

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“MODERNIZACIÓN DE PACKET CORE EN UN OPERADOR  
CELULAR”**

**EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)**

Previa a la obtención del grado de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**IVAN ALFREDO INTRIAGO TORRES**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2015**

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar quisiera agradecer a Dios por guiar mis pasos y estar siempre a mi lado.

Agradezco a mis padres por todo el sacrificio realizado para poder educarme.

Agradezco a todos mis profesores sus enseñanzas Académicas y de Vida me ayudaron a seguir adelante.

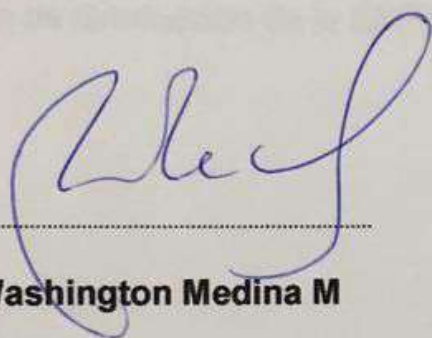
## DEDICATORIA

A mis padres Galo y Rocio por su sacrificio y constancia, siempre estuvieron ahí para apoyarme especialmente en los momentos más difíciles.

A mi esposa Eliana y mis hijas Ivanna, Polett y Emily, son el motor de mi vida.

A mis hermanos y demás familiares que de una u otra manera me apoyaron durante mi vida estudiantil.

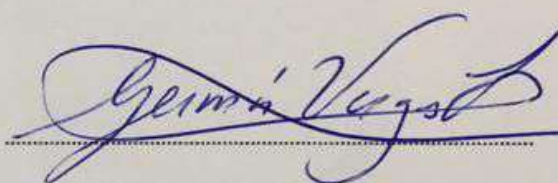
## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Mg. **Washington Medina M**

PROFESOR DELEGADO

POR LA SUBDECANA DE LA FIEC



Ph.D. **Gérman Vargas**

PROFESOR DELEGADO

POR LA SUBDECANA DE LA FIEC

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Informe me corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Ivan Alfredo Intriago Torres

## RESUMEN

Debido al constante crecimiento de subscriptores móviles, las capacidades de las Redes deben ser ampliadas y optimizadas continuamente en las capas de Acceso, Transporte y Núcleo de Red.

Como consecuencia del incremento de abonados de datos móviles, el tráfico de usuario (Datos) y de señalización crece aceleradamente por lo que se requiere un incremento en las capacidades de los equipos del núcleo de red para soportar el crecimiento proyectado e implementar Redundancia Geográfica de los elementos del Núcleo de la Red de Datos: SGSN, DNS y GGSN.

Adicional a esto como parte de la evolución tecnológica se requiere implementar:

- Policy and Charging Rule Function (PCRF)
- Funcionalidad DPI + Policy enforcement en GGSNs.
- Interface Gx (Interface Entre GGSN y PCRF)

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA .....	v
RESUMEN .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ABREVIATURAS .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	x
CAPÍTULO 1 .....	1
1. METODOLOGÍA O SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.....	1
<b>1.1 Topología de Red</b> .....	5
<b>1.2 Diseño y Planeación.</b> .....	8
<b>1.2.1 Levantamiento de Información de Red existente</b> .....	8
<b>1.2.2 Estadísticas de Trafico de la Red.</b> .....	9
<b>1.2.3 Dimensionamiento de la Red</b> .....	12
1.2.4 Descripción de Interfaces Lógicas .....	13
<b>1.3 Integración de Nuevos Elementos.</b> .....	22
1.3.1 Instalación y encendido .....	22
1.3.2 Integración de Interfaces Logias .....	24
<b>1.4 Migración de Trafico e Implementación de Redundancia     Geográfica.</b> .....	29
1.4.1 Migración de BSCs .....	30
1.4.2 Migración de RNCs .....	31
1.4.3 Migración de APNs .....	32
1.4.4 Pruebas de Redundancia SGSN .....	34
1.4.5 Pruebas de Redundancia GGSN.....	37
1.4.6 Pruebas de Redundancia DNS.....	39

CAPÍTULO 2.....	43
RESULTADOS OBTENIDOS.....	43
<b>2.1    Mejoramiento de Esquema de alta disponibilidad</b> .....	45
<b>2.2    Despliegue de nueva funcionalidad PCEF + PCRF</b> .....	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	46
BIBLIOGRAFÍA.....	2



## ABREVIATURAS

SGSN	Long Distance International
GGSN	Gateway GPRS support node
OCS	Online Charging System
PCEF	Policy and Charging Enforcement Function.
PCRF	Policy and Charging Rules Function.
RNS	Radio Network System = RNC + BTS.
RNC	Radio Network Controller
Node B	E-UTRAN NodeB
BSS	Base Station System = BSC + BTS
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station
EIR	Equipment Identity Register.
HLR	Home Location Register.MSS
MSS	Mobile Switching Service
TPS	Transacción por segundo
Gy	Interface de Cobro en línea
Gx	Interface para establecimiento de políticas
SPR	Subscriber Profile Repository

## INTRODUCCIÓN

Como parte de la rutina de inicio de año, todo operador móvil realiza un dimensionamiento de la Red con el objetivo de visualizar las necesidades y plasmarlas en una hoja de ruta:

- Dimensionar.
- Planificar
- Desplegar

Dentro del dimensionamiento del Núcleo de Datos Móviles se consideran elementos como: GGSN, SGSN, DNS, PCRF, HLR, SPR.

En este trabajo se considera el dimensionamiento del SGSN, GGSN, DNS y el nuevo elemento PCRF.

Luego del análisis estadístico y realizar proyección en base al crecimiento histórico se concluyó que el hardware instalado no tenía capacidad suficiente para poder cubrir el incremento de tráfico por lo que debía ser migrado hacia un nuevo Hardware de mayor capacidad.

Los Servidores DNS si soportaban el incremento de tráfico de señalización pero se tomó la decisión cambiarlos debido a que la fecha de fin de soporte estaba próxima.

Para el Dimensionamiento del GGSN se consideró los siguientes indicadores de Red:

- Throughput
- Tamaño de paquete
- PDP Context activos en hora pico
- Perfil de transacciones por segundo en Interface Gy.

Para el Dimensionamiento del SGSN se consideró:

- Transacciones por Segundo (TPS).
- Tamaño de paquete
- SAUs (Subscriber attach User) en hora pico
- Throughput 2G y 3G.

Luego de evaluar un muestreo del tráfico de Datos Móviles se tomó la decisión que para el dimensionamiento se debía considerar tamaño de paquete promedio de @512 Bytes.

Para el Dimensionamiento del DNS se consideró:

- TPS referente a requerimientos DNS.
- Cantidad Máxima d Registros.

Para el Dimensionamiento del PCRF se consideró:

- TPS en interface Gx
- Cantidad Máxima de Usuarios.

Para la proyección estadísticas se tomaron en cuenta datos de los últimos 8 meses.

Los objetivos de este proyecto fueron:

1. Incrementar las capacidades del Packet Core para soportar la proyección de incremento de tráfico.
2. Implementar Redundancia Geográfica del Core de Datos Móviles.
3. Implementación de funcionalidad PCEF en los GGSNs con ayuda de tecnología de inspección profunda del paquetes (DPI).
4. Implementación de elemento PCRF con redundancia Geográfica.
5. Integración de los GGSNs con PCRFs (Interface Gx)

## **CAPÍTULO 1**

### **1. METODOLOGÍA O SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA**

El Core de Datos Móviles es el encargado de proveer acceso a la Red de Paquetes ( internet, Red LAN Privada, Servicios del Operador, etc) utilizando el acceso de una Red Móvil Pública (PLMN).

Antes de Iniciar es importante revisar la arquitectura de un Core de Datos Móviles definida en el estándar 3GPP TS 23.002 V9.6.0 (2011-09) [7]:

En la figura 1 se muestra la arquitectura e interfaces de un Core de Datos móviles según lo detallado en el estándar 3gpp 23.002 [7]

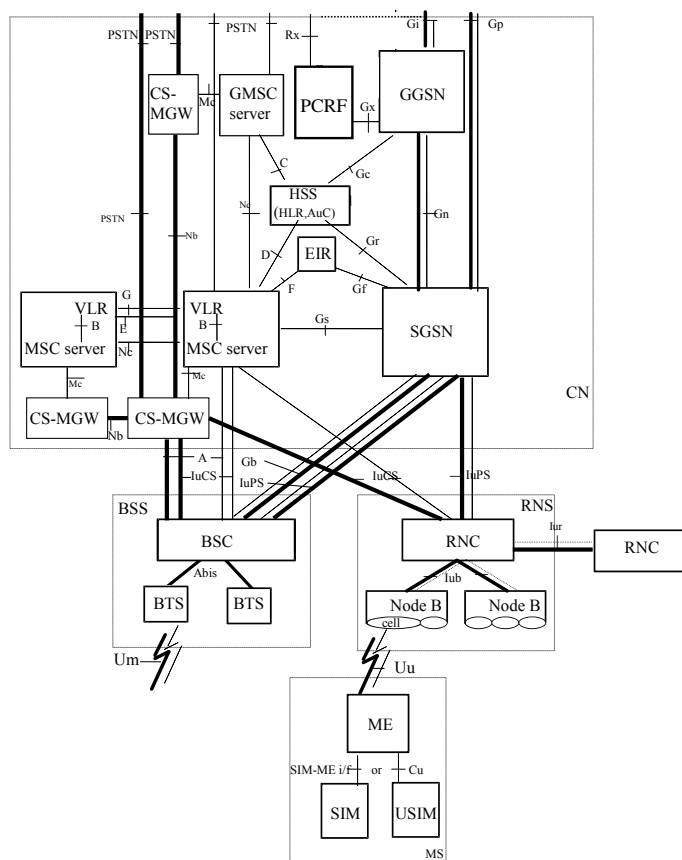


Figure 1: Basic Core Network interfaces according 3gpp 23.002 [7]

A continuación se muestra un breve resumen de los elementos y las interfaces del Core de Datos Móviles extraídas del estándar 3GPP TS 23.002 V9.6.0 (2011-09):

**SGSN** (Service GPRS Support Node): Las funciones del SGSN son:

- Encriptación y autenticación (Diferente en 2G y 3G)
- Administración de la Sesión.
- Administración de la Movilidad del Abonado.
- Genera, guarda, convierte y envía CDRs

**GGSN** (Gateway GPRS Support Node): Las funciones del GGSN son:

- Administra los PDP Context de los Abonados.
- Asigna direcciones Ip, Mascara, Gateway, DNS.
- El GGSN lleva a cabo el forwarding y enrutamiento de los servicios de Datos entre el MS y la Packet Data Network.
- Genera, guarda, convierte y envía CDRs.

**DNS** (Domain Name Server)

- Resuelve el nombre de APN a una dirección Ip del GGSN en el proceso de activación de un PDP Context.
- Resuelve las combinaciones RAC/LAC (RAI) a una Ip del SGSN durante el procedimiento de Inter-SGSN-RAU
- Resuelve RNCID a una ip del SGSN durante el proceso de relocation en 3G.

La modernización del Core de Datos también incluyó el despliegue de un nuevo elemento y nuevas funcionalidades que permitirán implementar políticas de cobro particulares para cada abonado en base al tráfico de datos cursado por los abonados.

El nuevo elemento desplegado fue el PCRF, a continuación se puede apreciar mas detalles acerca de las funcionalidades del PCRF.

**PCRF** (Policy and Charging Rule Function). Las funciones del PCRF son:

- Aplicación de políticas de cobro para cada abonado mediante interface Gx en base a perfil alojado en el SPR
- Aplicación de políticas de QoS para cada abonado en base a perfil alojado en el SPR.

Descripción de las interfaces:

#### **Interfaces between the PS domain and the Access Network**

- Interface between SGSN and BSS (Gb-interface)
- Interface between SGSN and RNS (Iu\_PS-interface)

#### **Interfaces internal to the PS domain (GPRS)**

- Interface between SGSN and HLR (Gr-interface)
- Interface between SGSN and GGSN (Gn- and Gp-interface)
- Interface between SGSN and EIR (Gf-interface)

#### **Reference Points for Policy and Charging Control**

- Reference Point PCEF - PCRF/H-PCRF/V-PCRF (Gx Reference Point)
- Reference Point OCS – PCEF (Gy Reference Point)



## 1.1 Topología de Red

Previo a la ejecución de la Modernización la Red está compuesta por:

- SGSN: Uno en Quito y uno en Guayaquil.

Los mismos atienden tráfico de sectores Geográficos diferentes y no se cuenta con Redundancia Geográfica.

- 1 GGSN localizado en Guayaquil.

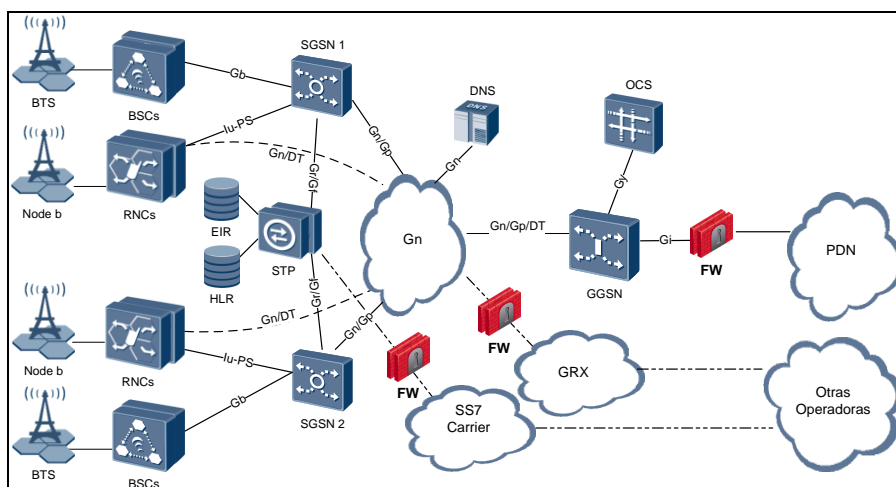
El mismo no cuenta con Redundancia Geográfica y el mismo no soporta funcionalidades DPI.

- 1 Servidor DNS localizado en Guayaquil.

El mismo no cuenta con Redundancia Geográfica.

- No se cuenta con PCRF ni SPR para el establecimiento de políticas.

En la figura 1.1 se muestra la arquitectura inicial del Core de Datos



**Figura 1.1:** Arquitectura lógica Inicial de la Red[1]

Al finalizar el proceso de migración la Red contará con :

1. Incremento de Capacidad para soportar el trafico proyectado.
2. Redundancia Geográfica a nivel del SGSN.
3. Redundancia a nivel de SGSN (Iu\_Flex y Gb\_Flex)
4. Redundancia Geográfica a nivel del GGSN.

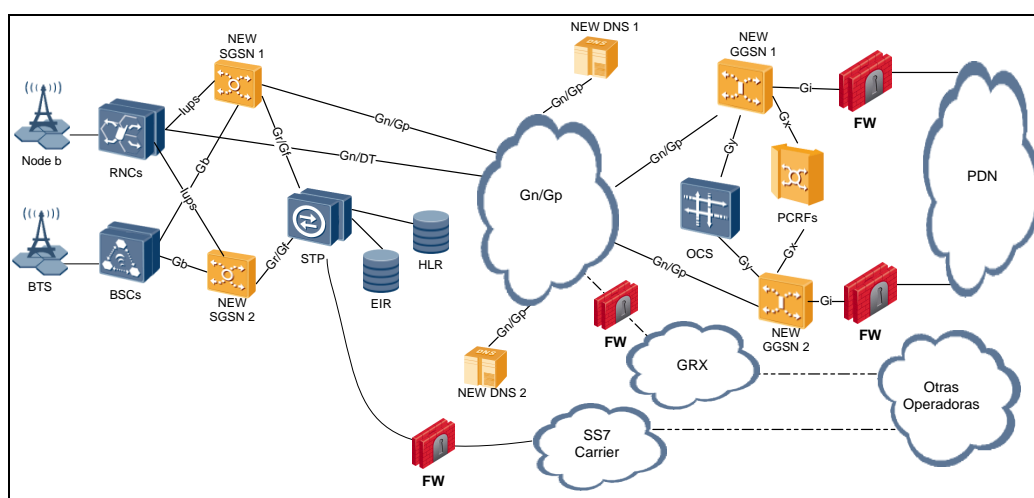
Configuración de Servicios en ambos GGSN y balanceo de trafico por registros en DNS (Carga compartida)

5. Redundancia del DNS (Packet Core).

Configuración DNS Primario (Guayaquil) y DN secundario (Quito).

6. Despliegue de Políticas por suscriptor: Despliegue de PCRF e integración del mismo con los nuevos GGSNs.

En la figura 1.2 se muestra la arquitectura de Red al finalizar la migración:



**Figura 1.2:** Arquitectura lógica de Red al finalizar la migración

Durante el proceso de migración los elementos nuevos tendrán que coexistir e inter operar con los elementos de red existentes.

Así los nuevos SGSNs tendrán que inter operar con los SGSNs existentes en los eventos de movilidad entre las áreas geográficas que atienda cada elemento.

Los nuevos SGSNs tendrán que inter operar con los GGSNs existentes para la creación, modificación y eliminación de PDP Context sobre los APNs que residan sobre estos GGSNs.

Los SGSNs existentes tendrán que inter operar con los nuevos GGSNs para la creación, modificación y eliminación de PDP Context sobre los APNs que residan sobre estos GGSNs.

Los nuevos PCRFs que interoperar con los nuevos GGSNs para el establecimiento de políticas.

Los nuevos DNS inter operarán con los nuevos GGSNs cuando estos sean puestos en producción.

En la figura 1.3 se muestra la Arquitectura lógica de la Red durante proceso de migración:



- Cobro fuera de línea
- Validación de IMEI, entre Otros

### 1.2.2 Estadísticas de Trafico de la Red.

#### Estadísticas de GGSN.

Partiendo de estadísticas históricas de la Red tenemos datos de Throughput Total, el mismo que ha experimentado un crecimiento del 190% en 8 meses como se muestra en la figura 1.4

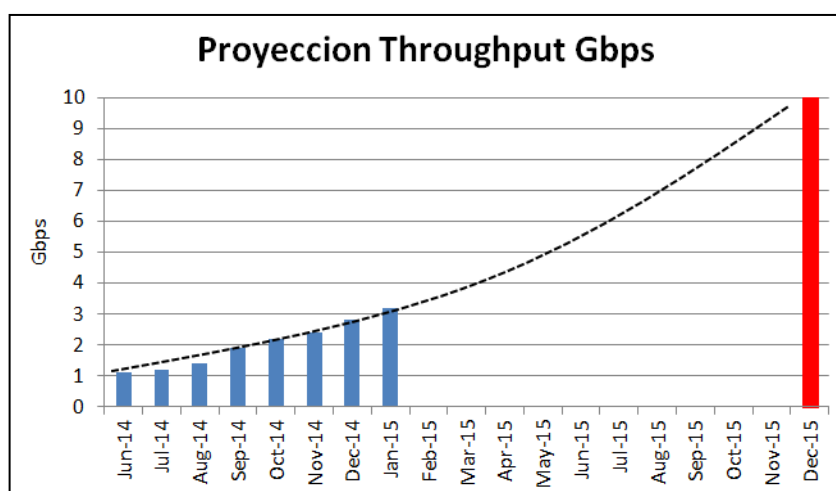


Figura 1.4: Throughput Total de Jun/14 a Ene/15

Se observa que el crecimiento es exponencial y al realizar una proyección encontramos que el Throughput a Dic-2015 seria de Aproximadamente 10 Gbps.

Partiendo de estadísticas históricas de la Red tenemos datos de PDP Context activos Totales, los mismos que ha experimentado un crecimiento del 100% en 8 meses como se muestra en la figura 1.5

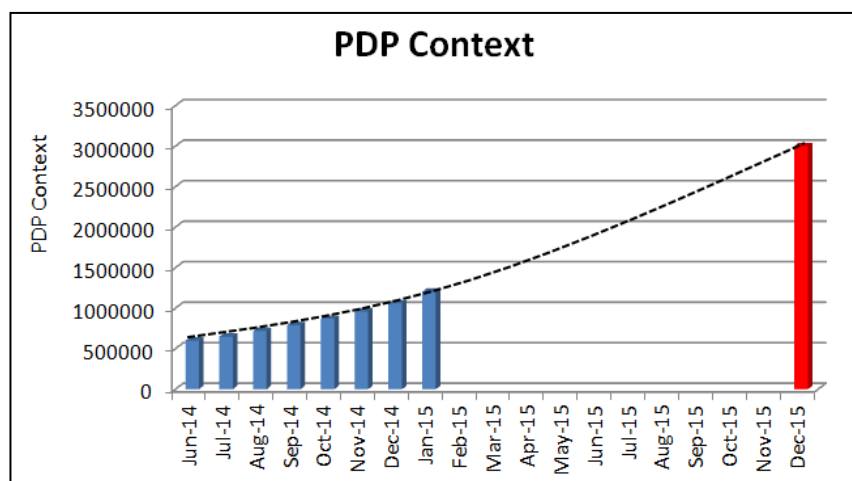


Figura 1.5: PDP Context activos de Jun/14 a Ene/15

Se observa que el crecimiento es exponencial y al realizar una proyección encontramos que la cantidad de PDP Context a Dic-2015 seria de Aproximadamente 3'000.000.

#### Estadísticas de SGSN.

Partiendo de estadísticas históricas de la Red de la cantidad de Usuarios Atachados, este valor ha experimentado un crecimiento del 87.5%% en 8 meses como se muestra en la figura 1.6

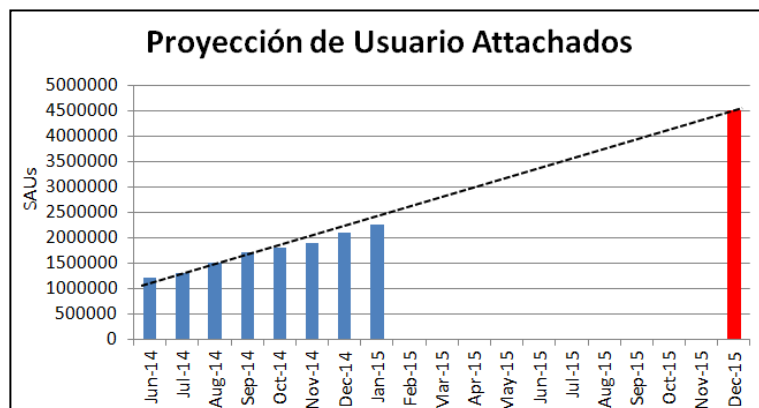


Figura 1.6: PDP Context activos de Jun/14 a Ene/15

Se observa que el crecimiento es lineal y al realizar una proyección encontramos que la cantidad de Usuarios Attachados a Dic-2015 seria de Aproximadamente 4'500.000.

Teniendo el perfil de los abonados de la Red tenemos que cada usuario con un PDP Context activo genera 0.003 TPS (transacciones por segundo) en la Interface Gx.

Así también se realiza un cálculo de las transacciones por segundo que cada usuario attachado a la Red generaría en base al perfil de los abonaos lo que nos muestra que cada usuario generaría 0.0008 querys dns.

### Numero de BSC, RNC, APNs

Al Iniciar con el proceso de migración la Red contaba con :

- 10 BSC
- 4 RNC
- 60 APNs (3 masivos, 7 internos y 50 Corporativos)

### 1.2.3 Dimensionamiento de la Red

Luego de revisar el resultado del análisis estadístico la Gerencia de Ingeniería toma la decisión de ejecutar el proyecto de modernización del Core de Datos Moviles. Debido a esta decisión se tiene que las capacidades de los elementos que deben adquirirse son las siguientes:

Elemento	PDP	Throughput
GGSN 1	3 M	10 Gbps
GGSN 2	3 M	10 Gbps

**Tabla 1: Proyección GGSN**

Elemento	SAU	PDP	Throughput 2G	Throughput lups
SGSN 1	4.5 Millones	3 Millones	2500 Mbps	1500 Mbps
SGSN 2	4.5 Millones	3 Millones	2500 Mbps	1500 Mbps

**Tabla 2: Proyección SGSN**

Elemento	TPS
DNS 1	4000
DNS 2	4000

**Tabla 3: Proyección DNS**



## 1.2.4 Descripción de Interfaces Lógicas

### Interface Gb [1]

Se denomina interface Gb a los links entre el SGSN y la BSS, esta interface es utilizada para llevar información concerniente a:

- Transmisión de Datos (Plano de Usuario)
- Manejo de Movilidad. (Plano de Control)

A continuación se muestra la pila de protocolo Gb sobre ip, para efectos prácticos omitiremos las capas 1 y 2. (Figura 1.7)

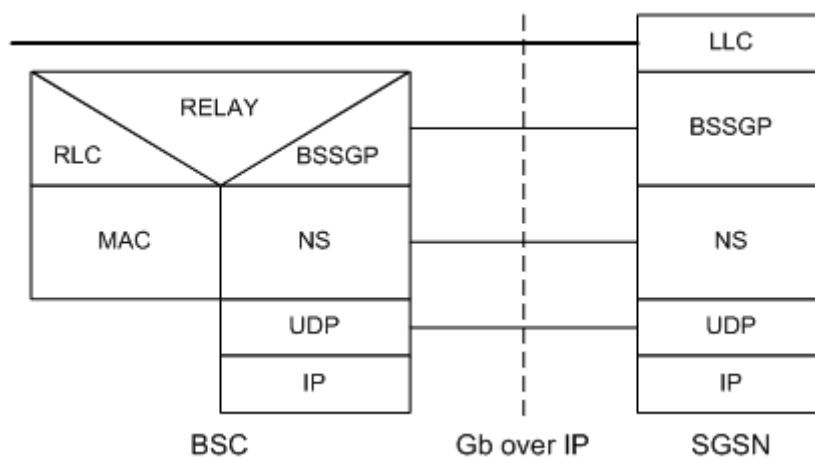


Figura 1.7: Pila de Protocolo de Interface Gb [1]

**NS:** Network Service: Esta capa transporta NS SDUs entre el SGSN y BSS, esta capa provee servicios tales como: transmisión y recepción de Datos en las capas superiores, acciones de control en eventos de Congestión y Informa sobre eventos que afecten el enlace.

**BSSGP:** Base Station System GPRS Protocol, es responsable por la transferencia de tramas entre el SGSN y la BSC. A los caminos de comunicación provistos por la capa NS se los denomina BSSGP Virtual Connections (BVC), cada BVC es utilizado para transportar NS SDUs, cada BVC es identificado con el BVCI y cada BVCI puede contener varios NS-VC (Network Service Virtual Connection). El BVCI en conjunto con el NSEI es el unico identificativo de cada BVC

### Interface Iu\_Ps [2]

Se denomina interface Iu\_Ps a los links entre el SGSN y la RNC, esta interface es utilizada para llevar información concerniente a:

- Transmisión de Datos (Plano de Usuario)
- Intercambio de Señalización. (Plano de Control)

A continuación en la figura 1.8 se muestra la pila de protocolo Iu\_Ps sobre ip:

**Plano de Control:** Responsable por el manejo de la movilidad y todo lo referente a la administración de servicios (CS, PS)

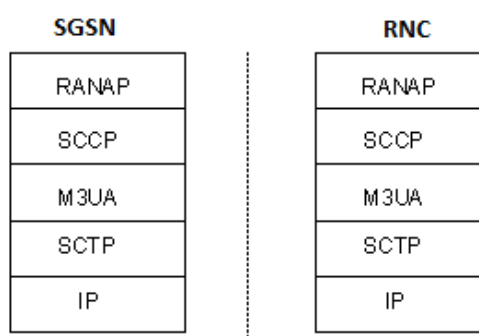


Figura 1.8: Pila de Protocolo de Interface Iu\_Ps Control [2]

**SCTP:** Stream Control Transmission Protocol descrito en RFC 4960, se utiliza para desplegar SCTP Multihoming con el objetivo de mejorar la disponibilidad de los enlaces de señalización.

**M3UA:** MTP3-User Adaptation Layer descrita en RFC 4666. Es utilizado para poder transportar señalización que requiera MTP3 sobre Ip como ISUP, SCCP.

**SCCP:** Signaling Connection Control Part. Es utilizado para poder intercambiar señalización utilizando PC o GT. Referencia: I-Q.711 y I-Q.719

**Plano de Usuario:** Empleado para transmitir y recibir datos de usuario

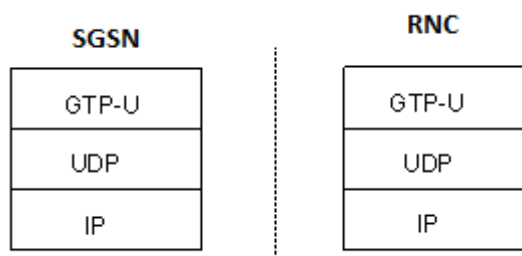


Figura 1.9: Pila de Protocolo de Interface lu\_Ps [2]

**UDP:** User Datagram protocol, protocolo de capa 4 descrito en rfc 768.

**GTP-U:** GPRS tunnel Protocol descrito en el estándar 3GPP TS 29.281. Es empleado en Redes Móviles para el transporte de Datos de abonados.

### Interface Gr/Gf [3]

Se denomina interface Gr al link entre el SGSN y HLR, esta interface es utilizada para llevar intercambiar información acerca de:

- Localización del subscriptor Móvil
- Administración del subscriptor (Perfil, llaves de autenticación)

Se denomina interface Gf al link entre el SGSN y EIR, esta interface es utilizada para que el SGSN pueda revisar el IMEI con la finalidad de conocer si el mismo ha sido reportado robado.

Ambas interfaces (Gr/Gf) utilizan la misma pila de protocolo, la cual procederemos a detallar en la figura 1.10.

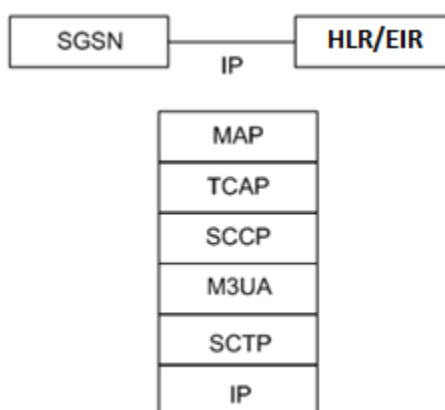


Figura 1.10: Pila de Protocolo de Interface Gr, Gf

**SCTP:** Stream Control Transmission Protocol descrito en RFC 4960, se utiliza para desplegar SCTP Multihoming con el objetivo de mejorar la disponibilidad de los enlaces de señalización.

**M3UA:** MTP3-User Adaptation Layer descrita en RFC 4666. Es utilizado para poder transportar señalización que requiera MTP3 sobre Ip como ISUP, SCCP.

**SCCP:** Signaling Connection Control Part. Es utilizado para poder intercambiar señalización utilizando PC o GT. Referencia: I-Q.711 y I-Q.719

**TCAP:** Transaction Capabilities Application Part. Permite tener múltiples diálogos entre dos subsistemas, estos diálogos se identifican con un ID llamado: Transaction ID.

Para más detalles acerca de protocolo TCAP referirse a Q.771-Q.775

**MAP:** Mobile Application Part, es utilizado para intercambio de información de un suscriptor: Localización, Perfil del abonado, Información de IMEI.

Para más detalles acerca de protocolo MAP referirse a 3GPP TS 29.002

#### **Interface Gn/Gp [4]**

Se denomina interface Gn a la comunicación entre el SGSN, GGSN, DNS, esta interface la podemos dividir en dos partes: GTP-C, GTP-U.

Se denomina interface Gp a la comunicación entre el SGSN, GGSN, DNS de diferentes Redes. Es utilizada para Roaming. Al igual que Gn la podemos dividir en dos partes: GTP-C, GTP-U.

### GTP-C : Plano de Control

Para más información acerca de GTP-C referirse a 3GPP TS 29.060

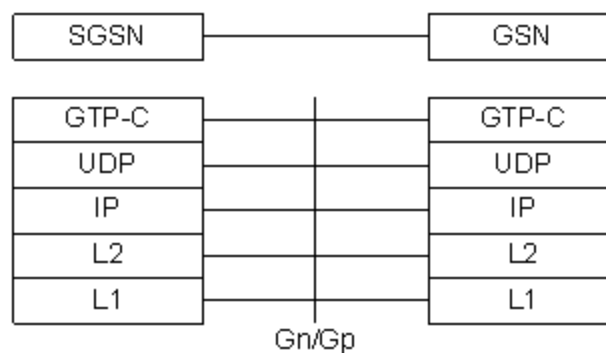


Figura 1.11: Pila de Protocolo de Interface Gn/Gp [4]

**UDP:** User Datagram protocol, protocolo de capa 4 descrito en rfc 768.

**GTP-C:** Utilizado para la creación, mantenimiento y borrado de túneles en una Red Móvil.

GTP-U : Plano de Usuario

A continuación en la figura 1.12 se describe la pila de protocolo GTP-U

(Plano de Usuario):

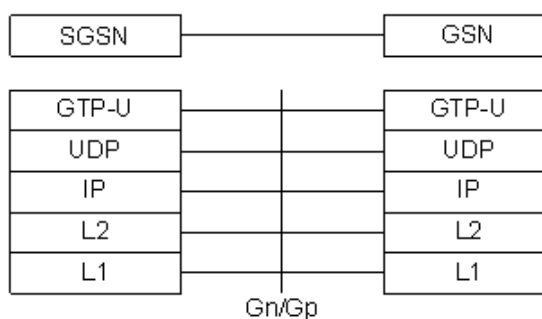


Figura 1.12: Pila de Protocolo de Interface Gn/Gp. Plano de Usuario [4]

**UDP:** User Datagram protocol, protocolo de capa 4 descrito en rfc 768.)

**GTP-U:** GPRS tunnel Protocol descrito en el estándar 3GPP TS 29.281. Es empleado en Redes Móviles para el transporte de Datos de abonados.

### Interface Gx [5]

Se denomina interface Gx al link entre el GGSN y el PCRF, esta interface es utilizada para el establecimiento de políticas a abonados en tiempo real. En la figura 1.13 se muestra la pila de protocolo de la interface Gx.

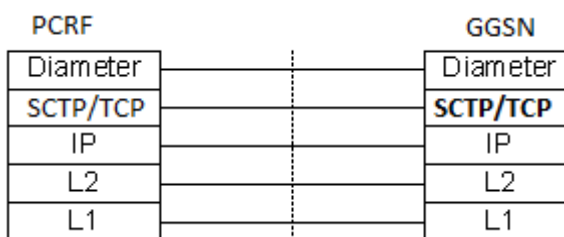


Figura 1.13: Pila de Protocolo de Interface Gx [5]

**SCTP:** Stream Control Transmission Protocol descrito en RFC 4960, se utiliza para desplegar SCTP Multihoming con el objetivo de mejorar la disponibilidad de los enlaces de señalización.

**TCP:** Protocolo de capa 4, para mas detalles referirse a rfc 793

**Diameter:** Este protocolo lo podemos dividir en dos partes: Diameter base protocol y Diameter application protocol.

Diameter base protocol: Es la parte básica de Diameter mediante la cual se levantan los enlaces entre nodos llamados peers utilizando mensajes estándar como CER, CEA, DWR.

Para más detalles, favor referirse a rfc 6733

Diameter application protocol: Es el conjunto de AVP que sirven para hacer funcionar una aplicación específica como charging, Policy, etc.

Cada Aplicación es definida con un application Identifier.

### Interface Gy [6]

Se denomina interface Gx al link entre el GGSN y el OCS, esta interface es utilizada para el cobro en línea de Datos por volumen, tiempo, horario, etc.

En la figura 1.14 se muestra la pila de protocolo de la interface Gy:

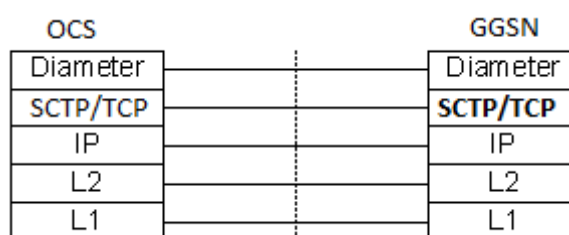


Figura 1.14: Pila de Protocolo de Interface Gy [6]

**SCTP**: Stream Control Transmission Protocol descrito en RFC 4960, se utiliza para desplegar SCTP Multihoming con el objetivo de mejorar la disponibilidad de los enlaces de señalización.



**TCP:** Protocolo de capa 4, para mas detalles referirse a rfc 793

**Diameter:** Este protocolo lo podemos dividir en dos partes: Diameter base protocol y Diameter application protocol.

Diameter base protocol: Es la parte básica de Diameter mediante la cual se levantan los enlaces entre nodos llamados peers utilizando mensajes estándar como CER, CEA, DWR.

Para más detalles, favor referirse a rfc 6733

Diameter application protocol: Es el conjunto de AVP que sirven para hacer funcionar una aplicación específica como charging application.

Cada Aplicación es definida con un application Identifier.

### Interface Gi

Se denomina interface Gi al link entre el GGSN y el PDN, esta interface es utilizada para envió/recepción de trafico de Usuario.

En la figura 1.15 se muestra la pila de protocolo de la interface Gi:

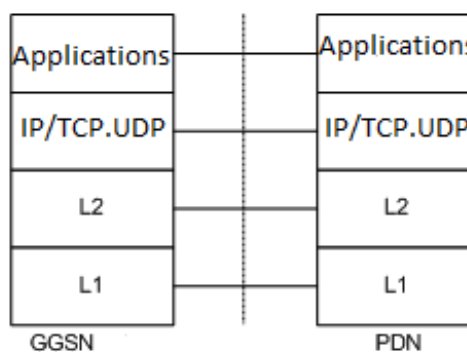


Figura 1.15: Pila de Protocolo de Interface Gi

### 1.3 Integración de Nuevos Elementos.

#### 1.3.1 Instalación y encendido

##### Aislamiento del Rack

Al instalar el Rack se debe aislar el mismo del piso para evitar retornos de corriente. Esto se logra colocando una mica aislante entre el Rack y el piso.

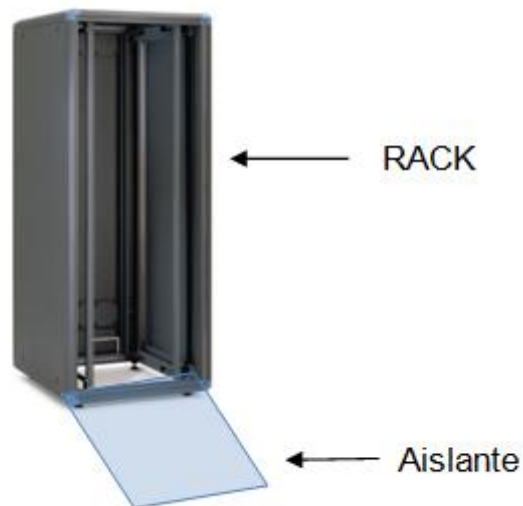


Figura 1.16: Rack

##### Cableado UTP

El cableado UTP deberá ser como cat 6 y deberá cumplir con el estándar EIA-TIA-568, para la instalación de este cableado se han dispuesto escalerillas en el cuarto de equipos. Se deberá etiquetar Origen y Destino en los extremos de cada cable.



Figura 1.17: Escalerillas UTP

### **Cableado de Fibra**

El cableado de Fibra deberá realizarse con patch core de Fibra Multimodo con un núcleo de de 50  $\mu\text{m}$ .

Para la instalación de este cableado se han dispuesto Fiber Runner y ODFs en el Datacenter. Se deberá etiquetar Origen y Destino en los extremos de cada cable.



Figura 1.18: Fiber Runner

### Instalación de Cableado de Energía

El cableado de energía eléctrica debe realizarse con cableado 2 AWG. Los equipos cuentan con doble fuente por lo que cada fuente debe ser alimentada por un sistema eléctrico independiente.

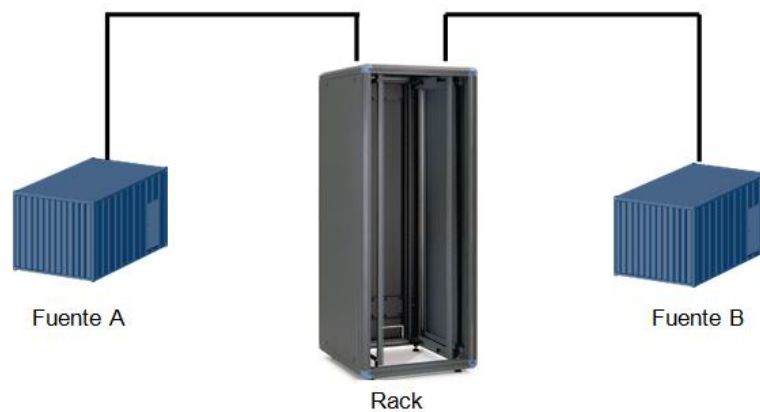


Figura 1.19: Gráfica de Alimentación

Los cables de poder deben ser etiquetados cada 5 metros para poder ser identificados.

### 1.3.2 Integración de Interfaces Logias

Las Interfaces Logias del Core de Datos Móviles deben comunicarse con otro elemento de red específico bajo un stack de protocolos específico

## Integración de Interface Gb

La interface Gb será integrada al Core Ip de con conexiones Directas utilizando VRRP y rutas estáticas del lado de los Routers, como se muestra en la figura 1.20

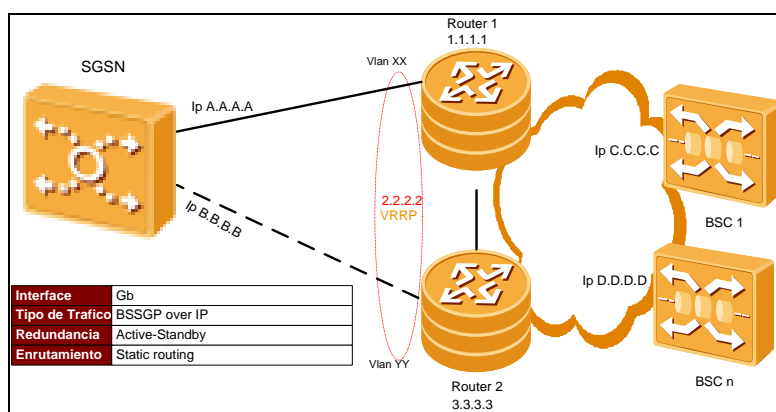


Figura 1.20: Integración de Interface Gb

## Integración de Interface Iu\_Ps

En esta interface tendremos RANAP sobre Sigtran con SCTP Dual-active + SCTP multi-homing. Se utilizará rutas estáticas y VRRP, como se muestra en la figura 1.21

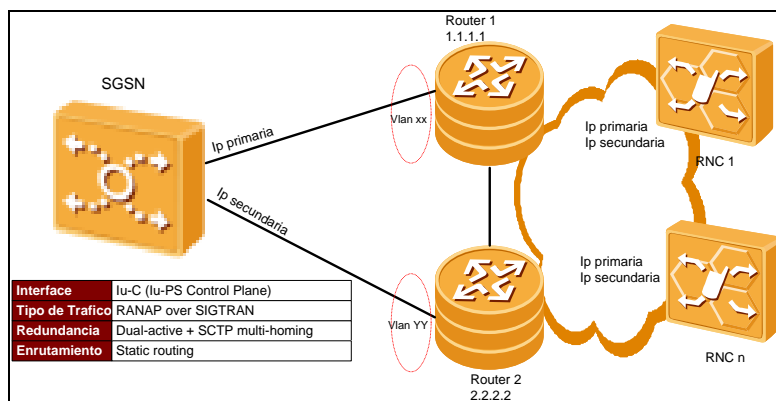


Figura 1.21: Integración de Interface Iu\_Ps Plano de Control

La interface lu-U\_PS (GTP-U) será integrada al Core Ip con conexiones Directas. Para el enrutamiento se utilizará protocolo OSPF, como se muestra en la figura 1.22

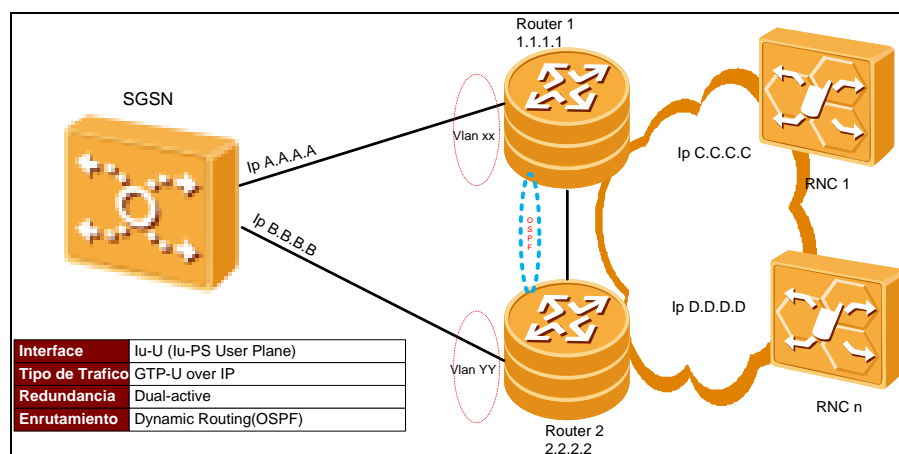


Figura 1.22: Integración de Interface lu\_Ps Plano de Usuario

### Integración de Interface Gr/Gf

La interface lu-U\_PS (GTP-U) será integrada al Core Ip con conexiones Directas. Para el enrutamiento, como se muestra en la figura 1.23

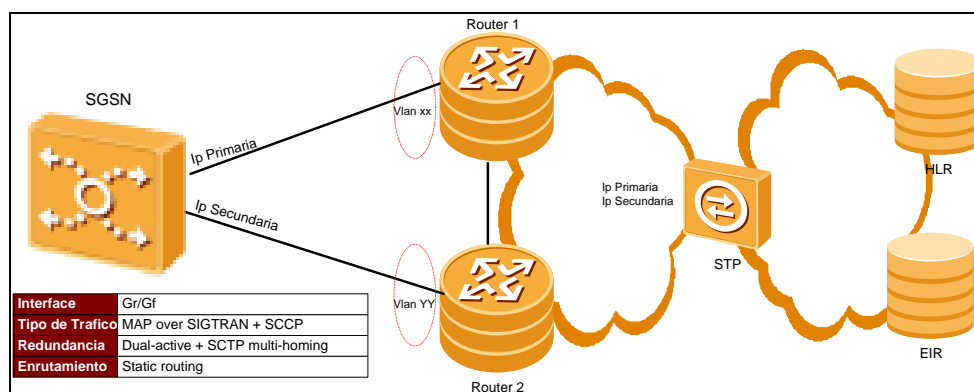


Figura 1.23: Integración de Interface Gr/Gf

### Integración de Interface Gn/Gp – SGSN

La interface lu-U\_PS (GTP-U) será integrada al Core Ip con conexiones Directas. Para el enrutamiento se utilizará OSPF, como se muestra en la figura 1.24

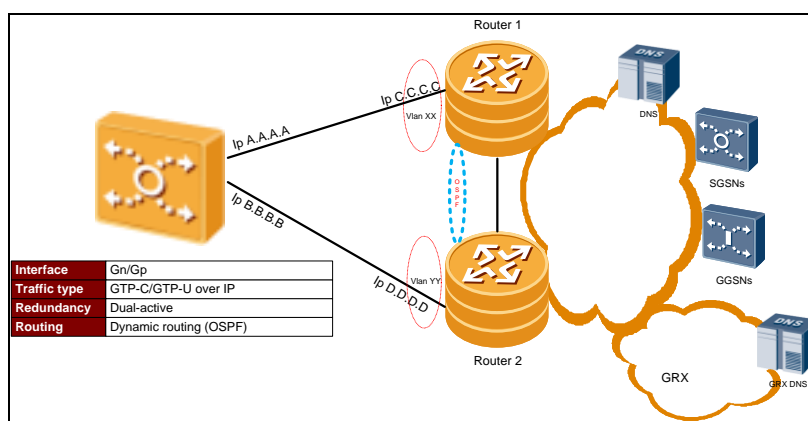


Figura 1.24: Integración de Interface Gn/Gp Plano de Control

### Integración de Interface Gn/Gp - GGSN

Las interfaces Gn/Gp (GTP-C y GTP-U) será integrada al Core Ip con conexiones Directas. Para el enrutamiento se utilizará OSPF, como se muestra en la figura 1.25

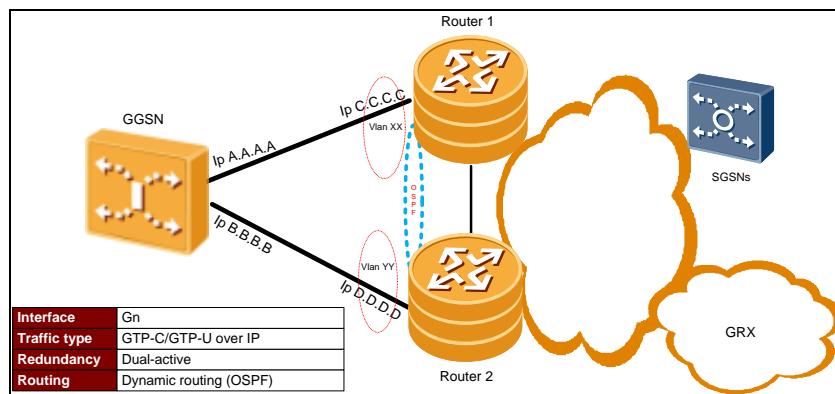


Figura 1.25: Integración de Interface Gn/Gp Plano Usuario

## Integración de Interface Gx

En esta interface tendremos Diameter sobre Ip con SCTP Dual-active multi-homing Para el enrutamiento se utilizará rutas estáticas, como se muestra en la figura 1.26.

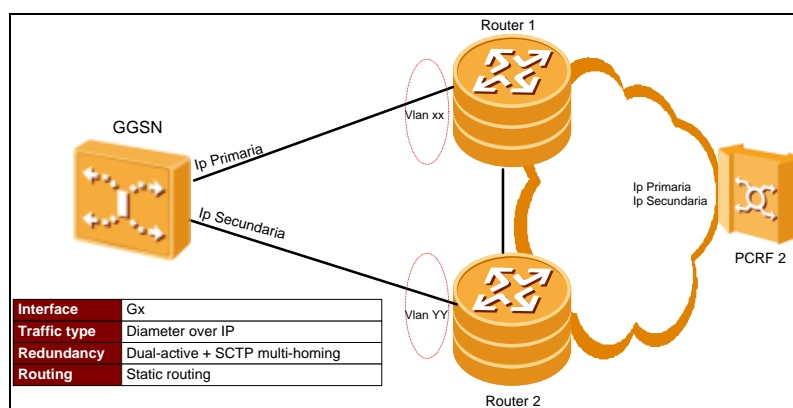


Figura 1.26: Integración de Interface Gx

## Integración de Interface Gy

En esta interface tendremos Diameter sobre Ip con SCTP Dual-active multi-homing Para el enrutamiento se utilizará rutas estáticas, como se muestra en la figura 1.27.

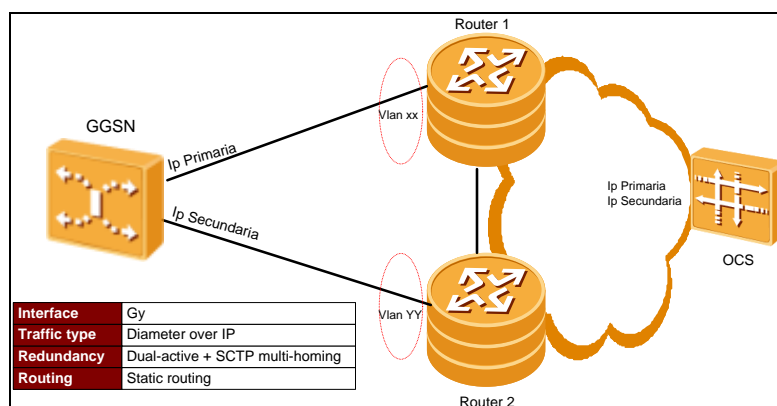


Figura 1.27: Integración de Interface Gy



## Integración de Interface Gi

En esta interface tendremos trafico de usuario sobre Ip. Para el enrutamiento utilizaremos OSPF, como se muestra en la figura 1.28.

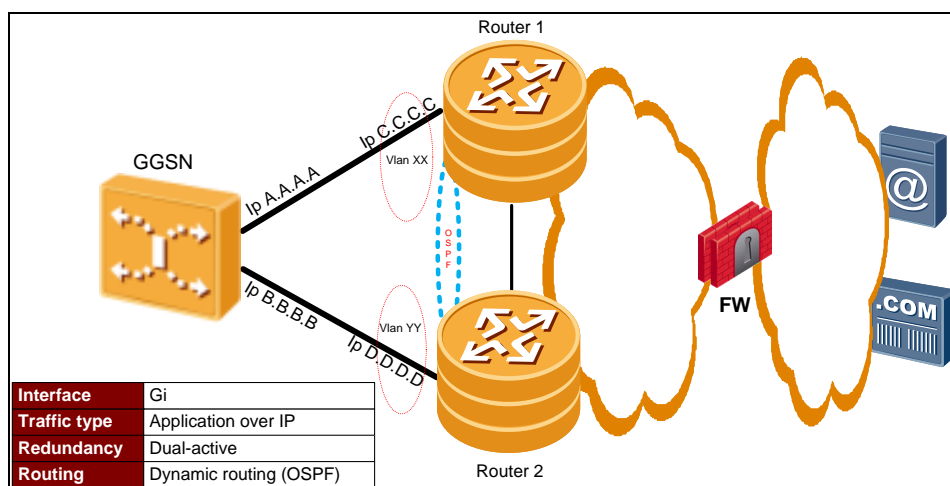


Figura 1.28: Integración de Interface Gi

### 1.4 Migración de Trafico e Implementación de Redundancia Geográfica.

Una vez que las pruebas de aceptación de los diferentes elementos de Red han sido finalizadas con éxito y que los Registros de Cobro de los GGSNs y SGSNs ha sido validados por el departamento de facturación se procede a planificar las migraciones.

Para optimizar tiempos se definió realizar migraciones en paralelo de las Redes de Acceso (2G y 3G) y los APNs.

### 1.4.1 Migración de BSCs

Después de haber realizado pruebas con una BSC que no esté en servicio Comercial y posterior validación del Cobro. Se procedió a migrar las BSCs en ventanas de mantenimiento. Esta migración tendrá afectación de servicio mientras se reconfiguran los link entre las BSC y los nuevos SGSNs.

Antes de la Migración: Cada BSC tiene uno o múltiples NSEI contra un solo SGSN mediante el cual se transportan las tramas de control y de tráfico de Usuario como se muestra en la figura 1.29.

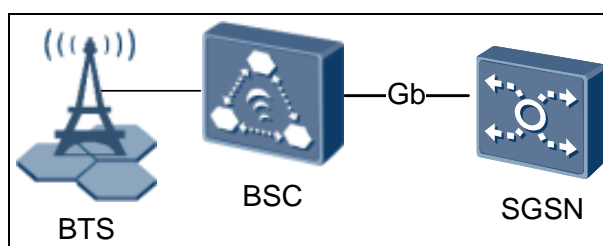


Figura 1.29: Interface Gb Antes de la Migración

Después de la Migración: Cada BSC tendrá uno o múltiples NSEI contra dos SGSN mediante el cual se transportan las tramas de control y de tráfico de Usuario, como se muestra en la figura 1.30. El tráfico será balanceado desde la BSC y en caso de que se interrumpa la comunicación contra un SGSN la BSC enviará todos los requerimientos al otro.

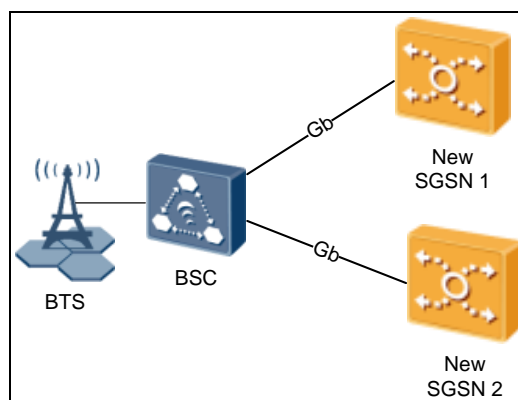


Figura 1.30: Interface Gb Después de la Migración

#### 1.4.2 Migración de RNCs

Después de haber realizado pruebas con una RNC que no esté en servicio Comercial y posterior validación de Cobro. Se procederá a migrar las RNCs en ventanas de mantenimiento. Esta migración tendrá afectación de servicio mientras se reconfiguran los links entre las RNCs y los nuevos SGSNs. En la figura 1.31 se muestra la estructura lógica de la Interface Iu\_Ps antes de la migración.

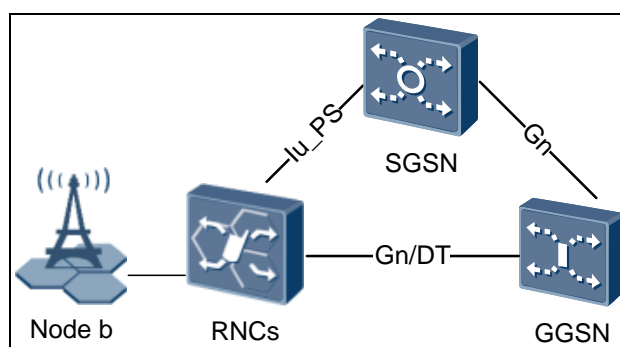


Figura 1.31: Interface Iu\_Ps Antes de la Migración

En la figura 1.32 se muestra la estructura lógica de la Interface Iu\_Ps después de la Migración

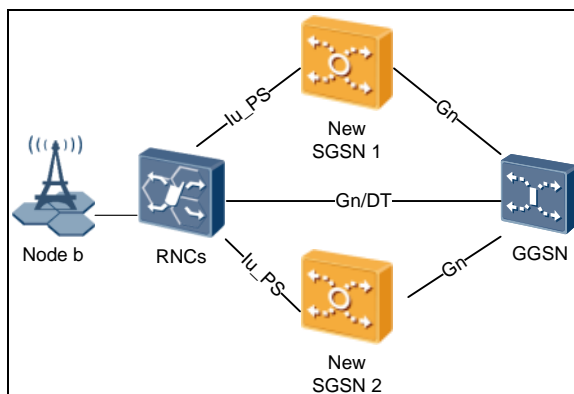


Figura 1.32: Interface Iu\_Ps Después de la Migración

### 1.4.3 Migración de APNs

Antes de la migración el tráfico de Datos es resuelto a la Ip de la interface Gn del GGSN que se encuentra en producción, como se ilustra en la figura 1.33.

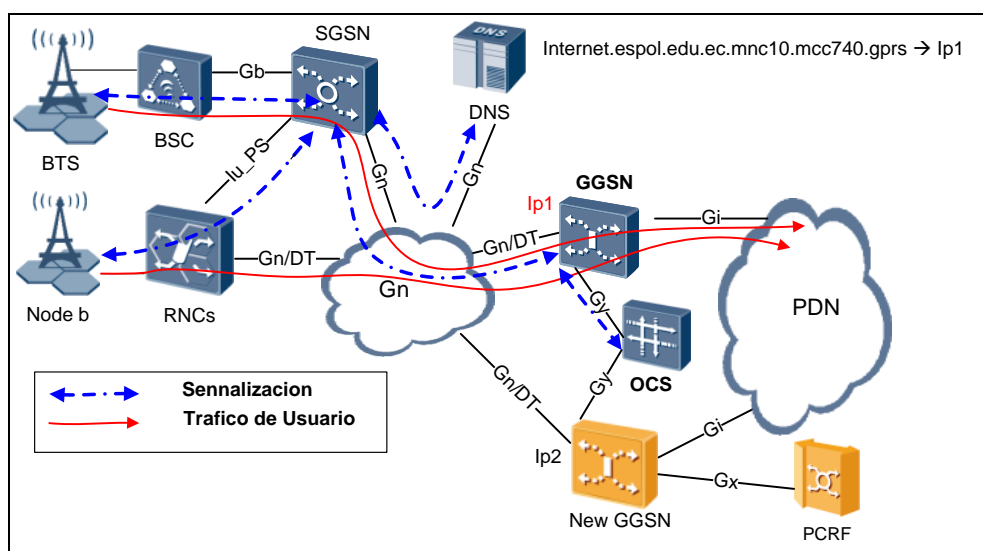


Figura 1.33: Flujo de señalización y Datos Antes de la Migración

Luego de haber realizado pruebas con los nuevos GGSNs y haber validado el cobro del trafico se programa una ventana de mantenimiento para migrar un APN a la vez.

Para migrar el trafico de 1 APN se debe cambiar el registro DNS:

- **Antes:** Internet.espol.edu.ec.mnc10.mcc740.gprs → Ip1
- **Después:** Internet.espol.edu.ec.mnc10.mcc740.gprs → Ip2

Internet.espol.edu.ec.mnc10.mcc740.gprs → Ip3

En la figura 1.34 se ilustra el flujo de señalización de Datos después de ejecutar el cambio en los registros DNS.

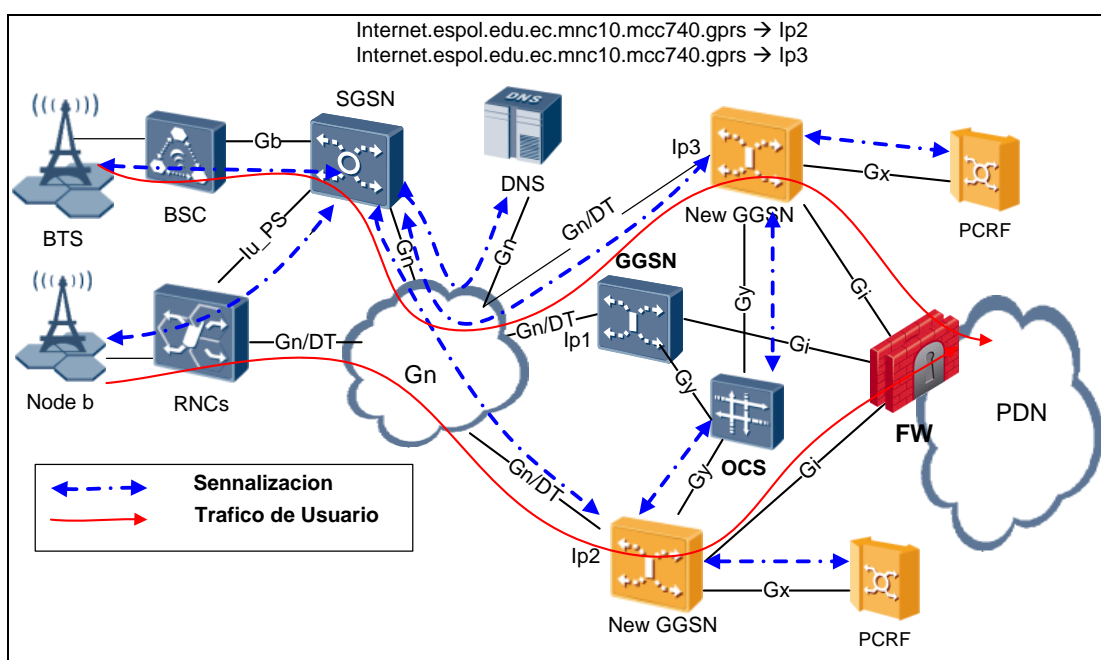


Figura 1. 34: Flujo de señalización y Datos Después de la Migración

Después de finalizar la Migración se planifico realizar pruebas de Redundancia para verificar la misma, para esto se ejecutaron las siguientes pruebas:

1. Pruebas de Redundancia SGSN.
2. Pruebas de Redundancia GGSN.
3. Pruebas de Redundancia DNS.

#### 1.4.4 Pruebas de Redundancia SGSN

Para realizar esta prueba se escogió una ventana de mantenimiento que de acuerdo a las estadísticas presentaba un bajo tráfico.

La prueba consiste en forzar la perdida de conectividad abrupta del SGSN1 en las interfaces Gb & lu\_Ps, el resultado esperado es que todos los requerimientos sean dirigidos hacia el SGSN2 que experimentara una sobrecarga de requerimientos.

En la figura 1.35 se muestra el flujo de señalización antes de falla de SGSN1

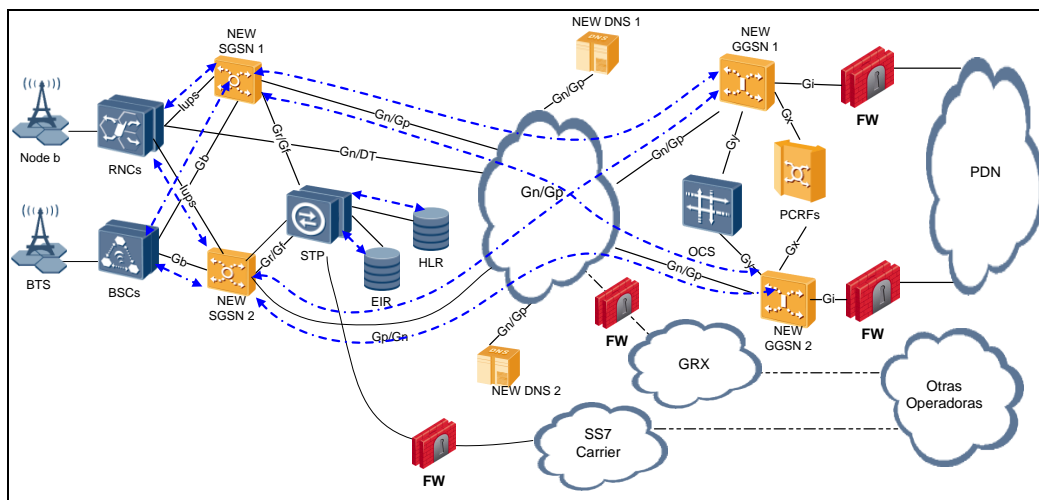


Figura 1. 35: Flujo de señalización y Datos en funcionamiento Normal

Como se puede apreciar en la figura 1.34 tanto las BSC como las RNC envían los requerimientos hacia ambos SGSNs de forma equitativa.

En la figura 1.36 se muestra flujo de señalización después de Forzar aislamiento de SGSN1

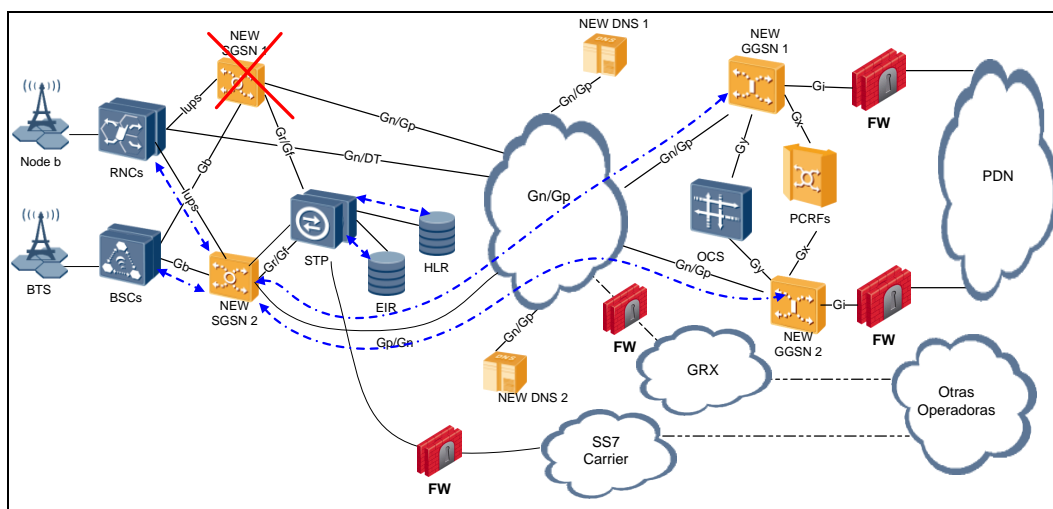


Figura 1. 36: Flujo de señalización y Datos bajo condición de Falla de SGSN1

Como se observa en el gráfico luego de perder conectividad con el SGSN1 tanto la BSC como la RNC dejan de enviar requerimientos hacia este, es decir solo enviaran requerimientos hacia el SGSN2.

Al forzar la perdida abrupta de conectividad del SGSN todos los abonados que estaban siendo atendidos por el mismo perdieron el servicio de datos, luego de esto los dispositivos móviles enviaron su solicitud de attach y esta fue enviada desde las BSC y RNC hacia el SGSN2.

A continuación se puede observar el efecto con datos estadísticos.

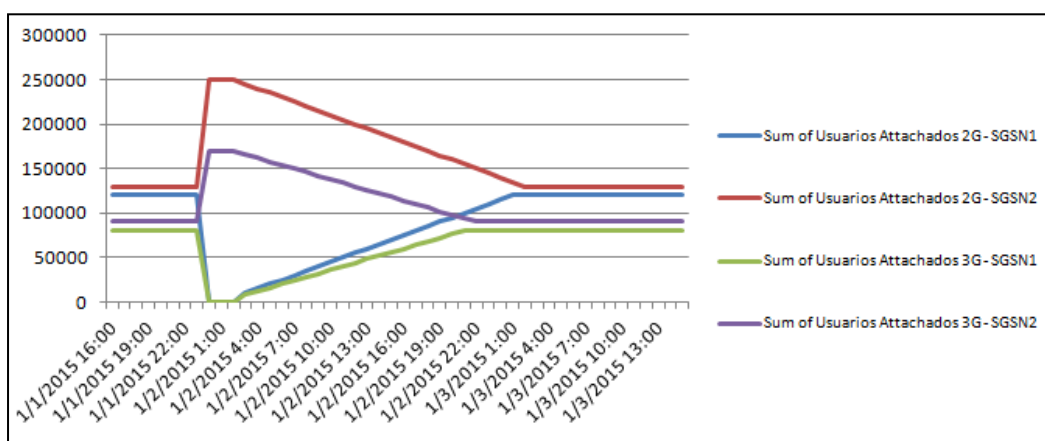


Figura 1. 37: Estadísticas de Trafico Interface Gb & Lu durante evento de falla de SGSN

Debido a controles de Overload del SGSN como mantener los requerimientos en Buffer no se perdieron solicitudes de attach.

Luego de la ejecución se realizaron pruebas de servicio y posterior a las mismas se habilito la conectividad del SGSN1.



Como último paso se realizaron pruebas de servicio nuevamente y el resultado de la prueba fue exitoso.

#### 1.4.5 Pruebas de Redundancia GGSN

Para realizar esta prueba se escogió una ventana de mantenimiento de acuerdo a las estadísticas de tráfico.

La prueba consiste en forzar la pérdida de conectividad abrupta del GGSN1 en la Interface Gn, el resultado esperado es que todos los requerimientos sean dirigidos hacia el GGSN2 que experimentara una sobrecarga de requerimientos.

Flujo de señalización antes de Forzar aislamiento de GGSN1

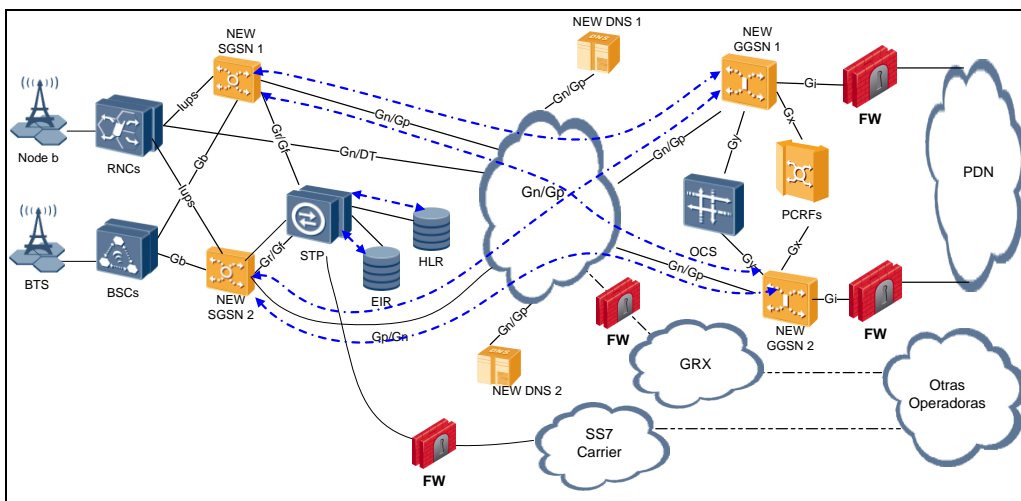


Figura 1.38: Flujo de señalización y Datos en funcionamiento Normal

Como se puede apreciar en la figura 1.38 los SGSNs envían los requerimientos hacia ambos GGSNs de forma equitativa.



En la figura 1.40 se puede observar el efecto con datos estadísticos.

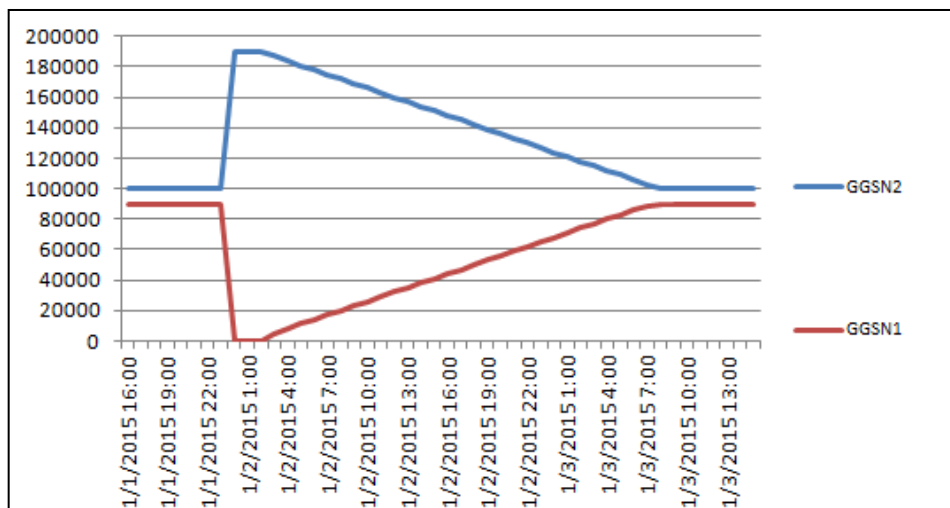


Figura 1.40: : Estadísticas de PDP Ctx Activos bajo condición de falla de GGSN1

Debido a controles de Overload : Como mantener los requerimientos en Buffer no se perdieron solicitudes de PDP Context Activation.

Luego de la ejecución se realizaron pruebas de servicio y posterior a las mismas se habilito la conectividad del GGSN1.

Como último paso se realizaron pruebas de servicio nuevamente cuyos resultados fueron exitosos.

#### 1.4.6 Pruebas de Redundancia DNS

Para realizar esta prueba se escogió una ventana de mantenimiento de acuerdo a las estadísticas de tráfico.

La prueba consiste en forzar la pérdida de conectividad abrupta del DNS1 en la Interface Gn, el resultado esperado es que todos los requerimientos sean dirigidos hacia el DNS2 que experimentará una sobrecarga de requerimientos.

Debemos recalcar que las configuraciones se antes de realizar la prueba se encuentran:

SGSN1 → DNS Primario: DNS1 // DNS Secundario: DNS2

SGSN2 → DNS Primario: DNS2 // DNS Secundario: DNS1

En la figura 1.41 se muestra el flujo de señalización antes de Forzar aislamiento de DNS1.

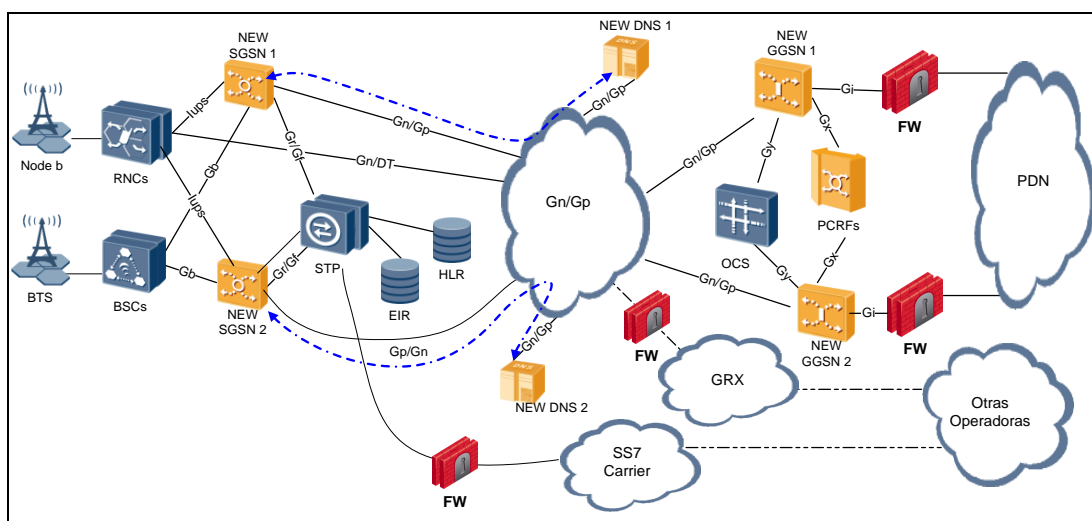


Figura 1.41: : Flujo de señalización DNS en funcionamiento Normal

Como se puede apreciar en el grafico los SGSNs envían los requerimientos de la siguiente forma:

SGSN1 → DNS Primario: DNS1 y SGSN2 → DNS Primario: DNS2

En la figura 1.42 se muestra el flujo de señalización bajo evento de falla del DNS1

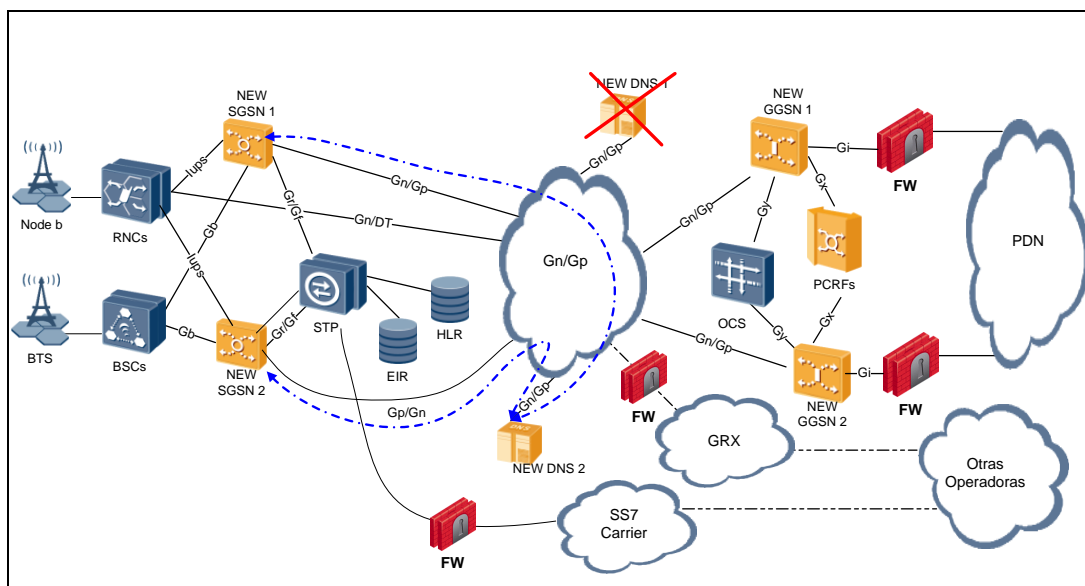


Figura 1.42: Flujo de señalización DNS bajo evento de falla de DNS1

Como se observa en el gráfico luego de perder conectividad con el DNS1 los SGSNs envían los requerimientos DNS de la siguiente forma:

SGSN1 → DNS Primario: DNS2 y SGSN2 → DNS Primario: DNS2

Al forzar la pérdida abrupta de conectividad del DNS1 todos los requerimientos DNS fueron enviados al DNS2..

En la figura 1.43 se muestra el efecto de la falla de DNS1 en los datos estadísticos.

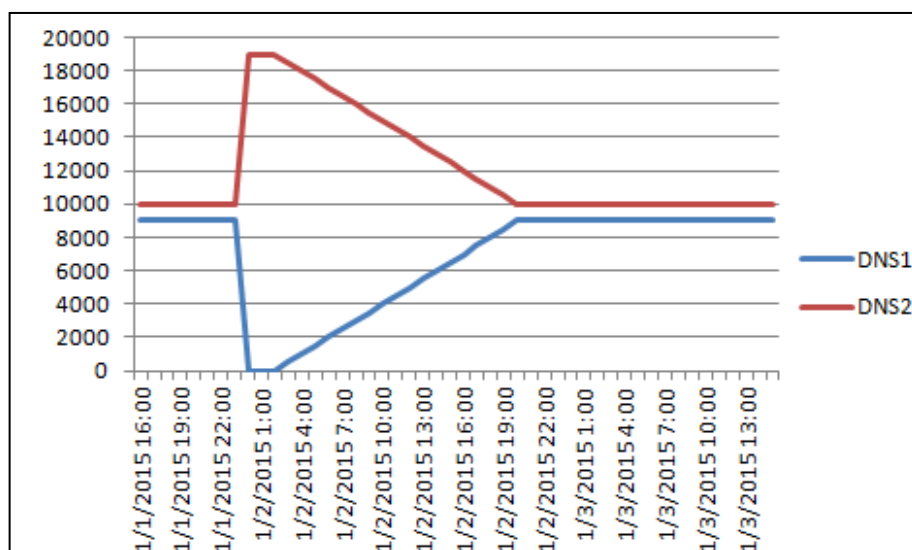


Figura 1.43: Estadísticas Query DNS bajo condición de falla de DNS1

Luego de la ejecución se realizaron pruebas de servicio y posterior a las mismas se habilito la conectividad del DNS1.

Como último paso se realizaron pruebas de servicio nuevamente, el resultado de la prueba fue exitoso.

## **CAPÍTULO 2**

### **RESULTADOS OBTENIDOS**

Se ejecuto con éxito el remplazo del Packet Core obteniendo los siguientes beneficios:

1. Incremento en la capacidad de procesamiento de Trafico.
2. Mejoramiento de Esquema de alta disponibilidad.

Redundancia de SGSNs

Redundancia de GGSNs

Redundancia de DNSs.

3. Despliegue de nueva funcionalidad PCEF + PCRF para establecer reglas por abonado.

## 2.1 Incremento en la capacidad de procesamiento de Trafico.

A continuación se muestra el incremento en capacidad obtenido luego de ejecutar la modernización del Packet Core :

### ANTES:

Elemento	PDP	Throughput
GGSN	0.4 M	2 Gbps

Tabla 2.1 Capacidad de GGSN Antiguo

Elemento	SAU	PDP	Throughput 2G	Throughput 3G
SGSN	1 M	2 M	500 Mbps	1 Gbps

Tabla 2.2 Capacidad de SGSN Antiguo

### DESPUES:

Elemento	PDP	Throughput
GGSN 1	2 M	10 Gbps
GGSN 2	2 M	10 Gbps

Tabla 2.3 Capacidad de nuevos GGSNs

Elemento	SAU	PDP	Throughput 2G	Throughput 3G	TPS
SGSN 1	4.5 M	3 M	2500 Mbps	1500 Mbps	4000
SGSN 2	4.5 M	3 M	2500 Mbps	1500 Mbps	4000

Tabla 2.4 Capacidad de nuevos SGSNs

\*\* Si no se hubiese ejecutado la modernización el Packet Core no hubiese soportado el incremento de Trafico.



## 2.1 Mejoramiento de Esquema de alta disponibilidad

Gracias a la Redundancia Geográfica desplegada el esquema de alta disponibilidad de la Red Celular mejoro ostensiblemente.

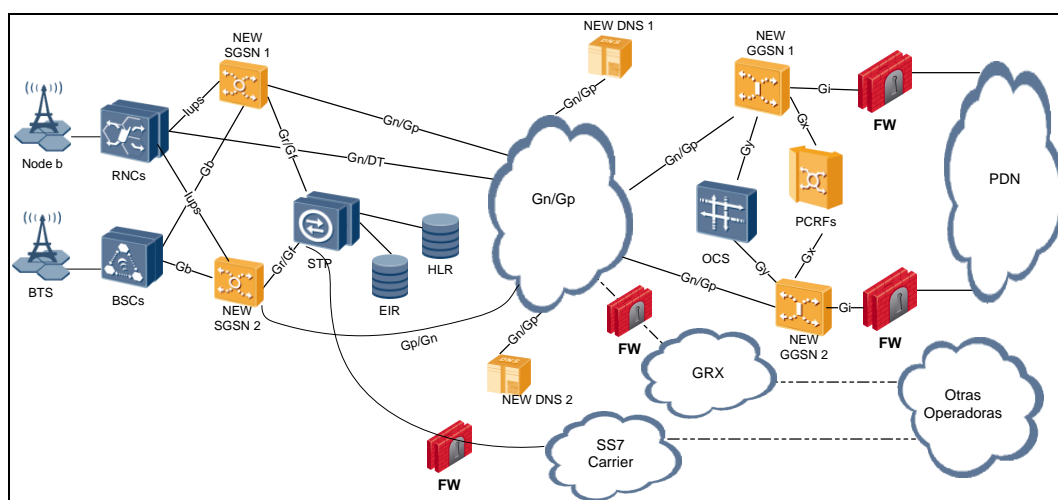


Figura 2.1 Arquitectura de Red con Redundancia Geográfica.

## 2.2 Despliegue de nueva funcionalidad PCEF + PCRF

Gracias a la nueva funcionalidad PCEF + PCRF el Operador podrá desplegar nuevos planes como: paginas específicas gratuitas, aplicaciones gratuitas.

Estas promociones podrán ser contratadas por cada abonado independientemente.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Al finalizar el proyecto se incremento ostensiblemente la capacidad del Core de Datos Moviles, con lo que el Operador puede seguir creciendo sin inconvenientes de acuerdo a las proyecciones de tráfico.
2. Se mejorando el esquema de alta disponibilidad debido a la implementación de Redundancia Geográfica.
3. Los aportes a este proyecto de mi parte fueron:
  1. Dimensionamiento de las plataformas por parte del Operador Celular.
  2. Diseño de esquema de migración para minimizar impactos.

3. Me desempeñe como Project Manager de este Proyecto.
4. Fui asignado como responsable Técnico del Proyecto por parte del Operador Celular.

### **Recomendaciones**

1. Para realizar la migración de APNs se recomienda realizarlo de forma progresiva, es decir se cambia el registro DNS en una ventana de mantenimiento y se hacen pruebas. De forma natural los Contextos que están activos en el GGSN antiguo irán migrando hacia el nuevo.  
  
Si se fuerza la desactivación de los Contextos se tendrá un pico de señalización en las interfaces Gn, Gy, Gx que podrían afectar a los elementos mencionados.
2. Debido a las migraciones se tendrán que cambiar las ip publicas de la Gn para el GGSN, SGSN y DNS, se recomienda incluir con tiempo estos segmentos públicos en el IR21 del Operador y compartir los cambios con sus proveedor de GRX.
3. En Redes mas grandes se debe tener especial cuida con la asignación de NSEI para la migración de BSC, estos índices no pueden repetirse entre BSC.
4. Por la envergadura de este tipo de proyectos se recomienda socializar el mismo con todas las Áreas.

5. Para la integración de las interfaces Gx y Gy, si el proveedor de los nuevos equipos es diferente del que se encuentra en Operación, se recomienda tomar trazados de señalización para análisis previo a la integración por parte del nuevo proveedor y así poder disminuir posibles inconvenientes de interoperabilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] 3GPP **TS** 48.016, General Packet Radio Service (GPRS); Base Station System (BSS) - Serving GPRS Support Node (SGSN) interface; Network service.

<http://www.3gpp.org/DynaReport/48016.htm>

[2] 3GPP TS 25.410, Technical Specification Group Radio Access Network;UTRAN Iu Interface: general aspects and principles

<http://www.qtc.jp/3GPP/Specs/25410-700.pdf>

[3] 3GPP TS 29.002, Mobile Application Part (MAP) specification

<http://www.3gpp.org/DynaReport/29002.htm>

[4] 3GPP TS 29.060, General Packet Radio Service (GPRS); GPRS Tunneling Protocol (GTP) across the Gn and Gp interface

<http://www.3gpp.org/DynaReport/29060.htm>

[5] 3GPP TS 29.212, Policy and Charging Control (PCC); Reference points

<http://www.3gpp.org/DynaReport/29212.htm>

[6] 3GPP TS 32.299, Telecommunication management; Charging management; Diameter charging applications

<http://www.3gpp.org/DynaReport/32299.htm>

[7] General

3GPP TS 23.002, Network architecture

<http://www.3gpp.org/DynaReport/23002.htm>