

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“MODERNIZACION DEL IP BACKBONE DEL CORE DE VOZ  
PARA TELEFONICA ECUADOR”**

**EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)**

Previa a la obtención del grado de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACION  
ELECTRONICA**

**JORGE LEONARDO ECHEVERRIA MEDINA**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

2015

## AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme guiado y cuidado todos estos años y darme la familia que me dio. Han sido un pilar fundamental en mi vida.

Agradezco a los profesores de la ESPOL quienes han aportado a formar el profesional que soy hoy en día.

## DEDICATORIA

Con todo mi corazón dedico este trabajo a mi madre, a mi esposa y a mi hermano, quienes con su amor y empuje me han ayudado a ser una mejor persona cada día.

A tres ángeles que desde el cielo cuidan cada paso que doy, mi padre y mis abuelos. Los llevo siempre en mi corazón.

Para ustedes, mi gratitud eterna.

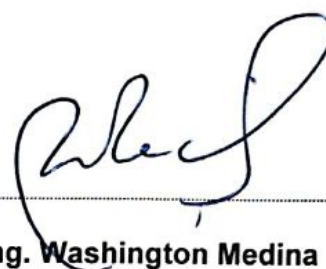
## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



**Dr. Germán Vargas L.**

PROFESOR DELEGADO

POR LA SUBDECANA DE LA FIEC



**Ing. Washington Medina**

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).



---

Jorge Leonardo Echeverría Medina

## RESUMEN

En el mercado de las telecomunicaciones, la alta disponibilidad de las redes celulares hace muchos años atrás dejó de ser una meta y hoy en día es un requisito básico para cualquier operador. Siguiendo el continuo evolucionar de las empresas celulares consideradas grandes a nivel mundial, la compañía TELEFONICA Ecuador a mediados del año 2014 entró en un proceso de modernización de toda su red, modernización que incluyó el Backbone IP para su red de Voz a nivel nacional.

El cliente cuenta con 3 Nodos principales (Carretas, Chongón y El Turi) interconectados entre sí mediante 2 anillos de transmisión utilizando 2 enrutadores CISCO en cada Nodo.

El objetivo principal del proyecto, fue realizar el diseño para la implementación de 6 nuevos enrutadores CISCO, a ser instalados en paralelo a la red actual para una fácil migración de todo el equipamiento del Core de voz.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA .....	v
RESUMEN .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
INTRODUCCIÓN .....	viii
CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTEGRACIÓN DE NUEVOS OSRs A LA RED .....	1
<b>1.1 Situación Actual de la Red</b> .....	1
<b>1.2 Análisis para la Instalación de Enrutadores Cisco</b> .....	4
<b>1.2.1 Detalle de Instalación Física de los Enrutadores</b> .....	4
<b>1.3 Nodo El Turi (Cuenca)</b> .....	7
<b>1.4 Nodo Chongón (Guayaquil)</b> .....	8
<b>1.5 Nodo Carretas (Quito)</b> .....	9
CAPÍTULO 2.....	11
2. PLAN DE MIGRACIÓN DE EQUIPOS EN LA RED.....	11
<b>2.1 MEDIA GATEWAY (MGW)</b> .....	12
<b>2.2 RADIO NETWORK CONTROLLER (RNC)</b> .....	16
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	21
BIBLIOGRAFÍA.....	23
ANEXOS.....	24

## INTRODUCCIÓN

La compañía TELEFONICA del Ecuador se encuentra en proceso de modernizar su Backbone IP para la red de voz. El proyecto de Modernización en su primera fase fue adjudicado a la empresa NOKIA, para el suministro de enrutadores marca CISCO (6 equipos en total) incluyendo los servicios de planificación e instalación de los mismos.

Yo, en calidad de Project Manager del área de Network Planning & Optimization (NPO) de la compañía NOKIA, participé en el proyecto adjudicado liderando el grupo de ingenieros encargados de la planeación de la solución a implementar.

Los requisitos concebidos por el cliente al inicio del proyecto, se pueden resumir en:

- Completa redundancia para la interconexión de los nuevos enrutadores al equipamiento ya existente.
- Mantener la arquitectura y escalabilidad de su topología de red ahora con la inclusión del nuevo equipamiento.
- Durante la fase de migración de los elementos de red, cero (0) afectación de servicio.

En el primer capítulo se presenta un análisis de la red actual del cliente para su fácil comprensión. Se detalla el equipamiento adquirido por el cliente y la distribución

Finalmente, como parte del proyecto en el capítulo 2, se incluye el análisis de la operación de las redundancias de 2 elementos actualmente operativos en la red de



TELEFONICA con la finalidad de proponer un esquema de migración hacia los nuevos enrutadores sin impacto a la red. Los elementos analizados son:

- Media GateWay (MGW) [1] marca Nokia
- Radio Network Controller (RNC) [2] marca Nokia

## **CAPÍTULO 1**

### **1. INTEGRACIÓN DE NUEVOS OSRs A LA RED**

#### **1.1 Situación Actual de la Red**

TELEFONICA divide la topología del Backbone IP para su red de voz en dos estructuras independientes; la primera contiene la red de gestión y mantenimiento (O&M) y la red de señalización (Control Plane) mientras que la segunda red contiene exclusivamente el tráfico crudo de voz (User Plane).

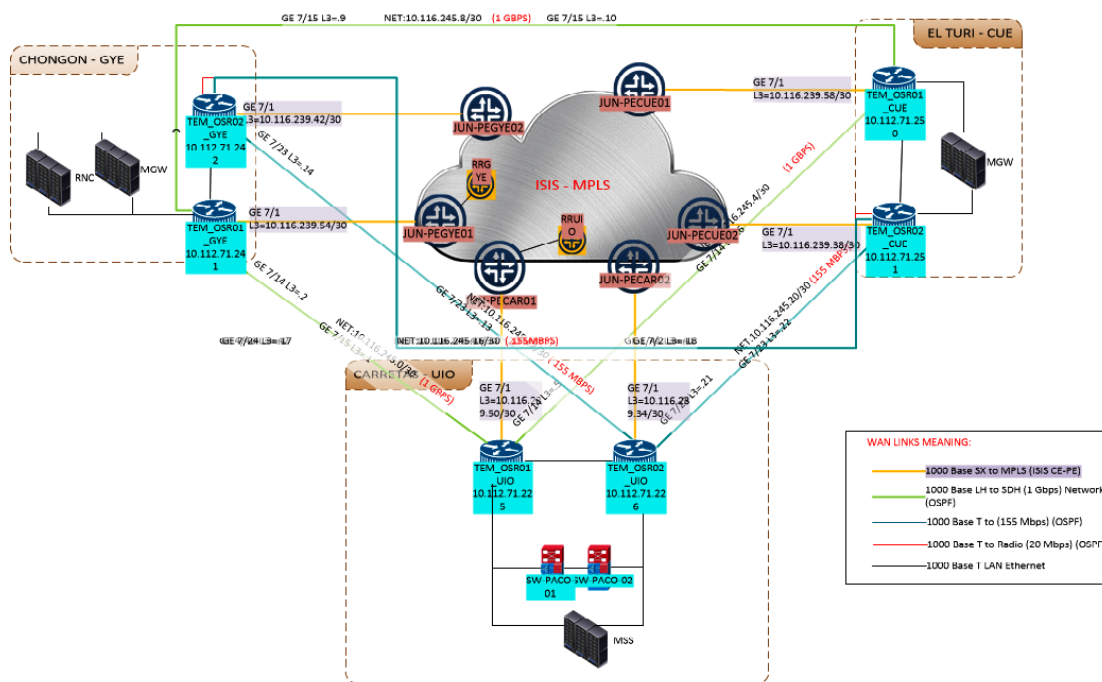
Para la red de Control Plane, TELEFONICA utiliza enrutadores Cisco modelo 7609 distribuidos en 3 nodos principales –Carretas (Quito), Chongón (Guayaquil) y El Turi (Cuenca)–, 2 enrutadores en cada nodo. En esta topología un ruteador funciona como el principal mientras que el segundo sirve de contingencia en caso el primero falle. La red de User Plane está diseñada con el mismo esquema (2 enrutadores

por nodo) en esquema de redundancia 1+1, pero con la diferencia que se utilizan enrutadores Juniper modelo M10Mi.

A nivel de transmisión, los enrutadores principales de cada nodo se interconectan entre sí. Los enrutadores secundarios de cada nodo se interconectan entre sí de la misma manera formando una especie de dos triángulos, uno entre los enrutadores principales y otro entre los enrutadores secundarios. Este tipo de conexión se utiliza tanto para la red de User Plane (Juniper) como para la red de Control Plane (Cisco).

Debido a la poca cantidad de puertos físicos disponibles en los enrutadores Juniper, los elementos de red en los diferentes nodos se conectan físicamente a los enrutadores Cisco 7609, sin embargo el tráfico de User Plane es enviado a los enrutadores Juniper para su correspondiente enrutamiento final.

En la figura 1.1 se muestra la topología actual de red para el Core de voz.



**Figura 1.1: Topología actual de la red**

A nivel de enrutamiento, la topología actual de TELEFONICA presenta que la conexión entre enrutadores Cisco (red O&M y Control Plane) se realiza utilizando el protocolo OSPF [3]. A continuación se adjunta un ejemplo del script utilizado.

```
interface GigabitEthernet6/2
description To TEM_OSR_CUE01 G7/2
ip address 10.116.223.29 255.255.255.252
bandwidth 1000000
ip ospf bfd
bfd interval 50 min_rx 50 multiplier 10
router ospf 1
log-adjacency-changes
nsf
network 10.116.223.28 0.0.0.3 area 0
```

Para la conexión entre los enrutadores Cisco y los enrutadores Juniper (para pasar tráfico hacia la red de User Plane) se utilizar el protocolo ISIS [4]. A continuación se adjunta un ejemplo del script utilizado.

```

interface GigabitEthernet9/1
description TO JUN01_UIO GE2/1/0
ip address 10.116.223.82 255.255.255.252
ip router isis movistar
isis circuit-type level-1
router isis movistar
net 49.0001.0010.0116.0223.0003.00
is-type level-1
metric-style wide
distance 90 clns
distance 90 ip
redistribute static ip metric 10 route-map STATIC-TO-ISIS level-1

```

En la tabla 1.1 a continuación se detalla el equipamiento adquirido por TELEFONICA para cada sitio.

Sitio	Ciudad	Equipamiento
<b>CARRETAS</b>	QUITO	2 x CISCO 7613
<b>CHONGON</b>	GUAYAQUIL	2 x CISCO 7609
<b>EL TURI</b>	CUENCA	2 x CISCO 7609

**Tabla 1.1: Equipos adquiridos por cliente**

En la tabla 1.2 a continuación se detallan los elementos de red que serán migrados en la primera fase del proyecto de modernización por parte de TELEFONICA.

Equipamiento	Vendor	Sitio	Ciudad
MGWCUE1	Nokia	EL TURI	CUENCA
MGWCUE2	Nokia		
RNCUIO4	Nokia	CALDERON	QUITO
RNCUIO6	Nokia		

**Tabla1.2: Listado de Equipos a ser Migrados**

## 1.2 Análisis para la Instalación de Enrutadores Cisco

### 1.2.1 Detalle de Instalación Física de los Enrutadores

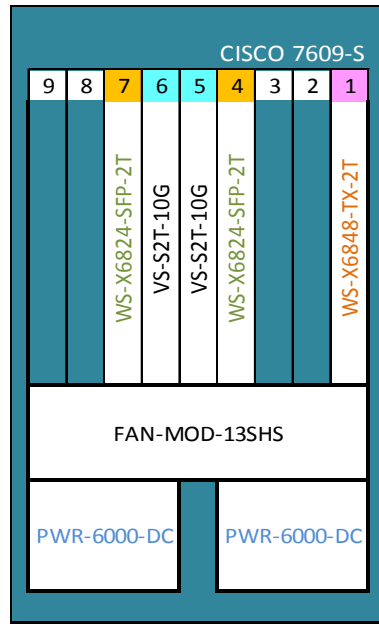
En la tabla 1.3 se listan las tarjetas de puertos asignadas a los enrutadores por sitio, la misma que fue dimensionada determinando el

número actual de puertos utilizados y dejando una salvaguarda para crecimiento de equipamientos en el Nodo.

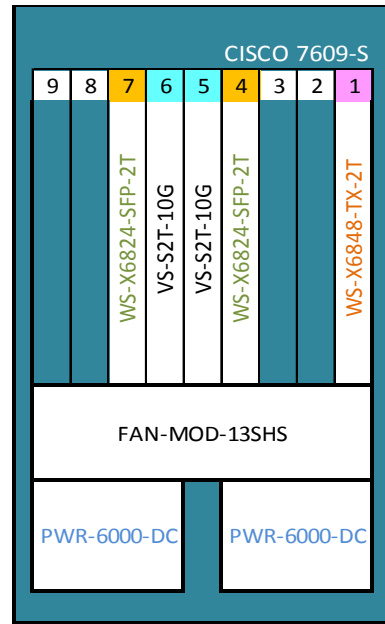
<b>Sitio</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Chongón	WS-X6848-GE-TS	48x10/100/1000BaseT	3
	WS-X6824-SFP	24x1GE SFP	2
El Turi	WS-X6848-GE-TX	48x10/100/1000BaseT	1
	WS-X6824-SFP	24x1GE SFP	2
Carretas	WS-X6848-GE-TS	48x10/100/1000BaseT	3
	WS-X6824-SFP	24x1GE SFP	2

**Tabla 1.3: Distribución de Tarjetas por Equipos**

Para una mejor distribución de tarjetas y facilidad de manipulación del cableado en los diferentes enrutadores, se propuso instalar las tarjetas con puertos ópticos (cableado de fibra de mayor fragilidad y poca manipulación) en los slots centrales de los enrutadores mientras que las tarjetas de puertos eléctricos se las instaló en los slots exteriores. En las figura 1.2, 1.3 y 1.4 se muestran los diagramas físicos de los enrutadores a ser instalados en los diferentes Nodos.

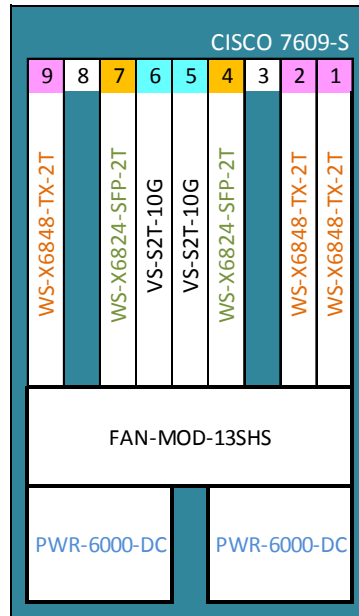


TME\_OSR\_CUE01

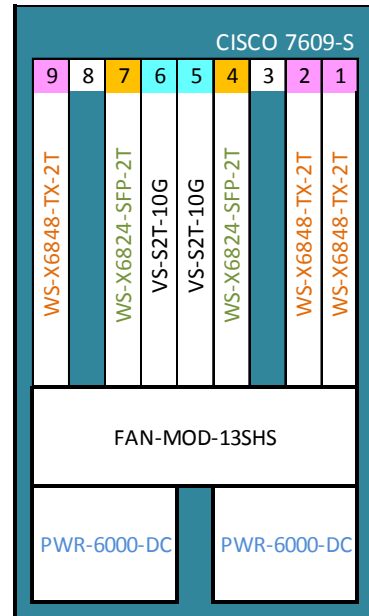


TME\_OSR\_CUE01

Figura 1.2. Diagrama Físico de los OSRs El Turi (Cuenca)



TME\_OSR\_CHO01



TME\_OSR\_CHO02

Figura 1.3: Diagrama Físico de los OSRs Chongón (Guayaquil)

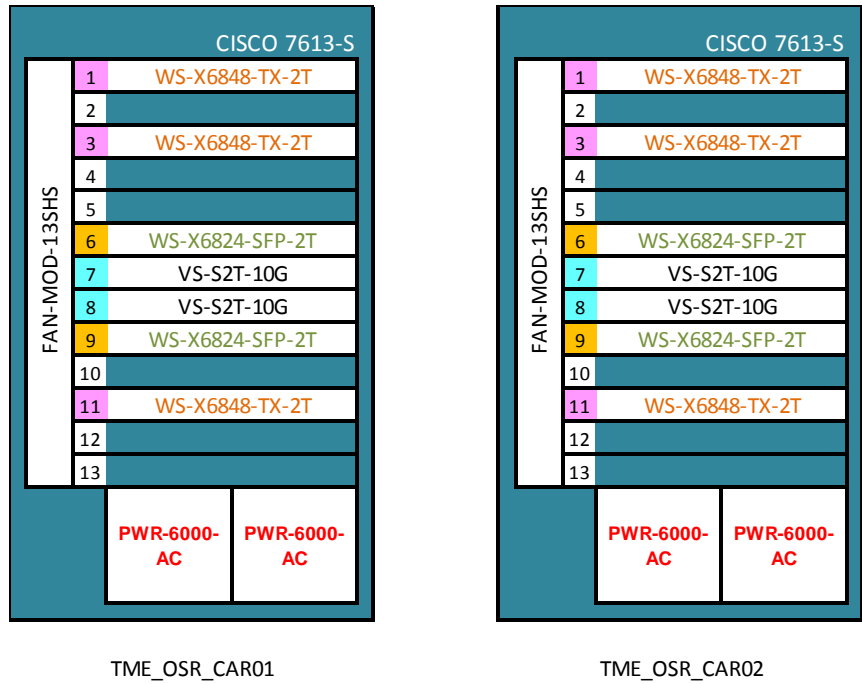


Figura 1.4: Diagrama Físico de los OSRs Carretas (Quito)

### 1.3 Nodo El Turi (Cuenca)

En la figura 1.5 se muestra la topología de los OSRs en El Turi (Cuenca), mostrándose al nuevo equipamiento de color verde.

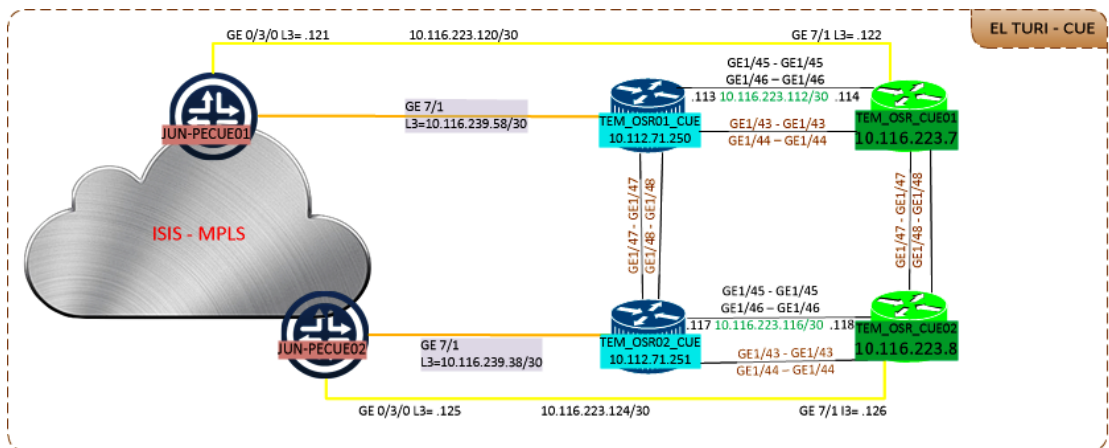


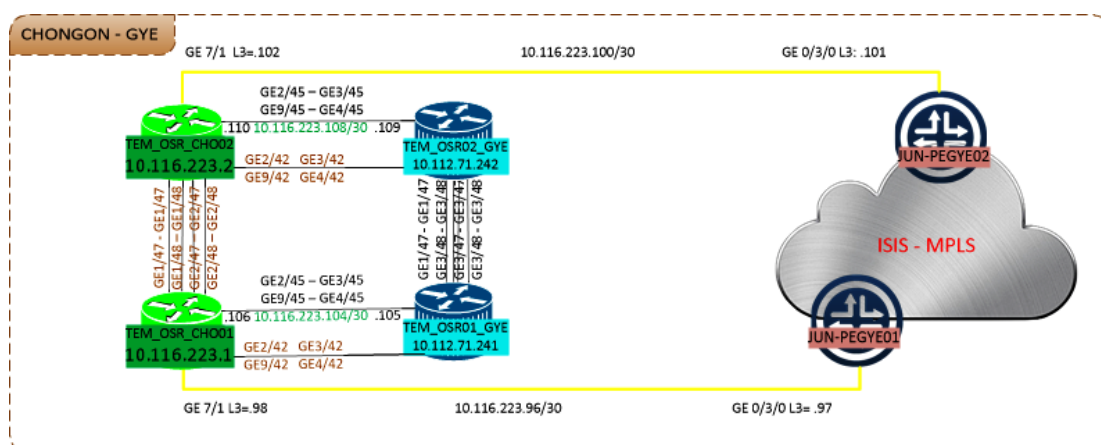
Figura 1.5: Diagrama Físico de los OSRs El Turi (Cuenca)



Para esta implementación, se han asignado nuevos puertos tanto en los enrutadores Juniper como en los enrutadores Cisco actuales para interconectar los nuevos enrutadores. Se debe recordar que la conectividad IP L3 entre los enrutadores Cisco y los Juniper, se lo realiza con protocolo ISIS mientras que la interconectividad entre los enrutadores Cisco se lo realiza utilizando el protocolo OSPF.

#### 1.4 Nodo Chongón (Guayaquil)

En la figura 1.6 se muestra la topología de los OSRs en El Turi (Cuenca), mostrándose al nuevo equipamiento de color verde.



**Figura 1.6: Diagrama Físico de los OSRs Chongón (Guayaquil)**

Para esta implementación, se han asignado nuevos puertos tanto en los enrutadores Juniper como en los enrutadores Cisco actuales para interconectar los nuevos enrutadores.

### 1.5 Nodo Carretas (Quito)

En la figura 1.7 se muestra la topología de los OSRs en El Turi (Cuenca), mostrándose al nuevo equipamiento de color verde.

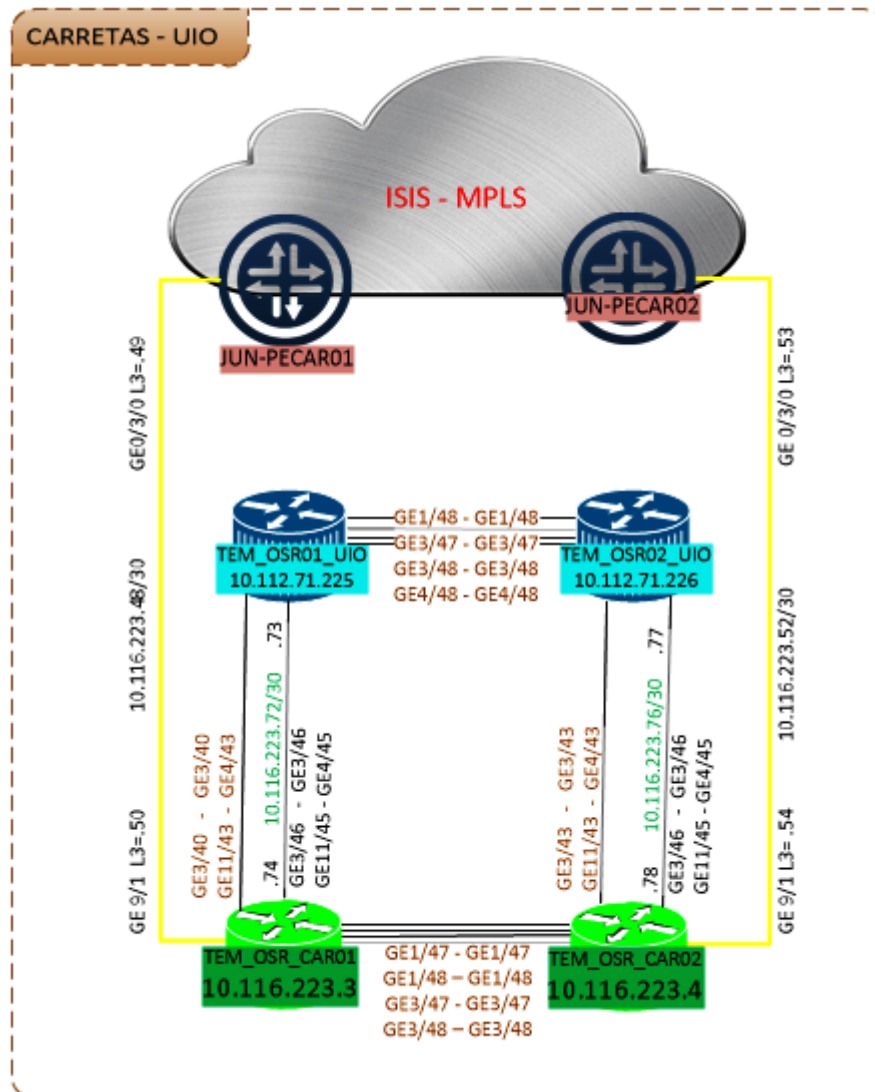


Figura 1.7: Diagrama Físico de los OSRs Carretas (Quito)

Para esta implementación, se han asignado nuevos puertos tanto en los enrutadores Juniper como en los enrutadores Cisco actuales para interconectar los nuevos enrutadores.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. PLAN DE MIGRACIÓN DE EQUIPOS EN LA RED**

En el siguiente capítulo se presenta el plan de migración para dos tipos de equipamientos dentro de la red de TELEFONICA, el mismo que fue realizado exitosamente obteniendo el objetivo de migrar los equipos hacia los nuevos OSRs de manera controlada sin afectar la continuidad del servicio en todo momento.

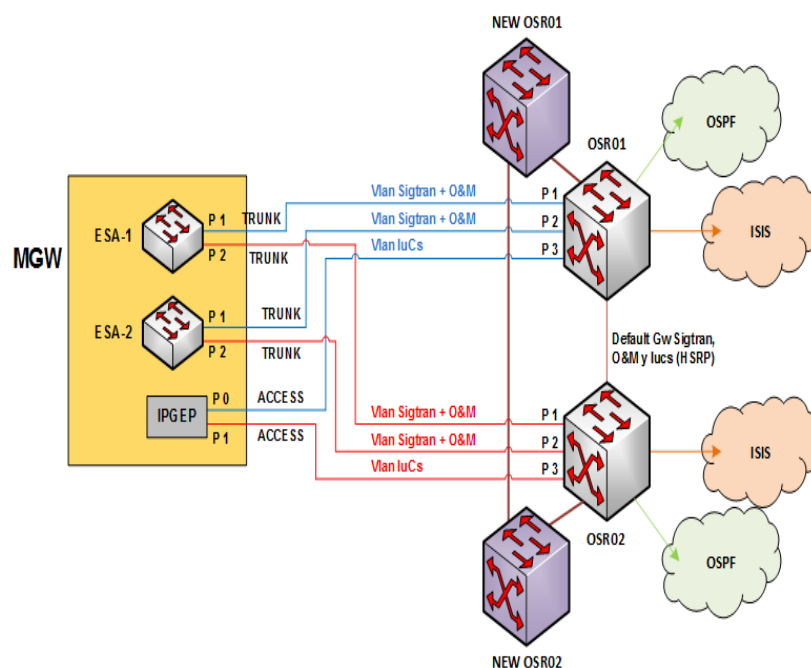
Los elementos considerados en este análisis son:

- Media Gateway (MGW) [1] marca NOKIA
- Radio Network Controller (RNC) [2] marca NOKIA

## 2.1 MEDIA GATEWAY (MGW)

Un Media GateWay (MGW) es un elemento dentro de la red de un proveedor de telefonía celular que permite realizar llamadas entre diferentes entornos de la red con diferentes protocolos. El MGW traduce la señalización de las tecnologías como GSM, UMTS, 3G, PTSN al lenguaje de la central telefónica logrando establecer la comunicación y la llamada sea exitosa [1].

En el diagrama de la Figura 2.1 mostrado a continuación, se indica la conexión de un MGW marca NOKIA hacia los OSRs en un nodo. Las ESAs son unos switches internos que permiten la interconexión de las tarjetas internas del MGW hacia los enrutadores de la red. Los MGWs cuentan con dos switches ESAs que sirven de redundancia en caso de algún problema interno del equipo o en caso de existir problemas con el OSR a donde se conecta. Los puertos 1 y 2 de las ESAs dentro del MGW, manejan el tráfico SIGTRAN (Control Plane) y operación y mantenimiento O&M. Las tarjetas IPGEP manejan el tráfico User Plane. Para una mejor operación de redundancia, el MGW cuenta con dos segmentos de red IP para el Control Plane, mismas que denominaremos CP1 y CP2.



**Figura 2.1: Diagrama estructural de un MGW**

Realizando el análisis del comportamiento del tráfico dentro de un MGW, la solución ideal para su migración fue efectuar el movimiento en 2 ventanas de trabajo garantizando la continuidad del servicio.

#### Ventana de Trabajo #1.-

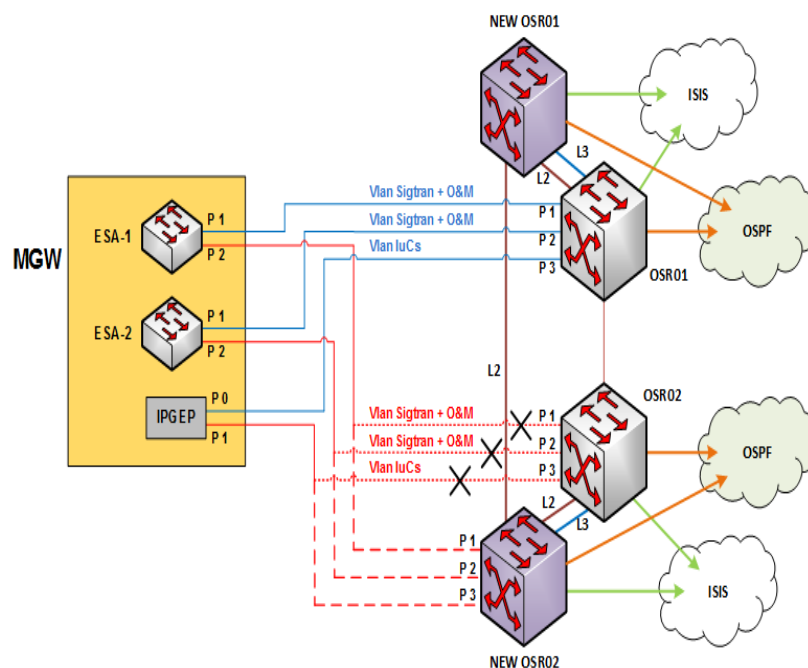
En la primera ventana de trabajo se propuso realizar las siguientes actividades:

- Confirmar que el OSR1 sea el default Gateway para todo el tráfico (Control Plane, O&M y User Plane) confirmando la configuración HSRP de las tres respectivas Vlans.
- Desconectar todos los puertos del OSR02 y confirmar que no hayan intermitencias en el tráfico de la MGW.

- Conectar dichos puertos hacia el nuevo OSR 02.
- Eliminar la configuración de las Vlans y HSRP en el OSR02 y configurarlas en el nuevo OSR02.
- Confirmar la propagación de la red Control Plane 2, O&M y User Plane hacia los diferentes enrutadores en la red.

Finalmente, como método de prueba se propuso cambiar la prioridad en cada interface HSRP, dejando el nuevo OSR02 como default Gateway validando que existe conectividad IP y tráfico entre el MGW y los elementos remotos.

En la Figura 2.2 se demuestran los pasos recomendados para la primera ventana de trabajo.



**Figura 2.2: Detalle de actividades durante 1era Ventana**

Ventana de Trabajo #2.-

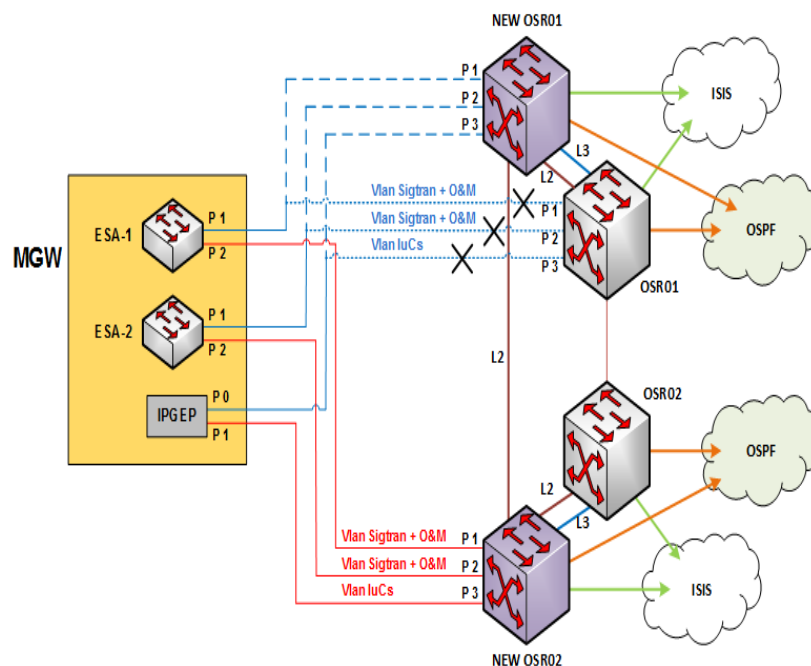
En la segunda ventana de trabajo se propuso realizar las siguientes actividades:

- Confirmar que el OSR2 sea el default Gateway para todo el tráfico (Control Plane, O&M y User Plane) modificando la configuración HSRP de las tres respectivas Vlans.
- Desconectar todos los puertos del OSR01 y confirmar que no hayan intermitencias en el tráfico de la MGW.
- Conectar dichos puertos hacia el nuevo OSR 01.
- Eliminar la configuración de las Vlans y HSRP en el OSR01 y configurarlas en el nuevo OSR01.
- Confirmar la propagación de la red Control Plane 1, O&M y User Plane hacia los diferentes enrutadores en la red.

Finalmente, como método de prueba se propuso cambiar la prioridad en cada interface HSRP, dejando el nuevo OSR01 como default Gateway validando que existe conectividad IP y tráfico entre el MGW y los elementos remotos.

En la Figura 2.3 se demuestran los pasos recomendados para la primera ventana de trabajo.





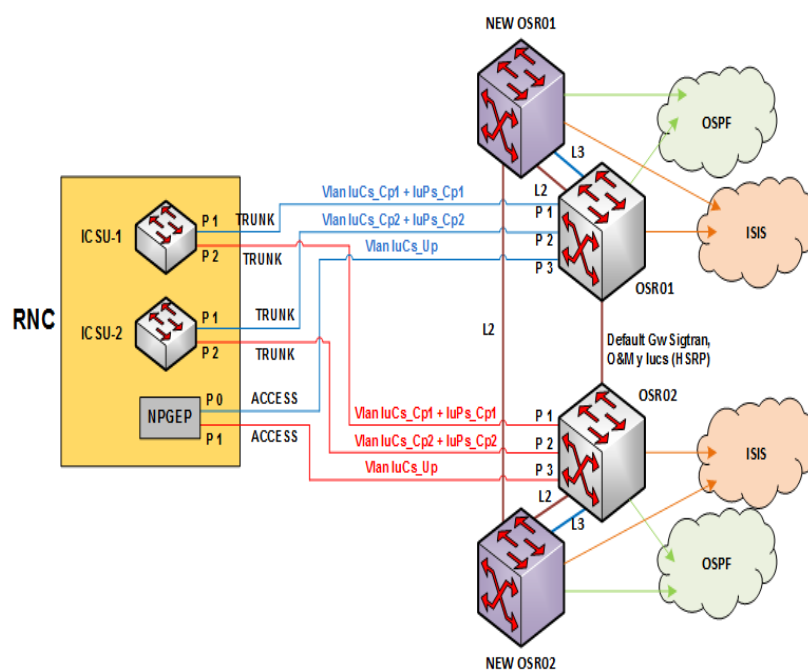
**Figura 2.3: Detalle de actividades durante 2da Ventana**

## 2.2 RADIO NETWORK CONTROLLER (RNC)

Una Radio Network Controller es un elemento de una red celular que trabaja sobre tecnología UMTS responsable del manejo y control de radio bases (también conocidas como Nodos b). La RNC se encarga de la asignación de recursos de radio así como la gestión de la movilidad de los usuarios geográficamente [2].

En la Figura 2.4 mostrado a continuación, se indica la conexión de una RNC marca NOKIA hacia los OSRs en un nodo. Las ICSUs son unos switches internos que permiten la interconexión de las tarjetas internas de la RNC hacia los enrutadores de la red. Los MGWs cuentan con dos switches ICSUs que

sirven de redundancia en caso de algún problema interno del equipo o en caso de existir problemas con el OSR a donde se conecta. Los puertos 1 y 2 de las ICSUs dentro de la RNC, manejan el tráfico SIGTRAN (Control Plane) y operación y mantenimiento O&M. Las tarjetas NPGEP manejan el tráfico User Plane. Para una mejor operación de redundancia, la RNC cuenta con dos segmentos de red IP para el Control Plane, mismas que denominaremos CP1 y CP2.



**Figura 2.4: Diagrama estructural de una RNC**

Realizando el análisis del comportamiento del tráfico dentro de una RNC, la solución ideal para su migración fue efectuar el movimiento en 2 ventanas de trabajo garantizando la continuidad del servicio.

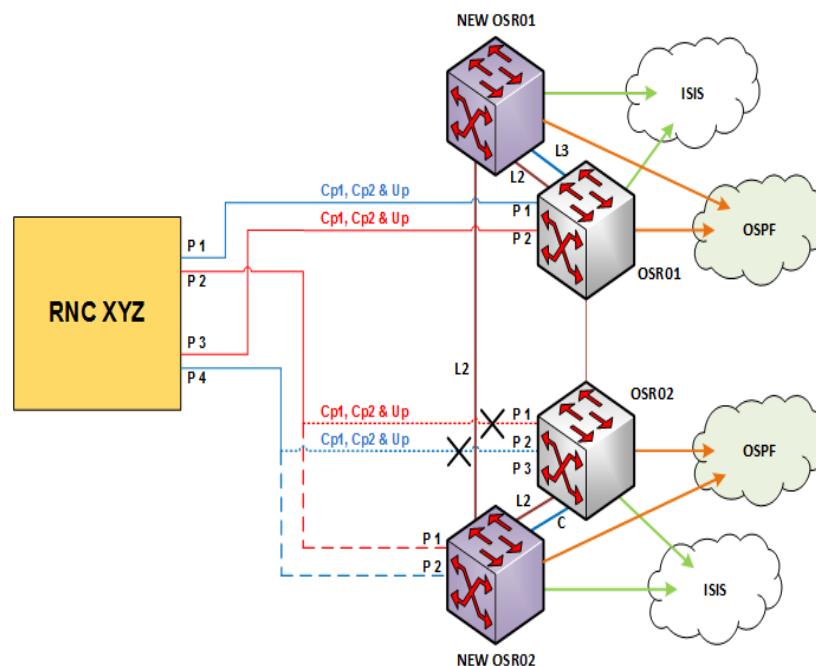
Ventana de Trabajo #1.-

En la primera ventana de trabajo se propuso realizar las siguientes actividades:

- Confirmar que el OSR1 sea el default Gateway para todo el tráfico (luCs Cp & luCs Up) confirmando la configuración HSRP de las respectivas Vlans.
- Desconectar todos los puertos del OSR02 y confirmar que no hayan intermitencias en el tráfico de la RNC.
- Conectar dichos puertos hacia el nuevo OSR 02.
- Eliminar la configuración de las Vlans y HSRP en el OSR02 y configurarlas en el nuevo OSR02.
- Confirmar la propagación de la red luCs Cp & luCs Up hacia los diferentes enrutadores en la red.

Finalmente, como método de prueba se propuso cambiar la prioridad en cada interface HSRP, dejando el nuevo OSR02 como default Gateway validando que existe conectividad IP y tráfico entre el MGW y los elementos remotos.

En la Figura 2.5 a continuación se demuestran los pasos recomendados para la primera ventana de trabajo.



**Figura 2.5: Detalle de actividades durante 1era Ventana**

Ventana de Trabajo #2.-

En la segunda ventana de trabajo se propuso realizar las siguientes actividades:

- Confirmar que el OSR2 sea el default Gateway para todo el tráfico (luCs Cp & luCs Up) modificando la configuración HSRP de las respectivas Vlans.
- Desconectar todos los puertos del OSR01 y confirmar que no hayan intermitencias en el tráfico de la RNC.
- Conectar dichos puertos hacia el nuevo OSR 01.
- Eliminar la configuración de las Vlans y HSRP en el OSR01 y configurarlas en el nuevo OSR01.
- Confirmar la propagación de la red luCs Cp & luCs Up hacia los diferentes enrutadores en la red.

Finalmente, como método de prueba se propuso cambiar la prioridad en cada interface HSRP, dejando el nuevo OSR01 como default Gateway validando que existe conectividad IP y tráfico entre la RNC y los elementos remotos.

En la Figura 2.6 a continuación se demuestran los pasos recomendados para la primera ventana de trabajo.

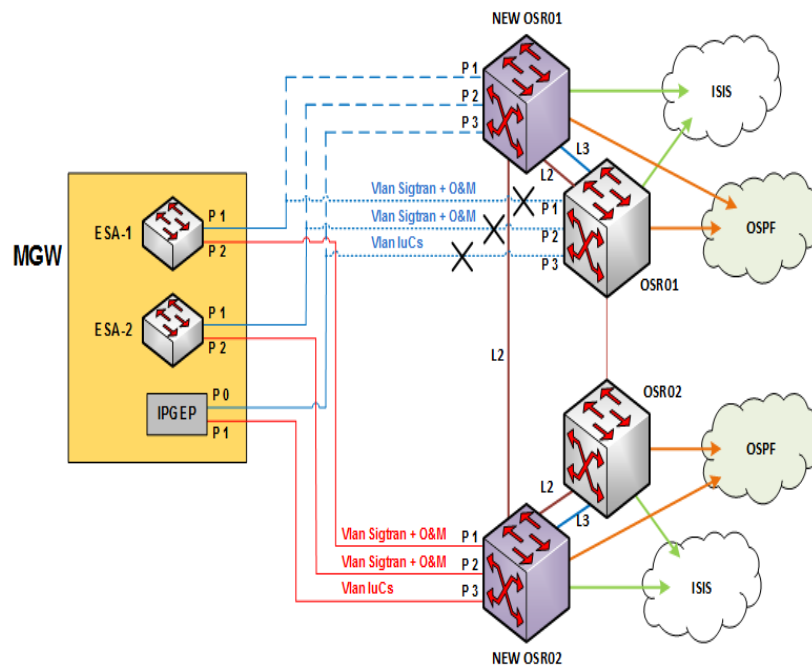


Figura 2.6: Detalle de actividades durante 2da Ventana

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

1. El proyecto de Modernización del IP Backbone del Core de Voz para TELEFONICA Ecuador fue realizado en su primera fase de manera exitosa en un período de 6 meses contabilizado desde la recepción de la orden de compra del servicio.
2. Se realizó la integración de los 6 enrutadores Cisco en los 3 Nodos en paralelo a los enrutadores actuales y la completa migración de los equipos conectados en el Nodo El Turi
3. Los enrutadores anteriores en El Turi ya se encuentran sin tráfico alguno, sin embargo por falta de tiempo, no se logró su desinstalación hasta el cierre de actividades 2014.

## **Recomendaciones**

1. Antes de realizar las ventanas de mantenimiento para la migración de los equipos, se recomienda confirmar el correcto funcionamiento de los esquemas de redundancia de los equipos en caso de existir; preferiblemente deben ser probados en ventana de mantenimientos independiente previo a los trabajos de migración.
2. En caso de existir equipamiento de algún proveedor que tenga esquema de redundancia, es importante confirmar su operación y métodos de confirmación para evitar inconvenientes durante las ventanas de trabajo

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Nokia Academy, RNC IPA2800 Switching Platform, Course # PF3000-04A, 2014.

[2] Nokia Academy, Open Multimedia Gateway MGW, Course # CN2093, 2014

[3] Wendell Odom, CISCO CCNA Routing and Switching 200-120 Official Cert Guide Library, CISCO, 2014

[3] Ernesto Ariganello, REDES CISCO – Guía de estudio para la certificación CCNA Routing y Switching, Alfaomega, 2014



## ANEXOS

### **FORMATO PARA BIBLIOGRAFÍA EN LOS TRABAJOS DE TITULACIÓN:**

[número] **Autor u organización responsable (primero apellido, luego nombre)**  
**, Título de la obra o artículo , Editorial (si es libro) o dirección internet**  
**(http://....) , fecha de publicación o consulta , páginas referenciadas(no**  
**obligatorio)**

Deben completarse los cuatro primeros campos sin excepción

#### **Ejemplos:**

[1] Ogata, K. , Discrete Time Control Systems , Prentice Hall 2nd Ed, 1998

[2] Armstrong, Controles de Presión y temperatura, <http://www.armstronginternational.com/es/pressure-temperature-controls> , fecha de consulta junio 2011

#### **NOTA:**

Si le cree necesario, podrá incluir en anexos tablas, planos o diagramas que se deseen adjuntar. En esta parte no hay formato estricto a seguir, pues dependerá de las normas técnicas de cada profesión.