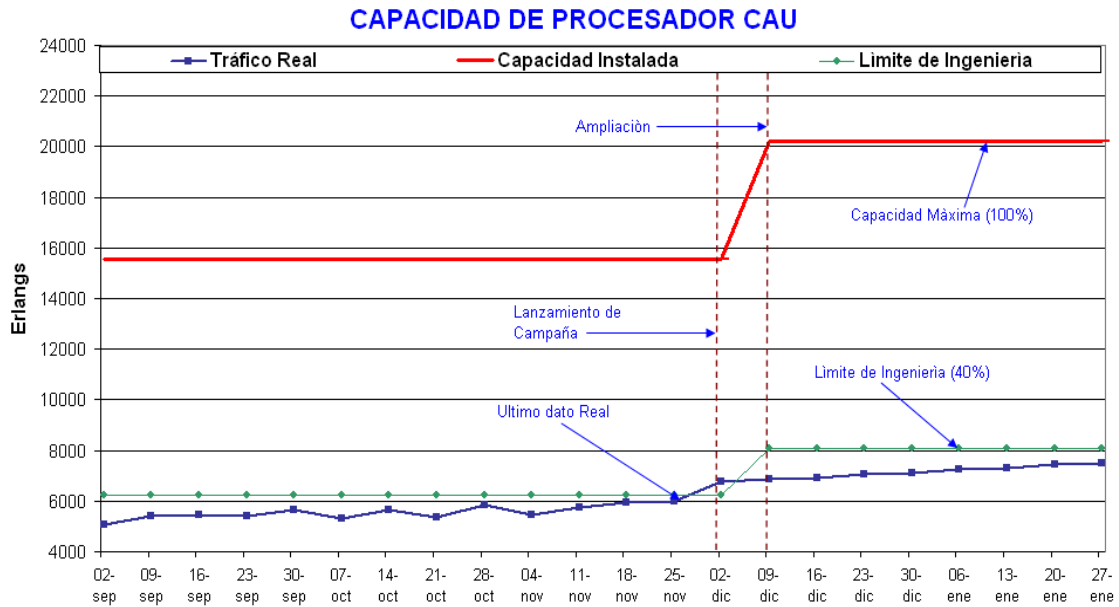


Figura 3. 6 Ampliación de capacidad de procesadores CAU

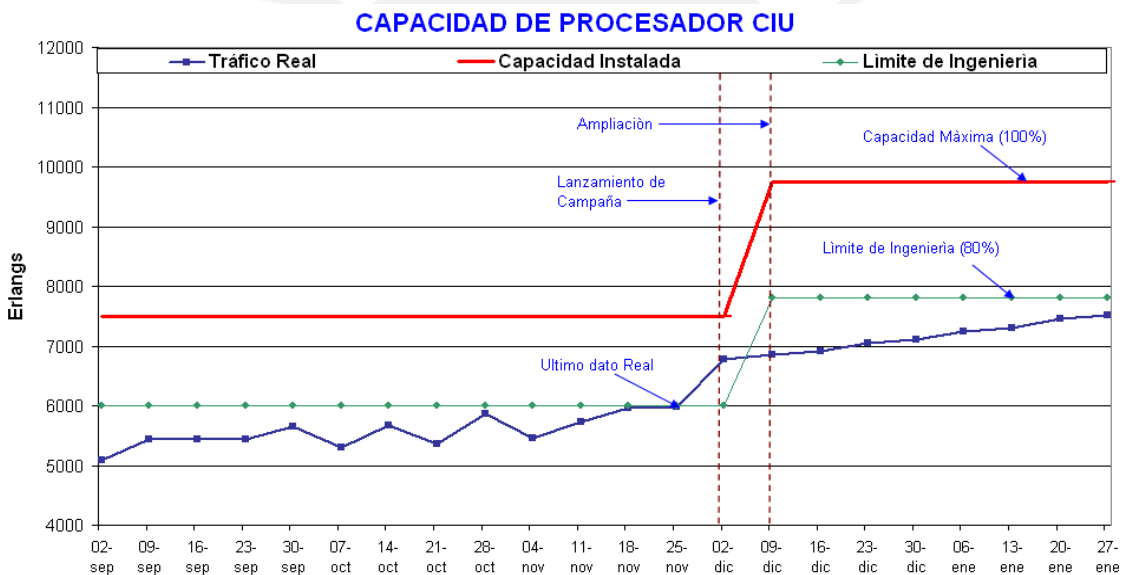


Figura 3. 7 Ampliación de capacidad de procesadores CIU

3.1.3.5 Determinación de la capacidad del procesador XA-CORE

La capacidad del procesador principal de la Central: XA CORE con 4 procesadores (3 + 1) se mide por la cantidad de KBHCAs que pueden manejar. Este valor es muy variable dependiendo del tipo de servicios y del comportamiento de los abonados. Para este caso se considerará una capacidad de 1 250 KBHCAs.

En las condiciones finales los procesadores XA-CORE deben estar preparados para soportar 7517 Erlangs ó 541 224 BHCAs (Tp = 50 segundos).

Pero a diferencia del análisis de los procesadores anteriores, el tráfico que manejan estos procesadores no sólo es el proveniente del BSC, sino también el tráfico de tránsito proveniente de otras centrales. La central genera reportes donde se registra la cantidad total de intentos de llamadas.

Típicamente los intentos relacionado al BSC es 60% del total de intentos, esto es muy variable y depende de la topología de la red, para el caso se tomará como válido este valor, por lo que se tendría que los procesadores llegarían a manejar: 902 040 BHCA's Totales.

Con un límite de Ingeniería de 75 % (Valor recomendado por el fabricante para este procesador) se tendría una capacidad de 937 500 BHCA's (1 250 000 x 0.75) que es mayor al valor proyectado.

Por lo que se tendría como conclusión que no es necesario incrementar la capacidad de estos procesadores.

3.1.4 Determinación de capacidad grupos troncales con plataforma prepago

De los datos iniciales se tiene que de la cantidad de minutos mensuales el 55% es plan prepago, el 10% es plan control y el resto plan contrato.

Como se mencionó en el capítulo anterior desde el punto de vista de red un abonado control se comporta como un abonado prepago ya que antes de realizar una llamada realiza una consulta a la plataforma prepago.

El tráfico que se incrementará en los grupos troncales entre MSC y Plataforma Prepago sería: $797 \times 0.65 = 518$ Erlangs.

El siguiente diagrama muestra la Conexión entre los diferentes elementos de una Plataforma Prepago y la MSC:

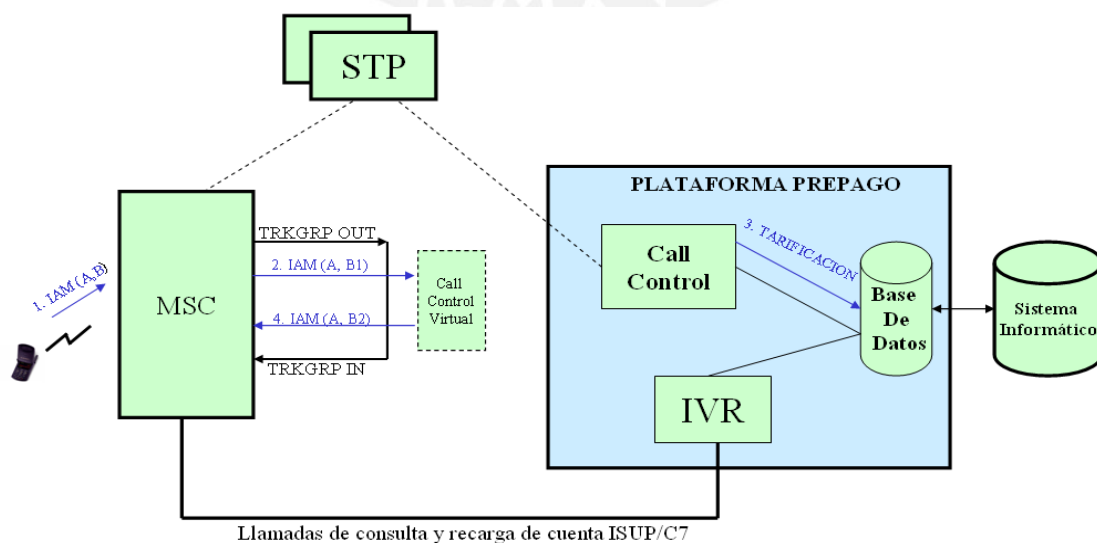


Figura 3. 8 Diagrama de Conexiones entre Central y Plataforma Prepago

La configuración presentada representa una estructura de conexión conocida como “Loop Around”, en la que se trata de enlazar 2E1’s de la misma central simulando una conexión física con la Plataforma Prepago.

En la MSC se debe crear 2 Grupos Troncales uno saliente y otro entrante (estos grupos deben tener como DPC el PC de la plataforma Prepago), los CICs deben ser mapeados tal que un circuito del grupo saliente este relacionado con un circuito del grupo entrante, en la plataforma prepago también se debe de realizar la configuración de los circuitos con sus respectivos CICs.

La siguiente tabla muestra una configuración de Circuitos/CICs:

Nº de E1	GRUPO OUT	Circuito	CIC Inicial	GRUPO IN	CIC Inicial
1	10	1	1	11	33
2	10	32	65	11	97
3	10	63	129	11	161
4	10	94	193	11	225
5	10	125	257	11	289

Tabla 3.7 Configuración de Grupo Troncal Prepago

Estos datos muestran que al CIC 1 del Grupo entrante le corresponde el CIC 33 del Grupo saliente, como regla general los circuitos correspondientes tienen CICs que difieren en 32

Una llamada Prepago ocupa dos 2 canales de voz, como puede verse en la gráfica, por lo que este tipo de configuración demanda doble capacidad de puertos E1s.

Con esta premisa los 518 Erlangs se reflejarán en cada uno de los grupos troncales.

Para este caso se asumirá que el Grupo Troncal ya está en el límite de Ingeniería (80%), por lo que en cada grupo se requerirá incrementar: $518/0.8 = 647.5$ Erlangs que en cantidad de canales es: 675 Canales, con GoS = 1% Como resultado final se debe incrementar 23 E1s a cada Grupo Troncal.

Cabe señalar que se debe realizar un estudio de las capacidades de otros grupos troncales tales como: MSC-MSC, MSC – Correos de Voz, MSC-PBX, MSC-PSTN, etc., para este caso se asumirá que el equipamiento instalado es suficiente para soportar el incremento de tráfico.

3.1.5 Determinación de capacidad en los bastidores de puntos de conexión

Para facilidad de cálculos se asumirá que la capacidad de los bastidores para conexión esta a su capacidad máxima, por lo que las nuevas conexiones se deben de posicionar en nuevos equipos.

De esta forma se tendría que adicionar a la red:

- 1 Bastidor DDF con capacidad de 192 posiciones y con terminaciones para conectores siemens hembras de 75 Ohms, en el que se conectarán los 46 E1s correspondientes a las conexiones MSC-Plataforma Prepago y demás E1's que correspondan a ampliaciones de rutas de MSC con otras plataformas.
- 7 módulos (DSX) de 8 T1's cada uno para conexiones a 120 Ohms. Este equipo serán destinados para la ampliación de los T1 correspondientes a los Vocoders y SPMs.

El análisis de costos de todos los equipos involucrados en esta ampliación de capacidades (todo el caso 1), se revisarán en le capítulo V.

3.2 CASO II: INCREMENTO DE CAPACIDAD EN UNA RED CELULAR - IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS CENTRALES.

El siguiente caso muestra la necesidad que tiene una Red Celular de integrar nuevas MSCs debido a que las MSCs en servicio llegaron a su capacidad máxima de procesamiento en KBHCAs. Esto implica la definición de la nueva topología de la Red (Que Centrales se interconectarán), dimensionamiento y registración en los Sistemas Informáticos de Grupos Troncales así como los demás aspectos relacionados a la integración de una nueva Central en una Red.

3.2.1 Condiciones Iniciales

La red ejemplo, estará compuesta por 4 MSCs cada una con la misma capacidad y característica, que estarán interconectadas entre si y con otro operador (Para el ejemplo 2 Centrales de la PSTN).

El problema presentado es que las MSCs han llegado a valores límites de ingeniería en la capacidad de procesamiento, lo cual esta ocasionando degradación en la calidad del servicio.

El siguiente Gráfico presenta la Topología de esta red ejemplo:

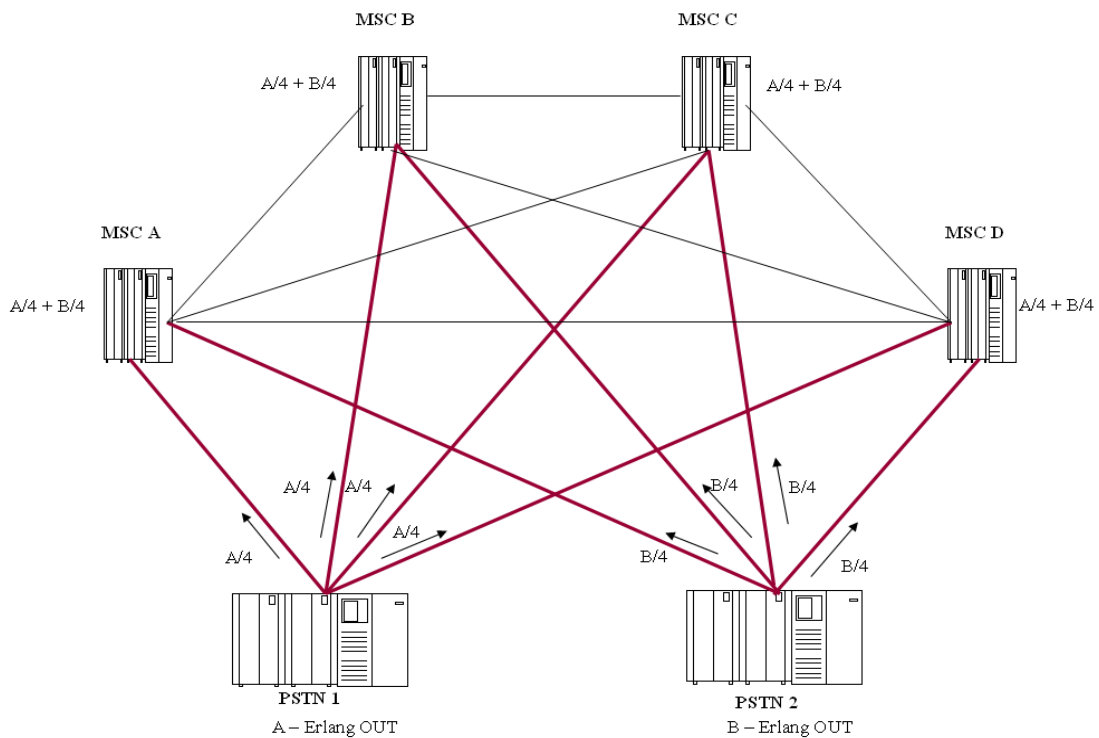


Figura 3. 9 Topología de la Red Ejemplo

Se tiene las siguientes premisas:

- Las PSTNs distribuyen el tráfico entre las MSC en cantidades iguales (25% a cada una) – Esto es posible debido a que existe un feature de repartición de carga porcentual por grupos troncales.
- Las MSC cuentan con capacidad en puertos E1s.
- Los Tráficos en Erlangs con las PSTNs han sido diferenciados en saliente y entrante, la siguiente matriz de tráfico muestra estos valores:

PSTN / MSC	MSC A	MSC B	MSC C	MSC D
PSTN 1- ENTRANTE	280	286	248	219
PSTN 1 - SALIENTE	90	61	24	97
PSTN 2 - ENTRANTE	262	222	265	207
PSTN 2 - SALIENTE	63	72	101	119
TOTAL	696	641	638	612

Tabla 3. 8 Tráfico entre Red Móvil y Red Fija

Se puede observar que el tráfico ENTRANTE (es decir de PSTN a MSC) es mayor que el tráfico SALIENTE.

- La carga de las Centrales en KBHCAs son las siguientes

MSC	Tráfico Real	Capacidad Máxima	Límite de Ingeniería (80%)	% CARGA
MSC A	201	250	200	80.4%
MSC B	185	250	200	74%
MSC C	182	250	200	73%
MSC D	175	250	200	70%

Tabla 3.9 Carga en BHCA de Centrales

3.2.2 Determinación de la Solución al Problema

Para disminuir la carga de las MSC, no existe otra salida que integrar nuevas centrales a la red.

El principal problema encontrado es la forma de interconexión con las PSTNs, pues para el caso de las llamadas entrantes la probabilidad que el N° B se encuentre en la MSC destino es de 25%, esto debido a que la PSTN es otra Red y no consulta la ubicación del abonado, su función es únicamente la de una TANDEM que distribuye tráfico por volumen.

Y como se ha visto en las premisas, el tráfico entrante de la PSTN es considerable, si se tuviera un mejor manejo de estas llamadas disminuirían las cargas de las MSCs.

La solución que se plantea es la integración de 2 Centrales con función Gateway (Centrales que no poseen Estaciones Bases y que por lo tanto su implementación es menor tiempo que una central) tal que estas sean los únicos puntos de interconexión (PDIs) con la otra Operadora, de esta manera se tendría un mejor manejo de las llamadas.

Se plantea la solución con 2 GATEWAYS para tener una redundancia, en caso falle uno de los Gateway o el medio de Transmisión.

El siguiente diagrama muestra la nueva estructura de red:

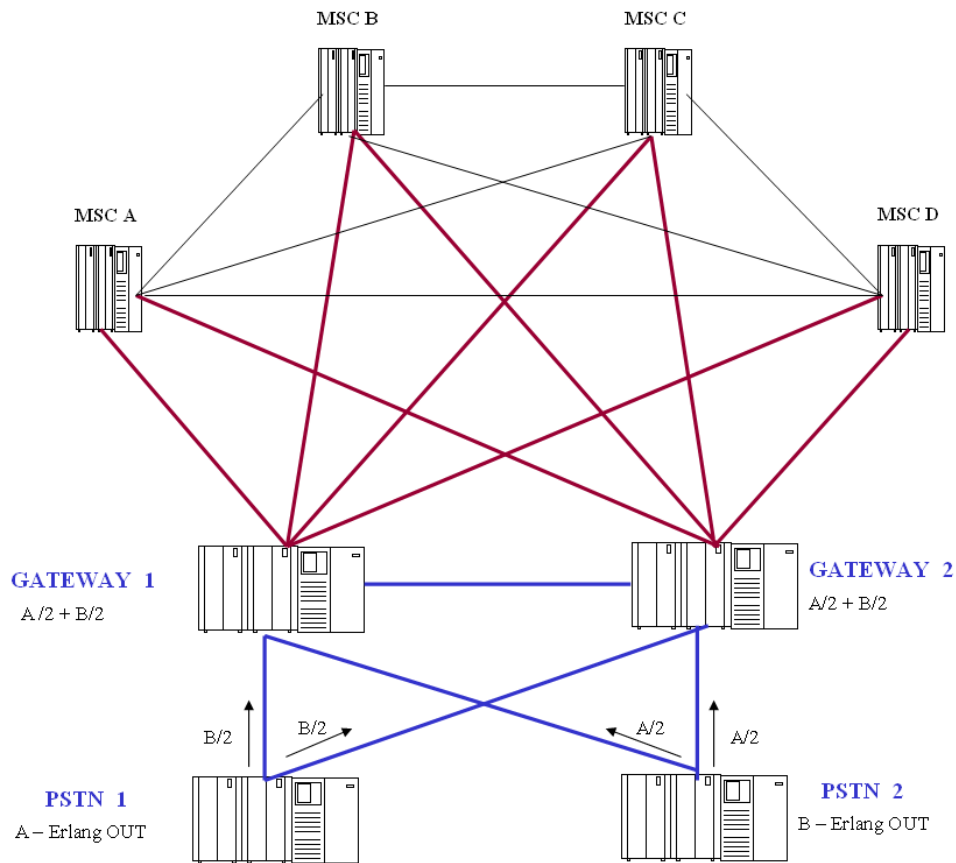


Figura 3. 10 Topología Final de Red

3.2.3 Situación Final

Se trata de determinar las capacidades de las MSC con el nuevo esquema de Red, esto se realizará a partir de los datos del tráfico entrante desde la PSTN.

De los datos de las premisas se tiene:

PSTN / MSC	MSC A	MSC B	MSC C	MSC D
TOTAL Tráfico Entrante	542	508	513	426

Tabla 3. 10 Tráfico entre Red Fija y Red Móvil

Con la estructura de la red inicial, para poder determinar los intentos totales en cada MSC causados por las llamadas desde la PSTN hacia la MSC, por motivos de claridad, es conveniente dividirlos en 2 Etapas:

3.2.3.1 Etapa 1

Los casos en donde los intentos provenientes de la PSTN encuentran al abonado B en la primera MSC:

Para poder realizar esta medición se debe convertir los Erlangs a BHCAs, para esto se asumirá los siguientes tiempos promedio de llamada (T_p)

MSC	T_p
MSC A	50
MSC B	48
MSC C	52
MSC D	55

Tabla 3. 11 Tiempo promedio de llamada para cada central

Con esto se tendría:

PSTN / MSC	MSC A	MSC B	MSC C	MSC D
TOTAL Tráfico entrante (Erlangs)	542	508	513	426
Tráfico entrante (BHCA's)	39059	38111	35538	27884

Tabla 3. 12 Tráfico Erlangs y BHCAs entre Red Fija y Red Móvil

De este total de intentos sólo una parte son atendidos por la Central (TRAFICO PROPIO) y el resto es enrutado a las otras centrales (TRAFICO TANDEM).

Para determinar estos 2 tráfico se ha determinado un factor de acuerdo al tráfico que maneja cada central y el tráfico de toda la red – FACTOR 1 (Al comparar la cantidad de VLR's., de cada central se tiene un valor muy aproximado), estos cálculos se muestran en el siguiente cuadro:

PSTN / MSC	MSC A	MSC B	MSC C	MSC D
TOTAL Tráfico IN (Erlangs)	542	508	513	426
Tráfico IN (BHCA's) - 1º ETAPA	39059	38111	35538	27884
Factor 1 (Central Vs. Red)	27%	25%	24%	24%
Tráfico TANDEM (BHCAs)	28493	28621	26833	21316
Tráfico PROPIO	10567	9489	8705	6567

Tabla 3. 15 Distribución de Tráfico entre MSCs y Red Fija – 1ª Etapa

3.2.3.2 Etapa 2

En los casos en donde el N° B no se encuentra en la primera MSC se tiene un intento adicional de llamada para ubicar al móvil B, para determinar la probabilidad (%)

que el tráfico tandem de cada central llegue a su central destino se empleará el mismo FACTOR. El tráfico total es la suma del tráfico de las 2 etapas

PSTN / MSC	MSC A	MSC B	MSC C	MSC D
Tráfico IN (BHCA's) - 2º ETAPA	20768	19083	19212	19772
Tráfico IN (BHCA's) - TOTAL	59828	57194	54750	47656

Tabla 3. 14 Distribución de Tráfico entre MSCs y Red Fija – 2ª Etapa

Con la nueva estructura de red todas las llamadas provenientes ahora del Gateway irán a la MSC correcta disminuyendo la cantidad de intentos por MSC.

El Siguiete cuadro muestra la carga final en BHCAs de las 4 MSCs:

PSTN / MSC	MSC A	MSC B	MSC C	MSC D
Disminución de BHCAS en MSC	20768	19083	19212	19772
BHCAs Iniciales	201000	185000	182000	175000
BHCAs Finales	180232	165917	162788	155228
% de disminución de BHCAs	10%	10%	11%	11%
% de Carga Final	72%	66%	65%	62%

Tabla 3. 15 Distribución de Tráfico entre MSCs y Red Fija – Etapa Final

Como se puede apreciar las cargas finales están más lejanas del límite de Ingeniería, sin embargo entre las **MSC's A y D existe un desbalance de carga.**

Para balancear las cargas de estas dos centrales se podría hacer una redistribución de BTS's, para ello se deben realizar estudios de fronteras entre estas dos centrales y poder determinar que BTS se migrarían.

Para el caso se dará por hecho el estudio de fronteras y se asumirá que las siguientes celdas son de borde:

BTS	Erlangs
BTS 1	28
BTS 2	40
BTS 3	42
BTS 4	35
BTS 5	30
BTS 6	26
BTS 7	36

Tabla 3. 16 Tráfico de Celdas de Frontera

Para balancear las dos centrales, se requiere que en promedio ambas centrales manejen: 167 730 BHCAs, es decir se requiere pasar desde la central A hacia la Central B: 12 502 BHCAs. Como estas celdas pertenecen a la Central A se tiene un $T_p = 50$ segundos, resultando su equivalente a: 173.6 Erlangs

Se puede apreciar que migrando las 5 primeras Celdas del cuadro se estarían moviendo 175 Erlangs, cumpliéndose de esta manera con el objetivo.

Para realizar la migración se requiere la creación de las 5 celdas en base de datos de la MSC/BSC, así como los medios de transmisión entre cada uno de los locales de las BTS y la sala celular donde esta ubicada el MSC/BSC D.

Después de efectuado esta reasignación de celdas las cargas finales de las centrales serían las siguientes:

PSTN / MSC	MSC A	MSC B	MSC C	MSC D
BHCAs Finales después de la migración de BTS's	167730	165917	162788	167730
% de Carga Final	67%	66%	65%	67%

Tabla 3. 17 Distribución de Tráfico entre MSCs y Red Fija, después de Redistribución de BTS's

3.2.4 Dimensionamiento de los Grupos Troncales

Por ser los Gateway los únicos Puntos de Interconexión con la PSTN, que representa un tráfico considerable en la Red Celular se debe de garantizar una redundancia total en esta interconexión.

Debido a esto, el Límite de Ingeniería para estos Grupos Troncales debe ser de 50% de carga. Así por ejemplo se tiene cubiertas las siguientes contingencias:

- En caso de falla del Gateway 2, los Grupos Troncales entre PSTN-Gateway 1 tendrán la capacidad de soportar todo el tráfico.
- Es la misma idea si falla el medio de Transmisión. Se sobreentiende que los Gateway se encuentran en diferentes locaciones.

3.2.4.1 Elaboración de la Matriz de tráfico esperado:

Consideraciones:

- El tráfico entrante de los PSTN será enviado a los Gateway en proporciones iguales y viceversa.

- Como las centrales ya están balanceadas en carga, se asumirá que todas tienen la misma probabilidad de tener el N° B, es decir los Gateway repartirán 25% del tráfico total entrante a cada MSC.
- Como la diferencia de tráfico-saliente en cada una de las MSC fue variado (Notar en la Tabla 3.8 que la MSC D tiene un valor mayor que las demás), se tomará los mismos tráfico-salientes iniciales.

Con estas consideraciones, el tráfico real (Erlangs) estimado a cursarse se muestra en la siguiente tabla:

Gateway / MSC	TRAFICO PROYECTADO (ERLANGS)					
	MSC A	MSC B	MSC C	MSC D	PSTN 1	PSTN 2
Gateway 1	321	311	307	353	652	641
Gateway 2	321	311	307	353	652	641

Tabla 3. 18 Tráfico de Grupos Troncales de ambos Gateways

Asumiendo un Límite de Ingeniería igual a 50 % y considerando que estos enlaces tendrán un crecimiento en 6 meses de 5% (Este dato es determinado por las estadísticas del crecimiento que este tipo de tráfico ha tenido en el último año); estos Grupos Troncales inicialmente estarán configurados a un 45% de carga.

Con estas consideraciones de diseño, se tiene la siguiente cantidad de E1s:

Gateway / MSC	N° de E1s PROYECTADOS					
	MSC A	MSC B	MSC C	MSC D	PSTN 1	PSTN 2
Gateway 1	25	24	24	28	50	49
Gateway 2	25	24	24	28	50	49

Tabla 3. 19 N° de E1s de Grupos Troncales de ambos Gateways

3.2.5 Esquema de Red de Señalización

Hasta ahora se ha visto el esquema y dimensionamiento de interconexión de voz, siendo necesario el planteamiento de un esquema de Señalización para la integración de estas nuevas centrales con la Red.

La señalización en esta red se basará en el Sistema de Señalización por Canal Común Número 7, en las siguientes líneas se revisará los conceptos básicos de este Protocolo de Señalización.

3.2.5.1 Sistema de Señalización por Canal Común Número 7.

Es un estándar definido por la International Telecommunication Union (ITU). Este estándar define los procedimientos y protocolos con los que los elementos de la red de conmutación telefónica pueden intercambiar información en una red digital de señalización para el establecimiento, enrutamiento y control de llamadas. En este sistema, la señalización se da fuera de banda (en canales dedicados MSC-STP) en vez de ir en banda (en los enlaces de voz). [12]

3.2.5.2 Ventajas de la Señalización por Canal Común

- Menor tiempo de establecimiento de llamada.
- Uso más eficiente de los circuitos de voz.
- Apoyo a los servicios que requieren intercambiar información con bases de datos.
- Al tener toda la mensajería de señalización concentrada en los STP se tiene un mejor control sobre estos, consecuentemente se mejora el control sobre el uso fraudulento de la red.

Cada punto de señalización en la red **SS7** se identifica únicamente por su punto de código. Estos códigos son llevados en los mensajes de señalización intercambiados entre los puntos de señalización para identificar el origen y destino de cada mensaje.

Existen tres tipos de puntos de señalización:

- **SSP** (Puntos de Conmutación de Servicio)
Son conmutadores que originan, terminan, o sirven de tandem a llamadas. Este punto de señalización manda mensajes de señalización a otros SSP para establecer, manejar, y liberar circuitos de voz requeridos para completar una llamada. También pueden solicitar información a bases de datos (SCP) para determinar como enrutar una llamada.

- **STP** (Puntos de Transferencia de Señal)
Son conmutadores de paquetes que se encargan del tráfico de la red, actúan como concentradores de la red al enrutar cada mensaje que llega a un enlace de señalización de salida basándose en la información de ruteo contenida en el mensaje SS7. De esta manera los STP proporcionan una mejor utilización de la red SS7 al eliminar la necesidad de enlaces directos entre los puntos de señalización (elementos de la red).
- **SCP** (Puntos de Control de Servicio, Bases de datos)
Es una base de datos que manda una respuesta al SSP conteniendo los números de enrutamiento asociados con el número marcado. Pudiendo el SSP usar un número de ruteo alternativo si el primero se encuentra ocupado o no se obtiene respuesta en un lapso de tiempo especificado.

3.2.5.3 Tipos de Enlace de Señalización:

- A. (Acces) Conecta un **SCP** o **SSP** a un **STP**.
- B. (Bridge) Conecta a un **STP** con otro **STP**.
- C. (Cross) Conecta a **STP's** redundantes.
- D. (Diagonal) Lo mismo que los enlaces B.
- E. (Extended) Conecta a un **SSP** a un **STP** alternativo, para redundancia.
- F. (Fully associated) Conecta a dos puntos de señalización terminales, es utilizado cuando no se tienen **STP's**.

El siguiente diagrama representa el esquema de señalización para la red-ejemplo planteada:

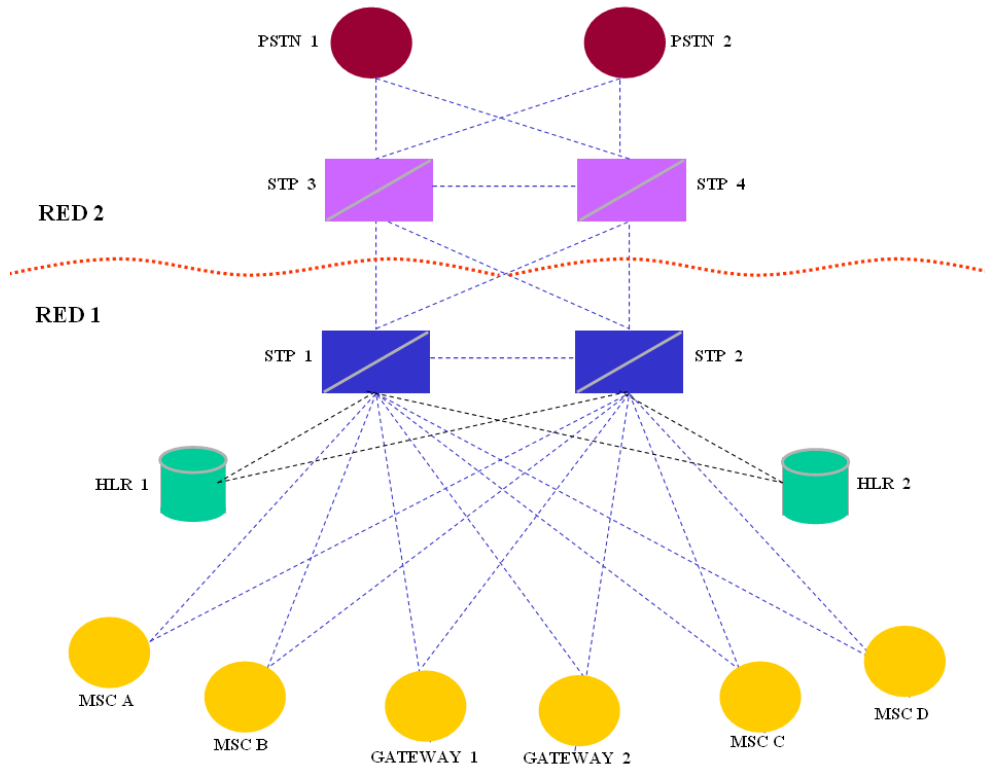


Figura 3. 11 Esquema de Señalización para la “Red Ejemplo”

3.2.5.4 Consideraciones de diseño:

- Los enlaces con los STPs son redundantes
- La carga de estos enlaces no debe exceder 40%
- Es conveniente que exista con cada STP redundancia de enlaces E1s, la cantidad de links de señalización deben repartirse equitativamente entre estos.

En el siguiente diagrama se puede observar la conexión redundante de una MSC con los STPs.

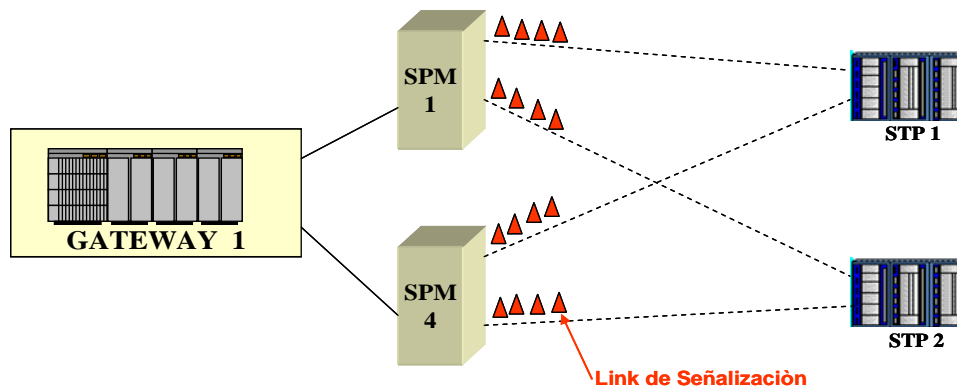


Figura 3. 12 Interconexión de Señalización entre Gateway y STP's

3.2.6 Configuración de Grupos Troncales y Rutas de Señalización en MSC

Una vez establecidas las conexiones de voz y señalización que tendrán las nuevas centrales, se debe de trabajar en la elaboración de una base de datos para configurar los grupos troncales de interconexión (voz) y las rutas de señalización

3.2.6.1 Grupos Troncales (Voz)

La creación de Grupos Troncales en una MSC varía según el fabricante de cada una, pero siempre existen parámetros comunes, denominados con diferentes nombres, que necesariamente deben configurarse en la creación de un grupo troncal.

- Código de Grupo.
Con este código el Sistema informático de facturación identifica a cada Grupo Troncal y son el destino de las traslaciones correspondientes.
- Capacidad del Grupo.
Número de troncales o circuitos que se implementarán.
- Tipo de Grupo.
Entrante, Saliente, Entrante-Saliente.
- Secuencia de Toma.
Ascendente / descendente; most-idle / less-idle, etc.
- Protocolo de señalización en el que conversarán las centrales (SS7, R2, etc.)
- Definición de CIC (en el caso de SS7).
- Nombre de Traslaciones Asociadas.
- Grupos de desborde.

3.2.6.2 Rutas de señalización

Para que exista conversación a nivel circuito entre 2 centrales primero se debe establecer la ruta de señalización, para ello se deben definir ciertos parámetros como: (Se debe considerar que la conexión de señalización es sólo a través de STP:

- Punto de Código Destino - DPC y Punto de Código Origen – OPC (ITU, ANSI)
Este punto de código puede ser expresado en diferentes formatos como por ejemplo:
 - ITU Decimal
 - ITU Hexadecimal
 - ITU 3-8-3

- Link de señalización (SLC = 0, 1, 2...etc.)
Son los numeros de links que soportaran todo la mensajería correspondiente a los E1's de Voz de las Centrales.
- Definición de RoutSet
Son las Rutas de señalización asociadas a un DPC, estas se relacionan con los grupos troncales entre la Central Origen y la Central Destino.
- Definición de Sub-Sistemas
A la Central destino se le debe de asociar el tipo de Subsistema al que pertenece (a cada Sub-sistema se le ha asignado un número),
Los Subsistemas en IS-41 son los siguientes [13]:
 - 5 MAP
 - 6 HLR
 - 7 VLR
 - 8 MSC
 - 9 EIR
 - 10 AC
 - 11 SMS

3.2.7 Ejemplo de configuraciones de rutas de señalización y grupos troncales de voz

Con el objetivo de aclarar y ampliar conceptos, a continuación se muestra las tablas que involucra la creación completa de grupos troncales (voz) y rutas de señalización basada en la arquitectura lógica de la MSC Nortel ya descrita en el capítulo anterior.

3.2.7.1 Base de Datos para rutas de señalización

Se pondrá como ejemplo la creación en base de datos de GATEWAY 1 de las rutas de señalización correspondientes a las centrales PSTN1 y PSTN2 del caso que se ha estado estudiando.

Se considerará los siguientes datos:

Nombre de Route-set:	RSPSTN1 y RSPSTN2
DPC ITU:	6-254-2 (Formato 3-8-3)
Links a usar:	LSSTP1 0 Y LSSTP2 0 (Link 0 de LinkSet de STP 1 y STP 2)
Subsistemas:	5, 7 y 8
Revisión IS-41:	C

Las siguientes son las tablas de central en donde se almacena estos datos:

C7RTESET

ADD RSPSTN1 GATEWAY1 N CCITT7 INTL 6 254 2 (LSSTP1 0) (LSSTP2 0) \$

ADD RSPSTN2 GATEWAY1 N CCITT7 INTL 6 254 3 (LSSTP1 0) (LSSTP2 0) \$

TABLE: C7NETSSN

ADD RSPSTN1 Y 0 0 (REMVLR 7) (REMMAP 5) (REMMSC 8) \$

ADD RSPSTN2 Y 0 0 (REMVLR 7) (REMMAP 5) (REMMSC 8) \$

TABLE SYSCON

ADD 52 RSPSTN1 TCAP_LINK CCITT7 INTL 6 254 2 IS41C DEFAULT N N N Y N N \$

ADD 53 RSPSTN2 TCAP_LINK CCITT7 INTL 6 254 3 IS41C DEFAULT N N N Y N N \$

TABLE: MSCIDRTE

ADD 32384 1 32511 5 RSPSTN1 DEFAULT NIL NIL Y \$

ADD 32384 2 32511 6 RSPSTN2 DEFAULT NIL NIL Y \$

3.2.7.2 Base de datos para Grupos Troncales (Voz)

Se realizara la creación en Base de Datos de Central Gateway 1 de los Grupos Troncales entre Gateway1 con PSTN 1 y Gateway1 con PSTN 2

Datos a considerar:

Nombre:	TRKGRP GWY1 – PSTN 1: 9998_PSTN1
	TRKGRP GWY1 – PSTN 2: 9999_PSTN2
Nº de circuitos:	1600 (50E1 x 32 canales, ver tabla 3.19)
Código interno:	TRKGRP GWY1 – PSTN 1: 98
	TRKGRP GWY1 – PSTN 2: 99
Tipo de Grupo:	TWO WAY (2W)
Señalización:	SS7
Toma de Circuitos:	Ascendente

Las siguientes son las tablas de central en donde se almacenan los datos:

TABLE CLLI

ADD 9998_PSTN1 98 1600 TRKGRP GWY1_PSTN1
ADD 9999_PSTN2 99 1600 TRKGRP GWY1_PSTN2

TABLE TRKGRP

ADD 9998_PSTN1 DID 0 NPDGP NCRT 2W ASC 0 +
OFFTREAT N NOANI N Y N Y N N STD UNXL PX NIL 0 \$
ADD 9999_PSTN2 DID 0 NPDGP NCRT 2W ASC 0 +
OFFTREAT N NOANI N Y N Y N N STD UNXL PX NIL 0 \$

TABLE TRKSGRP : (CC7)

ADD 9998_PSTN1 0 DS1SIG C7UP 2W N N UNEQ NONE +
CCITT_7 THRH 0 NIL N N BR MTX_BLUE \$ ISUPTMRS CIC
ADD 9999_PSTN1 0 DS1SIG C7UP 2W N N UNEQ NONE +
CCITT_7 THRH 0 NIL N N BR MTX_BLUE \$ ISUPTMRS CIC

TABLE TRKMEM :

(En esta tabla se deben poner los 1600 circuitos, es decir 1600 líneas consideradas para cada grupo, para el ejemplo se pondrán 2 para cada grupo. En esta tabla se asigna los E1s en cada SPM)

ADD 9998_PSTN1 1 0 SPM 0 108 1
ADD 9998_PSTN1 31 0 SPM 0 108 31
ADD 9999_PSTN2 1 0 SPM 0 109 1
ADD 9999_PSTN2 31 0 SPM 0 109 31

TABLE C7TRKMEM :

(En esta tabla se asocia el Número de circuito con el número de CIC, también debe constar de 1600 líneas)

ADD 9998_PSTN1 1 1
ADD 9998_PSTN1 31 31
ADD 9999_PSTN2 1 1
ADD 9999_PSTN2 31 31

3.2.8 Reconocimientos de Grupos Troncales en Sistema Informático

El Sistema Informático debe reconocer a estos nuevos Grupos Troncales para los procesos de Liquidación con el otro Operado (PSTN).

Como para este ejemplo se realizó una variación de PDI's y Centrales de Interconexión, los enlaces entre los Gateway y el Sistema Informático, por donde se enviarán los CDRs, deben ser definidos.

Para esta Conexión se debe considerar lo siguiente:

- Solicitud de Medio de Transmisión. (Tipo de enlace)
Estos enlaces deben ser redundantes.
- Definición de Protocolo de envío de CDRs.
Los más usados son FTP y AFT (Automatic File Transfer)
- Reconocimiento de los Campos de CDR en el Sistema Informático.
Uno de estos campos corresponde al Grupo Troncal.
- Realización de pruebas con diversos escenarios de llamadas.
Esto se verá con mayor detalle en el siguiente capítulo

A continuación se dan dos ejemplos de CDRs (Un CDR de MSC Motorola y otro CDR de MSC Nortel), con el objetivo de observar los campos que conforma un CDR.

CDR MOTOROLA

Record: 001
Date: 11/17 Call Class: 01
Timeout Originating Call Class: 00 Direction: ML
Time Change: 0 Midnight Indicator: 0
Call Type Features: None

ORIGINATING -

Party Seize Time: 17:19:46	Party Disconnect Time: 17:20:18
Party Call Duration: 00:00:32	Switch ID: 04
Trunk Group: 0241	Trunk Member: 0776
Mobile Final Switch ID: 04	Mobile Final Trunk Group: 0241
Mobile Final Trunk Member: 0776	Mobile ID: 1118470674
Mobile Serial Number: 51d0704b	
Mobile Home/Roam Indicator: HLV	Mobile Handoff Count: 0

TERMINATING -

Party Answer Time: 17:19:50	Party Disconnect Time: 17:20:18
Party Call Duration: 00:00:28	Switch ID: 04
Trunk Group: 1114	Trunk Member: 12389

MISCELLANEOUS -

World Number/LRN: 51197998463	
Dialed Digits/LRN: 97998463	
Outpulsed Digits/LRN: 0197998463	
Sequence Number: 2297868	
Orig. ANI/CPN: 0000000198470674	
Nature of Address: 03	Numbering Plan: 1
Presentation Ind: 0	Orig. Line Info: 00
Trunk Group Type: 3	IEC/NEC ANI/CPN Ind: 2
Signalling Network Ind: 28	

(Fuente: Motorota Inc.)

CDR NORTEL

Release: MTX1200
 File name: P051117171123AMA
 Record number: 0
 RECCD F7
 ENTRYCD 00
 VERINFO 1200
 OFEATCD NNN
 TFEATCD NNN
 CLLNGNUM 198470674
 CLLNGSYS
 ORIGMSA
 ORIGROAM
 ORIGSCM
 CLNGCAT 1
 OCHANCAP NNNNN
 OCHANUSE NNNNN
 CLLNGSER
 CLDSVC 1
 CCMACCA
 DIALDNUM 0197998463
 CALLDNUM 97998463
 CALLDSYS
 TERMMSA
 TERMROAM
 TERMSCM
 CLLDCAT 7
 TCHANCAP NNNNN
 TCHANUSE NNNNN
 CALLDSER
 CALLTYPE 4
 BLLNGNUM
 ACCNTCOD
 BLNGCAT B
 AUTHCODE
 OPSRSZTP
 TRMTCD 000
 TPRSRSZTP
 BLLNGSER
 EVENTDIG 0
 ONWKBID
 OMTXCT
 TNWKBID
 TMTXCT
FORGCLLI 1114TFEMXMI
 FORIGMEM 0133
 PORGCLLI
 PORIGMEM
 LORGCLLI 1114TFEMXMI
 LORIGMEM 0133
 ORIGTIME 321171912
 HANDOFFS
 FTRMCLLI 1910CLARO_LV
 FTERMMEM 0001
 PTRMCLLI
 PTERMMEM
LTRMCLLI 1910CLARO_LV
 LTERMMEM 0001
 DISCTIME 321171943
 STS

CALLDUR 000027
 OSVCIND 0000
 ORIGHOLD
 OGBLGCAT
 TERMHOLD
 COMPCD 00
 OEXTSYS
 ANSTYP 04
 TEXTSYS
 TSVCIND 0000
 OTSCCSO 0000
 TTSCCSO 0000
 OPSRSZID 000000
 TPRSZID 000000
 TERMNUM 97998463
 ANSTIME 321171915
 CIC
 CUSTTYPE
 REDIRNUM FFF
 OCRGBAND FFF
 (Fuente: Nortel Networks)

3.3 CASO 3: BALANCEO DE CARGA EN EQUIPOS PERIFERICOS

Cuando una función determinada de una central esta compuesta por un equipo que es modular, se debe de tratar que la carga de los módulos que conforman el equipo estén equilibradas.

Se tomará como ejemplo los módulos periféricos de la MSC Nortel, cuya función es brindar los puertos de interconexión. Estos módulos son los SPMS – STM1's.

3.3.1 Consideraciones Iniciales

- Se cuenta con 7 SPMS STM1's
- Todos los SPM tienen 63 Puertos E1s
- La capacidad de procesamiento varía según la Versión del procesador del SPM
- Las cargas de los procesadores para un día Viernes en Hora de Mayor Movimiento, son las siguientes:

SPM	Versión de SPM	Capacidad Máxima	Nº de Intentos ORIG + TERM	% de Carga	Equipo Destino
SPM.0	Versión 1	115000	141539	123%	OPTERA STM 1
SPM.1	Versión 1	115000	138014	120%	OPTERA STM 1
SPM.2	Versión 1	115000	136875	119%	OPTERA STM 1
SPM.3	Versión 1	115000	120206	105%	OPTERA STM 1
SPM.4	Versión 1	115000	113607	99%	OPTERA STM 1
SPM.5	Versión 2	150000	92736	62%	OPTERA STM 1
SPM.6	Versión 2	150000	88445	59%	OPTERA STM 1

Tabla 3. 20 Carga de Procesador Principal (KBHCAs) de SPM's - Situación Inicial

Se tiene un tráfico total cursado en los 7 SPM's de 831 422 BHCAs, los que se deben distribuir en forma equitativa entre todos los módulos SPM's, en promedio cada módulo debe soportar 118 775 BHCAs.

En consecuencia se podría soportar la totalidad del tráfico cursado si se incrementa la capacidad de cada módulo haciendo un up-grade a 150 000 BHCAs. En promedio se tendría la siguiente carga:

SPM	Versión de SPM	Capacidad Máxima	Nº de Intentos ORIG + TERM	% de Carga	Equipo Destino
SPM.0	Versión 2	150000	118775	79%	OPTERA STM 1
SPM.1	Versión 2	150000	118775	79%	OPTERA STM 1
SPM.2	Versión 2	150000	118775	79%	OPTERA STM 1
SPM.3	Versión 2	150000	118775	79%	OPTERA STM 1
SPM.4	Versión 2	150000	118775	79%	OPTERA STM 1
SPM.5	Versión 2	150000	118775	79%	OPTERA STM 1
SPM.6	Versión 2	150000	118775	79%	OPTERA STM 1

Tabla 3. 21 Carga de Procesador Principal (KBHCAs) de SPMs - Situación Final

3.3.2 Consideraciones Finales:

- La carga final promedio de cada módulo es de 79%, conseguir esta equidad de tráfico es en la práctica bastante complicado pues depende del tipo de tráfico que maneja cada uno de estos módulos.
- El tráfico, para cada elemento, puede variar según la hora y el día, por lo que es recomendable distribuir todos los grupos troncales que contienen el

tráfico total en los diversos módulos, tratando de no concentrar un determinado grupo en sólo un SPM.

- También se debe considerar en la distribución de los grupos troncales para cada SPM, en caso la secuencia de toma de circuito sea ascendente o descendente, el número de CIC asignado, pues si el tráfico es en un sólo sentido los circuitos tomados serán únicamente los primeros o los últimos según sea el caso de la toma de circuito. Dando como resultado la carga sólo del SPM que controla los CICs de los circuitos tomados.
- Por consiguiente en un diseño de esta naturaleza se debe considerar, al crear la base de datos, la distribución de todos los Grupos Troncales en todos los SPMs y adicionalmente dentro de cada grupo troncal se debe tener en cuenta que los CICs contiguos deben crearse en diferentes módulos SPMs.



CAPITULO IV

ADMINISTRACIÓN DE UN PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN EN UNA RED CELULAR

Una vez que se ha determinado el dimensionamiento y diseño de nuevos elementos en la red, así como el incremento de capacidades de elementos ya existentes se debe de proceder a ejecutarlos a través de un proyecto.

En el capítulo anterior se revisó el incremento de capacidad de una red celular y lo que se analizó principalmente fue la capacidad de tráfico que las nuevas centrales deberían manejar; sin embargo para la interconexión con toda la red estas centrales deben cumplir con diversas especificaciones adicionales para no causar ningún impacto en los diferentes tipos de servicios que ya brinda la red, teniendo como objetivo principal que los usuarios reciban estos cambios en la red con total transparencia.

En este capítulo se revisará las principales consideraciones técnicas a tener en cuenta en la elaboración de un proyecto, se ha considerado tomar como ejemplo de proyecto el caso de implementación de 2 nuevas centrales en una red celular CDMA, cuyo dimensionamiento se revisó en el capítulo anterior, por ser un proyecto amplio en el que se deben considerar diversos aspectos.

4.1 DESCRIPCIÓN DE UN CONJUNTO DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS A UN GRUPO DE PROVEEDORES.

Se requiere la elaboración, por parte del operador, de un documento técnico que contenga todas las características que deben tener los equipos, este documento se enviará a todas las empresas que participen en el concurso de compra establecido por el operador. A partir del cumplimiento de cada uno los requerimientos se evaluarán técnicamente a cada una de los proveedores.

En este documento se debe abarcar diferentes aspectos como: infraestructura, características técnicas de la central, integración con sistemas de monitoreo/gestión y sistemas de facturación; también debe referir los compromisos y responsabilidades que deberán tener el proveedor y el operador en la ejecución del proyecto. Sin duda **gran parte del éxito del proyecto radica en la elaboración de un detallado y preciso número de especificaciones**, pues la omisión de alguna funcionalidad traería como consecuencia retrasos en el proyecto.

4.1.1 Requerimientos en infraestructura

4.1.1.1 Requerimiento en Obra Civil

El PROVEEDOR deberá:

- Informar la carga sobre el piso en Kg. / m², área ocupada por los nuevos equipos, pesos, dimensiones de los equipos y otros datos necesarios.
- Verificar si todas las obras civiles necesarias para la instalación de posibles adiciones de hardware, tales como pisos elevados, sistemas radiantes, divisiones, puertas y obras adicionales, sean satisfactorias para la instalación.
- Par los casos en donde la sala celular es con falso piso el Proveedor deberá instalar las estructuras mecánicas necesarias para el soporte de los mismos, de manera que estos queden a la altura del falso piso.
- El proveedor deberá entregar un Layout, a escala de 1:50, para análisis y modificaciones por el operador, incluyendo todos los equipos / periféricos necesarios para las capacidades especificadas en este documento.
- El proveedor facilitará el descriptivo físico y mecánico de los equipos propuestos, donde estarán definidas sus características, incluyendo el nivel de ruido generado por cada uno de ellos y para el caso que presente soluciones de equipos que se instalarán a la intemperie, garantizará su capacidad para soportar intensas condiciones operativas externas, como por ejemplo lluvia, nieve, salinidad, humedad, condiciones extremas de temperatura, entre otros.

4.1.1.2 Requerimiento en Energía

El PROVEEDOR deberá:

- Informar el tipo de alimentación y el consumo de energía de los equipos a instalar.

- Indicar el consumo de potencia de cada uno de los equipos del sistema propuesto y suministrará la misma información para la máxima configuración de los equipos.
- Dimensionar y proveer la carga de energía necesaria para la instalación de los equipos necesarios para adecuar la instalación de las nuevas centrales
- Utilizar alimentación local, -48 DC para centrales y 220V AC (60 Hz) para los periféricos. (Se asume que estos valores son con los que trabajan la mayoría de los equipos en las salas celulares del operador).
- En caso que los equipos de un determinado proveedor utilicen alimentación distinta a las indicadas, éste, si fuese autorizado por el operador, asumirá todos los gastos que la misma ocasione.
- Proveer e instalar los cables de energía, así como todos los trabajos / equipos adicionales, necesarios para la instalación y conexión de los mismos en los cuadros de energía de las salas celulares tanto AC y DC.

4.1.1.3 Requerimiento en aire acondicionado

El PROVEEDOR deberá:

- Informar la disipación térmica y la temperatura de operación de los equipos.
- Verificar y validar que toda la infraestructura de aire acondicionado proveída en las salas celulares del operador sea satisfactoria para el funcionamiento de los equipos necesarios para adecuar las nuevas centrales.
- Informar el gradiente máximo de variación de temperatura, para la implantación de nuevos equipos. Todos los datos deberán prever las situaciones de equipo sin carga y en funcionamiento a plena carga, con todos sus accesorios y cableados instalados.

4.1.2 Requerimientos funcionales de central

- El proveedor deberá presentar la cantidad y las reglas de dimensionamiento para la adaptación de la central en la red.
- Deberá proveer el instrumental y herramientas, necesarios para operación y mantenimiento de las centrales (apertura de bastidores, retiro de tarjetas, etc.)
- En la propuesta de MSC se deberá incluir el Roadmap de los próximos 5 y 10 años.
- MSC se interconectará con los siguientes elementos de red:

- Centrales celulares (Protocolos : ANSI41 D/C7, ISUP/C7)
- HLR (Protocolos: ANSI41 D/C7)
- Plataforma Prepago (Protocolos: ISUP/C7)
- Correo de voz (Protocolo: ISUP/C7)
- IVR (Protocolo: ISUP/C7)
- STP (Protocolo: ISUP/C7, ANSI41 D/C7)
- Con la Red Externa conformada:
 - Call Center, Centralitas
 - Otros operadores de telefonía fija y celular.

4.1.3 Requerimiento en traductores y funciones relacionadas

- El proveedor deberá informar las facilidades de operación y mantenimiento.
- La MSC contará con facilidades para que el abonado pueda seleccionar el portador de larga distancia, mediante la preselección por suscripción al igual que la preselección de la llamada por llamada.
- La MSC debe ser capaz de hacer restricciones por volumen de tráfico, número B, número A, lista blanca y lista negra, por la naturaleza de la dirección (IAM), etc.
- La MSC debe ser capaz de enrutar las llamadas por medio del número B, por categoría de usuario y por consulta previa al HLR.
- El proveedor deberá informar la cantidad de traductores para árboles de análisis disponibles, la descripción de los mismos, las facilidades existentes y el modo de operación y mantenimiento.
- La central deberá realizar inserción y borrado de dígitos tanto para los traductores normales como para la función de localización de abonados móviles del HLR.
- La central deberá posibilitar la creación y tratamiento de prefijos para traducción de por lo menos 19 dígitos.
- La central deberá tener herramientas que posibiliten al operador bloquear llamadas de entrada cuando no este presente en esta la identificación de abonado llamante (ANI).
- El proveedor deberá de realizar todas las matrices de encaminamiento que posibiliten el enrutamiento de llamadas en la red interna del operador y en el encaminamiento de llamadas hacia otros operadores. Así mismo se deberá realizar la definición correspondiente para integrar estas centrales a la red de señalización Nacional e Internacional de Roaming

- La central deberá poseer los mecanismos necesarios para la creación de un mínimo de 80 diferentes traductores de OI (Origination Indicator) de manera que el operador pueda vincular un determinado OI (definido o reservado) a un traductor de análisis específico.
- La central deberá poseer los mecanismos necesarios que permitan una vinculación de un abonado cualquiera a un OI cualquiera a través de la programación de datos en central (interfaz hombre – máquina).
- La central deberá permitir el "by pass" de todos los valores de CPC utilizados por el operador, es decir, al recibir un mensaje IAM con CPC predefinido con un determinado valor X, la central deberá replicar el mismo valor X en el IAM de salida.
- La central deberá estar apta para recibir TLDNs con códigos Nacionales diferentes y que pertenezcan a ella, a través de ruta única con una o más centrales dependiendo de la topología de red sin que exista la necesidad de dividir esas rutas.
- La central deberá proveer la facilidad de copia de contenido de datos de un traductor hacia otro diferente sin que sea necesaria la interrupción de cualquier proceso dentro de la misma.
- La central debe ser capaz de insertar anuncios antes de completar la llamada.
- La central deberá ser capaz de grabar un mínimo de 50 anuncios de un máximo de 20 segundos cada uno, los cuales podrán ser concatenables.
- La central deberá soportar los triggers necesarios para el servicio de red privada para la traducción correspondiente de las llamadas de marcación abreviada.
- Será capaz de controlar y gestionar el tráfico tomando en consideración el parámetro ISUP de naturaleza de la llamada (Local, Nacional, Internacional)

4.1.4 Requerimientos en señalización

- La central deberá ser capaz de manejar enlaces Satelitales tanto para voz y señalización.
- Para la identificación en la red de señalización número 7, la central deberá permitir la definición de más de un punto de código propio ANSI.
- Para la identificación en la red de señalización número 7, la central deberá permitir la definición de más de un punto de código propio ITU.

- Las Centrales MSC deberán mantener la integración con la red de señalización (Por ejemplo ANSI-41), para efectos de roaming automático.
- La MSC debe ser capaz de hacer Call Trace en ISUP e IS41.

4.1.5 Requerimientos en sincronismo

- Las centrales digitales GW/MSM en condiciones normales, deberán continuar operando en sincronismo con una central de referencia a través del método de sincronismo maestro-esclavo, con rutas previamente determinadas.
- La señal de sincronismo deberá ser extraída como mínimo mediante dos enlaces, fijando los demás como reserva, para los cuales la señal deberá ser conmutada automáticamente en caso de falla.
- En caso de falla de todos los enlaces disponibles, la central deberá ser automáticamente colocada en funcionamiento autónomo. Cuando la falla de por lo menos un enlace fuera reparada, la central deberá retornar automáticamente a operar en modo maestro-esclavo. A medida que los enlaces de mayor prioridad sean recuperados, deberá conmutar automáticamente a los mismos, hasta que el enlace de referencia sea restablecido.

4.1.6 Requerimientos en servicios suplementarios

- Call delivery (cd)
- Voice mail busy/no answer (vmb/vmna)
- Call forwarding-busy (cfb)
- Call forwarding-no answer (cfna)
- Call forwarding-default (cfd)
- Call forwarding-unconditional (cfu)
- Call waiting (cw)
- Call transfer (ct)
- Three-way calling (3wc)
- Calling number identification presentation (cnip)
- Calling number identification restriction (cnir)
- Priority access and channel assignment (paca)
- Preferred language in voice mail (pl)
- Message waiting notification by sms (mwn)
- Authentication

- Hot billing
- Short message service (sms)
- CNIP call back

4.1.7 Requerimientos para integración con sistema de facturación.

- Las centrales deberán estar preparadas para facturar todas las llamadas, completadas o no completadas, de voz y datos.
- Las centrales deberán estar preparadas para registrar el código nacional de área. El registro de facturación debe contener el código nacional de área de las llamadas salientes dentro de áreas de numeración definida, tanto para el abonado originante como para el abonado terminante.
- Los equipos deberán cumplir con el plan nacional de numeración del Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú en vigencia, disponiendo de flexibilidad para adecuarse a los cambios que se presentarán al respecto en el futuro.
- En el CDR, la Hora de inicio, Hora de desconexión de la llamada y duración de la llamada debe contar con hora: minutos: segundos: milisegundos
- Cada registro (CDR) deberá disponer, por lo menos, de los siguientes datos:
 - Fecha de la llamada.
 - Número Originante.
 - Número Discado.
 - Hora de inicio de llamada.
 - Hora de desconexión y/o duración de la llamada.
 - Duración de la llamada.
 - Número llamado (Número encaminado por la red: como TLDN, abonado "C", etc.).
 - Celda de Origen.
 - Celda de destino.
 - Ruta de Entrada.
 - Ruta de Salida.
 - Identificación del estado de la llamada (información sí la llamada fue completada, ocupada, no atendida, etc.).
 - Identificación de planta del móvil (indicación si el móvil es post-pago, prepago, gestión etc.). Esto según OI.
 - Identificación de registro de transferencia (ejemplo: correo de voz, desplazamiento, conferencia, etc.).
 - Identificación del llamador (ANI).
 - Secuencia numérica del registro
 - ESN's de los móviles involucrados en la llamada
 - MIN Originante.
 - MIN Terminante.
 - Categoría de los abonados: originante, terminante y de transferencia.

- Dirección de la llamada, especificando en que condición están el abonado originante y el abonado terminante.
 - Fin de selección de término de llamadas no completadas, de acuerdo al fin de selección de SS7.
 - Indicador de tarificación (llamada facturable o no, llamada por cobrar, etc.).
 - Duración de llamada.
- Para todos los tipos de llamadas deberán ser generados registros (CDR's), independientes del "estado final" de las mismas. Además deberá existir una facilidad que permita la opción de recolectar solamente los registros de llamadas que sean completadas.
 - Los registros de memoria tendrán una capacidad para almacenar y procesar números de abonado de 19 dígitos como mínimo.
 - Conexión lógica propuesta por el proveedor para realizar una transmisión en línea (FTP, AFT, protocolo similares), con la posibilidad de intervenir manualmente.
 - Manejo de mensajería de Envío y Confirmación de CDRs en línea.

4.1.8 Requerimientos en gestión de red

4.1.8.1 Relacionados a grupos troncales de voz

- Capturas con éxito en la ruta para llamadas salientes.
- Capturas sin éxito por congestión en la ruta para llamadas salientes.
- Número de capturas por ruta alterna para llamadas salientes.
- Número de llamadas salientes atendidas.
- Tráfico cursado para llamadas salientes.
- Tráfico cursado por llamadas salientes atendidas.
- Número de enlaces de salida instalados.
- Número de enlaces de salida en servicio.
- Número de enlaces de salida bloqueados por falla.
- Número de enlaces de salida bloqueados por mantenimiento.
- Capturas de ruta para llamadas entrantes.
- Tráfico cursado para llamadas entrantes.
- Tráfico cursado por llamadas entrantes atendidas.
- Número de enlaces de entrada instalados.
- Número de enlaces de entrada en servicio.
- Número de enlaces de entrada bloqueados por falla.

- Número de enlaces de entrada bloqueados por mantenimiento.

4.1.8.2 Relacionados a enlaces de señalización

- Contador de número de mensajes enviados y recibidos de la central en los protocolos IS 41, TUP, ISUP y MAP por nodo de red con la central.
- Cantidad de mensajes enviados en el enlace.
- Cantidad de mensajes recibidos en el enlace.
- Cantidad de mensajes retransmitidos.
- Cantidad de bytes enviados en el enlace.
- Cantidad de bytes recibidos en el enlace.
- Cantidad de bytes retransmitidos.
- Cantidad de fallas en el enlace.
- Tiempo de funcionamiento efectivo del enlace durante el periodo de colección.
- Tiempo de indisponibilidad del enlace durante el periodo de colección.

4.1.8.3 Relacionados a Carga de Procesadores

- Carga porcentual media y máxima de ocupación del procesador en procesamiento de llamada en el intervalo de recolección.
- Cantidad de veces en los que el procesador entra en sobrecarga.
- Duración de la Sobrecarga.
- Número de llamadas entrantes (Intentos).
- Número de llamadas salientes (Intentos).
- Número de llamadas salientes completadas.
- Número de llamadas con recepción de tono de ocupado.
- Número de llamadas con recepción de código indeterminado.
- Número de llamadas con recepción de congestión en la red originante.
- Número de llamadas con recepción de congestión en la central destino.
- Número de llamadas con término de temporización para recepción de ACM (llamadas salientes).
- Número de llamadas abandonadas por el origen.
- Tráfico Total cursado en minutos.
- Tráfico efectivo cursado en minutos.

4.1.9 Requerimientos en cursos de capacitación

- Cursos teórico-prácticos de Planificación e Ingeniería.

- Cursos teórico-práctico de Operación y Mantenimiento.
- Documentación de los procesos de instalación, operación, mantenimiento, supervisión y gestión en voz y datos.
- Todos los productos ofrecidos deben constar de una documentación técnica con nivel de detalles adecuado y aplicación del producto, incluido informaciones que permitan la implementación de análisis de costos y desarrollos futuros.

4.2 EVALUACIÓN DE PROVEEDORES

Con los requerimientos solicitados por el operador, los proveedores indicarán el cumplimiento de cada uno de los ítems.

El Operador calificará según cumplimiento técnico a todos los proveedores, para esto se debe de preparar una matriz de evaluación en donde se indicará la importancia que tiene cada requerimiento, es decir no todos los requerimientos tendrán el mismo peso en el puntaje final.

Se plantea entonces el siguiente cuadro ponderativo:

Impacto - Importancia en el proyecto		
Denominación	Valor	Descripción
A	2	Alta
M	1.5	Media
B	1	Baja

Tabla 4. 1 Puntaje de Impacto para cada requerimiento

Adicionalmente se debe considerar el nivel de cumplimiento que cada proveedor tiene para cada requerimiento, como se muestra en el siguiente cuadro:

Nivel de Cumplimiento		
Denominación	Valor	Descripción
C +	1.5	Cumple más
C	1	Cumple
CP	0.5	Cumple Parcialmente
NC	0	No cumple

Tabla 4. 2 Puntaje de Cumplimiento para cada requerimiento

Con estas consideraciones se tiene una tabla de puntuación como se muestra en el siguiente cuadro ejemplo con sólo 7 requerimientos.

El proveedor que tenga el mayor puntaje será el ganador en el concurso técnico, para la adjudicación del proyecto se debe realizar paralelamente un concurso económico.

Impacto: A / M / B	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO				PUNTAJE			
		Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4
A	La señal de sincronismo deberá ser extraída como mínimo mediante dos enlaces, fijando los demás como reserva, para los cuales la señal deberá ser conmutada automáticamente en caso de falla.	C	C	C	C	2.00	2.00	2.00	2.00
A	La MSC contará con facilidades para que el abonado pueda seleccionar el portador de larga distancia, mediante la preselección por suscripción al igual que la preselección de la llamada por llamada	C	C	C	C	2.00	2.00	2.00	2.00
A	La central digital permitirá la definición simultanea de puntos de código ITU y ANSI para la identificación del GW/MSC.	NC	NC	CP	NC	0.00	0.00	1.00	0.00
A	En el CDR, la Hora de inicio, Hora de desconexión de la llamada y duración de la llamada debe contar con hora: minutos: segundos: milisegundos.	C	NC	C	CP	2.00	0.00	2.00	1.00
A	La MSC debe ser capaz de hacer restricciones por volumen de tráfico, número B, número A, lista blanca y lista negra, por la naturaleza de la dirección (IAM), etc.	C	C	NC	C	2.00	2.00	0.00	2.00
M	Número de enlaces de salida bloqueados por mantenimiento	CP	C	CP	CP	0.75	1.50	0.75	0.75
M	Tiempo de funcionamiento efectivo del enlace durante el periodo de colección;	C	C	C	CP	1.50	1.50	1.50	0.75
PUNTAJE GENERAL						10.25	9.00	9.25	8.50

Tabla 4. 3 Tabla ejemplo de puntuación de proveedores

4.3 DESARROLLO DEL PROYECTO

4.3.1 Ubicación de los nuevos equipos en las salas celulares.

Determinación de la ubicación en la sala celular de:

- Tomas de Conexión de energía AC y DC, así como determinación de la capacidad de los sistema de energía
- Puntos de tierra.
- Rutas de escalerillas para transportar cableados de voz, datos y energía, estas pueden ser aéreas o pasar por debajo del falso piso.
- Bastidores Distribuidores Digitales destinados para las conexiones de enlaces de voz y datos, además de los equipos multiplexores ópticos.

- Los equipos de monitoreo y gestión de la red que se ubicarán en la sala celular.

El siguiente diagrama muestra la ubicación de los elementos indicados en los puntos anteriores.

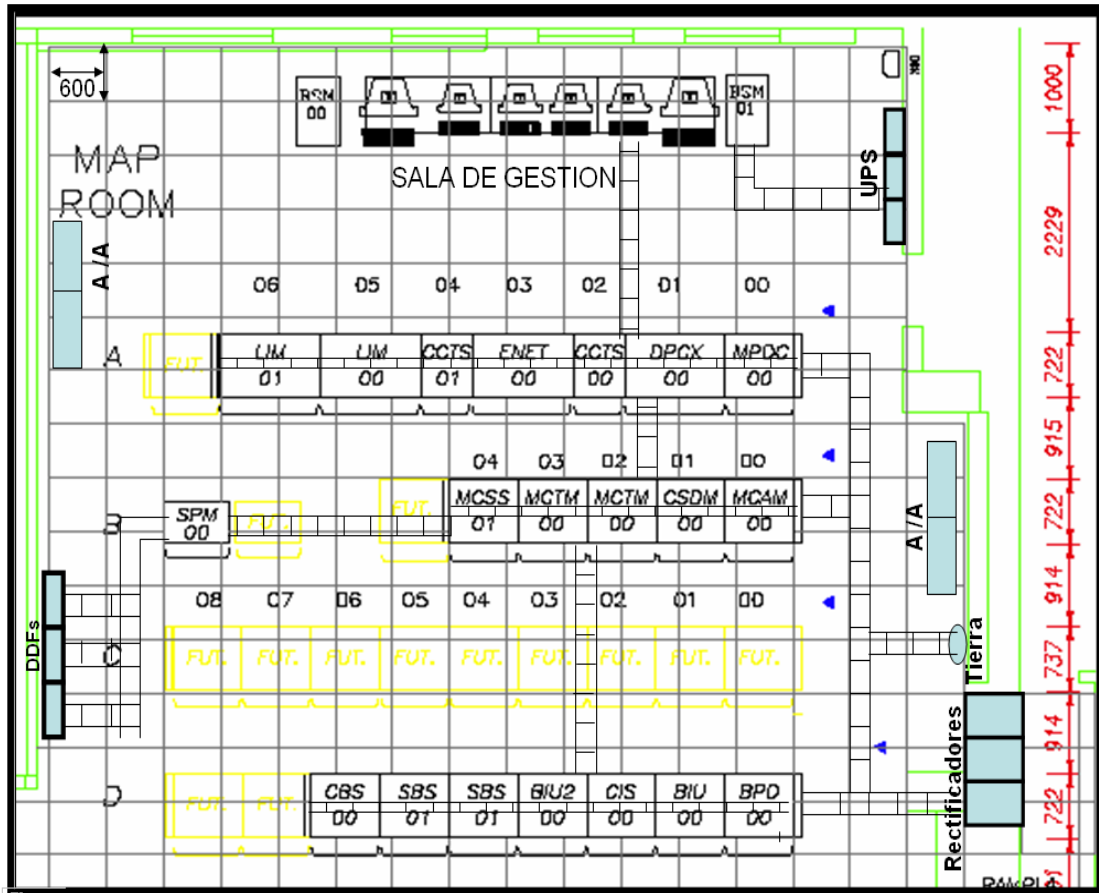


Figura 4. 1 Ubicación de equipos y escalerillas en sala celular

4.3.2 Características mecánicas y eléctricas de los equipos a instalar

4.3.2.1 Dimensiones del bastidor

Altura	84 pulgadas (213,2 cm)
Profundidad	28 pulgadas (71,2 cm)
Ancho	38 pulgadas (96,5 cm) por módulo de equipos

Tabla 4. 4 Dimensiones de un tipo de bastidor de Central (Fuente: Nortel Networks)

4.3.2.2 Carga del piso

390 Kg. / m² como mínimo (80 lb. /pie cuadrado)

4.3.2.3 Ambiente

Especificaciones ambientales

	Temperatura†	Humedad	Polvo
Operación normal	-35° C	20% a 30% de humedad relativa (sin condensación)	
Almacenamiento	5-50° C	20% a 60% de humedad relativa (sin condensación)	Partículas de 60 miligramos máximo, 28 metros cúbicos de aire por peso (diámetro de 5 micrones)
Operación a corto plazo (72 horas)	-50° C	0% máxima (sin condensación)	

Tabla 4. 5 Especificaciones ambientales para equipos de Central (Fuente: Nortel Networks)

4.3.2.4 Requisitos de Alimentación

La Central de conmutación opera con una fuente de operación de 48Vcc con la entrada positiva conectada a tierra (-48Vcc). Tiene un rango de operación de: -42 a -56 Vcc.

Es importante considerar un Sistema de Respaldo de energía con un Banco de Baterías para la alimentación de los equipos en caso de pérdida de energía comercial. El siguiente esquema genérico muestra las conexiones involucradas:

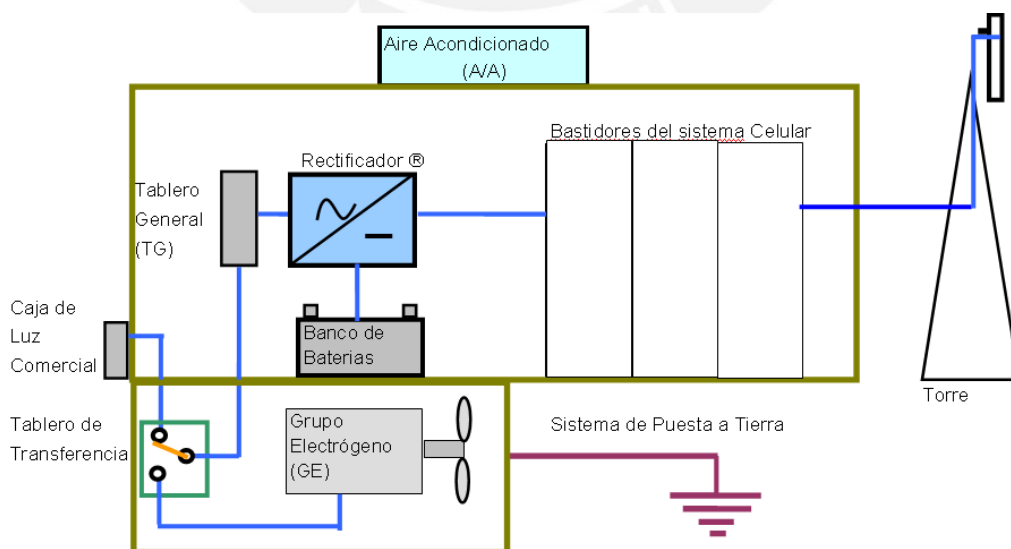


Figura 4. 2 Diagrama de conexiones para funcionamiento de Sistema de Respaldo de Energía

Los requerimientos de consumo de alimentación de 48Vcc depende directamente de la cantidad de puertos que la central posea y del grado de ocupación de cada uno de estos puertos.

La siguiente tabla muestra la relación de consumo de energía, aire acondicionado con la cantidad de puertos de la central, asumiendo una carga de 0.7 Erlangs por puerto en la Hora Cargada.

Tamaño de la central de conmutación (en puertos)	Número de rectificadores	Potencia en vatios, a 54 Vcc	Aire acondicionado	
			Tons	kCal
1.000	2	8.128	2	6.050
2.000	3	11.888	3	9.075
3.000	3	14.536	4	12.100
4.000	3	17.869	5	15.120
5.000	3	20.233	6	18.145
6.000	3	24.074	8	24.190
7.000	3	28.016		
8.000	3	30.238	9	27.215

Tabla 4. 6 Consumo de energía y aire acondicionado vs. cantidad de puertos

4.3.3 Consideraciones técnicas para la interconexión

- Para la interconexión con los otros nodos se utilizarán puertos de 2048 Kbps. La salida de sus equipos deberán ser con cables coaxiales (flex 5, o una numeración adecuada de acuerdo a las distancias hacia los PDIs) con conector Siemens tipo “hembra”. Se toma esta consideración asumiendo que se cuente con repartidores digitales (DDFs) para este tipo de conectores.
- Las señales de interfaz a 2048 Kbps cumplirán las características especificadas en la recomendación G.703 de la UIT-T. [14]
- La codificación de las señales cumplirá con la recomendación G.711 de la UIT-T y usará la ley A.
- La multiplexación se efectuará de conformidad con la recomendación G.732 de la UIT-T para velocidades nominales de 2048 Kbps.

4.3.4 Parámetros necesarios en la configuración de las centrales

Las bases de datos de las centrales se deben configurar de acuerdo a un documento que el proveedor envía al operador, quien informara todos los campos solicitados para hacer posible la integración de las centrales en la red.

4.3.4.1 Identificación de las nuevas centrales en la red

Parámetros	CENTRAL 1	CENTRAL 2
Name	GATEWAY 1	GATEWAY 2
Point Code (ITU Decimal)	4225	4226
Switch Number	5	6
Mobile Switch Area	32511	32511
MSC ID	32511_5	32511_6

Tabla 4. 7 Parámetros de identificación de central en una red celular

Los Números de Central elegidos son 5 y 6, pues en la red ejemplo ya existía 4 centrales; los puntos de códigos son asignados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Otros parámetros a configurar en ambas centrales son:

Parámetros	
CC-Country Code	51
Length of DN	9

Tabla 4. 8 Parámetros de configuración de central en una red celular

4.3.4.2 Punto de Códigos (DPC's a configurar) de todos los Nodos a Interconectar

Nodos	PC (ITU-Decimal)
Central A	4001
Central B	4002
Central C	4003
Central D	4004
STP A	50
STP B	60
HLR A	2200
HLR B	2201
SMSC	450
Correo de Voz 1	4100

Nodos	PC (ITU-Decimal)
Correo de Voz 2	4101
Plataforma Prepago	4200
IVR	4300
CENTRAL FIJA 1	2000
CENTRAL FIJA 2	2001
PBX	Protocolo R2

Tabla 4. 9 DPC's a Configurar en las nuevas Centrales

4.3.4.3 Rangos de Numeración y Números Temporales

Cada Operador cuenta con unos Rangos de Numeración que han sido asignados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, estos rangos se asignan a las diferentes localidades del territorio donde se presta servicio.

Gran número de casos de enrutamientos en las centrales se realizan en base a los rangos de numeración por lo que tienen que estar inscritos en la central, así por ejemplo si la central recibe una llamada donde el N° B es un numero de la red fija el cual tiene un código de área diferente (puede también ser el mismo) al que tiene la ciudad en donde se originó la llamada, la central enrutará la llamada por el grupo troncal correspondiente, tomando en consideración el prefijo numérico de la ciudad a la que pertenece el número B.

La siguiente tabla muestra algunos ejemplos de rangos de numeración y ciudades asignadas a un operador:

DEPARTAMENTO	CIUDAD	MIN RANGO	PREFIJO	BLOQUE DE NUMERACION	MDN
LAMBAYEQUE	CHICLAYO	117 998 (3400-3499)	0-74	998 (3400-3499)	74 998 (3400-3499)
LIMA	LIMA	511 981 (6000-6999)	0-1	9981 (6000-6999)	1 9981 (6000-6999)
LIMA	HUARAL	111 980 (8100-8299)	0-1	9980 (8100-8299)	1 9980 (8100-8299)
LORETO	IQUITOS	519 998 (1000-1099)	0-65	998 (1000-1099)	65 998 (1000-1099)
PIURA	PIURA	517 998 (0000-0099)	0-73	998 (0000-0099)	73 998 (0000-0099)

Tabla 4. 10 Rango de Numeración por localidades

Cada central posee Números Temporales que las identifican a cada una dentro de la red, la siguiente tabla muestra unos ejemplos de rangos TLDNs:

NOMBRE	MSC ID		Habilitado para Roaming	ANSI41 REV	TLDN		
	SID	SWITCH NUMBER			TLDN	Prefijo Internacional	Rango
GATEWAY 1	32511	5	SI	D	51199425XXX	51-1	(9)9825XXX
GATEWAY 2	32511	6	SI	D	51199424XXX	51-1	(9)9824XXX

Tabla 4. 11 Rango de TLDNs por Central

4.3.4.4 Definición de enlaces de voz y señalización

Ejemplo de configuración de enlaces de señalización y de voz para estas centrales se revisaron en el capítulo anterior (Caso 2).

4.3.5 Pruebas de aceptación

Luego de realizadas las instalaciones de las centrales y la carga de su configuración, se debe realizar un protocolo de pruebas de aceptación que consiste principalmente en pruebas de hardware y funcionalidades

4.3.5.1 Pruebas de Hardware

Se tomará como ejemplo las principales pruebas de HW. correspondientes al equipo OPTERA 4150 de NORTEL.

Tasks	Completed
Rack Alarm Unit lamp test and connection	. <input type="checkbox"/>
Fan tray test	. <input type="checkbox"/>
Powering-up the subrack	. <input type="checkbox"/>
Connecting the CAT to the Network Element	. <input type="checkbox"/>
Logging in to the User Interface from the CAT	. <input type="checkbox"/>
Marking card slots as unavailable	. <input type="checkbox"/>
Determining the multiplexer address and software status	. <input type="checkbox"/>

Optical Interfases Specification		
Interfase Type	Minimum Optical Power	Maximum Optical Power
STM-1 Optical Tributary NTEU10AA	-12.9 dBm	-9.1 dBm
Quad STM-1 Optical Tributary NTEU10QA	-13.5 dBm	-8.5 dBm
STM-4 Optical Tributary NTEU15AA	-12.9 dBm	-9.1 dBm
STM-4 Optical Aggregate NTEU23AA	-12.9 dBm	-9.1 dBm
STM-4 Optical Aggregate NTEU23AB	-1.7 dBm	+1.7 dBm
STM-1 Long Haul Optical Tributary NTEU10AB	-3.6 dBm	-0.4 dBm
STM-4 Long Haul Optical Tributary NTEU15AB	-1.7 dBm	+1.7 dBm

System Tests	Result	
Clockwise Path – Error performance	Pass <input type="checkbox"/>	Fail <input type="checkbox"/>
Clockwise Path – Alarm conditions	Pass <input type="checkbox"/>	Fail <input type="checkbox"/>
Anti-Clockwise Path – Error performance	Pass <input type="checkbox"/>	Fail <input type="checkbox"/>
Anti-Clockwise Path – Alarm conditions	Pass <input type="checkbox"/>	Fail <input type="checkbox"/>

Tabla 4. 12 ATP Optera Metro 4150 – Nortel Networks.

4.3.5.2 Prueba de funcionalidades

Las siguientes son pruebas de funcionalidades referidas a una nueva central ya integrada a la red.

- **Prueba de Realización de Llamadas desde PSTN a Red Celular**

Se realizarán llamadas desde PSTN a la red celular para verificar la Facilidad de Call Delivery. La prueba consistirá en:

1. Activar en el HLR la facilidad para el teléfono de prueba.
2. Realizar verificación del Registro de Abonado en la Central Terminal
3. Realizar llamada rastreando la señalización tanto IS41 como ISUP.
4. Esta prueba deberá repetirse con cada escenario posible de llamada que pueda recibir un abonado:
 - De PSTN hacia móvil Prepago
 - De PSTN hacia móvil Post-pago
 - De teléfono fijo nacional (de diferentes regiones)
5. Es necesario controlar la correcta generación de los registros de CDR's producidos por la prueba.

Prueba de Realización de Llamadas desde PSTN a Red Celular para desvío incondicional de llamada

Existen tres tipos básicos de desvío de llamadas: Desvío de llamada incondicional, Desvío de llamada por falta de respuesta, Desvío de llamada por abonado ocupado. Los suscriptores utilizan códigos de facilidades para controlar cuándo y a dónde las llamadas entrantes se desviarán, o para desviar las llamadas en forma automática

Al activarse la facilidad de Desvío de llamada incondicional (Call Forward Unconditional (CFU)), le permite al abonado desviar todas las llamadas entrantes a su teléfono celular a un número de teléfono previamente determinado, sin que deba cumplirse una condición específica para ello.

La prueba consistirá en:

2. Activar en HLR la facilidad para el teléfono celular de prueba.
3. Con el correspondiente código de facilidad, activar el Desvío de llamadas incondicional a un número de teléfono predefinido
4. Realizar una llamada desde PSTN a dicho teléfono celular de prueba.
5. Verificar que la llamada entrante es desviada al número de teléfono determinado
6. Esta prueba deberá repetirse desviando el teléfono celular de prueba a diferentes destinos de acuerdo a los servicios disponibles del abonado:
 - o A otro móvil
 - o A teléfono de red fija nacional (de diferentes regiones)
 - o A telefonía internacional (si estuviera disponible)
7. Es necesario controlar la correcta generación de los registros de CDR's producidos por la prueba.

- **Prueba de Integración de la Central con Sistema de Facturación**

Se realizarán sesiones de AFT para enviar los CDRs desde el SDM (Service Data Manager – módulo de la Central MTX) al Centro de Facturación.

La prueba consistirá en:

1. Enviar muestras de CDRs y documentación asociada al Protocolo AFT
2. Abrir sesiones entre el SDM y el Centro de Facturación.
3. Realizar procedimientos de copias de seguridad en Cinta Dat (medio físico)

4. Simular fallas del enlace y verificar la correcta copia de seguridad de los CDR's en los discos del XA-CORE

- **Prueba de Integración de la Central con Sistema de Gestión**

Se realizarán pruebas de alarmas y de Mediciones Operacionales para verificar el correcto envío del logs hacia el Centro de Supervisión y la captura de Estadísticas

La prueba consistirá en:

1. Crear un puerto de enrutamiento TCP/IP para envío de logs.
2. Realizar transferencias de logs de Alarma
3. Verificar la Captura en el Centro de Supervisión
4. Crear puerto de enrutamiento TCP/IP de OMS
5. Realizar transferencia de OMS con periodicidad de cada 30 minutos
6. Verificar la captura de estadísticas en el Centro de Supervisión



CAPITULO V

ANALISIS DE COSTOS

Para ver la factibilidad de la implementación de un proyecto se requiere un análisis de costos, en este capítulo se tomará como ejemplo la evaluación de costos de todos los equipos que se requerirán comprar para un incremento de capacidad de tráfico en la red según lo dimensionado en el caso N° 1 del capítulo III.

5.1 Descripción de equipos a adquirir

Para los dimensionamientos realizados, se requiere:

- 7 módulos SBS (Según tabla 3.2)
- 1 SPM OC-3 (Según tabla 3.3)
- 1 Optera 3500, OC-3 (Según lo descrito en el ítem 1.4 del capítulo 3)
- 2 SPM's STM-1 (Se asume para interconectar otros grupos troncales)
- 1 Optera 4150, STM-1 (Se asume para interconectar otros grupos troncales)
- 6 Tarjetas CAU's (Según tabla 3.6)
- 6 Tarjetas CIU's (Según tabla 3.6)
- 7 Módulos, cada uno de 8 puntos de conexión a 120 Ohms. (Según lo descrito en el ítem 1.9 del capítulo 3)
- 1 Bastidor de conexiones (DDF) para conexiones de 75 Ohms. (Según lo descrito en el ítem 1.9 del capítulo 3)
- Cables y conectores:
 - Cables tipo flex N° 5 para conexiones a 75 Ohms.
 - Cables Multipar para conexiones a 120 Ohms.
 - Conectores siemens hembra y siemens puentes con toma de prueba (u-links) de 75 Ohms.

- Cables y conectores de energía.
- Otros materiales de instalación.

5.2 Relación de costos

A continuación se presenta un resumen de precios globales de los equipos a adquirir:

	Precio FCA US\$	Precio DDP US\$
Hardware	1,563,160	1,850,000
Software	515,843	610,500
Servicios	168,821	199,800
Materiales de instalación	75,961	89,900
TOTAL	2,323,785	2,750,200

Tabla 5. 1 Resumen de precios globales

5.3 Valor referencial de un minuto de llamada

Como para este crecimiento se tenía estimado un incremento de tráfico de: 11 471 000 minutos, y con el precio referencial establecido en el punto anterior se puede obtener el costo de un minuto de llamada para esta expansión.

$$\text{Valor de minuto de llamada} = \text{Precio Total} / \text{Número de minutos}$$

$$\text{Valor de minuto de llamada} = 2\,750\,200 / 11\,471\,000$$

$$\text{Valor de minuto de llamada} = \mathbf{0.2397 \text{ Dólares / minuto}}$$

Cabe señalar que este valor es variable y depende de las condiciones iniciales de carga de los equipos que posea la central, en algunos casos la red cuenta con planta instalada ociosa y es en este escenario donde el operador lanza campañas comerciales.

Adicionalmente se debe considerar que si los equipos, en carga, llegan a sobre pasar los límites de ingeniería se tendrá una degradación de servicio por lo que el análisis del valor del minuto de llamada podría pasar a un segundo plano.

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

- Es importante tener un conocimiento detallado tanto estructural como funcional de cada uno de los equipos que componen la red.
- Los equipos de mayor concentración de tráfico e información de la red, como HLR y STP deben tener redundancia de hardware y preferentemente deben estar ubicados en puntos geográficos distintos.
- Se debe conocer la estructura funcional de la red en su conjunto, saber como interactúan los elementos entre sí, es decir conocer bajo que protocolos se rige la mensajería que transita entre cada elemento de la red.
- Para un dimensionamiento adecuado de un sistema, por ejemplo en un trabajo de ampliación de capacidad en la red, se debe identificar todos los elementos que están involucrados pues sino se corre el riesgo de presentar cuellos de botellas que serían los elementos no identificados.
- En cada equipo se debe de identificar cuales son los procesadores de mayor jerarquía, pues estos deben tener alta fiabilidad, manejar redundancia y adicionalmente se debe verificar continuamente que su carga de procesamiento esté por debajo de los límites de ingeniería que recomienda el fabricante.
- En una red la generación de estadísticas que identifiquen el estado de la red tiene un alto grado de importancia, pues en base a esta información se toman todas las decisiones de ampliación de equipamiento e incremento de capacidad en todos los enlaces que interconectan la red.

- Es importante estudiar el comportamiento de tráfico de la red, esto debe hacerse por áreas de cobertura pues cada una de éstas posee características de tráfico diferentes, como: tiempo promedio de duración de llamada, hora de mayor movimiento (hora cargada), día de mayor tráfico de la semana, festividades y eventos propios en transcurso del año de cada región.
- Para dimensionar los grupos troncales se debe de generar estadísticas históricas para cada grupo, pues en base a esto se proyectará el crecimiento natural según la tendencia que éste presente. Adicionalmente se debe de considerar crecimientos de tráfico puntuales debido a campañas comerciales o cambios de estructura en la red.
- En la evaluación de un proyecto es muy importante la elaboración de un documento con todos los requerimientos en forma detallada, con información precisa y clara.
- Se debe documentar el esquema y configuración de la red, así como disponer de una base de datos completa con los elementos que intervienen en los enlaces de interconexión. Esta información es muy útil en la corrección de averías por lo que se le debe mantener actualizada.

FUENTES

- [1] Universidad Politécnica de Cataluña – Tesis Doctoral
2001 Contribución al estudio de técnicas de acceso aleatorio y al análisis de la calidad de servicio en sistema de transmisión por paquetes para comunicaciones móviles basados en sistemas CDMA
Capítulo 1: Técnicas de acceso múltiple, Febrero, p. 17-21
- [2] Nortel Networks
2002 DMS / MTX - O&M
Manual de operación y mantenimiento, Marzo, 362 p.
- [3] Nortel Networks
2003 Super Node XA-Core and Super Node CM/SLM
Manual de ingeniería y planificación, Octubre, 102 p.
- [4] Nortel Networks
2002 Optera Metro Multi-Service Plattform series 4100 – 4200 / O&M
Manual de operación y mantenimiento, Marzo, Vol. 1 – 193 p.
- [5] Motorola
1999 Home Local Register - Description
Manual de ingeniería, Setiembre, 67 p.
- [6] Nortel Networks
2004 BSC and BSSM - Engineering Procedures.
Manual de ingeniería, Julio, 205 p.
- [7] INICTEL con auspicio de JILCA (Japan Internacional Cooperation Agency)
1998 Teoría de tráfico telefónico
Modulo 1 y Modulo 4, Marzo
- [8] Nortel Networks
2002 International translation
Manual de ingeniería, Julio, 184 p.

- [9] Nortel Networks
2003 SPM OC-3
Manual de operación y mantenimiento, Setiembre, 85 p.
- [10] Nortel Networks
2002 Optera Metro Multi-Service Plattform series 3500 / O&M
Manual de operación y mantenimiento, Marzo, Vol. 1 – 106 p.
- [11] Nortel Networks
2003 CDMA Network Engineering – Capacity and Provisioning
Manual de ingeniería y planificación, Marzo, 101p.
- [12] Motorola
2001 Signalling SS7
Curso teórico, Diciembre, 51 p.
- [13] Nortel Networks
2003 IS – 41
Curso teórico, Octubre, 85 p.
- [14] ITU - T
<http://www.itu.int/home/index.html>