

**DEFINICIÓN DE CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES NGN  
EN EL NIVEL DE TRANSPORTE**



**MARÍA MERCEDES IBARRA PRADO  
LAURA MARÍA OROZCO GARCÍA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES  
GRUPO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES - GNTT  
POPAYÁN, SEPTIEMBRE DE 2010**

**DEFINICIÓN DE CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES NGN  
EN EL NIVEL DE TRANSPORTE**



**María Mercedes Ibarra Prado  
Laura María Orozco García**

Documento final de trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

**Director:  
Ing. Oscar Josué Calderón Cortés**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES  
GRUPO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES - GNTT  
POPAYÁN, SEPTIEMBRE DE 2010**

*A Dios Todopoderoso,  
A su Santo Espíritu inspirador,  
A nuestras familias y sinceros amigos por su incondicional apoyo.*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES PARA LA INTERCONEXIÓN DE NGN .....</b>	<b>3</b>
1.1. Definición y arquitectura de la Red de Nueva Generación .....	3
1.1.1 Definición de la NGN .....	3
1.1.2 Arquitectura General de la NGN .....	4
1.2. Interconexión de redes NGN.....	6
1.2.1. Implicaciones de la arquitectura de la NGN en la interconexión .....	6
1.3. Requerimientos técnicos para la interconexión.....	8
<b>CAPÍTULO 2. ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES NGN EN EL NIVEL DE TRANSPORTE .....</b>	<b>10</b>
2.1. Análisis de la interconexión de redes NGN.....	10
2.1.1. Interconexión Solx.....	10
2.1.2. Interconexión Colx.....	11
2.1.3. Puntos e interfaces de interconexión.....	15
2.2. Arquitectura del nivel de transporte de la NGN .....	16
2.2.1. Funciones de procesamiento de transporte .....	18
2.2.2. Funciones de control de transporte .....	19
2.3. Interconexión entre redes NGN en el nivel de transporte .....	21
2.3.1. Funciones de frontera sesión .....	22
2.3.2. Interconexión entre funciones NACF/ NASS.....	28
2.3.3. Interconexión entre funciones RACF/RACS .....	35
2.4. Interconexión con redes de conmutación de circuitos en el nivel de transporte .....	41
2.4.1. Entidades funcionales para la interconexión con las CSN .....	41
2.4.2. Interfaces internas necesarias para la interconexión con redes CSN .....	42
2.4.3. Interfaces NNI para la interconexión con redes CSN .....	43
<b>CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE UN ESQUEMA DE PRUEBAS PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES NGN EN EL NIVEL DE TRANSPORTE .....</b>	<b>46</b>
3.1. Proceso de pruebas de interconexión.....	46
3.1.1. Etapa I: Preparación .....	47
3.1.2. Etapa II: Definición.....	48
3.1.3. Etapa III: Ejecución .....	51
3.1.4. Etapa IV: Análisis de resultados .....	51
3.1.5. Recuperación de fallas .....	52

3.2. Pruebas para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte.....	56
3.2.1. Fase de conformidad .....	57
3.2.2. Fase de compatibilidad .....	58
3.2.3. Fase de integración .....	59
3.2.4. Pruebas de la fase de conformidad .....	61
3.2.5. Pruebas de la fase de compatibilidad .....	63
3.2.6. Pruebas de la fase de integración .....	65
3.3. Diagrama del esquema de pruebas de interconexión .....	71
3.3.1. Condiciones iniciales y finales para la ejecución de las fases de pruebas .....	72
<b>CAPÍTULO 4. CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES NGN EN EL NIVEL DE TRANSPORTE .....</b>	<b>75</b>
4.1. Proceso de interconexión de redes NGN en el nivel de transporte.....	75
4.1.1. Aprovisionamiento de la interconexión .....	75
4.1.2. Operación y mantenimiento de la interconexión.....	76
4.2. Requerimientos técnicos para el aprovisionamiento, operación y mantenimiento de la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte.....	77
4.2.1. Señalización de la interconexión.....	77
4.2.2. Seguridad de la interconexión .....	77
4.2.3. Numeración, denominación y direccionamiento de la interconexión.....	79
4.2.4. Enrutamiento de la interconexión.....	80
4.2.5. Calidad de servicio de la interconexión .....	81
4.3. Criterios técnicos para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte .....	83
4.3.1. Criterio 1: Conocimiento del entorno.....	83
4.3.2. Criterio 2: Claridad .....	84
4.3.3. Criterio 3: Conformidad.....	85
4.3.4. Criterio 4: Eficacia .....	85
4.3.5. Criterio 5: Eficiencia .....	86
4.3.6. Criterio 6: Confiabilidad .....	87
4.3.7. Criterio 7: Confidencialidad .....	87
4.3.8. Criterio 8: Escalabilidad .....	88
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>94</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Entidades funcionales del procesamiento de transporte.....	17
Tabla 2. Comparación entre las RACF y el RACS.....	19
Tabla 3. Funciones del SBC.....	21
Tabla 4. Funciones de la PD-FE/SPDF.....	23
Tabla 5. Interfaces internas del SBC.....	25
Tabla 6. Mensajes intercambiados sobre la interfaz Ng/e2.....	29
Tabla 7. Mensajes intercambiados sobre la interfaz Ni/e5.....	30
Tabla 8. Requerimientos para el intercambio de información a través de la interfaz Ri/Ri'.....	34
Tabla 9. Mensajes que se intercambian sobre la interfaz Ri/Ri'.....	36
Tabla 10. Interfaces internas para la interconexión con redes CSN.....	40
Tabla 11. Interfaces y protocolos para la interconexión de la NGN.....	43
Tabla 12. Clasificación de las fallas. ....	51
Tabla 13. Etapas del proceso de pruebas de interconexión. ....	53
Tabla 14. Relación entre fases y categorías de pruebas de interconexión.....	58
Tabla 15. Propósitos y referencias normativas para las pruebas de la funcionalidad de los equipos. ....	59
Tabla 16. Interfaces, protocolos y referencias normativas para las pruebas de conformidad.....	61
Tabla 17. Parámetros de calidad de funcionamiento que determinan la QoS en la NGN.....	64
Tabla 18. Pruebas para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte.....	66
Tabla 19. Criterios y aspectos técnicos para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte.....	87

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura general NGN. Basada en [8] .....	5
Figura 2. Figura 2. Arquitectura general NGN. Basada en [9] .....	5
Figura 3. Tipos de interconexión de la NGN. Basada en [9] .....	7
Figura 4. Modelo de Interconexión Solx. Basado en [9] .....	11
Figura 5. Tipos de interconexión Colx. Basada en [9] .....	12
Figura 6. Relación entre los servicios y los tipos de interconexión NGN. Basada en [28] .....	13
Figura 7. Interconexión orientada a servicio indirecta. Basada en [9] .....	13
Figura 8. Interconexión indirecta con nivel de servicio de intermediario. Basada en [9] .....	14
Figura 9. Interconexión indirecta con nivel de transporte de intermediario. Basada en [9] .....	14
Figura 10. Modelo genérico de interconexión. Basada en [31] .....	15
Figura 11. Arquitectura del nivel de transporte de la NGN.....	17
Figura 12. Funciones de frontera sesión para la interconexión de NGNs.....	26
Figura 13. Entidades funcionales e interfaces para la interconexión entre las funciones NACF/NASS.....	29
Figura 14. Mensajes que se intercambian sobre la interfaz Ng/e2.....	30
Figura 15. Procedimiento de señalización entre funciones NACF/NASS para la gestión de ubicación de usuario.....	31
Figura 16. Mensajes que se intercambian sobre la interfaz Ni/e5.....	32
Figura 17. Procedimiento de señalización entre funciones NACF/NASS para la autorización y autenticación de usuario.....	32
Figura 18. Escenario 1 de interconexión entre funciones NACF/NASS.....	33
Figura 19. Escenario 2 de interconexión entre funciones NACF/NASS.....	34
Figura 20. Escenario 3 de interconexión entre funciones NACF/NASS.....	34
Figura 21. Entidades funcionales e interfaces para la interconexión entre las funciones RACF/RACS.....	35
Figura 22. Mensajes que se intercambian sobre la interfaz Ri/Ri' .....	37

<b>Figura 23. Procedimiento de señalización para el control de recursos de QoS entre dominios.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 24. Procedimiento de señalización para la liberación de recursos de QoS entre dominios.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 25. Mensajes que se intercambian sobre la interfaz Rs/Gq' .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 26. Entidades funcionales e interfaces que intervienen en la interconexión con la RTPC/RDSI. Basada en [9] .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 27. Formato de descripción de pruebas.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 28. Formato de resultados y análisis.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 29. Formato de reporte de fallas.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 30. Diagrama de la organización de las fases de las pruebas para la interconexión.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 31. Configuración de la fase de compatibilidad.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 32. Configuración de la fase de integración.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 33. Ejemplo 1: Prueba de funcionalidad de la pasarela de medios. Basada en [88].....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 34. Ejemplo 2: Prueba de interconexión básica.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 35. Ejemplo 3: Prueba para verificar la calidad de los flujos de medios.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 36. Diagrama del esquema de pruebas de interconexión.....</b>	<b>72</b>

## ACRÓNIMOS

<b>AAA</b>	Autorización, autenticación y contabilidad (Authentication, Authorization, Accounting)
<b>ABG-FE</b>	Entidad funcional de pasarela de frontera de acceso (Access Border Gateway Functional Entity)
<b>AMF</b>	Función de gestión de acceso (Access Management Function)
<b>AM-FE</b>	Entidad funcional de gestión de acceso (Access Management Functional Entity)
<b>A-MGF</b>	Función de pasarela de medios de acceso (Access Media Gateway Function)
<b>AMG-FE</b>	Entidad funcional de pasarela de medios de acceso (Access Media Gateway Functional Entity)
<b>AN-FE</b>	Entidad funcional de nodo de acceso (Access Node Functional Entity)
<b>ANI</b>	Interfaz red-aplicación (Application – Network Interface)
<b>ANSI</b>	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (American National Standards Institute)
<b>ARF</b>	Función de retransmisión de acceso (Access Relay Function)
<b>AR-FE</b>	Entidad funcional de retransmisión de acceso (Access Relay Functional Entity)
<b>AVP</b>	Attribute Value Pair
<b>BER</b>	Tasa de error de bit (Bit Error Rate)
<b>C-BGF</b>	Función de pasarela de frontera de core (Core Border Gateway Function)
<b>CLF</b>	Connectivity Session Location and Repository Function
<b>Colx</b>	Interconexión orientada a la conectividad (Connectivity-oriented Interconnection)
<b>CRC</b>	Comisión de Regulación de Comunicaciones
<b>CSN</b>	Red de conmutación de circuitos (Circuit-Switched Network)
<b>DoS</b>	Denegación de servicio (Denial of Service)
<b>DTMF</b>	Dual-Tone Multi-Frequency
<b>EN-FE</b>	Entidad funcional de nodo de frontera (Edge Node Functional Entity)
<b>ENUM</b>	E.164 NUmber Mapping
<b>ETSI</b>	Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (European Telecommunications Standards Institute)
<b>FE</b>	Entidad funcional (Functional Entity)
<b>GRX</b>	GPRS Roaming eXchange
<b>GSMA</b>	Asociación del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (Global System for Mobile communications Association)

<b>I-BCF</b>	Función de control de pasarela de frontera de interconexión (Interconnection Border Gateway Control Function)
<b>IBC-FE</b>	Entidad funcional de control de pasarela de frontera de interconexión (Interconnection Border Gateway Control Functional Entity)
<b>I-BGF</b>	Función pasarela de frontera de interconexión (Interconnection Border Gateway Function)
<b>IBG-FE</b>	Entidad funcional pasarela de frontera de interconexión (Interconnection Border Gateway Functional Entity)
<b>IETF</b>	Internet Engineering Task Force
<b>IMS</b>	Servicios multimedia IP (IP Multimedia Subsystem)
<b>IP</b>	Protocolo de internet (Internet Protocol)
<b>IPDV</b>	Variación del retardo de paquetes IP (IP Packet Delay Variation)
<b>IPER</b>	Tasa de errores de los paquetes IP (IP Packet Error Ratio)
<b>IPLR</b>	Tasa de pérdida de paquetes IP (IP Packet Loss Ratio)
<b>IPTD</b>	Retardo de transferencia de paquetes IP (IP Packet Transfer Delay)
<b>IPX</b>	IP Packet eXchange
<b>ISDN</b>	Integrated Services Digital Network
<b>ISUP</b>	ISDN User Part
<b>ITU</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones (International Telecommunication Union)
<b>MGCF</b>	Función de control de pasarela de medios (Media Gateway Control Function)
<b>MGC-FE</b>	Entidad funcional de control de pasarela de medios (Media Gateway Control Functional Entity)
<b>MRFP</b>	Funciones de procesamiento de recursos de medios (Media Resource Function Procesor)
<b>MRP-FE</b>	Entidad funcional de procesamiento de recursos de medios (Media Resource Processing Functional Entity)
<b>MTP</b>	Message Transfer Part
<b>NACF</b>	Funciones de control de conexión de red (Network Attachment Control Functions)
<b>NAPT</b>	Traducción de dirección de red y puerto (Network Address Port Translation)
<b>NAR</b>	Resolución de la numeración y denominación (Naming/Numbering Addressing Resolution)
<b>NASS</b>	Subsistema de conexión de red (Network Attachment Sub-System)
<b>NAT</b>	Traducción de dirección de red (Network Address Translation)
<b>NGN</b>	Redes de Nueva Generación (Next Generation Networks)
<b>NICC</b>	Comité consultivo para la interoperabilidad de la red (Network Interoperability Consultative Committee)
<b>NNI</b>	Interfaz red-red (Network - Network Interface)
<b>O&amp;M</b>	Operación y Mantenimiento (Operation and Maintenance)

<b>OSI</b>	Interconexión de sistemas abiertos (Open System Interconnection)
<b>PCM</b>	Pulse Code Modulation
<b>PD-FE</b>	Entidad funcional de decisión de políticas (Policy Decision Functional Entity)
<b>PES</b>	Emulación de servicios RTPC/RDSI (PSTN/ISDN Emulation Subsystem)
<b>PLNM</b>	Redes móviles terrestres públicas (Public Land Mobile Network)
<b>PoI</b>	Punto de interconexión (Point of Interconnection)
<b>PSTN</b>	Public Switched Telephone Network
<b>QoS</b>	Calidad de servicio (Quality of Service)
<b>RACF</b>	Funciones de control de recursos y admisión (Resource and Admission Control Functions)
<b>RACS</b>	Subsistema de control de recursos y admisión (Resource and Admission Control Sub-system)
<b>RADIUS</b>	Remote Authentication Dial In User Service
<b>RCEF</b>	Función aplicación de control de recursos (Resource Control Enforcement Function)
<b>RDSI</b>	Red Digital de Servicios Integrados
<b>RPMT</b>	Red Pública Móvil Terrestre
<b>RSVP</b>	Protocolo de reservación de recursos (Resource ReSerVation Protocol)
<b>RTCP</b>	Protocolo de control de RTP (RTP Control Protocol)
<b>RTP</b>	Protocolo de transporte de tiempo real (Real-time Transport Protocol)
<b>RTPC</b>	Red Telefónica Pública Conmutada
<b>S/N</b>	Relación señal a ruido (Signal/Noise)
<b>SBC</b>	Controlador de frontera sesión (Session Border Controller)
<b>SCCP</b>	Parte de control de conexión de señalización (Signalling Connection Control Part)
<b>SCF</b>	Funciones de control de servicio (Service Control Function)
<b>SCTP</b>	Stream Control Transmission Protocol
<b>SGF</b>	Función de pasarela de señalización (Signalling Gateway Function)
<b>SG-FE</b>	Entidad funcional de pasarela de señalización (Signalling Gateway Functional Entity)
<b>SIP</b>	Protocolo de iniciación de sesión (Session Initiation Protocol)
<b>SLA</b>	Acuerdos de nivel de servicio (Service Level Agreement)
<b>Solx</b>	Interconexión orientada al servicio (Service-oriented Interconnection)
<b>SPDF</b>	Función de decisión de políticas del servicio (Service Policy Decision Function)
<b>SS7</b>	Sistema de señalización número 7 (Signaling System No.7)
<b>TAA-FE</b>	Entidad funcional de autenticación y autorización de transporte (Transport Authentication and Authorization Functional Entity)
<b>TDM</b>	Multiplexación por división de tiempo (Time Division Multiplexing)

<b>TLM-FE</b>	Entidad funcional de gestión de ubicación de transporte (Transport Location Management Functional Entity)
<b>T-MGF</b>	Función de pasarela troncal de medios (Trunking Media Gateway Function)
<b>TMG-FE</b>	Entidad funcional de pasarela troncal de medios (Trunking Media Gateway Functional Entity)
<b>UAAF</b>	Función de autenticación y autorización de usuario (User Authentication and Authorization Function)
<b>UNI</b>	Interfaz red-usuario (User - Network Interface)
<b>URI</b>	Identificadores de recursos unificados (Uniform Resource Identifier)
<b>URL</b>	Localizador uniforme de recursos (Uniform Resource Locator)
<b>VLAN</b>	Virtual Local Area Network
<b>VoIP</b>	Voz sobre IP (Voice over IP)
<b>WTO</b>	Organización Mundial del Comercio (World Trade Organization)

## INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de las telecomunicaciones, la migración hacia nuevas tecnologías está determinada por factores económicos, principalmente por la necesidad de controlar o reducir costos de los servicios existentes, junto a la necesidad de aumentar o mantener los ingresos mediante nuevos servicios. Por lo que proveedores tradicionales de red y servicios requieren que las limitaciones impuestas por las redes tradicionales sean superadas.

La red de nueva generación (NGN: Next Generation Network), proporciona una única infraestructura de red que soporta todos los servicios de telecomunicaciones, nuevos y ya existentes con alto grado de calidad de servicio, donde el suministro de los servicios (voz, video, datos, etc.) es independiente de la infraestructura de transporte, y donde fundamentalmente todo el soporte de comunicaciones está basado en la conmutación de paquetes IP.

Según la definición de la NGN, la independencia entre servicios y transporte resulta, en la división de su arquitectura en dos niveles funcionales, y permite que puedan existir diferentes tipos de proveedores NGN, tales como: proveedores de aplicaciones, de servicios, de red de acceso, de conectividad y de red core.

En el contexto de la NGN, la interconexión es un aspecto necesario para la prestación y la interoperabilidad de servicios a través de varias redes de telecomunicaciones, dado que los usuarios deben tener la posibilidad de acceder a redes y proveedores de servicio de su elección, y es necesario que los servicios puedan operar continuamente a través de estructuras proporcionadas por múltiples operadores, incluyendo otras NGN, la red telefónica pública conmutada, la red digital de servicios integrados, Internet, redes privadas empresariales; entre otras.

En la NGN, la división en dos niveles funcionales, se deriva en la división de la interconexión entre: interconexión en el nivel de servicios e interconexión en el nivel de transporte.

Dado que no existe claridad sobre cómo se debe realizar la interconexión desde la perspectiva técnica en el nivel de transporte, surge la necesidad de identificar los protocolos e interfaces que intervienen, proponer criterios para posibilitar los procesos de interconexión en este nivel, y plantear una serie de pruebas para validar el buen funcionamiento de la interconexión.

Lo anterior se convirtió en una de las motivaciones principales para la gestación y el desarrollo del proyecto “Definición de criterios técnicos para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte”. Donde se consideran los requisitos para asegurar una buena calidad del servicio, reducir costos y complejidad, y cumplir con las condiciones de seguridad e integridad de los datos.

El desarrollo del proyecto se expone en este documento, que está compuesto por las siguientes secciones:

En el capítulo 1 se describen los aspectos generales relacionados con la interconexión de NGN, entre los que se incluye la arquitectura de la NGN, los tipos de interconexión que se soportan y los requerimientos técnicos a tener en cuenta.

En el capítulo 2 se determinan los aspectos técnicos para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, mediante la identificación de las interfaces y protocolos que facilitan el interfuncionamiento de las redes y el intercambio de información entre dominios.

En el capítulo 3 se plantea un esquema de pruebas que puede servir como referencia para evaluar la interconexión de la NGN en el nivel de transporte, basado en el análisis de los requerimientos y aspectos técnicos que se describen en los capítulos 1 y 2.

En el capítulo 4 se propone un conjunto de criterios técnicos para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, que surge del análisis realizado acerca de los objetivos que se establecen para la interconexión y el esquema de pruebas propuesto.

Por último, en el capítulo 5 se presentan las conclusiones obtenidas del proyecto, teniendo en cuenta los objetivos inicialmente planteados y desarrollo del trabajo realizado, además se dan unas recomendaciones para quienes deseen continuar con trabajos e investigaciones en el área de la interconexión de la NGN.

## **CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES PARA LA INTERCONEXIÓN DE NGN**

El concepto de Redes de Nueva Generación (NGN: Next Generation Networks) busca materializar y satisfacer la necesidad de convergencia de las redes y los servicios que brindan los operadores de telecomunicaciones actuales, lo cual permite optimizar su operatividad y mejorar su capacidad para transportar tráfico digital de alta velocidad [1].

En el contexto de las Redes de Telecomunicaciones y más aún en el de las NGN, la interconexión es un aspecto importante para la prestación de servicios de telecomunicaciones, debido a que los usuarios necesitan acceder a sus servicios a través de redes de diferentes operadores, sin sufrir degradación o discontinuidad en la prestación de los mismos [2].

La interconexión se refiere a la conexión entre proveedores de servicios con el propósito de llevar tráfico (llamadas telefónicas, datos, sesiones, etc.) desde suscriptores de un proveedor a suscriptores de otro proveedor. Los acuerdos de interconexión permiten la negociación de aspectos técnicos y comerciales, relacionados con los recursos y los servicios a proporcionar por la red [3].

### **Definición y arquitectura de la Red de Nueva Generación**

#### **Definición de la NGN**

En conformidad con [4], se puede definir la NGN como: una red basada en paquetes que proporciona la infraestructura y protocolos necesarios para la prestación y creación de diferentes servicios de telecomunicaciones (voz, video, datos, etc.), con alto grado de calidad de servicio (QoS: Quality of Service), independientemente de las tecnologías de transporte que los soportan. La NGN soporta movilidad generalizada que permite la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios, quienes pueden acceder a redes y a proveedores de servicios de su elección.

Una de las principales diferencias entre la NGN y las redes tradicionales consiste en el cambio del paradigma de integración de sus redes y servicios. Las redes tradicionales siguen un modelo de integración vertical, en el cual cada servicio se soporta en una infraestructura de red particularmente diseñada y dimensionada para cada uno de ellos; mientras que en una red NGN, se utiliza el modelo de integración horizontal, en el cual, una única infraestructura de red tiene la capacidad de soportar todos los servicios de telecomunicaciones que se busca brindar [5].

## Arquitectura General de la NGN

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU: International Telecommunication Union) en [5] y el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI: European Telecommunications Standards Institute) en [6], coinciden en la separación de la arquitectura de una NGN en dos niveles funcionales, el nivel de servicios y el nivel de transporte, cuyas características se determinan por las funciones generales que estos deben realizar en el proceso de comunicación [7], estos niveles son:

- **Nivel de servicios:** encargado de brindar las capacidades de control y gestión para hacer efectiva la prestación de servicios de telecomunicaciones. Las funciones de este nivel están orientadas a establecer y monitorear las sesiones mientras realizan el control de los recursos, registro, autorización y autenticación de los usuarios.
- **Nivel de transporte:** proporciona la conectividad para el transporte de información entre las entidades de la NGN, siendo el responsable del suministro de calidad de servicio extremo a extremo. Sus funciones permiten el control de admisión y reservación de recursos en las redes de acceso y core, además de configurar, autorizar y autenticar la conexión del usuario final.

Según la ITU y el ETSI, la arquitectura de la NGN se compone de conjuntos funcionales, encargados de realizar las tareas específicas de cada nivel, y de interfaces bien definidas, que permiten la interacción de la red con usuarios, otras redes y proveedores de aplicaciones. Estas interfaces se clasifican en:

- **Interfaz red-usuario (UNI: User - Network Interface):** permite a los usuarios finales conectarse a la NGN, con el fin de acceder a los servicios brindados por la red.
- **Interfaz red-red (NNI: Network - Network Interface):** permite la interconexión entre una NGN y otra red de diferente dominio, incluyendo redes basadas en IP y redes de multiplexación por división de tiempo (TDM: Time Division Multiplexing), como la Red Telefónica Pública Conmutada –RTPC- (PSTN: Public Switched Telephone Network) y la Red Digital de Servicios Integrados –RDSI- (ISDN: Integrated Services Digital Network).
- **Interfaz red-aplicación (ANI: Application – Network Interface):** permite la conexión de la NGN a otros proveedores de aplicaciones, proporcionando un canal para la interacción y el intercambio de aplicaciones.

Las figuras 1 y 2 representan la visión de la arquitectura general de la NGN desde las perspectivas ITU [8] y ETSI [9] respectivamente.

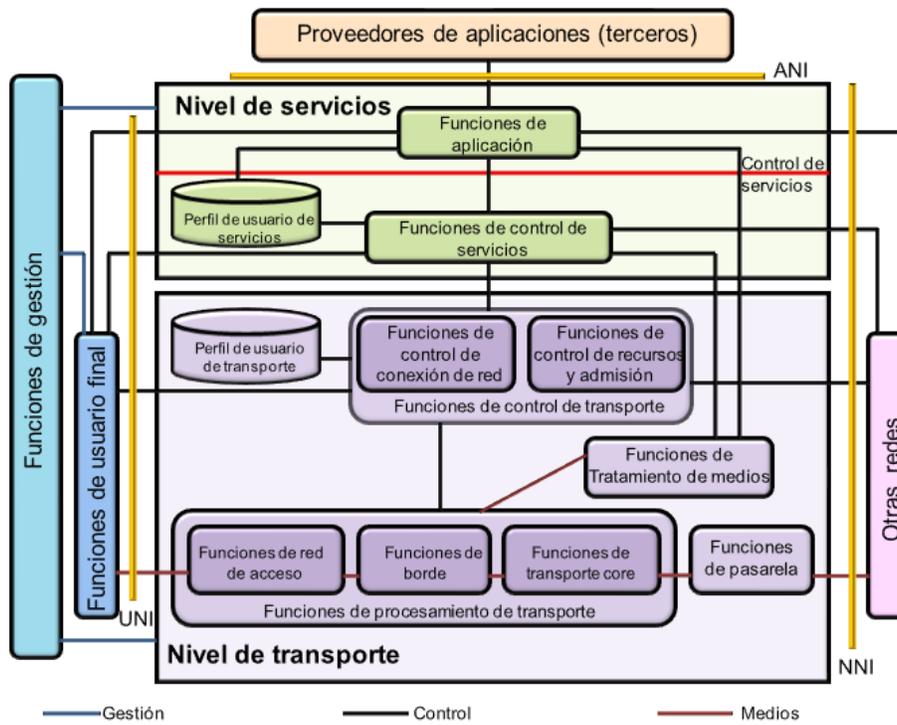


Figura 1. Arquitectura general NGN. Basada en [8].

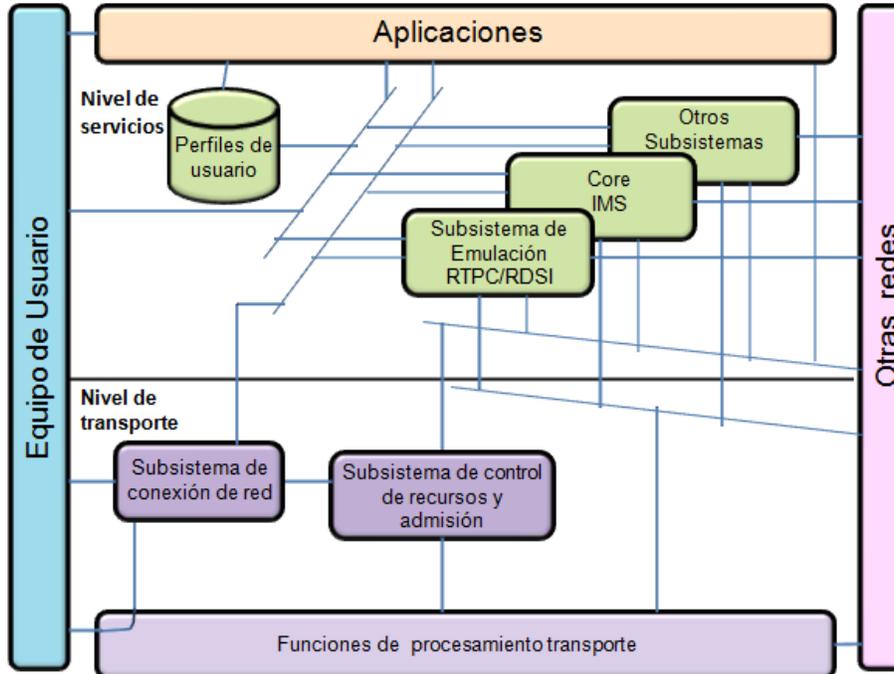


Figura 2. Figura 2. Arquitectura general NGN. Basada en [9].

## **Interconexión de redes NGN**

De acuerdo con lo expresado por la Organización Mundial del Comercio (WTO: World Trade Organization) en [10], la interconexión se refiere al enlace entre proveedores que proporcionan redes públicas de transporte de telecomunicaciones o servicios, con el fin de permitir que los usuarios se comuniquen con otros y accedan a los servicios proporcionados por otro proveedor.

En Colombia, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) define la interconexión como: “la vinculación de recursos físicos y soportes lógicos, incluidas las instalaciones esenciales necesarias para permitir el interfuncionamiento de las redes y la interoperabilidad de los servicios de telecomunicaciones” [2].

El establecimiento de las comunicaciones entre las redes se da a través de los puntos de interconexión (Pol: Point of Interconnection), los cuales son un lugar físico o virtual, técnicamente viable, que soporta recursos físicos, enlaces entre redes de operadores, y recursos lógicos, funciones y protocolos que permiten el correcto funcionamiento de las redes interconectadas y de los servicios que se prestan.

En el Release 1 de la ITU sobre la NGN [11], se establece que los servicios deben operar continuamente a través de estructuras de NGN proporcionadas por múltiples operadores. La interconexión debe soportar servicios a través de varias redes, incluyendo el acceso desde y hacia proveedores de servicios de comunicaciones y contenidos, tales como: la RTPC/RDSI, Internet, redes privadas empresariales, redes de difusión y la Red Pública Móvil Terrestre –RPMT- (PLNM: Public Land Mobile Network) [12].

Para que la interconexión se lleve a cabo se requiere la especificación detallada de los perfiles de protocolos, los cuales hacen posible la negociación de parámetros necesarios para el control de recursos y la prestación de servicios.

El despliegue de la NGN debe seguir los estándares propuestos por la ITU y el ETSI para la interconexión, con el fin de garantizar la interoperabilidad del servicio extremo a extremo y para asegurar a cada sesión de comunicación, los requisitos de confiabilidad, disponibilidad, seguridad y calidad, relacionados también con las posibles especificaciones y acuerdos regulatorios entre operadores.

### **1.2.1. Implicaciones de la arquitectura de la NGN en la interconexión**

Dado que la característica principal de la NGN es la independencia entre los niveles de servicios y de transporte, cada proceso de interconexión involucra únicamente las funcionalidades relevantes del nivel donde tiene lugar.

La interconexión en el nivel de servicios, consiste en el enlace lógico entre las funciones de control de diferentes dominios de red, que realizan el control de recursos, y el intercambio de señalización para identificar los servicios extremo a extremo.

La interconexión en el nivel de transporte se caracteriza por proveer una infraestructura independiente del servicio, que ofrece diferentes capacidades de transporte a los servicios

requeridos; esta interconexión abarca funciones relacionadas con la transferencia de información y la negociación de parámetros que afectan el desempeño de la transmisión [13].

La ITU en [14] y el ETSI en [9, 15] han propuesto dos tipos de interconexión de NGN, que abarcan los conceptos de interconexión en el nivel de servicios y en el nivel de transporte:

- **Interconexión orientada a la conectividad (Colx: Connectivity-oriented Interconnection):** proporciona únicamente la conectividad entre las redes interconectantes, sin importar los niveles de interoperabilidad, debido a que no tiene conocimiento del servicio.
- **Interconexión orientada al servicio (Solx: Service-oriented Interconnection):** permite la prestación de servicios basados en sesión con niveles definidos de interoperabilidad, como en el caso de los servicios multimedia.

La interconexión en el nivel de servicios en conjunto con la interconexión en el nivel de transporte, corresponde a una interconexión Solx cuando el nivel de transporte es controlado por el de servicios, en ambos dominios interconectados. Una interconexión en el nivel de transporte se considera Colx, si no se controla desde el nivel de servicios [9].

La figura 3, muestra el modelo simplificado de los tipos de interconexión Solx y Colx. La interconexión tiene lugar en los puntos de referencia donde existe una interfaz NNI confiable y bien definida, cuyas características dependen de los tipos de redes o dominios administrativos a interconectar.

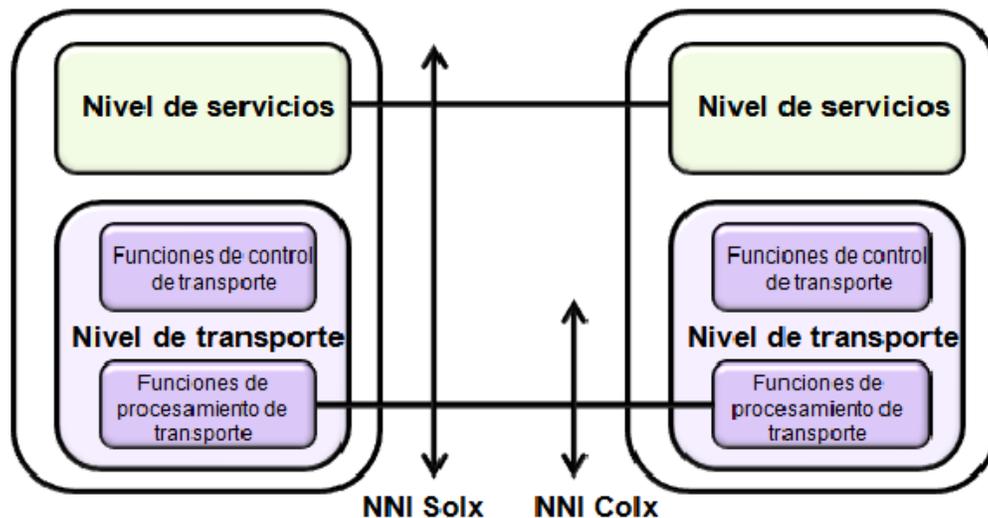


Figura 3. Tipos de interconexión de la NGN. Basada en [9].

## Requerimientos técnicos para la interconexión

Los requerimientos técnicos considerados en la negociación para suscribir un acuerdo de interconexión entre operadores de redes NGN, pueden abarcar entre otros: señalización, seguridad, numeración, direccionamiento, enrutamiento y parámetros de calidad de servicio, necesarios éstos para garantizar la interoperabilidad de los servicios ofrecidos a los clientes de las redes interconectadas.

- **Señalización:** la señalización es el proceso que permite el intercambio de instrucciones necesarias para establecer, mantener, supervisar y finalizar una conexión entre sistemas de comunicaciones [16].

La interconexión de NGN requiere del uso de protocolos de señalización comunes entre los dominios interconectantes, que permitan soportar servicios tradicionales y nuevos. Actualmente el sistema de señalización número 7 (SS7: Signaling System No.7) es el estándar de señalización para la interconexión entre redes TDM, sin embargo, la NGN utiliza para su interconexión protocolos de señalización basados en el protocolo Internet (IP: Internet Protocol).

- **Seguridad:** la seguridad en las comunicaciones consiste en las condiciones creadas para proteger la infraestructura de red y la información. Éstas se basan en la adopción de políticas para prevenir a los servicios y recursos, de los ataques que pueden poner en riesgo la integridad de la red y la información.

Los objetivos de seguridad para la interconexión de NGN deben garantizar servicios con altos estándares de calidad. Éstos buscan prevenir a la NGN de amenazas como: el reconocimiento no autorizado, la interrupción y apropiación del dispositivo que da lugar a la pérdida de control, la destrucción de información y otros recursos, la modificación de información, la interrupción y negación del servicio, etc. [17].

La ITU en [18] ha definido los requerimientos de seguridad para las interfaces de la NGN, a través de las cuales se intercambian mensajes de datos, video, audio, señalización y gestión de red. Estos requerimientos abarcan los procesos de autenticación, autorización y control de acceso que deben ejercerse tanto en el nivel de servicio como en el nivel de transporte, para interfaces UNI y NNI, con el fin de proporcionar seguridad extremo a extremo a través de múltiples dominios de proveedor.

- **Numeración, denominación y direccionamiento:** la numeración, denominación y direccionamiento son algunos de los principales retos de la implementación de redes NGN. Los planes relacionados con estos aspectos deben permitir el interfuncionamiento con otras redes de telecomunicaciones, sin afectar la calidad de los servicios prestados.

El número o la dirección de destino y el tipo de servicio requerido son parámetros esenciales para que las funciones de control de servicios, puedan determinar la ruta que se asigna a cada sesión cuando se utilizan diferentes operadores [19]. El

proceso de resolución de numeración implica la determinación de la ruta para alcanzar el dominio del operador al que está suscrito el abonado destino, lo que puede obtenerse por medio de la utilización de tablas de enrutamiento que permiten la conectividad extremo a extremo, siempre y cuando se utilicen planes de numeración/direccionamiento nacionales o internacionales bien definidos, derivados del esquema de numeración E.164 [20].

- **Enrutamiento:** la NGN debe proveer la capacidad de enrutar llamadas o sesiones, a cualquier destino dentro de la red o a través de distintas redes interconectadas. Según lo definido por el ETSI en [21], tanto el nivel de servicios como el nivel de transporte intervienen en los procesos de enrutamiento asociados a la interconexión. Las funciones del nivel de servicios se encargan de determinar la ruta para alcanzar el destino requerido, mientras que las funciones de transporte realizan la asignación de los recursos necesarios, basada en las características del servicio. los mecanismos de enrutamiento deben estar basados en los servicios, para garantizar la apropiada asignación de recursos.
- **Parámetros de calidad del servicio:** el control de QoS es necesario en los Pols, para garantizar en la NGN un nivel de desempeño comparable con el de las redes tradicionales para cada uno de los servicios ofrecidos. Por esta razón, es necesario modificar y adaptar el modelo de transporte IP, de tal manera, que sean posibles las conexiones con características seguras y fijas de transmisión (clases de transporte) [22].

Para soportar una QoS aceptable a través de múltiples redes interconectadas, se debe asegurar el cumplimiento de ciertos objetivos de desempeño de transmisión, al interior de la NGN y a través de las interfaces NNI. La QoS puede ser indicada a través de parámetros de desempeño del sistema como: relación señal a ruido (S/N: Signal/Noise), tasa de error de bit (BER: Bit Error Rate), tasa de rendimiento de mensajes, probabilidad de bloqueo de llamada, latencia, pérdida de paquetes, retardo, variación del retardo, entre otros [23].

Según lo descrito en este capítulo, se considera que la interconexión es indispensable para lograr el despliegue efectivo de nuevos y mejorados servicios de telecomunicaciones. La interconexión entre redes NGN, no se puede dar eficientemente si no existe un conjunto de aspectos técnicos, relacionadas con la señalización, seguridad y QoS, etc.

Estos requerimientos, deben acordarse entre los operadores para garantizar el interfuncionamiento de las redes y la interoperabilidad de los servicios, para ello se requiere adicionalmente, que en los procesos de interconexión entre diferentes operadores se definan las interfaces y los protocolos estandarizados que se van a utilizar.

En el capítulo 2, se identifican las interfaces y los protocolos necesarios para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte.

## **CAPÍTULO 2. ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES NGN EN EL NIVEL DE TRANSPORTE**

Como se estableció en el capítulo 1, la interconexión entre operadores requiere de la negociación de aspectos técnicos y comerciales que permitan la prestación de servicios con altos niveles de calidad, disponibilidad y seguridad. De la misma manera, los aspectos técnicos para la interconexión de redes de telecomunicaciones, están relacionados con la apropiada transmisión de información entre dominios. Según [24], los aspectos técnicos de transmisión, incluyen el establecimiento y definición de puntos de interconexión (Pol: Point of Interconnection), enlaces e interfaces, necesarios para permitir que los usuarios conectados a una red puedan acceder confiablemente a los servicios que brinda otra.

Los aspectos técnicos de interconexión de redes de nueva generación (NGN: Next Generation Networks) comprenden las funcionalidades lógicas, interfaces y protocolos existentes en los Pols, los cuales pueden variar dependiendo del tipo de interconexión y del tipo de redes. En este capítulo, se identifican, describen y analizan los escenarios, interfaces y protocolos para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, teniendo en cuenta lo establecido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU: International Telecommunication Union) y el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI: European Telecommunications Standards Institute).

### **2.1. Análisis de la interconexión de redes NGN**

El análisis de la interconexión NGN, requiere de la aproximación a los modelos de interconexión que han sido propuestos por la ITU y el ESTI para el nivel de transporte y el de servicios. Como se mencionó en el capítulo 1, se han definido dos modelos de interconexión que la NGN debe soportar: interconexión orientada a servicios (Solx: Service oriented Interconnection) e interconexión orientada a la conectividad (Colx: Connectivity oriented Interconnection).

#### **2.1.1. Interconexión Solx**

La interconexión Solx comprende el enlace lógico y físico entre dominios, que permite a los operadores ofrecer sus servicios sobre diferentes plataformas NGN. Las redes interconectadas intercambian información de control y señalización entre las funciones del nivel de servicio de la NGN, para proveer niveles definidos de interoperabilidad, y garantizar niveles de disponibilidad, seguridad, y QoS extremo a extremo para cada servicio de voz, video y multimedia, entre otros.

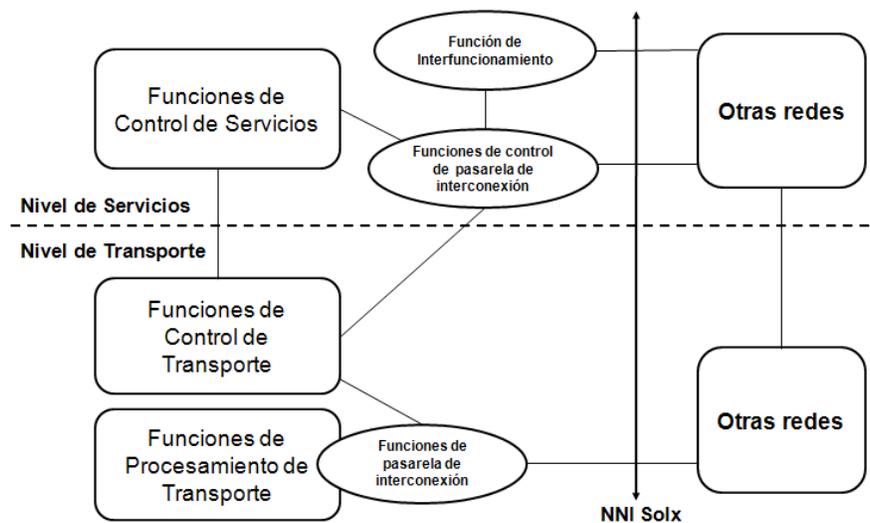
La interconexión Solx se caracteriza por la presencia de dos tipos de información entre los dominios interconectados:

- **Información de señalización relacionada con el servicio:** es necesaria para identificar el servicio extremo a extremo que ha sido solicitado por el usuario final, con el fin de establecer, mantener y terminar las sesiones de comunicaciones.
- **Información de transporte:** transmite el tráfico de medios entre los dominios, que establecen un flujo de paquetes IP que contiene la información de voz, video o datos. Aún si no se intercambia información de transporte entre los operadores, se considera una interconexión Solx, siempre que se intercambie señalización del nivel de servicios [9].

La ITU y el ETSI adoptan al protocolo de iniciación de sesión (SIP: Session Initiation Protocol) como el único protocolo de señalización entre operadores y proveedores de servicio, para proporcionar el establecimiento y control de las comunicaciones, y garantizar la interoperabilidad de la NGN [25, 26, 27].

En un escenario Solx, el PoI entre operadores requiere de la conexión física entre los equipos de pasarela de frontera. Las funcionalidades que deben asegurar los operadores en las fronteras de interconexión para Solx, según [9, 15] comprenden las funciones de control de la pasarela de interconexión que se encargan del intercambio de señalización en la frontera de dos operadores, la pasarela de interconexión necesaria para soportar el tráfico de medios, y la función de interfuncionamiento que se utiliza cuando se realiza interconexión con un dominio de control no compatible.

La figura 4 muestra el modelo de interconexión Solx basado en la arquitectura ETSI.



**Figura 4. Modelo de Interconexión Solx. Basado en [9].**

### 2.1.2. Interconexión Colx

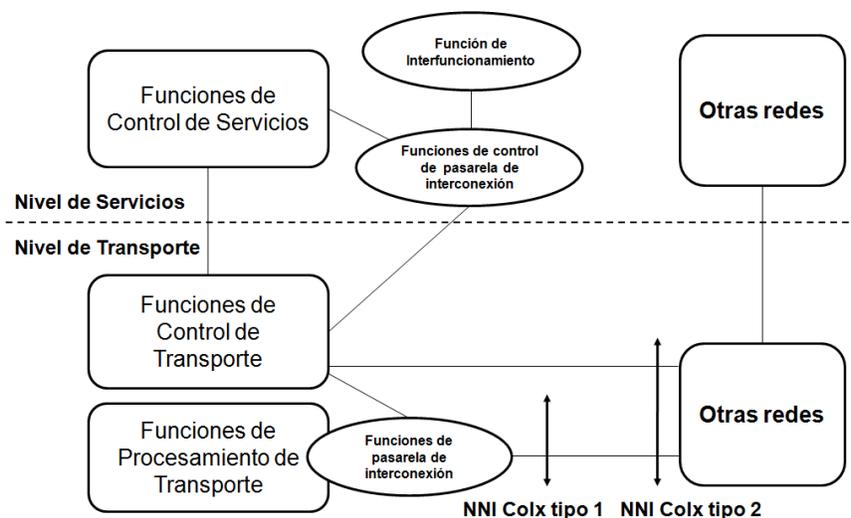
La interconexión Colx se basa en la simple conectividad IP, la cual desconoce los niveles de interoperabilidad. Se caracteriza por la ausencia de señalización relacionada con el

servicio, lo que implica que no existe anuncio ni conocimiento del servicio que se suministra extremo a extremo, y por lo tanto sólo se asegura el desempeño de la red de transporte sin que se pueda garantizar algún nivel de QoS específico.

La Colx se clasifica en dos tipos, cuya diferencia radica en el tipo de información que se intercambia entre los dominios interconectados:

- **Colx tipo 1:** involucra el intercambio de información de transporte, el cual comprende únicamente el tráfico de medios del plano de usuario.
- **Colx tipo 2:** incluye el intercambio de dos tipos de información a través de la NNI: información de transporte e información de señalización relacionada con el transporte, ésta se intercambia entre las funciones de control de transporte de los dominios interconectados, y permite la reservación de recursos a través de otros dominios de red.

La figura 5 representa la interconexión Colx, de acuerdo con el modelo ETSI.



**Figura 5. Tipos de interconexión Colx. Basada en [9].**

La figura 6, muestra algunos de los servicios que se ofrecen en la NGN, y la relación con los tipos de interconexión recomendados. Los servicios basados en contenido se pueden soportar por ambos tipos de interconexión, sin embargo Solx es más apropiado para éstos.

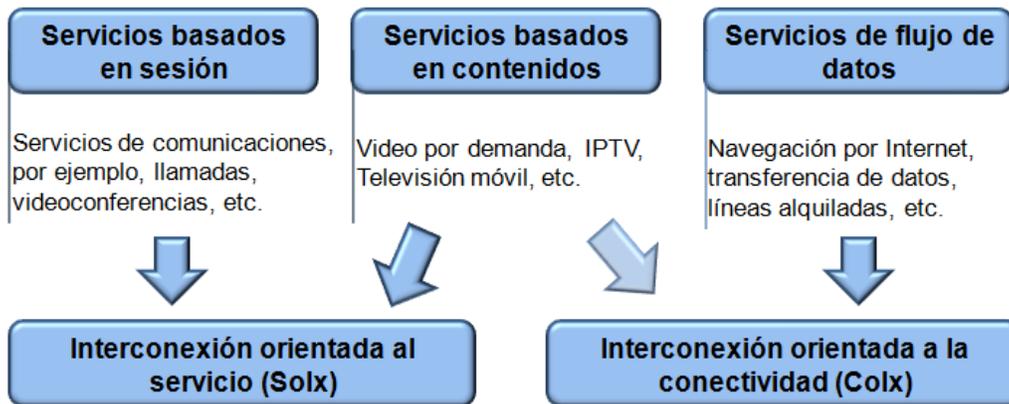


Figura 6. Relación entre los servicios y los tipos de interconexión NGN. Basada en [28].

El ETSI en [9], define que la interconexión de redes NGN puede ser:

- **Interconexión directa:** se refiere a la interconexión entre dos redes u operadores que comprende al menos un Pol entre ellos. En este tipo de interconexión no existe ningún dominio de tránsito ni para el transporte de señalización del nivel de servicios, ni para el transporte de tráfico de medios.
- **Interconexión indirecta:** se refiere a la interconexión que permite a un operador intermediario cursar el tráfico de otros operadores interconectados. Los operadores de tránsito pueden cursar la información del nivel de servicios y/o la del nivel de transporte. Las figuras 7, 8 y 9 muestran las diferentes posibilidades de interconexión indirecta.

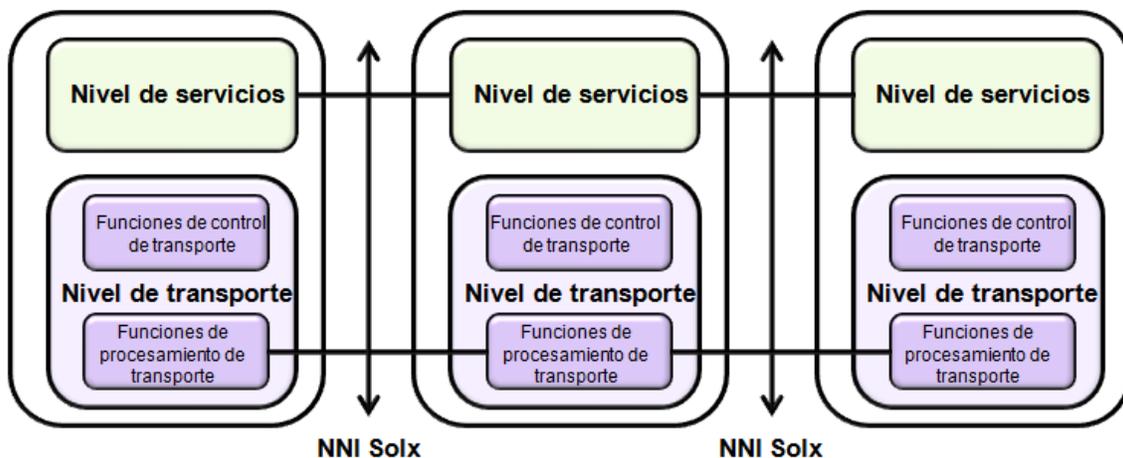
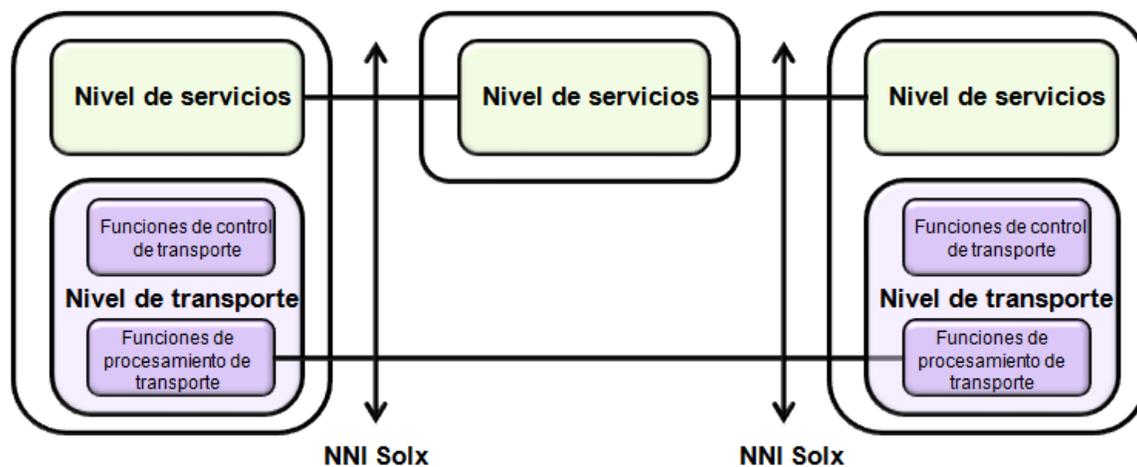
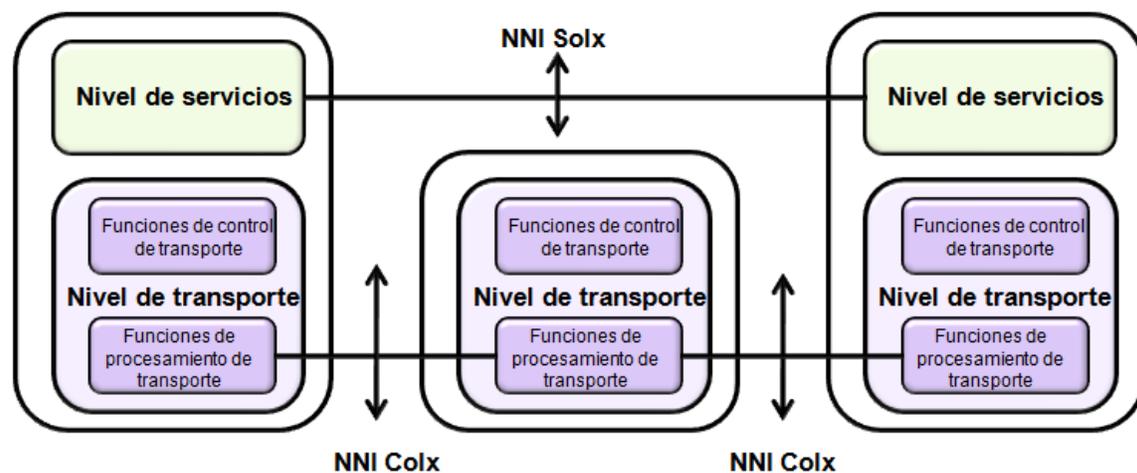


Figura 7. Interconexión orientada a servicio indirecta. Basada en [9].



**Figura 8. Interconexión indirecta con nivel de servicio de intermediario. Basada en [9].**



**Figura 9. Interconexión indirecta con nivel de transporte de intermediario. Basada en [9].**

Además, de las propuestas del ETSI acerca de la interconexión directa e indirecta, la Asociación del Sistema Global para las comunicaciones Móviles (GSMA: Global System for Mobile communications Association), coincide con una posibilidad de interconexión indirecta, para lo cual se propone emplear una arquitectura de red backbone IP de proveedor interservicio, que utiliza proveedores GRX (GPRS Roaming eXchange) y proveedores IPX (IPX: IP Packet eXchange) [29].

Un proveedor IPX proporciona las capacidades de conectividad IP para el establecimiento de una interconexión centralizada en el nivel de servicios, entre múltiples proveedores, lo que minimiza la necesidad de acuerdos bilaterales entre todos los operadores interconectantes [30].

La conectividad a través de un proveedor IPX, puede establecerse a partir de tres modalidades diferentes:

- **Conectividad sólo de transporte:** consiste en el acuerdo bilateral entre dos proveedores de servicios, utilizando el nivel de transporte de IPX con QoS garantizada extremo a extremo. Este modelo desconoce el servicio, y se puede utilizar para transportar cualquier protocolo entre dos proveedores de servicio.
- **Conectividad de tránsito de servicio bilateral:** consiste en el acuerdo bilateral entre dos proveedores de servicios, utilizando las funciones del proxy IPX y el nivel de transporte de IPX con QoS garantizada extremo a extremo. Este modelo provee la oportunidad de incluir tarificación de la interconexión de servicios, además de la tarificación de transporte del modelo de conectividad sólo de transporte.
- **Conectividad de hub de servicio multilateral:** la conectividad multilateral implica, que el tráfico sea enrutado desde un proveedor de servicios hacia múltiples destinos o pares de interfuncionamiento a través de un único acuerdo con el proveedor IPX. Esta funcionalidad es soportada por los proxies IPX, y proporciona QoS extremo a extremo garantizada para la interconexión.

### 2.1.3. Puntos e interfaces de interconexión

En la figura 10 se muestran los elementos genéricos (puntos y niveles de la red) que componen la arquitectura funcional, relacionados con los modelos de interconexión NGN definidos en [9, 14, 15].

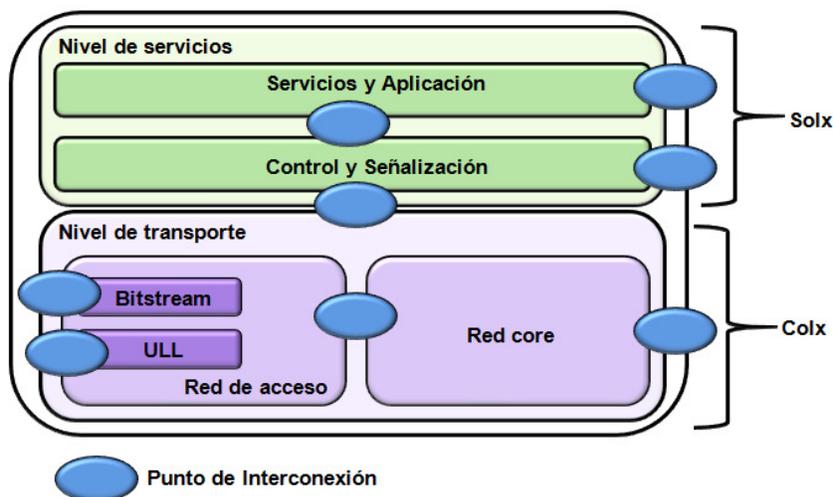


Figura 10. Modelo genérico de interconexión. Basada en [31].

- **Puntos de interconexión**

Para las NGN según lo establecido por la ITU y el ETSI, la definición del Pol implica que los operadores y proveedores de servicio deben identificar las interfaces y pasarelas específicas, con funcionalidades lógicas y físicas que garanticen los requerimientos de disponibilidad, confiabilidad y seguridad, independientemente de la arquitectura de red interna de cada operador. De acuerdo con [32], se requiere que los operadores permitan la interconexión con sus redes en cualquier punto técnicamente factible de la red.

Las interconexiones Solx y Colx pueden darse en diferentes ubicaciones físicas; dado que las funciones de control de servicio (SCF: Service Control function), se encuentran centralizadas en el core de la NGN, el número de puntos de interconexión para Solx sería menos, comparado con los Pols para Colx.

- **Interfaces de interconexión**

Una interfaz es una frontera compartida entre dos unidades funcionales, que se define por diversas características pertenecientes a las funciones, interconexiones físicas, intercambios de señal y otras características adecuadas [33].

Las interfaces de interconexión comprenden características que permiten a los operadores interconectantes entender la operación técnica del otro, con el fin de facilitar la interoperabilidad a través de la frontera de interconexión.

Según la CRC en [3], los acuerdos de interconexión entre operadores deben incluir la descripción de las interfaces ofrecidas en cada Pol, incluyendo las referencias a los estándares ampliamente difundidos y comúnmente aceptados por la industria, tales como los estándares de la ITU, ETSI, ANSI, IEEE, entre otros.

## **2.2. Arquitectura del nivel de transporte de la NGN**

Para analizar apropiadamente la interconexión de la NGN en nivel de transporte, es importante primero conocer detalladamente la arquitectura de este nivel.

El nivel de transporte de la NGN, realiza las funciones de las tres capas más bajas del modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI: Open System Interconnection) [5]. La capa de red proporciona conectividad a todos los componentes físicamente separados dentro de la NGN, lo cual incluye conectividad entre usuarios, entre plataformas de servicios, y entre usuarios y plataformas de servicio. Las capas física y de enlace comprenden un variado conjunto de tecnologías subyacentes que soportan el protocolo Internet (IP: Internet Protocol).

Según el Release 1 definido por la ITU sobre la NGN [11], el nivel de transporte garantiza que la conectividad proporcionada sea pública, general, ubicua y mundial. La funcionalidad de este nivel se distribuye entre los segmentos de red de acceso y core.

- Red de acceso:** la red de acceso se compone de un conjunto de funciones, que permiten a los usuarios conectarse a la red core para acceder a los servicios. La NGN soporta una variedad de dispositivos, que incluyen terminales de Red Telefónica Pública Conmutada –RTPC- (PSTN: Public Switched Telephone Network) y Red Digital de Servicios Integrados –RDSI- (ISDN: Integrated Services Digital Network), terminales conectados a redes cableadas (ADSL, redes ópticas, etc.), y terminales conectados a redes inalámbricas (IEEE 802.x, IP-CAN 3GPP/3GPP2, etc.).

Dentro de la red de acceso, también se encuentran las funciones de borde, las cuales agrupan y procesan el tráfico antes de ser entregado a la red core, e incluyen funciones que soportan calidad de servicio (QoS: Quality of Service) y control de tráfico [8, 9, 34].
- Red core:** este segmento de la red, se encarga de la conmutación de los paquetes que transportan el tráfico de voz, video y datos al interior de la NGN, y permite a los usuarios acceder a cualquier proveedor de servicios y aplicaciones, o a los usuarios de cualquier otra red de acceso. La red core es independiente de la red de acceso, realiza el procesamiento de medios y control de los mecanismos de QoS relacionados directamente con el tráfico de usuario, incluidos la gestión de colas, filtrado y marcación de paquetes, clasificación de tráfico, elaboración de políticas, conformación de tráfico y capacidad de firewall.

Además, la red core permite que se lleven a cabo los procesos de interconexión e interfuncionamiento, que posibilitan el flujo de información entre la NGN y otras redes. Todas estas funciones se pueden controlar directamente desde el nivel de servicios a través de funciones de control de servicio (SCF: Service Control Functions) y de soporte de aplicación, o a través de las funciones de control de transporte [8, 9].

El nivel de transporte se divide en dos grupos de funciones: procesamiento de transporte y control de transporte, como se muestra en la figura 11.

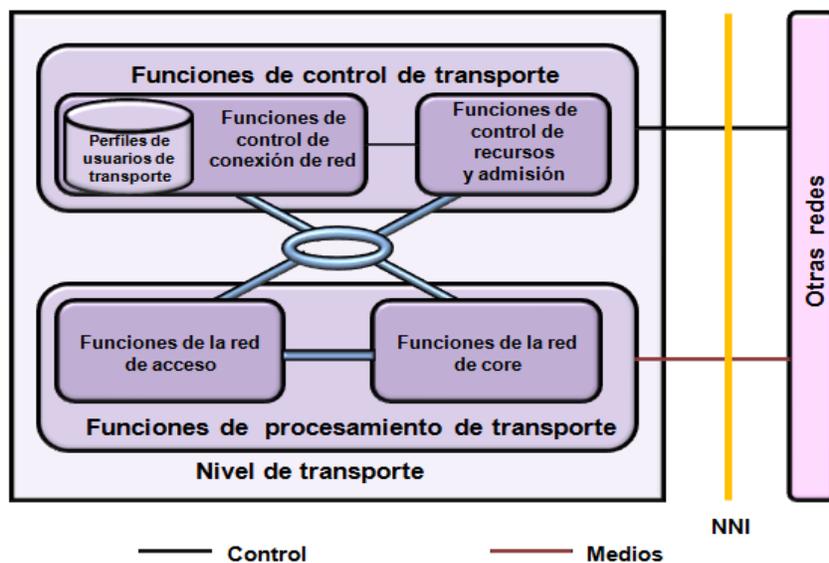


Figura 11. Arquitectura del nivel de transporte de la NGN.

## 2.2.1. Funciones de procesamiento de transporte

Las funciones de procesamiento de transporte, soportan el envío y enrutamiento de paquetes en las redes de acceso y core, y realizan el procesamiento de medios. Según [8, 9], la ITU y el ETSI han definido paralelamente el conjunto de entidades funcionales (FE: Functional Entity), encargadas de realizar el procesamiento de transporte, las cuales agrupan un conjunto de funciones específicas, y se utilizan para describir implementaciones prácticas y físicas.

La tabla 1 muestra la descripción de las FEs de las redes de acceso y core del grupo funcional de procesamiento de transporte. La ITU y el ETSI han definido de manera similar estas FEs, y coinciden en las funciones que debe desempeñar cada una de ellas.

	ITU	ETSI	Descripción
Red de acceso	AR-FE	ARF	Entidad funcional de retransmisión de acceso: retransmite las solicitudes de acceso a la red y las reenvía a las funciones de control de transporte.
	AM-FE <sup>1</sup>	AMF	Entidad funcional de gestión de acceso: traduce las solicitudes de acceso del usuario a la red, de forma que puedan ser entendidas por las funciones de control de transporte.
	AMG-FE	A-MGF	Entidad funcional de pasarela de medios de acceso: permite el interfuncionamiento entre una red de acceso tipo RTPC/RDSI y la NGN.
	AN-FE	No existe correspondencia directa	Entidad funcional de nodo de acceso: permite la comunicación entre una red de acceso IP y la NGN. El ETSI no ha definido una FE específica que corresponda a la AN-FE, sin embargo sus funciones son desempeñadas por otras FEs del nivel de transporte.
	EN-FE	RCEF	Entidad funcional de nodo de frontera: permite la comunicación entre el segmento de agregación de una red NGN y su core.
Red Core	ABG-FE	C-BGF	Entidad funcional de pasarela de frontera de acceso: provee una interfaz entre la red de acceso y la red core.
	MRP-FE	MRFP	Entidad funcional de procesamiento de recursos de medios: permite el procesamiento de medios, a través de funciones de transcodificación y generación de señales DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency).
	IBG-FE	I-BGF	Entidad funcional de pasarela de frontera de interconexión: provee una interfaz entre dos redes core.
	SG-FE	SGF	Entidad funcional de pasarela de señalización: se encarga de la conversión de señalización de transporte entre las redes que emplean SS7 y la NGN.
	TMG-FE	T-MGF	Entidad funcional de pasarela de medios troncales: permite el interfuncionamiento entre el transporte basado en paquetes y el transporte de las redes con conmutación de circuitos.

**Tabla 1. Entidades funcionales del procesamiento de transporte.**

<sup>1</sup> El ETSI en [9] incluye dentro de las funciones de control de transporte a la función de gestión de acceso (AMF: Access Management Function).

## 2.2.2. Funciones de control de transporte

Las funciones de control de transporte se encargan de configurar, autorizar, autenticar e inicializar las conexiones de usuario final, además realizan el control de admisión y la reservación de recursos en las redes de acceso y core. Estas funciones se dividen en: funciones de control de recursos y admisión (RACF: Resource and Admission Control Functions), y funciones de control de conexión de red (NACF: Network Attachment Control Functions), según la ITU.

En la arquitectura de la NGN definida por el ETSI, las funciones RACF corresponden al subsistema de control de recursos y admisión (RACS: Resource and Admission Control Sub-system), y las NACF corresponden al subsistema de conexión de red (NASS: Network Attachment Sub-System).

En este documento se utilizan las siglas de los dos entes reguladores separadas por el símbolo “/”, de tal manera que la primera corresponde a la nomenclatura ITU y la segunda a la nomenclatura ETSI.

### 2.2.2.1. Funciones de control de recursos y admisión

Las funciones RACF/RACS son responsables de la implementación de procedimientos y mecanismos de reservación de recursos de acuerdo con políticas de red, las cuales se basan en los servicios, la información de subscripción de transporte, los acuerdos de nivel de servicio (SLA: Service Level Agreement), las reglas definidas por los operadores, y la información sobre el estado y utilización de los recursos de transporte [35, 36].

Las RACF/RACS interactúan con las funciones NACF/NASS, para solicitar la información de perfil de transporte y verificar si se cumplen los SLAs. La información que se proporciona a las RACF/RACS incluye: registro de acceso, configuración de parámetros y la información de autenticación y autorización del usuario en el nivel de transporte.

La ITU y el ETSI coinciden en la definición las funcionalidades básicas para las RACF/RACS, que comprenden:

- **Control de admisión:** se compone de un conjunto de acciones y políticas, para aceptar o rechazar un servicio, teniendo en cuenta factores como el desempeño, prioridad y disponibilidad de los recursos, de tal manera que no se permita el exceso de reservas o sólo se admita cierto número de ellas [37].
- **Reservación del recurso:** permite a las aplicaciones solicitar los recursos en las redes de acceso y core. Los mecanismos de reservación de recursos de QoS, se proporcionan en dos modos: “Push”, cuando las RACF/RACS imponen las políticas de tráfico a las funciones de procesamiento de transporte, y “Pull”, cuando las funciones de procesamiento de transporte solicitan a las RACF/RACS la reservación de recursos de QoS, para que ésta las reautorice y responda con la decisión final de política.

- **Control de políticas:** consiste en el control sobre el comportamiento de la red [38]. Para su realización las RACF/RACS determinan la manera en la que se debe brindar soporte a las solicitudes de aplicaciones para los recursos de transporte de acuerdo a los servicios.
- **Traducción de dirección de red (NAT: Network Address Translation):** es un mecanismo que permite la adaptación de las direcciones IP, con el fin de hacer posible el paso de paquetes a través de las fronteras entre dos redes interconectadas, cuando éstas utilizan direcciones de red no compatibles. Las RACF/RACS se encargan de coordinar las funciones de procesamiento de transporte en la frontera, para facilitar el intercambio de paquetes, que requieren pasar a través del NAT remoto.
- **Traducción de dirección de red y puerto (NAPT: Network Address Port Translation):** es una extensión de NAT, que incluye la traducción del número de puerto, y se aplica como medida de seguridad para evitar que las direcciones de red de transporte sean conocidas entre diferentes dominios y subredes. El control de NAPT se aplica sobre las fronteras entre redes core, y entre la red de acceso y core.

A pesar de las similitudes entre las RACF y el RACS, existen algunas diferencias. Según el ETSI en [36], las RACS deben proporcionar servicios de control de transporte basados en políticas, dentro de las redes de acceso y en los puntos de interconexión entre redes core, sin que sea necesario cubrir completamente las redes core, ni las redes del usuario.

En [39] se comparan las funciones de control de recursos de las arquitecturas ITU y ETSI, tal como se muestra en la tabla 2.

Funciones	Región de Control	Características
	Red Core y red de Acceso	Control en nivel de llamada/ sesión, y control en el nivel de tráfico de agregación. Control de QoS para la red core y la red de acceso.
	Red de Acceso y frontera de la red Core	Control en nivel de llamada/ sesión. Control de QoS para la red de acceso y la frontera de la red core.

**Tabla 2. Comparación entre las RACF y el RACS. Basada en [39].**

### 2.2.2.2. Funciones de control de conexión de red

La arquitectura de la NGN incluye las NACF/NASS con el fin de facilitar los servicios independientes desde las redes de acceso. Estas funciones se encargan de brindar autenticación, registro e inicialización de funciones, con el fin de que los usuarios conectados a la red de acceso, puedan disfrutar de los servicios prestados por la NGN.

Además, estas funciones almacenan y tienen disponible el perfil de usuario de transporte, el cual se compone por un conjunto de bases de datos que contienen: datos de autenticación, indicadores de privacidad, perfil de QoS, y otra información brindada en el registro del usuario.

El perfil de usuario se intercambia entre las NACF/NASS de diferentes dominios administrativos para autenticar y autorizar a los usuarios cuando se soporta nomadismo o roaming, y es consultado por otras funciones dentro de la NGN, para tomar decisiones acerca de los recursos que se van a ofrecer [40, 41].

Las NACF/NASS proporcionan las siguientes funcionalidades:

- Asignación dinámica de dirección IP y otros parámetros de configuración del equipo de usuario final.
- Autenticación de usuario final.
- Autorización de acceso a la red basada en perfiles de usuario.
- Configuración de la red de acceso basada en perfiles de usuario.
- Gestión de ubicación.
- Gestión de movilidad, para permitir el nomadismo en diferentes puntos de acceso.

La ITU en [40] agrega la funcionalidad de suministrar capacidades de autodescubrimiento del equipo y otros parámetros, únicamente cuando el usuario lo autorice.

Para el usuario que se encuentra conectado a la red de acceso, las NACF/NASS pueden proporcionar autenticación explícita e implícita. La autenticación explícita es un procedimiento que se realiza únicamente con el usuario; mientras que la autenticación implícita se presenta al utilizar la identificación de la conexión de la capa de enlace de datos a la que el usuario se encuentra conectado [42].

### **2.3. Interconexión entre redes NGN en el nivel de transporte**

La interconexión entre redes NGN en el nivel de transporte, debe proporcionar las condiciones necesarias para que los servicios cumplan con los parámetros de eficiencia, confiabilidad y seguridad. Esta interconexión permite la transferencia de información de usuario, control y gestión de los recursos de transporte en las fronteras de dos dominios diferentes, por lo que debe garantizar la conectividad entre las redes de acceso y core, y entre distintas redes core.

La comunicación entre NGNs, y entre redes tradicionales y NGN, se realiza a través de pasarelas ubicadas en las fronteras de interconexión. Estas pasarelas facilitan la comunicación entre las funciones RACF/RACS, NACF/NASS y de procesamiento de transporte, a través de interfaces bien definidas, que permiten el intercambio de flujos de medios (voz, video y datos) y de información de señalización relacionada con el transporte.

### 2.3.1. Funciones de frontera sesión

En general las redes basadas en IP se interconectan a través de funcionalidades del controlador de frontera/sesión (SBC: Session Border Controller) [8]. Estas incorporan funciones del nivel de transporte y del nivel de servicios de la NGN, que permiten realizar la comunicación con redes IP a través de las fronteras y facilitan el intercambio de información de sesiones de voz, video y datos IP.

Un SBC es un dispositivo utilizado en algunas redes de voz sobre IP (VoIP: Voice over IP) para ejercer control sobre la señalización y los flujos de medios, implicados en establecer, mantener y terminar una llamada telefónica u otras comunicaciones de medios, así mismo realizan el control de seguridad, calidad del servicio, entre otros [30].

Los SBCs se pueden dividir en tres tipos diferentes, dependiendo del lugar en el que se ubiquen. El SBC cliente-acceso se ubica en el lado del cliente, al cual le brinda protección, QoS garantizada y le asegura mantener su privacidad; el SBC acceso-core se ubica entre el extremo de la red de acceso y la red del proveedor del servicio; y el SBC core-core se encuentra entre las redes core de los proveedores de servicios que están dispuestos a interconectarse [19].

Una sesión consiste en el intercambio de mensajes de señalización de control y flujos de medios. Esto conlleva a hacer una división lógica de las funciones del SBC entre: las funciones del trayecto de señalización, encargadas de controlar el acceso de mensajes de señalización a la red core y de manipular el contenido de estos mensajes; y las funciones del trayecto de medios, que permiten controlar el acceso de paquetes de medios a la red, proporcionar servicios diferenciados y QoS para los flujos de medios, y prevenir el robo de los servicios [43].

Las funciones del trayecto de señalización y las funciones del trayecto de medios del SBC incorporan funciones del nivel de servicios y del nivel de transporte de la arquitectura NGN, respectivamente, las cuales se describen en la tabla 3.

	Función	Descripción
Funciones del trayecto de señalización	Control de tráfico de mensajes de señalización	Permite el restablecimiento de la sesión en caso de congestión de señalización, y controla el equilibrio de carga entre los servidores y receptores.
	Autenticación, autorización y contabilidad	Realiza las funciones de autenticación de usuario, control de admisión y generación de un registro detallado para cada sesión.
	Traducción de protocolo de señalización	Realiza el interfuncionamiento entre distintos protocolos de señalización, para el establecimiento, control y finalización de las sesiones.
	Enrutamiento por sesión	Permite asignar una sesión a una ruta cuando cruza por múltiples operadores.
	Control de servicio	Permite la negociación del códec y el control del servicio de la capa inferior.
	Ocultamiento de información de usuario extremo	Oculto la identidad y dirección del usuario extremo.
	Ocultamiento de la topología	Oculto la información de la topología e infraestructura,

	e infraestructura	incluida en los mensajes de señalización.
	Protección contra denegación de servicios	Protege el plano de control de ataques de denegación de servicio (DoS: Denial of Service).
	Cifrado de señalización	Soporta el cifrado y su función inversa, del flujo de señalización.
	Soporte de comunicaciones de emergencia	Soporta la capacidad para identificar la señalización de llamadas o comunicaciones de emergencia, y para manejar la prioridad.
Funciones del trayecto de medios	Firewall	Soporta firewall dependiendo de la identificación del flujo IP.
	Regulación y marcado	Verifica la conformidad del flujo IP con el contrato de tráfico, y regula la velocidad para cada flujo.
	Detección de inactividad	Mide el tráfico IP, y detección de los periodos de inactividad para terminar la sesión.
	NAT y NATP	Proporciona la asistencia para el paso de NAT y NATP remoto.
	Control de recursos y admisión	Gestiona la disponibilidad de recursos y el control de admisión para cada sesión específica.
	Procesamiento de carga útil IP	Proporciona las funciones de transcodificación y el interfuncionamiento multifrecuencia de doble tono (DTMF: Dual-Tone Multi-Frequency).
	Medición de la calidad del funcionamiento	Realiza monitoreo de los flujos IP específicos en términos de los parámetros de desempeño, tales como jitter, retardo, pérdida de paquetes, etc.
	Detección y protección de denegación de servicio	Detecta y bloquea los paquetes IP extraños, con el fin de proteger al usuario.
	Cifrado de medios	Soporta el cifrado y descifrado de los flujos de medios.
	Soporte de comunicaciones de emergencia	Identifica las llamadas de emergencia y maneja la prioridad de los flujos IP.

**Tabla 3. Funciones del SBC. Basada en [19].**

### 2.3.1.1. Entidades funcionales que componen un SBC de interconexión

En [44] el SBC core-core se denomina SBC de interconexión, debido a que puede dirigir los requisitos en la frontera donde se interconectan diferentes redes de proveedores de servicios. Éste comprende las entidades funcionales de control de pasarela de frontera de interconexión, de decisión de políticas y de pasarela de frontera de interconexión.

#### 2.3.1.1.1. Entidad funcional de control de pasarela de frontera de interconexión

La entidad funcional de control de pasarela de frontera de interconexión (IBC-FE: Interconnection Border Gateway Control Functional Entity) o IBCF (Interconnection Border Gateway Control Function), proporciona el control general de la frontera entre las redes y se encarga de proveer funciones específicas de aplicación, con el fin de lograr la interconexión entre los dominios de dos operadores.

Controla la entidad funcional de pasarela de borde de interconexión por medio de las funciones RACF/RACS, para el procesamiento basado en la sesión, con el fin de lograr el

interfuncionamiento con otras redes IP, y de reservar y asignar recursos para desempeñar el control de admisión y la asignación del ancho de banda usando políticas [8, 45].

La ITU a diferencia del ETSI, propone una interfaz adicional para que la IBC-FE realice el control directo sobre la pasarela de borde de interconexión, sin embargo esta interfaz aun no se ha definido completamente [46].

### 2.3.1.1.2. Entidad funcional de decisión de políticas

La entidad funcional de decisión de políticas (PD-FE: Policy Decision Functional Entity) o SPDF (Service Policy Decision Function) hace parte de las funciones dentro de las RACF/RACS. Se encarga de las peticiones de recursos de QoS recibidas desde las SCF y otras funciones de control de transporte, y es el punto final de decisión de políticas para el control basado en la información del servicio para cada dominio administrativo en el que reside.

La decisión política debe suministrar suficiente información para que se pueda efectuar el control de los recursos. Las funciones de control de recursos proporcionadas por la PD-FE/SPDF son independientes de la tecnología de transporte y de las SCF, pero se basan en el servicio y en las políticas suministradas por los operadores de red.

La tabla 4 sintetiza las funciones de la PD-FE/SPDF y establece la correspondencia entre lo que han definido los entes reguladores internacionales en [35, 36].

Función	Descripción	Definida por	
		ITU	ETSI
Decisión final de políticas	Verifica la petición de recursos de QoS y toma la decisión de políticas para la red de acceso y core.	✓	✓
Control de la NAT y paso del NAT	La PD-FE/SPDF interactúa con las funciones de procesamiento de transporte y las SCF, para realizar el control de la NAT y paso del NAT.	✓	✓
Correspondencia de QoS independiente de la tecnología	Hace corresponder los requisitos de QoS, provenientes de la SCF, con los parámetros de QoS de red, basándose en las reglas de política.	✓	✓
Control de puerta	Controla las funciones de procesamiento de transporte en las fronteras, para dejar pasar o suprimir paquetes IP.	✓	✓
Control de marcado de paquetes IP	Decide acerca del marcado de paquetes y remarcado de flujos IP, teniendo en cuenta los parámetros de ingeniería de tráfico.	✓	✓
Control de limitación de velocidad binaria	Decide acerca del límite de ancho de banda de los flujos.	✓	✓
Selección de modo de funcionamiento de firewall	Escoge el modo de funcionamiento del firewall, basado en la información relevante del servicio.	✓	
Selección de trayecto	Escoge los trayectos de ingreso y salida de la	✓	

de red core	red core en la frontera de red, basado en la información del servicio y las reglas de políticas.		
Selección de red	Encuentra las redes core que ofrecen el recurso de QoS solicitado, y las funciones de transporte que se encargan de hacer cumplir las decisiones finales de admisión.	✓	
Selección de políticas basada en servicios	Escoge e impone las políticas más apropiadas para cada servicio.		✓
Autorización basada en el contenido de la solicitud del servicio	Verifica entre las políticas seleccionadas basadas en servicio y el contenido de las solicitudes del control de recursos de transporte.		✓
Descubrimiento de la entidad funcional subsiguiente	Determina la entidad funcional apropiada para solicitar información o imponer políticas, dependiendo de las capacidades de transporte requeridas.		✓
Coordinación de mensajes entre entidades funcionales	Coordina la función para el intercambio de mensajes intercambiado entre la SPDF y otras entidades funcionales.		✓
Manejo de la prioridad de la solicitud del servicio	Permite indicar el nivel de prioridad de servicios en una solicitud de reservación de recursos.		✓

**Tabla 4. Funciones de la PD-FE/SPDF.**

### 2.3.1.1.3. Entidad funcional pasarela de frontera de interconexión

La entidad funcional pasarela de frontera de interconexión (IBG-FE: Interconnection Border Gateway Functional Entity) o I-BGF (Interconnection Border Gateway Function) proporciona una interfaz entre dos dominios de transporte IP, sirve para realizar la interconexión entre los segmentos core de dos redes NGN.

Dentro de sus funciones elementales se encuentran: interfuncionamiento entre redes IPv4 e IPv6, asistencia para paso de NAT, NAPT, firewall, y conversión de medios. Según la ITU, las IBG-FE pueden soportar funciones de encriptación, mientras que en las especificaciones de la ETSI, esta funcionalidad es exclusiva de las funciones de procesamiento de recursos de medios (MRFP: Media Resource Function Processor). Esta entidad puede desempeñar sus funciones de manera autónoma ó bajo el control de la IBC-FE/IBCF [8, 9].

La figura 12, muestra las entidades funcionales que componen un SBC de interconexión y sus interfaces.

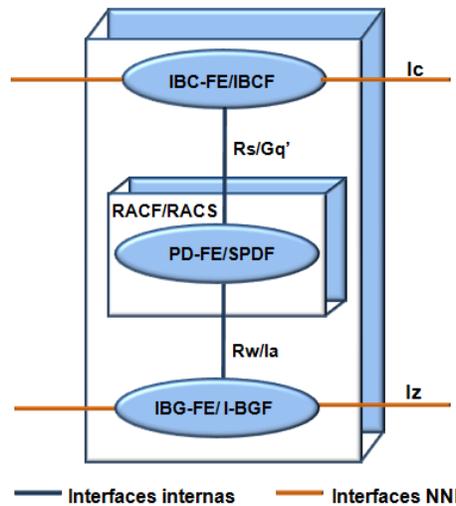


Figura 12. Funciones de frontera sesión para la interconexión de NGNs.

### 2.3.1.2. Interfaces internas del SBC en la arquitectura de la NGN

Las interfaces internas dentro del SBC de interconexión, permiten el flujo de mensajes entre FEs para el control de las funciones de frontera. La ITU y el ETSI, coinciden en la descripción funcional de estas interfaces, aunque difieren en su denominación, la tabla 5 muestra la descripción de cada interfaz y el protocolo que debe soportar.

Interfaz		Entidades Funcionales comprometidas		Descripción	Protocolo
ITU	ETSI	ITU	ETSI		
<b>Rs</b>	<b>Gq'</b>	IBC-FE – PD-FE	IBCF-SPDF	Permite a la IBC-FE/IBCF hacer peticiones de autorización y reservación de recursos para flujos de medios, tratamiento de QoS, función NAPT, y solicitar información de utilización de recursos.	Diameter <sup>2</sup>
<b>Rw</b>	<b>la</b>	PD-FE – IBG-FE	SPDF-IBGF	Permite a la PD-FE/SPDF imponer decisiones de admisión y control de recursos, y a la IBG-FE/IBGF hacer solicitudes de recursos de QoS.	H.248 <sup>3</sup>

Tabla 5. Interfaces internas del SBC

<sup>2</sup> Para la interfaz Rs/Gq' se ha definido el perfil para el protocolo Diameter, el cual se encuentran en los documentos [46, 47], propuestos similarmente por la ITU y el ETSI.

<sup>3</sup> Para la interfaz Rw/la la ITU y el ETSI han definido los perfiles del protocolo H.248, estos se encuentran en [48, 49]. Adicionalmente, la ITU ha definido el perfil para el protocolo COPS (Common Open Policy Service) en [50] y el perfil para el protocolo Diameter en [51].

### 2.3.1.3. Interfaces NNI del SBC de interconexión

Las interfaces red-red (NNI: Network-Network Interface) empleadas en la interconexión entre redes NGN a través de SBCs son Ic e Iz.

#### 2.3.1.3.1. Interfaz Ic

La interfaz Ic pertenece al nivel de servicios de la NGN, permite a una IBC-FE/I-BCF comunicarse con otra para transmitir los mensajes de señalización SIP entre redes core del subsistema multimedios IP (IMS: IP Multimedia Subsystem) o del subsistema de emulación de servicios RTPC/RDSI (PES: PSTN/ISDN Emulation Subsystem). Ic se transporta sobre las capacidades IP, dentro de una o más VLANs (Virtual Local Area Network) individuales, reservadas únicamente para la señalización, cada VLAN puede contener mensajes asociados con una o más sesiones [53].

#### 2.3.1.3.2. Interfaz Iz

- **Descripción**

Esta interfaz permite a la IBC-FE/I-BGF transmitir flujos de medios entre los segmentos core de transporte de las redes basadas en paquetes, tales como otras NGN u otras redes IP.

Iz soporta el intercambio de medios entre cualquier tipo de red de conmutación de paquetes conectada a la NGN, independientemente de los servicios transportados, pues la distinción entre los requerimientos de QoS, se establecen en el nivel de servicios y se coordinan a través de las funciones de control de recursos del nivel de transporte.

Adicionalmente, la interfaz Iz facilita el paso de requisitos de QoS entre operadores, para esto emplea mecanismos de señalización de trayecto tales como el protocolo de reservación de recursos (RSVP: Resource ReSerVation Protocol) [35].

Según el comité consultivo para la interoperabilidad de la red (NICC: Network Interoperability Consultative Committee) en [53], la interfaz de flujos de medios debe ser transportada en un trayecto de ancho de banda fijo, reservado únicamente para estos flujos, y se le debe asignar una VLAN a cada trayecto de conexión de medios entre las funciones de frontera en cada dominio de red.

- **Protocolos para la interfaz Iz**

- **Protocolo RTP:** los protocolos del nivel de aplicación dependen del tipo de servicio que se esté ofreciendo en la interconexión. Las sesiones de audio o video en tiempo real utilizan el protocolo de transporte de tiempo real (RTP: Real-time Transport Protocol) para el transporte de medios extremo a extremo para servicios multicast o unicast [54].

RTP no realiza la reservación de recursos ni garantiza QoS para los servicios de tiempo real. El transporte de datos mejora con el Protocolo de Control RTP (RTCP: RTP Control Protocol) que permite monitorear los datos de entrega de una manera escalable. RTP y RTCP están diseñados para ser independientes de las capas de transporte y red.

De acuerdo con lo especificado por la ITU en [55], la NNI debe soportar algunos perfiles de RTP, que se describen en los mensajes SIP/SDP del perfil de señalización definidos en esta misma recomendación.

- **Protocolo IP:** éste es el protocolo de transporte que se emplea para la interconexión, según [55] la NNI debe soportar IPv4. El soporte de IPv6 se establece mediante un acuerdo bilateral entre los operadores. El operador que soporte IPv6 se hace responsable del interfuncionamiento entre ambas versiones del protocolo y de realizar la correspondencia del direccionamiento.

Cuando se realiza la interconexión entre redes NGN a través de un dispositivo SBC, y existe intercambio de información relacionada con el trayecto de señalización y el trayecto de medios, a través de las interfaces Ic e Iz, se dice que se ha establecido interconexión del tipo Solx. En el caso que sólo se intercambie información relacionada con el trayecto de medios, se establece interconexión Colx del tipo 1.

Además, de la interconexión a través del SBCs, la ITU y el ETSI han definido otros escenarios para la interconexión NGN en el nivel de transporte; estos escenarios tienen lugar a través de las NACF/NASS y RACF/RACS, dando paso a la interconexión Colx tipo 2.

### **2.3.2. Interconexión entre funciones NACF/ NASS**

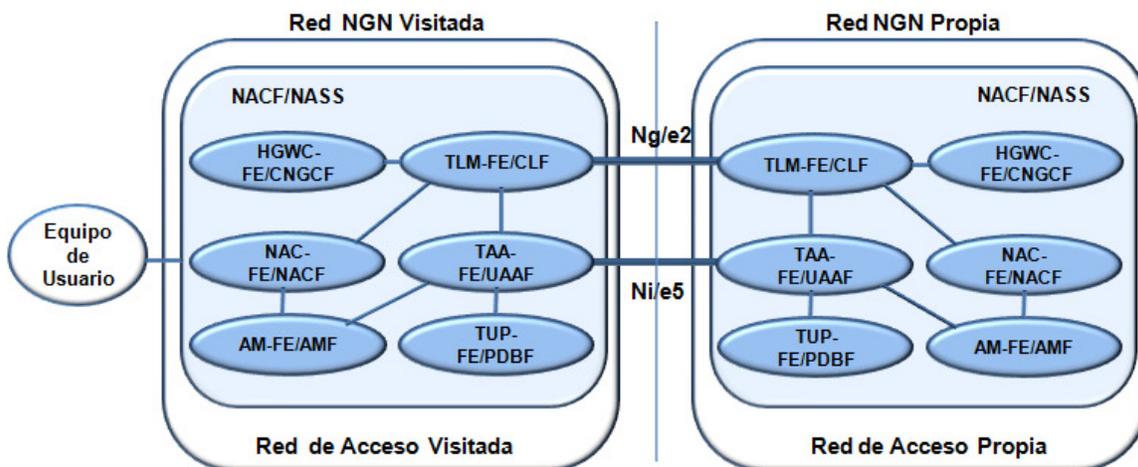
La interconexión entre funciones NACF/NASS permite soportar capacidades de nomadismo y roaming, requeridas para las NGN [56].

El nomadismo se presenta cuando se permite a los usuarios acceder a los servicios a través de varios puntos o redes de acceso. El roaming consiste en un tipo específico de interconexión, que se presenta cuando un usuario busca acceder a cierto tipo de servicios de una red mientras se encuentra fuera de la red propia [57].

#### **2.3.2.1. Entidades funcionales para la interconexión entre funciones NACF/ NASS**

Cuando un usuario desea tener acceso a los servicios de la NGN, a través de una red visitada, es necesario que éste sea autorizado, autenticado y se conozca su ubicación; la interconexión entre funciones NACF/NASS, permite el intercambio de esta información, entre la red propia a la que pertenece el usuario y la red visitada.

El intercambio de información de autorización, autenticación y ubicación se realiza a través de: las entidades funcionales de gestión de ubicación de transporte, y de autenticación y autorización de transporte pertenecientes a las NACF/NASS, como lo muestra la figura 13.



**Figura 13. Entidades funcionales e interfaces para la interconexión entre las funciones NACF/NASS.**

#### 2.3.2.1.1. Entidad funcional de gestión de ubicación de transporte

La entidad funcional de gestión de ubicación de transporte (TLM-FE: Transport Location Management Functional Entity), o su equivalente en la arquitectura de el ETSI: CLF (Connectivity Session Location and Repository Function), conserva un registro de la asociación entre la dirección IP asignada a un terminal, la información correspondiente a la ubicación de red y la ubicación geográfica. También, almacena el identificador de usuario, el perfil de QoS y las preferencias de privacidad de la información de ubicación de cada usuario [40, 41].

#### 2.3.2.1.2. Entidad funcional de autenticación y autorización de transporte

La entidad funcional de autenticación y autorización de transporte (TAA-FE: Transport Authentication and Authorization Functional Entity) o la UAAF (User Authentication and Authorization Function) del ETSI, proporciona la autenticación y autorización en el nivel de transporte. Ésta se basa en la información contenida en los perfiles de usuario de transporte para realizar sus funciones [40, 41].

La TAA-FE/UAAF actúa como servidor o proxy. El servidor TAA-FE/UAAF se encarga de obtener la información de los perfiles de usuario, y el proxy TAA-FE/UAAF reenvía las solicitudes recibidas desde diferentes entidades funcionales hacia el servidor, que puede pertenecer a un dominio administrativo diferente.

#### 2.3.2.2. Interfaces para la interconexión entre funciones NACF/ NASS

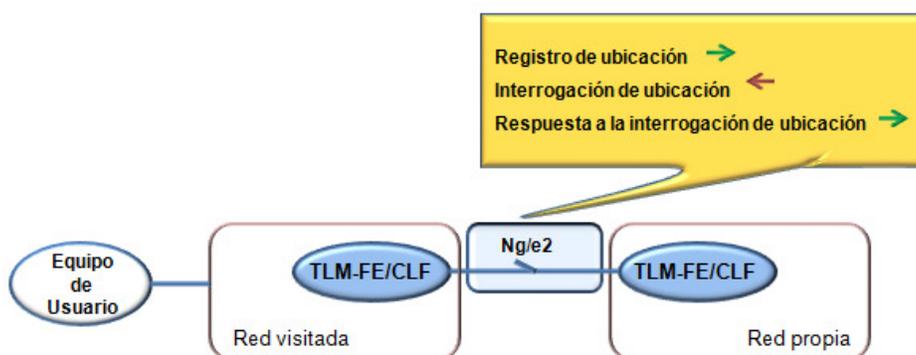
Para la interconexión de NGN entre funciones NACF/NASS se emplean las interfaces Ng/e2 y Ni/e5, definidas en [40, 41], las cuales se describirán a continuación.

### 2.3.2.2.1. Interfaz Ng/e2

- **Descripción**

La Ng/e2 permite la comunicación entre entidades TLM-FE/CLF, cuando un usuario está conectado a una red visitada, en una configuración de roaming, y desea acceder a los servicios que le brinda la red propia. La TLM-FE/CLF de la red visitada envía el registro de información de ubicación del usuario, hacia la red propia al iniciar la sesión o cuando lo solicite.

Los mensajes que intercambian las TLM-FE/CLFs de la red propia y de la red visitada se pueden observar en la figura 14 y se describen en la tabla 6.



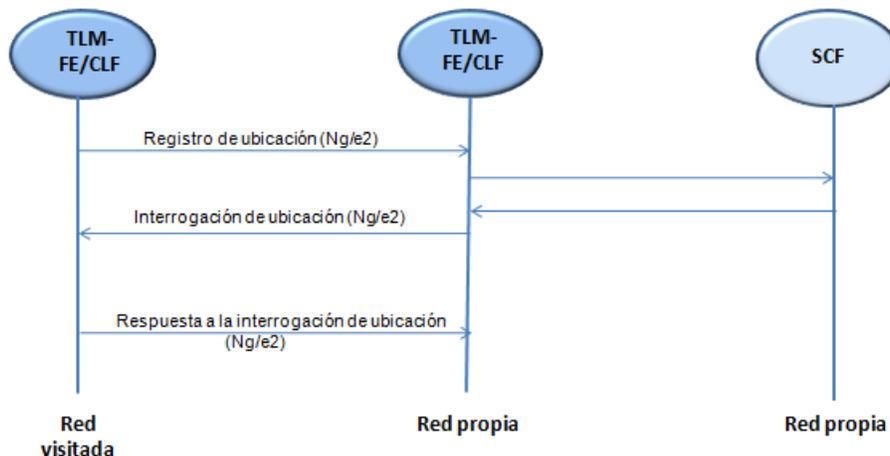
**Figura 14. Mensajes que se intercambian sobre la interfaz Ng/e2.**

Mensaje	Descripción
<b>Registro de Ubicación</b>	Permite a la TLM-FE/CLF de la red visitada enviar información de usuario a la TLM-FE/CLF de la red propia. Esta información contiene el nombre del dominio de la conexión de acceso, dirección IP del usuario, dirección del dominio, entre otras.
<b>Interrogación de ubicación</b>	Permite a la TLM-FE/CLF de la red propia solicitar la información de ubicación del usuario a la TLM-FE/CLF de la red visitada.
<b>Respuesta a la interrogación de ubicación</b>	La envía la TLM-FE/CLF de la red visitada como respuesta a la interrogación de ubicación.

**Tabla 6. Mensajes intercambiados sobre la interfaz Ng/e2.**

En un escenario de movilidad, nomadismo o roaming, se emplea la interfaz Ng/e2 para transmitir información de señalización de transporte para el registro de ubicación de usuario, cuando éste se conecta desde una red visitada y desea acceder a los servicios

de su red propia. La figura 15 muestra los mensajes de señalización entre la TLM-FE/CLF de la red visitada y de la red propia.



**Figura 15. Procedimiento de señalización entre funciones NACF/NASS para la gestión de ubicación de usuario.**

- **Protocolo para la interfaz Ng/e2**

En [58] se establece Diameter como el protocolo para esta interfaz, sin embargo la ITU y el ETSI no han definido aún un perfil del protocolo para Ng/e2.

### 2.3.2.2.2. Interfaz Ni/e5

- **Descripción**

Ni/e5 habilita la ejecución distribuida de los procedimientos de autorización, que toman lugar al interior de un dominio (intradominio) ó entre una red visitada y una red propia (interdominio). Si un usuario se conecta en una red visitada, el proxy TAA-FE/UAAF de dicha red se debe conectar con el servidor TAA-FE/UAAF de la red propia para obtener la información del perfil de usuario.

El perfil de usuario de transporte contiene el identificador de suscriptor de transporte, información de la dirección IP, configuración por defecto, suscripción del recurso de transporte, perfil de QoS e indicador de privacidad.

La figura 16, muestra los mensajes de autorización, autenticación y contabilidad (AAA: Authentication, Authorization, Accounting) de solicitud y respuesta que se transmiten sobre la interfaz Ni/e5 y se describen en la tabla 7.

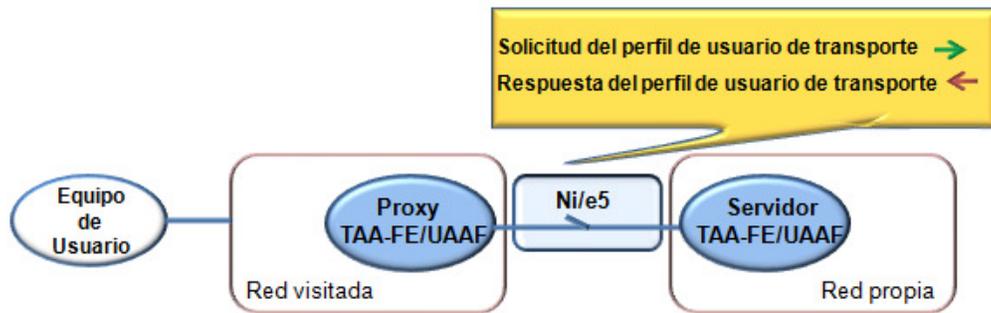


Figura 16. Mensajes que se intercambian sobre la interfaz Ni/e5.

Mensaje	Descripción
<b>Solicitud AAA</b>	El proxy TAA-FE/UAAF solicita al servidor TAA-FE/UAAF la información del perfil de usuario de transporte.
<b>Respuesta AAA</b>	El servidor TAA-FE/UAAF responde a la solicitud recibida con la información del perfil de usuario de transporte.

Tabla 7. Mensajes intercambiados sobre la interfaz Ni/e5

La figura 17 muestra los mensajes de señalización para la autorización y autenticación de usuario, cuando éste se encuentra en una red visitada. La TAA-FE/UAAF que actúa como proxy en la red visitada le envía al servidor TAA-FE/UAAF de la red propia mensajes de solicitud, este último se comunica con la TUP-FE/PDBF de la red propia quien envía la información que tiene contenida en el perfil de usuario de transporte.

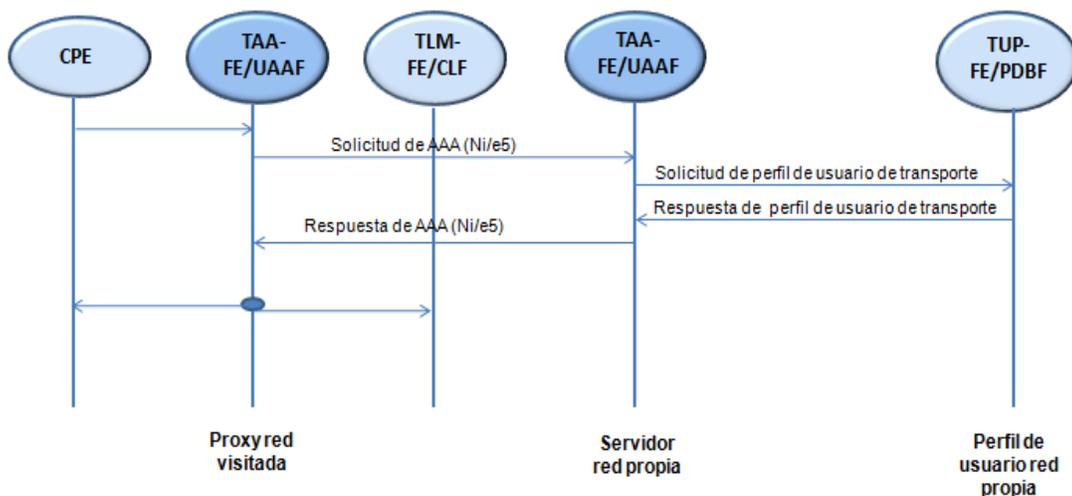


Figura 17. Procedimiento de señalización entre funciones NACF/NASS para la autorización y autenticación de usuario.

- **Protocolo para la interfaz Ni/e5**

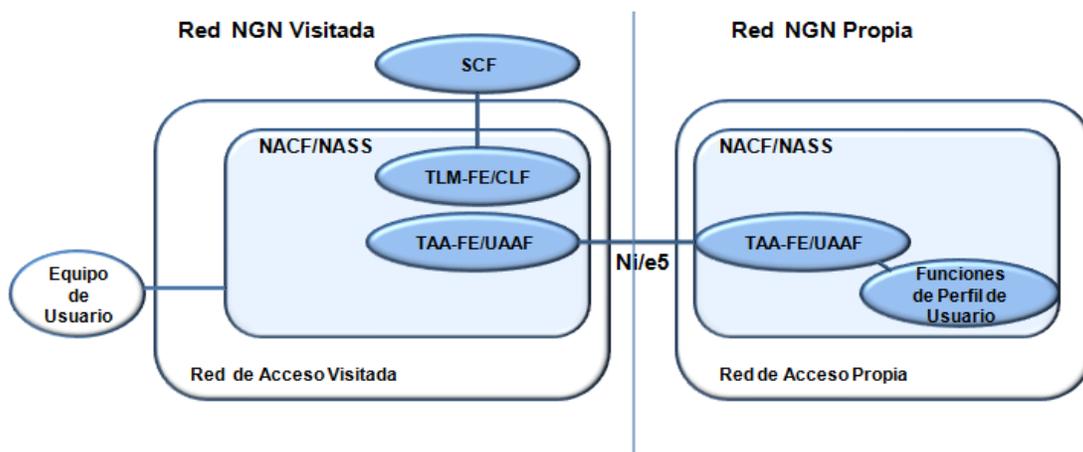
Ni/e5 utiliza RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service) ó Diameter como protocolo de AAA, para realizar el intercambio de los mensajes entre el proxy y el servidor TAA-FE/UAAF. El ETSI en [59], define los perfiles para ambos protocolos de esta interfaz.

En los perfiles definidos se enumeran los requerimientos para la red propia y la red visitada. Algunos requerimientos se definen para los dos protocolos y otros se agrupan dependiendo si la interfaz utiliza RADIUS o Diameter. Los componentes de información de los mensajes de Ni/e5 tienen correspondencia con los AVPs (Attribute Value Pair) de Diameter, pero no tienen relación directa con los AVPs de RADIUS.

### 2.3.2.3. Escenarios de interconexión entre funciones NACF/ NASS

Como se mencionó anteriormente, la interconexión entre funciones NACF/NASS debe cumplir con los requerimientos de nomadismo y roaming de la NGN. Para ello se han definido 3 escenarios.

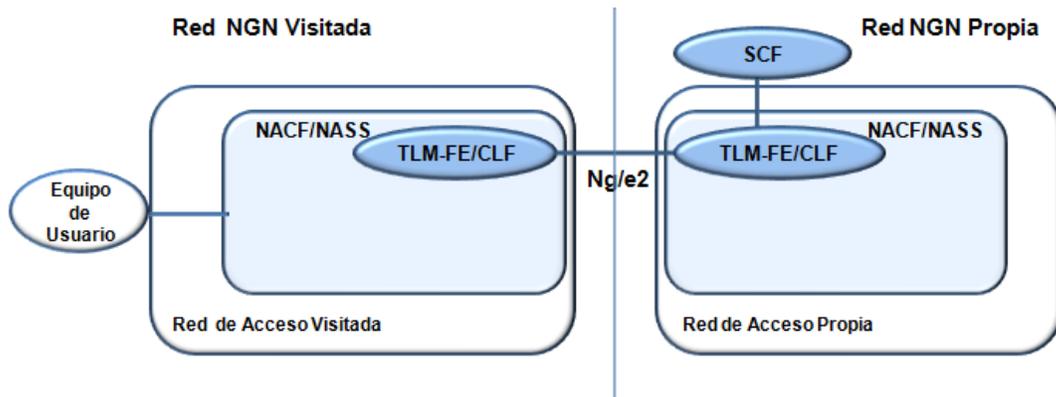
- **Escenario 1:** el usuario accede a los servicios de la red visitada y es autorizado en el nivel de transporte con base en los perfiles de usuario almacenados en la red propia. En este escenario, las redes NGN propia y visitada se interconectan a través de la interfaz Ni/e5, para permitir al proxy TAA-FE/UAAF solicitar al servidor la información del perfil, como se muestra en la figura 18.



**Figura 158. Escenario 1 de interconexión entre funciones NACF/NASS.**

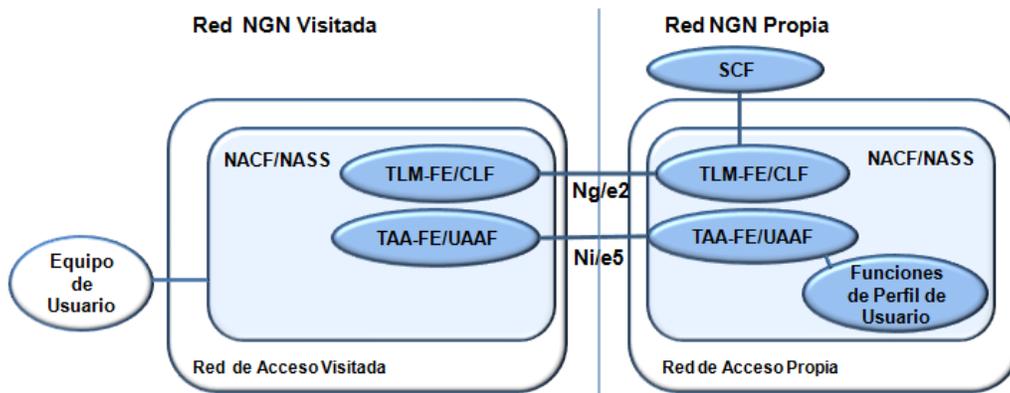
- **Escenario 2:** el usuario accede a los servicios de la red propia desde una red visitada, sin que se realice autenticación en el nivel de transporte. En este escenario las SCF solicitan la información de ubicación del usuario, a la TLM-

FE/CLF de la red propia, la cual se interconecta con la TLM-FE/CLF de la red visitada a través de la interfaz Ng/e2. Como no se realiza autenticación en el nivel de transporte, no se requiere de la comunicación entre las TAA-FE/UAAF, como se muestra en la figura 19.



**Figura 169. Escenario 2 de interconexión entre funciones NACF/NASS.**

- **Escenario 3:** el usuario conectado a una NGN visitada, accede a los servicios de la NGN propia y es autorizado en el nivel de transporte, con base en los perfiles de usuario almacenados en la red propia. Este escenario requiere el intercambio de información entre ambas redes a través de las interfaces Ng/e2 y Ni/e5 (figura 20), como se describió para los escenarios 1 y 2.



**Figura 20. Escenario 3 de interconexión entre funciones NACF/NASS.**

Cuando un usuario se encuentra conectado a una red visitada y accede a los servicios de esta red, puede ser autenticado desde el nivel de servicios por medio de los acuerdos de roaming entre ambas redes, sin que se requiera la interconexión entre las funciones del NACF/NASS.

### 2.3.3. Interconexión entre funciones RACF/RACS

La interconexión entre funciones RACF/RACS, se ha definido para permitir el traspaso de los requerimientos de QoS provenientes del nivel de servicios, desde un operador interconectante hacia las funciones RACF/RACS del otro operador.

La comunicación de RACF/RACS puede ser necesaria cuando no existe interconexión en el nivel de servicio, o cuando ésta existe pero no incluye las capacidades de señalización de control de recursos de transporte.

La interconexión entre funciones RACF/RACS puede involucrar las interfaces Ri/Ri' ó Rs/Gq', con el fin de intercambiar los requerimientos de QoS para los diferentes servicios. Como lo muestra la figura 21, la interfaz Ri/Ri' permite la comunicación directa entre RACF/RACS, y la Rs/Gq' facilita el intercambio de información entre las RACF/RACS y las funciones del nivel de servicios.

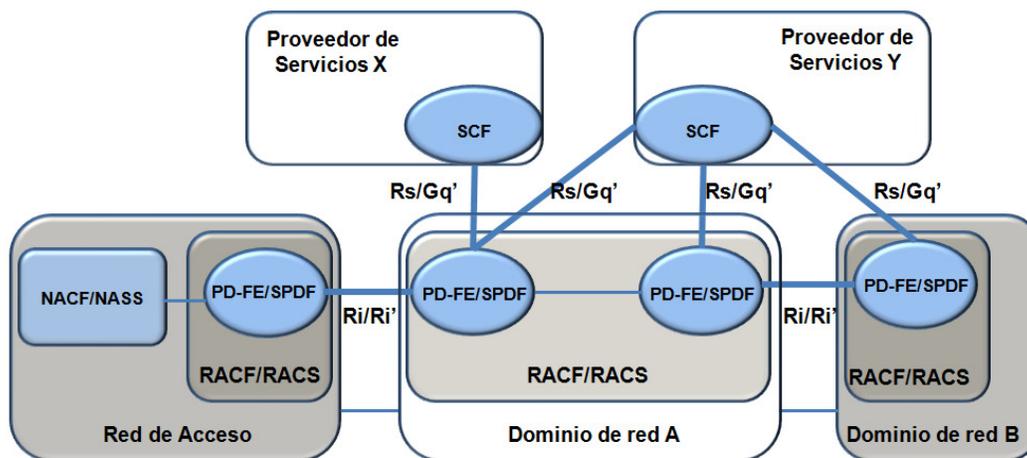


Figura 217. Entidades funcionales e interfaces para la interconexión entre las funciones RACF/RACS.

#### 2.3.3.1. Interfaces para la interconexión entre funciones RACF/RACS

##### 2.3.3.1.1. Interfaz Ri/Ri'

- **Descripción**

La ITU y el ETSI han definido a Ri/Ri' como una interfaz interdominio para soportar la comunicación de control de recursos entre las PD-FE/SPDF de diferentes operadores. Esta interfaz proporciona la capacidad para realizar la reservación y autorización de recursos, el manejo de QoS y prioridad, la información del uso de los recursos y la capacidad para solicitar la notificación de los eventos para cada flujo de medios.

Las solicitudes de control de recursos originadas desde el nivel de servicios, son retransmitidas a través de Ri/Ri', cuando las SCF no estén disponibles o no sean capaces de interactuar con la PD-FE/SPDF del otro dominio interconectado (Colx tipo 2).

Por ejemplo, cuando las redes de acceso y core pertenecen a dominios diferentes, y las SCF solo interactúan con la PD-FE/SPDF de la red core, la interfaz Ri/Ri' se puede utilizar para realizar el control de admisión y reservación de recursos en el dominio de la red de acceso [35], como se muestra en la figura 20. La ITU recomienda que Ri/Ri' tenga un uso limitado para escenarios de nomadismo, roaming y wholesale<sup>4</sup>.

La interfaz Ri/Ri' debe soportar las siguientes capacidades:

- **Control de sobrecarga:** Ri/Ri' debe soportar esta capacidad con el fin de evitar que se presente sobrecarga en el intercambio de los mensajes.
- **Sincronización y auditoría:** Ri/Ri' debe proporcionar esta capacidad para las sesiones de control de recursos, con el fin de recuperar, auditar y soportar las estadísticas de información operacional.
- **Mantenimiento del estado de sesión:** permite conocer el estado de la sesión de reservación de recursos; si se utiliza una PD-FE/SPDF stateful, ésta debe ser capaz de mantener el estado de la sesión cuando utiliza modos de reservación hard-state, para la reservación de recursos sin límite de tiempo, o soft-state, donde los recursos se reservan para un intervalo de tiempo determinado.  
Si se utiliza una PD-FE/SPDF stateless, la información de sesión de control de recursos que se transmite PD-FE/SPDF se puede utilizar para establecer la información de estado de sesión y otra información pertinente.

Los requisitos para el intercambio de información a través de la interfaz Ri/Ri' comprenden:

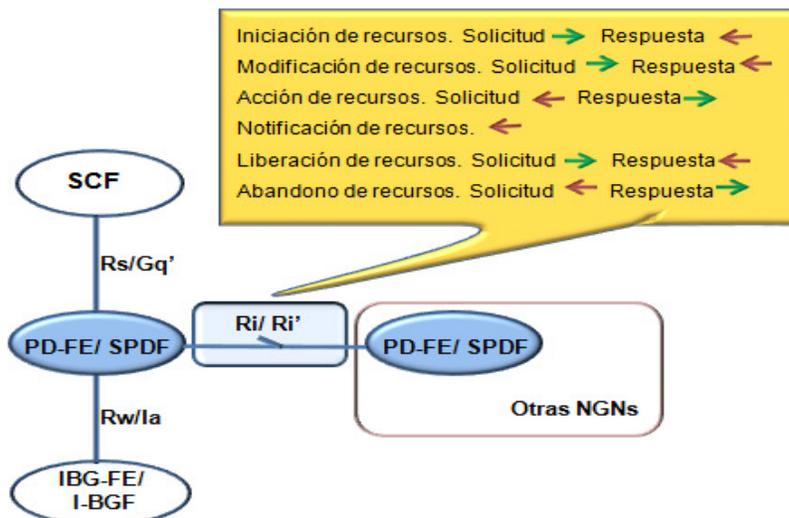
Requisitos	Descripción
<b>Transacciones solicitud y respuesta</b>	La interfaz Ri/Ri' debe permitir a la PD-FE/SPDF en un dominio administrativo realizar una solicitud para que sea ejecutada por su par en otro dominio, y obtener de él una respuesta.
<b>Notificaciones</b>	Ri/Ri' debe soportar la notificación de eventos asíncronos.
<b>Entrega confiable</b>	Ri/Ri' debe soportar la entrega confiable de los mensajes que se intercambian entre las PD-FE/SPDF.

<sup>4</sup> Los servicios wholesale son proporcionados por carriers de telecomunicaciones para el transporte de larga distancia de gran cantidad de datos.

<b>Capacidades</b>	Al solicitar recursos y otras funciones del plano de transporte, la PD-FE/SPDF que origina la solicitud, debe poder determinar las capacidades del par PD-FE/SPDF.
<b>Seguridad</b>	Se requiere que Ri/Ri' soporte la autenticación entre las PD-FE/SPDF, de tal manera que se pueda verificar la fuente de las notificaciones enviadas, y que las solicitudes desde fuentes no autorizadas no se ejecuten.
<b>Modos de comunicación</b>	Se deben soportar los siguientes modos de comunicación: Uno a varios: Una PD-FE/SPDF es capaz de hacer solicitudes a varias. Varios a uno: Una PD-FE/SPDF es capaz de aceptar solicitudes a varias.
<b>Granularidad</b>	La interfaz Ri/Ri' se requiere para soportar las solicitudes de control de recursos entre dominios administrativos con diferentes niveles de granularidad. Por ejemplo, niveles de flujo de medios, sesión de aplicación, función de control de servicio y de operador.
<b>Niveles de control de recursos</b>	Ri/Ri' se requiere para soportar las solicitudes de control de recursos entre dominios administrativos para el nivel de flujo de medios.

**Tabla 8. Requerimientos para el intercambio de información a través de la interfaz Ri/Ri'**

Durante el proceso de interconexión la PD-FE/SPDF intercambia con su par en el otro dominio interconectado los mensajes que se muestran en la figura 22 y se describen en la tabla 9.

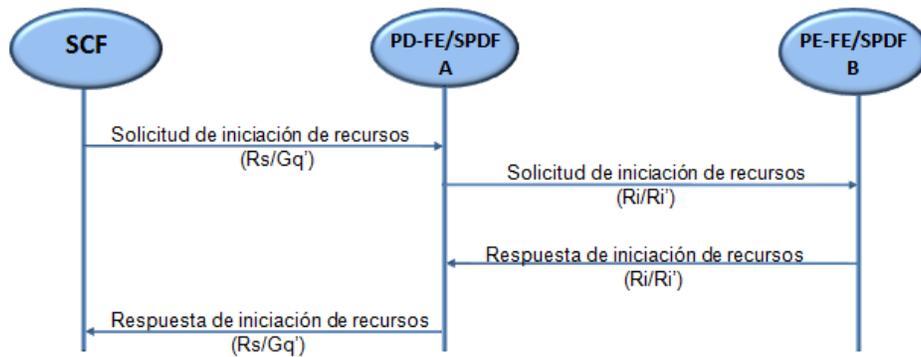


**Figura 18. Mensajes que se intercambian sobre la interfaz Ri/Ri'.**

<b>Mensaje</b>	<b>Descripción</b>
<b>Solicitud de iniciación de recursos</b>	Permite iniciar la sesión de control de recursos. La reservación de recursos puede ser utilizada para autorización, reservación, compromiso, ó para alguna combinación de las anteriores.
<b>Respuesta de iniciación de recursos</b>	Permite confirmar la solicitud de iniciación de recursos.
<b>Solicitud de modificación de recursos</b>	Permite solicitar la modificación de los recursos asignados a una sesión establecida.
<b>Respuesta de modificación de recursos</b>	Permite informar que se recibió una solicitud de modificación de recursos, e informar el resultado.
<b>Solicitud de acción de recursos</b>	Se envía cuando se necesita alguna acción de control de recursos específica para una sesión establecida, por ejemplo, recuperación de información de recursos.
<b>Respuesta de acción de recursos</b>	Se envía para confirmar que se recibió la solicitud, y para proveer la información del servicio solicitado.
<b>Solicitud de liberación de recursos</b>	Se envía para solicitar la reservación de los recursos asignados a una sesión establecida o a un flujo de medios individual.
<b>Respuesta de liberación de recursos</b>	Se envía para confirmar la solicitud e indicar el resultado.
<b>Solicitud de abandono de recursos</b>	Se envía para indicar la pérdida de todos los recursos asignados a una sesión establecida.
<b>Respuesta de abandono de recursos</b>	Se envía para confirmar la solicitud.
<b>Notificación de recursos</b>	Se envía para indicar que ha ocurrido un evento con los recursos de transporte asignados a una sesión establecida.

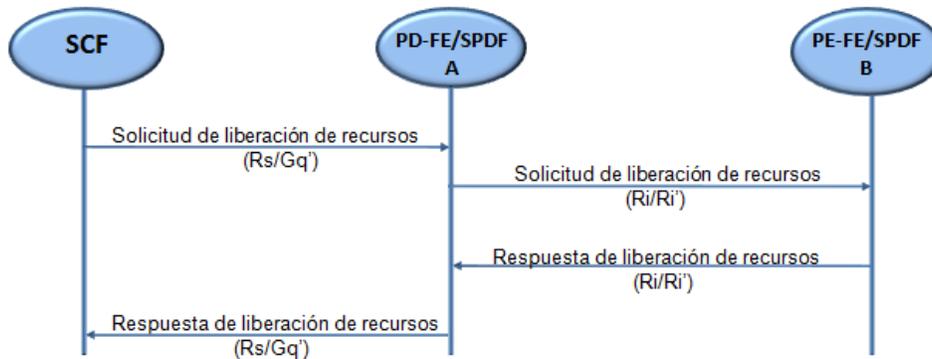
**Tabla 9. Mensajes que se intercambian sobre la interfaz Ri/Ri'**

En un escenario de nomadismo, la interfaz Ri/Ri' se utiliza para transmitir información de señalización de transporte para el control de QoS extremo a extremo, cuando el usuario se conecta desde una red visitada y desea acceder a los servicios de su red propia. La figura 23 muestra los mensajes de señalización para la reservación de recursos, las SCF envían la solicitud de control a la PD-FE/SPDF de la red propia, y ésta la reenvía a la PD-FE/SPDF de la red visitada para que coordine los recursos de QoS en las funciones de procesamiento de transporte.



**Figura 193. Procedimiento de señalización para el control de recursos de QoS entre dominios.**

La figura 24 muestra los mensajes de señalización para la liberación de los recursos, las SCF envían la solicitud a la PD-FE/SPDF de la red propia, y ésta la reenvía a la PD-FE/SPDF de la red visitada para que se liberen los recursos de QoS reservados.



**Figura 20. Procedimiento de señalización para la liberación de recursos de QoS entre dominios.**

Los componentes de información de los mensajes sobre la interfaz  $R_i/R_i'$  permiten la identificación de la sesión y flujo, para los cuales se desea realizar el control de recursos, estos componentes son similares a los que se utilizan sobre la interfaz  $R_s/Gq'$ , y se describen en [35].

- **Protocolo para la interfaz  $R_i/R_i'$**

La interfaz  $R_i/R_i'$  utiliza Diameter como protocolo de AAA, para realizar el intercambio de los mensajes de reservación y control de recursos entre dominios. Los perfiles del protocolo Diameter para las interfaces  $R_i$  y  $R_i'$  se han definido por la ITU en [60] y el ETSI en [61] respectivamente.

Según [60] el protocolo permite a la PD-FE proveer a su par, de información para identificar el flujo de medios y las características de QoS requeridas (por ejemplo,

clase de QoS, prioridad y ancho de banda), e indicar si se recomienda habilitar o no los medios tan pronto como se reserven los recursos.

Los perfiles para Ri/Ri' reutilizan los comandos de Diameter para realizar el intercambio de los mensajes entre las PD-FE/SPDF. Los mensajes de iniciación, modificación, acción, liberación, abandono y notificación de recursos tienen correspondencia con los comandos Diameter, y también se han definido AVPs adicionales, empleados específicamente para los componentes de información de los mensajes sobre Ri/Ri'.

### 2.3.3.1.2. Interfaz Rs/Gq'

- **Descripción**

La interfaz Rs/Gq' permite la comunicación interdominio, que facilita el intercambio de los mensajes para el control de recursos desde las SCF de un operador, hacia las PD-FE/SPDF de otro operador.

Además, proporciona a las SCF las capacidades para que éstas puedan realizar solicitudes de autorización y reservación de recursos, manejo de QoS y prioridad, firewall, control de NAPT y solicitud de información de correspondencia de dirección, información del uso de los recursos y la capacidad para solicitar la notificación de los eventos.

La figura 25, muestra el intercambio de los mensajes entre las SCF y las PD-FE/SPDF. Estos mensajes de iniciación, modificación, acción, notificación, liberación y abandono de recursos, son similares a los que se transportan con los mismos fines sobre Ri/Ri'.

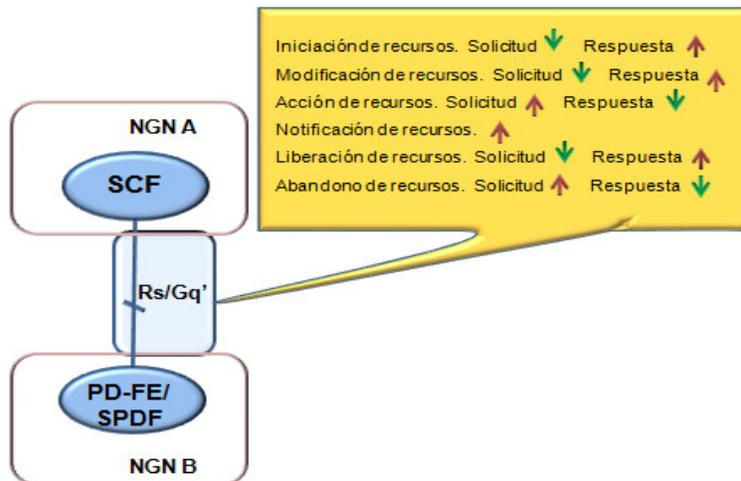


Figura 21. Mensajes que se intercambian sobre la interfaz Rs/Gq'.

- **Protocolo para la interfaz Rs/Gq'**

La interfaz Rs/Gq' utiliza perfiles de Diameter, para realizar el intercambio de los mensajes de reservación y control de recursos entre dominios. Los perfiles del protocolo Diameter son definidos por la ITU en [47] y el ETSI en [48], y se basan en los mismo principios que los perfiles para Ri/Ri'.

## **2.4. Interconexión con redes de conmutación de circuitos en el nivel de transporte**

La NGN debe proveer las capacidades para soportar la interconexión con redes tradicionales, mientras se realiza la migración completa hacia la NGN. De acuerdo con [11], la interconexión de la NGN con redes de conmutación de circuitos (CSN: Circuit-Switched Network), tales como la RTPC/RDSI y la RPMT (Red Pública Móvil Terrestre) debe soportar la prestación de servicios no basados en IP y mantener los niveles de calidad de las redes actuales.

En la actualidad, la interconexión entre redes tradicionales y redes de paquetes IP se realiza a través de dispositivos Softswitch. Estos combinan funcionalidades hardware y software para realizar control de llamadas, conversión de protocolos, autorización, contabilidad y administración de operaciones [62].

Dentro de la arquitectura NGN, el Softswitch abarca un conjunto de entidades funcionales del nivel de servicios y de transporte. En el nivel de servicios se encuentra la entidad funcional encargada del control de la conexión de medios, y en el nivel de transporte se encuentran las responsables del transporte de señalización a través de la red, y de la conversión, procesamiento y transporte de medios.

Las pasarelas ubicadas en los Pols deben incorporar las funciones del nivel de transporte, definidas para permitir la interconexión entre la NGN y las CSN. De acuerdo con [8, 9] las entidades funcionales encargadas de cumplir estas tareas son: la entidad funcional de pasarela de señalización y la entidad funcional de pasarela troncal de medios.

### **2.4.1. Entidades funcionales para la interconexión con las CSN**

#### **2.4.1.1. Entidad funcional de pasarela de señalización**

La entidad funcional de pasarela de señalización (SG-FE/SGF: Signalling Gateway Functional Entity) se encarga del interfuncionamiento en el nivel de transporte, entre la señalización de control de llamada del lado de la RTPC/RDSI ó RPMT, y la señalización del lado de la NGN. Esta entidad funcional adapta la señalización de la RTPC/RDSI para que se transporte sobre la red IP, se convierta y procese por las funciones del nivel de servicios [8, 9].

#### **2.4.1.2. Entidad funcional de pasarela troncal de medios**

La entidad funcional de pasarela troncal de medios (TMG-FE/T-MGF: Trunking Media Gateway Functional Entity) permite el interfuncionamiento entre el transporte basado en

paquetes y las líneas troncales de las CSN. Esta entidad funcional realiza la conversión del tráfico transportado en paquetes IP dentro de las NGN, y el tráfico TDM (Time-Division Multiplexing) de los nodos de conmutación de circuitos como: centrales de tránsito, locales e internacionales de la RTPC/RDSI y RPMT [8, 9].

La funcionalidad de esta entidad comprende: conversión analógico-digital, codificación de audio y video, cancelación de eco, detección de silencio, salida DTMF y la conversión de flujos de voz en formato PCM (Pulse Code Modulation) procedentes de la RTPC/RDSI a flujos en formato RTP y viceversa [63].

#### 2.4.2. Interfaces internas necesarias para la interconexión con redes CSN

La interconexión con las redes CSN se coordina desde el nivel de servicios de la NGN. Los subsistemas PES e IMS, permiten la simulación y emulación de los servicios tradicionales de las CSN, debido a que incluyen la entidad funcional de control de pasarela de medios (MGC-FE: Media Gateway Control Funcional Entity / MGCF: Media Gateway Control Function) que interactúa con la SG-FE/SGF y la TMG-FE/T-MGF, a través de las interfaces le y Mn, que se describen en la tabla 10.

Interfaz		Entidades Funcionales comprometidas		Descripción	Protocolo
ITU	ETSI	ITU	ETSI		
le	le	SG-FE – MGC-FE	SGF – MGCF	La SG-FE/SGF envía los mensajes de señalización SS7 sobre IP, a la MGC-FE/MGCF que realiza el intercambio entre los mensajes de control de llamada/sesión SIP y los de SS7.	SCTP <sup>5</sup>
Mn	Mn	TMG-FE – MGC-FE	T-MGF – MGCF	Permite a la MGC-FE/MGCF controlar la TMG-FE/T-MGF. Esta interfaz se usa para especificar los flujos de información entre la TMG-FE/T-MGF y los componentes de servicio de la RTPC/RDSI.	H.248 <sup>6</sup>

**Tabla 10. Interfaces internas para la interconexión con redes CSN.**

<sup>5</sup> (SCTP: Stream Control Transmission Protocol).

Para el transporte de información sobre la interfaz le, la SG-FE/SGF provee una adaptación de transporte entre SCTP/IP y la parte de transferencia de mensajes (MTP: Message Transfer Part), de acuerdo con la arquitectura SIGTRAN, ampliamente definida en [63].

<sup>6</sup> La interfaz Mn soporta el protocolo H.248 definido por la ITU y el Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet (IETF: Internet Engineering Task Force) en [64]. En [62] se especifican los procedimientos de control de la pasarela de medios, necesarios para el interfuncionamiento con redes CSN.

### 2.4.3. Interfaces NNI para la interconexión con redes CSN

Las interfaces de interconexión entre la NGN y las CSN, deben cumplir con las características de señalización y de transmisión de datos, que se utilizan actualmente para la interconexión de redes tradicionales, las cuales pueden variar de acuerdo con lo establecido por las entidades reguladoras de cada país.

#### 2.4.3.1. Interfaz de señalización

- **Descripción**

Esta Interfaz comunica los dispositivos de señalización de las redes CSN y las pasarelas de señalización de la NGN. Además, permite el intercambio de los mensajes para el control de llamadas y servicios suplementarios, para el establecimiento, monitoreo y liberación de los canales de 64Kbps de voz o datos, y es lógicamente independiente de la conmutación de circuitos, y se encarga del transporte de los mensajes de señalización.

- **Protocolos para la interfaz de señalización**

Esta interfaz debe soportar los protocolos de señalización de las redes tradicionales. Actualmente estas redes utilizan el sistema SS7, que se describe en la serie de recomendaciones Q.7xx de la ITU, para la interconexión local, nacional e internacional entre centrales telefónicas.

La estructura lógica del SS7 se fundamenta en el modelo de 7 capas de OSI. En términos generales, las capas 1 a 3 de OSI corresponden a los niveles 1, 2 y 3 de la parte de transferencia de mensajes (MTP: Message Transfer Part) y la parte de control de conexión de señalización (SCCP: Signalling Connection Control Part). Las capas 4 a 7 de OSI corresponden a las partes de usuario y de aplicación, responsables del establecimiento de la conexión a la red y la transmisión de la información.

Las partes de usuario contienen funciones para procesar la información de señalización antes y después de la transmisión. La parte de usuario ISDN (ISUP: ISDN User Part) del protocolo SS7, se utiliza mundialmente, para el manejo de las llamadas telefónicas en las redes de conmutación de circuitos.

En las recomendaciones Q.761-Q.764 [66, 67, 68, 69], la ITU provee las bases para que los países o regiones geográficas puedan definir sus propias versiones ISUP. En Estados Unidos el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI: American National Standards Institute) ha creado sus propios estándares para el uso de ISUP en las redes locales y de larga distancia; por otro lado, el ETSI en [70] y [71] ha desarrollado las bases para las versiones europeas.

En Colombia el Ministerio de Comunicaciones y la CRC, han definido la norma nacional de señalización [72], en la cual se adopta SS7 para el territorio colombiano, de acuerdo con las recomendaciones de la ITU. Sin embargo, la CRC en el artículo 4.2.1.12 de 2002 del Régimen Unificado de Interconexión (RUDI) [73] establece que:

*“Los operadores de servicios de telecomunicaciones están en libertad de negociar con los demás operadores la adopción de la norma de señalización que resulte más apropiada para efectos de la interconexión de sus redes.”*

De esta manera, se recomienda a los operadores de la NGN considerar los acuerdos existentes de señalización para la interconexión entre redes CSN. Según lo establecido por la CRC, el operador que solicita la interconexión puede requerir cualquier sistema de señalización al operador interconectante, siempre que éste pueda ofrecerlo sin causar daños a la red, o perjudicar los servicios que en ella se prestan.

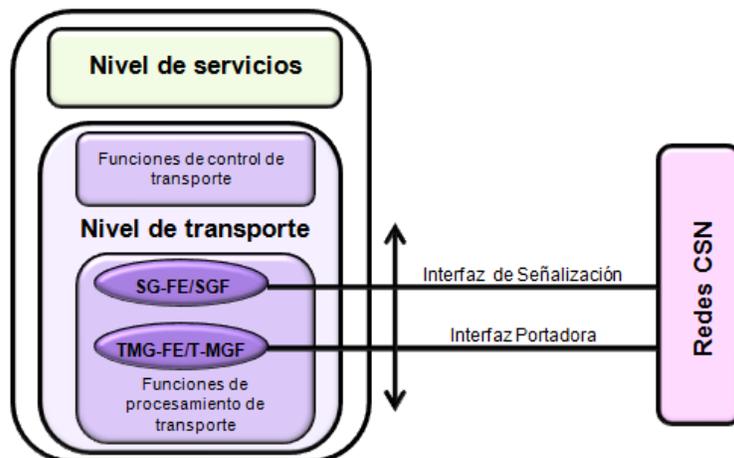
### 2.4.3.2. Interfaz de portadora

- **Descripción**

Esta interfaz establece un canal entre la NGN y la CSN para el intercambio de flujos de voz o datos. La interfaz portadora transporta la señal de voz codificada en formato PCM de 64Kbps, entre los nodos de conmutación de circuitos y la TMG-FE/T-MGF.

La interfaz portadora en el nivel de transmisión debe soportar por lo menos alguna de las recomendaciones [74, 75, 76, 77], de la ITU, donde se especifican las características físicas, eléctricas y funcionales asociadas a las interfaces de transmisión digital entre centrales telefónicas.

La figura 26, muestra las entidades funcionales e interfaces necesarias para la interconexión entre la NGN y las CSN.



**Figura 22. Entidades funcionales e interfaces que intervienen en la interconexión con la RTPC/RDSI. Basada en [9].**

En la tabla 11, se sintetiza la información que corresponde a las interfaces y protocolos necesarios para realizar la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte.

Tipo de Interconexión	Interfaz		Tipo de interfaz	Entidades funcionales comprometidas		Protocolo
	ITU	ETSI		ITU	ETSI	
Interconexión con redes CSN	Interfaz de señalización		Interdominio	SG-FE/SGF – nodos de señalización de la CSN		ISUP SS7
	Interfaz portadora <sup>7</sup>		Interdominio	TMG-FE/T-MGF – nodos de la CSN		
Interconexión con otras NGN	Rs	Gq'	Intradominio Interdominio	IBC-FE – PD-FE	I-BCF- SPDF	Diameter
	Iz <sup>8</sup>		Interdominio	IBG-FE	I-BGF	IP
	Ng	e2	Interdominio	TLM-FE	CLF	Diameter
	Ni	e5	Intradominio Interdominio	TAA-FE	UAAF	Diameter
	Ri	Ri'	Interdominio	PD-FE	SPDF	Diameter

**Tabla 11. Interfaces y protocolos para la interconexión de la NGN.**

Como se ha descrito en este capítulo, la interconexión de la NGN en el nivel de transporte requiere de la identificación de las funcionalidades lógicas de las pasarelas y de las diferentes interfaces, además de los protocolos definidos para cada una de ellas. Así, los acuerdos entre operadores, deben incluir una clara especificación de los elementos a utilizar, y considerar las normas establecidas por los entes de regulación y estandarización, tales como la ITU y el ETSI.

<sup>7</sup> Para la interfaz portadora se debe soportar la transmisión de datos de la manera en la que se hace para las redes tradicionales, utilizando para el transporte de medios PCM (Pulse Code Modulation) y TDM, sobre interfaces E1, T1 o sus múltiples.

<sup>8</sup> La interfaz Iz también permite la interconexión entre las redes NGN y otras redes basadas en paquetes.

### **CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE UN ESQUEMA DE PRUEBAS PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES NGN EN EL NIVEL DE TRANSPORTE**

Las pruebas son operaciones realizadas para medir, verificar o clasificar directamente las características de un sistema, mediante la práctica de un procedimiento cualquiera [78, 79]. En la interconexión, las pruebas permiten evaluar el comportamiento global de las redes interconectantes, para que los servicios se entreguen a los usuarios de manera correcta y confiable.

De acuerdo con [80], estas pruebas se deben realizar al principio de la interconexión y cuando se han realizado modificaciones de los elementos interconectados, para verificar que los sistemas y sus interfaces interfuncionen adecuadamente sin poner en riesgo la integridad de las redes.

Los objetivos de las pruebas de interconexión consisten en:

- Permitir a los operadores verificar que sus usuarios reciban los servicios suscritos cuando se conectan con usuarios de otras redes.
- Verificar el aprovisionamiento de servicios a los usuarios de diferentes redes, a través de la comprobación del interfuncionamiento entre las redes interconectadas.
- Probar y observar el comportamiento global de las redes tanto como sea posible, con el fin de prevenir o limitar el impacto de la interconexión.
- Evitar tiempo y costos excesivos de pruebas.

Para el cumplimiento de estos objetivos, en este capítulo se propone un esquema de pruebas que puede servir como referencia para verificar la funcionalidad, conectividad, confiabilidad, desempeño, y seguridad de la interconexión en el nivel de transporte.

#### **3.1. Proceso de pruebas de interconexión**

El proceso de pruebas de interconexión consiste en el conjunto de actividades que deben realizar los operadores de redes, para verificar la viabilidad de la interconexión, e identificar fallas o problemas que puedan afectar el buen funcionamiento de las mismas.

Este proceso se compone de las siguientes etapas:

- **Preparación:** consiste en la determinación de los aspectos básicos necesarios para la realización de las pruebas.
- **Definición:** consiste en el establecimiento del objetivo de cada prueba y del procedimiento que se debe seguir para su ejecución.
- **Ejecución:** consiste en la realización de las pruebas para determinar el resultado de las mismas.
- **Análisis de resultados:** permite evaluar si las pruebas se superaron con éxito o no, y definir acciones a tomar.

El esquema de pruebas se encuentra enmarcado dentro las etapas de definición, ejecución y análisis de resultados, y se relaciona directamente con los objetivos que se establecen para la interconexión.

El proceso de pruebas de interconexión debe documentarse para describir las actividades necesarias que garanticen; que la interconexión entre los operadores de redes cumpla con las características de calidad, seguridad, estabilidad, confiabilidad y desempeño.

### 3.1.1. Etapa I: Preparación

Los operadores que deseen interconectarse deben tener en cuenta, que antes de iniciar las pruebas, se necesita organizar una serie de reuniones técnicas para discutir lo relacionado con la interconexión.

Las partes interconectantes deberán compartir información detallada de los dispositivos que se disponen a interconectar, de las capacidades operacionales y las declaraciones de conformidad a especificaciones técnicas y operacionales. Además, es importante que lleguen a un acuerdo acerca de que pruebas se van ejecutar, definan un calendario para su realización y el personal encargado, teniendo en cuenta que se deben gestionar de una manera efectiva.

- **Cronograma de actividades:** el tiempo de realización de las pruebas de interconexión debe ser reservado por cada operador, una vez estas fechas se confirman por escrito, se espera que las partes interconectantes hagan todo lo posible por mantenerlas; sin embargo, algunas veces ocurren problemas técnicos y de recursos que repercuten en la iniciación y finalización de las pruebas. Si un operador identifica problemas que pueden impedir la iniciación de las pruebas de interconexión a tiempo, su deber es informar de inmediato al otro operador para discutir el problema y en caso de ser necesario reprogramarlas.
- **Asignación de responsabilidades:** el proceso de pruebas requiere de una buena organización de las responsabilidades de cada operador. Ambas partes interconectantes deben realizar labores similares y conocer que acciones tomar bajo cada tipo de situación. Para esto se propone que los operadores cuenten con un personal que se encargue de la dirección, realización y análisis de las pruebas.
  - **Ingenieros de pruebas:** son las personas encargadas de ejecutar las pruebas, comparar los resultados obtenidos con los esperados, y reportar y resolver los problemas encontrados. Es responsabilidad de cada parte interconectante designar sus propios ingenieros de pruebas.
  - **Coordinador:** es quien organiza la prueba y tiene conocimiento general de las actividades, y de la situación de los enlaces de conexión durante la etapa de ejecución. Para este rol se debe garantizar una persona por cada parte interconectante.
  - **Comité de pruebas:** está compuesto por un grupo de representantes de cada operador, entre ellos: los coordinadores de cada parte y los ingenieros de pruebas, que se reúnen para ayudar a resolver los problemas que no han podido ser solucionados a tiempo. Después de discutir el problema, se

encargan de desarrollar una solución y restablecer la confianza en los procesos de pruebas.

- **Equipos de prueba:** en el proceso de instalación de la red NGN y su interconexión se requieren equipos especiales, que deben probar los diferentes niveles (transporte y servicios), las interfaces correspondientes y también servicios de extremo a extremo. Debido a la introducción de servicios *triple-play*, ya se cuenta con diferentes equipos de prueba en el mercado: equipo de prueba para rendimiento de interfaces<sup>9</sup>, equipo de prueba para evaluar la QoS en ambas interfaces, y en conexiones de extremo a extremo<sup>10</sup>, y diferentes tipos de equipos para pruebas de campo<sup>11</sup>. Existen también algunas compañías que realizan pruebas de validación para soluciones NGN, cuyos resultados pueden servir de base para evitar la realización de pruebas de interconexión innecesarias<sup>12</sup>.

Al final de esta etapa se debe generar un documento donde se expliquen los aspectos básicos del proceso de pruebas de interconexión. Este documento debe incluir:

- Identificación e información de contacto: nombre de los operadores interconectantes y la información de contacto de los principales responsables de las pruebas.
- Descripción y distribución de las responsabilidades de las partes interconectantes.
- Cronograma de actividades.
- Descripción y asignación de las actividades para el mantenimiento de la interconexión.

### 3.1.2. Etapa II: Definición

En la etapa de definición, se debe generar un plan de pruebas, que depende de las metas operacionales de las partes interconectantes. La definición del plan de pruebas requiere del conocimiento previo de los servicios a los que dará soporte la infraestructura de la red y de las características y capacidades de desempeño, para garantizar alta calidad y disponibilidad.

Cada plan, se compone de un conjunto de casos de prueba orientados a verificar el cumplimiento de objetivos específicos. Para verificar que éstos se cumplan y se establezcan las condiciones necesarias para su realización, en la etapa de definición deben realizarse las siguientes actividades:

- **Definición del escenario de pruebas:** los operadores interconectantes deben definir conjuntamente un escenario para la realización de pruebas, teniendo en cuenta los tipos de servicios a los que se desee dar soporte sobre las redes interconectadas. La definición de dicho escenario abarca la descripción de los

---

<sup>9</sup> CSA Convergent Service Analyzer, Anacise Testnology Corp [80].

<sup>10</sup> NGN Quality Testing TiQoS Platform, VIERTLING Communications GmbH. [81].

<sup>11</sup> NGN Product Solutions Guide. [82].

<sup>12</sup> Cisco Service Provider Test and Validation Services [83].

distintos equipos e interfaces físicas y eléctricas del punto de interconexión (Pol: Point of Interconnection).

A partir de la arquitectura física y lógica del escenario de pruebas final, los operadores deben identificar coordinadamente, dónde se instalaran los equipos del escenario de pruebas y la forma de interconectarlos. Cada operador es responsable de la instalación y configuración de los equipos definidos en el escenario de pruebas que le corresponden, y debe intercambiar información técnica relacionada con el direccionamiento, enrutamiento, numeración, etc.

- **Creación del caso de prueba:** para cada caso de prueba definido por los operadores, se establece un objetivo y un criterio de aceptación, con los que se comparan los resultados obtenidos de la ejecución, para determinar la existencia o no de fallas.

La definición de los casos de pruebas debe ser lo suficientemente detallada, con el fin de determinar el mayor número de fallas posibles. Esta definición puede incluir la siguiente información:

- **Objetivo:** explica lo que se quiere lograr con la prueba.
  - **Ambiente de pruebas:** contiene la descripción de los equipos y la configuración necesaria para la realización de la prueba, puede contener el diagrama de la configuración o una referencia a él.
  - **Condiciones iniciales:** conjunto de requerimientos que se deben cumplir antes de la realización de la prueba, estos pueden abarcar los resultados exitosos de pruebas anteriores.
  - **Referencias normativas:** En caso de que existan, se deben indicar los documentos en los que se especifican los parámetros o procedimientos que van a ser verificados.
  - **Procedimiento del caso de prueba:** Indica las acciones requeridas en el desarrollo de la prueba. Éste debe ser lo suficientemente claro, para permitir a las personas encargadas realizar las pruebas o repetirlas, las veces que sea necesario.
  - **Resultados esperados:** presenta los resultados deseados que se pretende obtener en cada prueba, éstos se deben describir claramente, para facilitar la identificación y detección de fallas.
- **Documentación del plan de pruebas:** el documento del plan de pruebas detallado debe ser realizado de común acuerdo entre los operadores antes de iniciar la interconexión y debe contener la siguiente información:
    - Especificación y descripción de todos los casos de prueba.
    - Definición del tiempo requerido para la realización de las pruebas.
    - Información de los recursos necesarios.
    - Descripción de la configuración que se va a emplear.
    - Definición de las condiciones iniciales y finales de los casos de prueba.
    - Descripción de los formatos relacionados con las actividades de prueba, tales como: reportes de resultados, reportes de fallas, entre otros.

Para cada caso de prueba se debe crear un formato donde se describe detalladamente el objetivo, el procedimiento, la configuración, las condiciones iniciales y finales, y los resultados esperados de la prueba.

En la figura 27, se ilustra la propuesta de un formato para la descripción de cada caso de prueba de interconexión.

HOJA DE PRUEBAS			
<b>Identificación del caso de prueba</b>		<b>Referencia normativa</b>	
<b>Tiempo estimado</b>		<b>Dirección de la realización de la prueba</b>	
		<b>A -&gt; B</b>	<b>B -&gt; A</b>
<b>Ingeniero responsable de la realización de la prueba</b>			
<b>Propósito</b>			
<b>Configuración</b>			
<b>Estado inicial</b>			
<b>Procedimiento de la prueba</b>			
<b>Resultados esperados</b>			
<b>Condiciones finales</b>			
Firma coordinador operador A: _____ Fecha y hora de inicio: _____			
Firma coordinador operador B: _____ Fecha y hora de finalización: _____			

**Figura 23. Formato de descripción de pruebas.**

En la sección 3.2 de este capítulo, se propone un conjunto de pruebas que pueden servir como referencia en los procesos de evaluación para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte. La definición de los planes de pruebas detallados están fuera del alcance de este proyecto, ya que éstos deben ser acordados entre los operadores interconectantes, pues dependen directamente de los servicios que se van soportar y de la infraestructura de las redes.

### 3.1.3. Etapa III: Ejecución

La etapa de ejecución de los casos de pruebas, se pretende comprobar que las redes estén integradas apropiadamente para soportar el provisionamiento de servicios, y que se cumpla con las metas operacionales establecidas.

Una vez se han determinado los dispositivos necesarios y los objetivos de los casos de prueba, se procede a su realización. La ejecución comprende la validación de la configuración, el desarrollo y la documentación de resultados.

- **Validación de la configuración:** una vez se han instalado todos los equipos, se debe validar la configuración, con el fin de confirmar que se tenga disponible la infraestructura necesaria para iniciar la ejecución de pruebas. La validación debe garantizar que se cumplan las siguientes condiciones:
  - La instalación y la configuración de los equipos debe estar finalizada.
  - Los equipos deben haber sido configurados adecuadamente por cada operador de acuerdo al escenario establecido, sin que existan alarmas reportadas, o cualquier otra circunstancia que pueda afectar la ejecución de las pruebas.
  - El escenario de pruebas debe estar configurado para soportar los servicios de la interconexión.
  - Las pruebas a realizar deben estar previamente definidas.
  
- **Desarrollo y documentación de resultados:** en este punto se deben seguir todas las recomendaciones y procedimientos descritos en la creación del caso de prueba para el desarrollo de la misma. Después de la ejecución, el evaluador debe incluir los resultados obtenidos de manera completa y específica, para determinar si se acepta la prueba o es necesario repetirla. El evaluador también puede adjuntar comentarios u observaciones acerca de los resultados obtenidos, o un documento especial cuantitativo como diagramas, tablas, archivos de registro, etc. Debe existir un formato que permita realizar el registro del propósito de las pruebas, y los resultados obtenidos después de la ejecución, los cuales deben especificarse para todos los casos. La documentación de la ejecución puede presentarse junto con la documentación de la etapa de análisis de resultados, como se propone en la figura 28.

### 3.1.4. Etapa IV: Análisis de resultados

En la terminación de la etapa de ejecución de pruebas, los resultados obtenidos deben ser analizados y reunidos en un informe de aceptación de pruebas. El resultado puede ser positivo, negativo, un valor numérico o porcentual, etc., dependiendo de lo que se haya determinado por las partes interconectantes.

Si los resultados de las pruebas realizadas, no cumplen con las condiciones específicas para lograr resultados satisfactorios, el operador responsable de las pruebas que han resultado fallidas, debe realizar las correcciones necesarias con la prontitud del caso.

En la figura 28, se ilustra la propuesta de un formato para la descripción de la ejecución de las pruebas y la conclusión del análisis de resultados.

HOJA DE RESULTADOS							
Identificación del caso de prueba	Propósito	Fecha y hora de ejecución	Resultados esperados	Resultados obtenidos	Pasó	Falló	Comentarios
Firma encargado operador A: _____							
Firma encargado operador B: _____							

**Figura 24. Formato de resultados y análisis.**

### 3.1.5. Recuperación de fallas

La recuperación de fallas consiste en un conjunto de pasos que al seguirlos permiten detectar, monitorear y solucionar los problemas que se pueden presentar, durante la ejecución de las pruebas de interconexión, o cuando los resultados obtenidos no coincidan con los esperados.

Es importante porque asegura y determina que la comunicación entre los diferentes operadores funcione, sea segura, preserve la integridad de la red y garantice un nivel mínimo de calidad del servicio, al inicio y durante toda la interconexión.

Ésta no se considera una etapa del proceso de pruebas de interconexión, sin embargo se debe incluir cuando se presentan fallas.

En caso de fallas en la ejecución, los ingenieros de pruebas deben encargarse de realizar las siguientes actividades:

- **Clasificación de las fallas:** las fallas se pueden clasificar dependiendo del efecto que estas tengan sobre el correcto funcionamiento de la red. La tabla 12, muestra una clasificación en la que se proponen cuatro categorías para las fallas encontradas durante las actividades de pruebas de interconexión.

Clasificación de las fallas	Descripción	Consecuencias	Recomendación
<b>Falla severa</b>	La falla impide la totalidad de la prueba o gran parte de ella.	Parar la prueba.	La solución del problema debe iniciar inmediatamente y se debe completar en $t_1$ <sup>13</sup> .
<b>Falla principal</b>	La falla tiene un grave impacto en el uso del servicio y/o desempeño del sistema (no puede ser aceptado en la fase operacional).	Impide el inicio de la siguiente prueba y/o la puesta del servicio comercial.	El problema se debe resolver en $t_2$ <sup>5</sup> .
<b>Falla secundaria</b>	La falla afecta la calidad del servicio y/o el desempeño del sistema, pero no es percibida por el usuario.	No impide empezar la siguiente prueba o la puesta del servicio comercial.	El problema se debe resolver en $t_3$ <sup>5</sup> .
<b>Imperfección</b>	Las fallas no afectan la calidad del servicio.	El problema debe ser documentado.	El problema se debe resolver para futuras actualizaciones.

**Tabla 12. Clasificación de las fallas.**

- **Detección de fallas:** las fallas se detectan cuando los resultados obtenidos en las pruebas no coinciden con los esperados; en el momento de la detección el ingeniero de pruebas deberá tener en cuenta los siguientes factores:
  - Evaluación de la ejecución de la prueba (correctamente ejecutada o no).
  - Tiempo de corrección (inmediatamente, dentro de los parámetros establecidos en los acuerdos o no).
  - Posible solución.
- **Registro y análisis de la falla:** cuando se presentan fallas en el sistema, el ingeniero deberá reportar cada falla que no haya podido solucionar en el periodo de tiempo definido internamente. El encargado analizará la falla, determinará quién es el responsable de su solución, y de acuerdo con la clasificación fijará una fecha dentro los tiempos establecidos.
- **Recuperación de la falla:** cuando una falla se soluciona dentro del tiempo acordado, la parte que la soluciona debe explicar lo realizado y documentarlo, con

<sup>13</sup> El tiempo  $t_i$  se acuerda entre las dos partes antes de iniciar el proceso de pruebas, de acuerdo a la gravedad de la falla.

el fin de que los operadores conozcan cuáles áreas se afectaron, los cambios que se realizaron y puedan acodar las pruebas a repetir.

Si la falla no se resuelve dentro del tiempo establecido, se debe considerar remitir el caso al coordinador de la prueba.

- **Repetición de la prueba después de la recuperación de la falla:** después de realizar los cambios para solucionar los problemas, se debe programar la repetición de la prueba y ejecutarla.  
Si la repetición de la prueba no es satisfactoria, se debe remitir el caso al encargado inmediatamente superior.
- **Reporte de fallas:** los reportes de fallas sirven para manejar de manera uniforme y eficiente, los problemas que surgen durante la ejecución de las pruebas. Después del análisis y clasificación de fallas de cada caso de prueba, se recomienda realizar el registro del problema, la posible solución, y el resultado de la repetición de la prueba. El reporte debe contener la siguiente información:
  - **Referencia de la prueba:** Identificación del caso de prueba donde ocurrió la falla, la cual puede encontrarse descrita dentro del plan detallado de pruebas, o dentro de una especificación nacional o internacional.
  - **Descripción de la falla:** Descripción de los efectos de la falla, las causas y ubicación, si se conocen.
  - **Clasificación:** depende del grado de gravedad de la falla.
  - Operador responsable de resolver el problema.
  - Fecha estimada para la resolución del problema
  - **Solución del problema:**
    - Estado del problema.
    - Descripción de la solución.
    - Pruebas requeridas para verificar la solución del problema.
    - Resultados (falló / pasó).

En la figura 29, se ilustra la propuesta de un formato para el reporte de fallas de las pruebas de interconexión.

HOJA DE REPORTE DE FALLAS											
Identificación del caso de prueba	Fecha y hora de la Ejecución de la prueba	Falla presentada	Clasificación de la falla				Responsable de la solución de la falla		Fecha limite para la solución de la falla	Solución de la falla y nuevas pruebas requeridas	Observaciones
			S	P	Sc	I	Operador A	Operador B			
Firma encargado operador A: _____											
Firma encargado operador B: _____											

**Figura 25.Formato de reporte de fallas.**

Cuando los problemas en las pruebas de interconexión no se han resuelto satisfactoriamente por el ingeniero de pruebas o el coordinador, se debe acudir al comité de pruebas. Las razones más comunes para llevar a cabo este procedimiento son:

- Incumplimiento en los tiempos establecidos.
- Resultados no satisfactorios de las pruebas.
- Falta de progreso en la prueba o en la solución del problema.
- Repeticiones fallidas de las pruebas.

La tabla 13, sintetiza la información de las etapas del proceso de pruebas de interconexión, y se incluye la recuperación de fallas que se puede presentar o no.

Etapa	Preparación	Definición	Ejecución	Análisis de resultados	Recuperación de fallas
<b>Descripción</b>	Consiste en el establecimiento y definición de las condiciones necesarias para iniciar la realización de pruebas.	Consiste en la descripción detallada de las pruebas, teniendo en cuenta los servicios, características y metas operacionales.	Consiste en la realización de las pruebas descritas en la etapa de definición.	Consiste en el análisis de los resultados obtenidos al final de la etapa de ejecución.	Consiste en la implementación de los procedimientos para clasificar y solucionar las fallas que se presenten.
<b>Resultado</b>	Documento de los aspectos básicos del proceso de pruebas de interconexión.	Documento de descripción del plan de pruebas.	Documento de la ejecución y análisis de resultados.		Documento de reporte de fallas.

**Tabla 13. Etapas del proceso de pruebas de interconexión.**

Una vez se han terminado las etapas del proceso de pruebas de interconexión, se debe presentar un documento que contenga la descripción general de los resultados, problemas y observaciones de las actividades más importantes. Esta información debe proporcionar la confianza suficiente para llevar la interconexión a operación.

### 3.2. Pruebas para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte

En general, las pruebas de interconexión de las redes de telecomunicaciones se dividen en dos grupos. El primer grupo cubre las pruebas que se realizan para asegurar la integridad de la red y el funcionamiento apropiado cuando la interconexión opera, y el segundo grupo se encarga de garantizar que todos los otros aspectos relevantes de la interconexión, tales como: QoS, seguridad, estabilidad, se implementen correctamente.

Para la realización del esquema de pruebas de interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, se propone que estos grupos de pruebas se clasifiquen en categorías, que se encargan de cumplir un objetivo general, éstas a su vez se pueden dividir en objetivos específicos, relacionados directamente con los casos de pruebas.

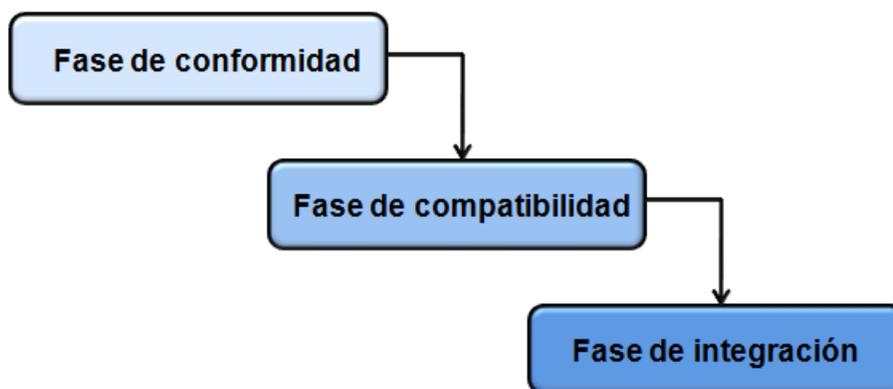
Las categorías que se proponen para el esquema de pruebas para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte son:

- **Pruebas de funcionalidad:** éstas se realizan para que los operadores tengan certeza de que los dispositivos conectados a sus redes desempeñen su funcionalidad de manera segura y confiable.
- **Pruebas de validación:** éstas se realizan para asegurar la integridad de la red, mediante la comprobación que las interfaces y protocolos, cumplan con los estándares acordados, teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales.
- **Pruebas de conectividad:** el objetivo principal de estas pruebas consiste en evaluar la conectividad entre los dispositivos interconectados, y entre usuarios finales. Además, evalúan que la configuración de la red y equipos de prueba funcionen correctamente [85].
- **Pruebas de confiabilidad:** éstas evalúan el tiempo de funcionamiento del sistema antes de que se produzca algún error, están también relacionadas con la consecución de resultados correctos, y con el control de la detección de errores y de la recuperación después de fallas.
- **Pruebas de desempeño:** éstas permiten verificar el comportamiento de la red a través de la medición de aspectos relevantes para la QoS, la evaluación de la disponibilidad de la red [85].
- **Pruebas de seguridad:** éstas se realizan para garantizar la integridad de la red y las comunicaciones; lo cual implica verificar la seguridad extremo a extremo, cuando se atraviesan diferentes dominios de proveedores de red, donde cada uno es responsable de la seguridad dentro de su dominio.

Para el caso particular de las pruebas de interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, en este trabajo se proponen tres fases, en las que se encontrarán las categorías de pruebas ya mencionadas y los objetivos específicos. Estas fases son:

- Fase de conformidad.
- Fase de compatibilidad.
- Fase de integración.

La figura 30 muestra el diagrama que describe la organización de las fases del proceso de pruebas para la interconexión, este diagrama sigue el modelo de cascada, el cual facilita una planificación sencilla, y es recomendado en los procesos de pruebas y utilizado en el desarrollo de software. Según este modelo, cada fase se debe ejecutar completamente antes de iniciar la siguiente.



**Figura 30. Diagrama de la organización de las fases de las pruebas para la interconexión.**

### **3.2.1. Fase de conformidad**

Es la primera fase de las pruebas, su objetivo es determinar si existe la confianza suficiente en los aspectos técnicos básicos para establecer la interconexión. Las pruebas de conformidad se realizan para verificar que los sistemas (hardware y software) cumplan apropiadamente con las normas nacionales o internacionales, relacionadas con la interconexión entre operadores.

Según [7] las pruebas aplicables a la NGN se dividen en dos niveles principales: pruebas locales de medios técnicos y pruebas de red. Las pruebas de medios técnicos, se realizan a los equipos de red que sirven como base para la construcción de las soluciones NGN, y las pruebas de red, se realizan globalmente a las soluciones NGN y a los servicios de telecomunicaciones que se implementan sobre ellas.

La fase de conformidad abarca pruebas funcionales, que permiten verificar el correcto desempeño de los equipos que implementan las entidades funcionales (FE: Functional Entity) de la arquitectura NGN, y las pruebas de validación que verifican que los

protocolos e interfaces cumplan con los requisitos de las recomendaciones ITU o los estándares ETSI.

Las pruebas de la fase de conformidad se centran en la instrucción detallada de protocolos y características que debe cumplir algún medio técnico. Éstas consisten en el proceso de seleccionar sistemáticamente cada requisito de un estándar, y comprobar si el dispositivo que implementa la funcionalidad opera según ese requisito. Para esto se realiza una serie de pruebas funcionales por cada requerimiento [86].

Dado que la conformidad es un prerrequisito esencial para iniciar la interconexión, cada operador es responsable individualmente de este tipo de pruebas, y debe demostrar al otro operador que se han obtenido resultados exitosos. Según [7] las pruebas de conformidad se realizan generalmente en un ambiente de fábrica, por lo que en la mayoría de los casos los resultados de estas pruebas se pueden obtener de los vendedores de equipos.

En caso de que un operador se haya interconectado previamente con otro operador, puede utilizarse el correcto funcionamiento de esta interconexión, como comprobación de conformidad.

Los operadores deben establecer un acuerdo de interconexión donde se especifiquen las condiciones iniciales y finales de la fase, con el fin de que la información relevante para el comienzo y cumplimiento para cada fase sea bien entendida. En caso de no establecer estas condiciones, la finalización podría prolongarse y complicarse, afectando la operación de los servicios.

### **3.2.2. Fase de compatibilidad**

El objetivo más importante de la fase de compatibilidad, es comprobar si se ejecutan las funciones específicas de los medios técnicos de la red, y si la implementación de los protocolos es completa y suficiente.

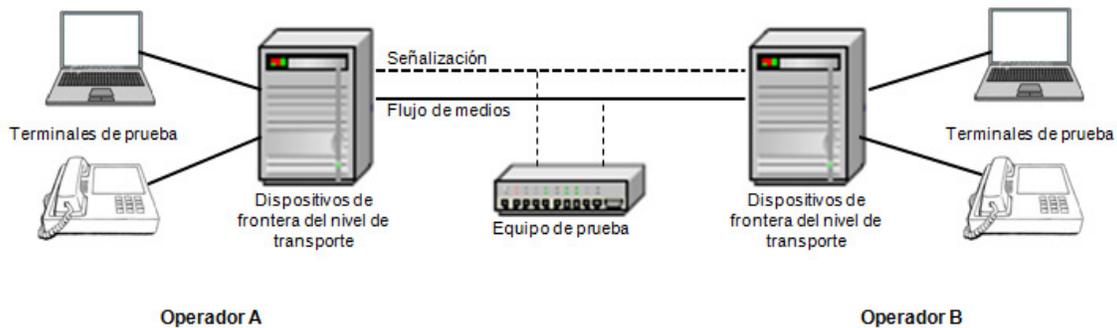
Con las pruebas de esta fase, los operadores interconectantes pueden entender los criterios que se necesita cumplir, para el buen funcionamiento de la interconexión, lo que puede implicar la realización de modificaciones y adiciones en los sistemas.

Con el fin de probar la estabilidad y las características de recuperación, las pruebas de compatibilidad se llevaran a cabo sobre el hardware y software, en condiciones normales y de falla, sabiendo que existe un posible riesgo realizándolas en un ambiente operacional, se recomienda que se ejecuten antes de iniciar el tráfico de servicios y sobre una red de pruebas establecida conjuntamente.

Debido a que el tiempo destinado al proceso global de pruebas es corto, estas pruebas no se consideran completas, ya que se requerirían de varios meses para su realización; lo que se hace es un control por muestreo, en el que no se prueban todas las partes de los protocolos, ni todas las condiciones de fallas.

Existe una responsabilidad de ambas partes en esta fase, por lo tanto deberá ser realizada como un ejercicio mutuo, cada prueba deberá ser acordada bilateralmente y desarrollada en ambas direcciones.

La configuración básica de la fase de compatibilidad, se muestra en la figura 31.



**Figura 31. Configuración de la fase de compatibilidad.**

### 3.2.3. Fase de integración

La fase de integración abarca un conjunto de pruebas y procedimientos administrativos, que se realizan para asegurar la interoperabilidad correcta entre los diferentes elementos de la infraestructura de las redes interconectadas [87].

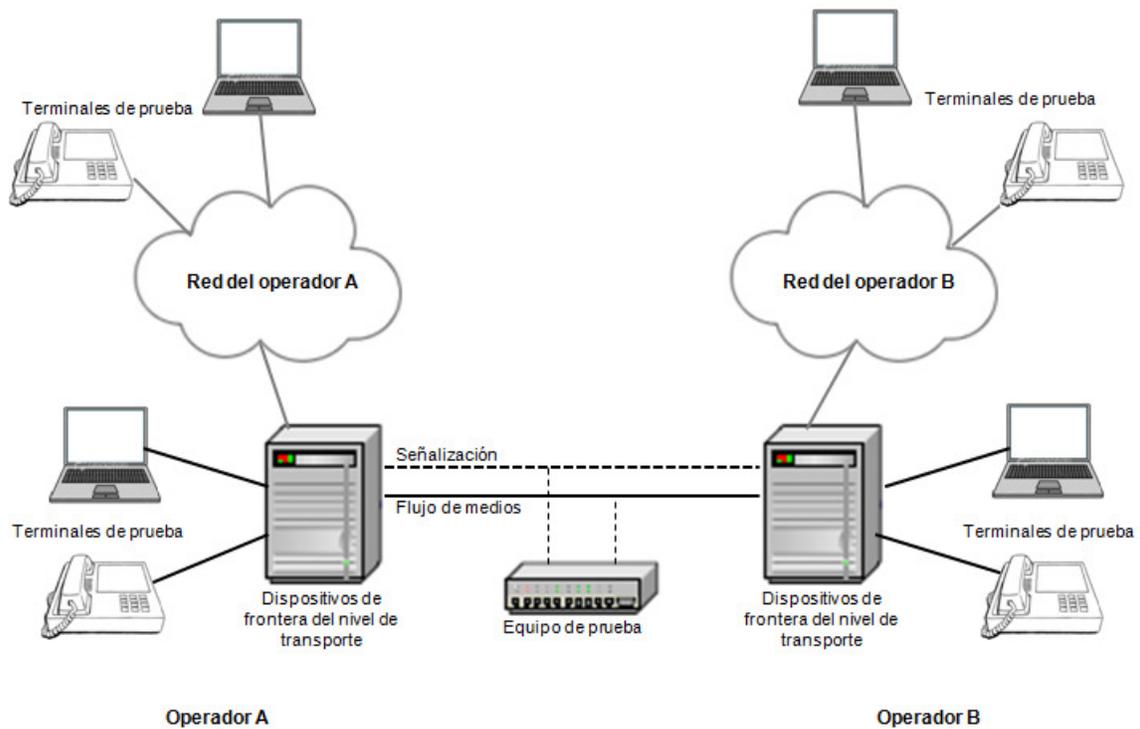
El objetivo de esta fase consiste en comprobar que las redes interconectadas de los operadores sean capaces de soportar los servicios con los niveles de calidad, confiabilidad y seguridad, que hayan sido convenidos en los acuerdos bilaterales de interconexión, además se busca identificar errores introducidos por la combinación de los sistemas probados unitariamente.

La fase de integración requiere mayor planificación que las fases anteriores, debido a que se centra en la realización de pruebas de aceptación y comprobación extremo a extremo, de los servicios ofrecidos y definidos. Los casos de prueba de esta fase se enfocan en verificar el comportamiento de la red desde el punto de vista del usuario.

Las partes interconectantes tienen la obligación de seleccionar y realizar las pruebas en conjunto, y aplicarlas en las dos direcciones, además las partes necesitan acordar y establecer el nivel de prueba, definiendo las pruebas que se van a ejecutar, teniendo en cuenta cuáles de estas ya han sido realizadas y documentadas.

Las pruebas de la fase de integración se pueden demorar, cuando las pruebas de las fases anteriores han tenido fallas que no se han corregido a tiempo.

La configuración propuesta para la fase de integración, se muestra en la figura 32.



**Figura 26. Configuración de la fase de integración.**

Las pruebas de funcionalidad, validación, conectividad, confiabilidad, desempeño y seguridad, se deben realizar dentro de las fases anteriormente definidas. La tabla 14 muestra la relación entre éstas.

	Categorías de pruebas					
	Pruebas de funcionalidad	Pruebas de validación	Pruebas de conectividad	Pruebas de confiabilidad	Pruebas de desempeño	Pruebas de seguridad
Fase 1: Fase de conformidad	✓	✓				
Fase 2: Fase de compatibilidad			✓	✓	✓	
Fase 3: Fase de integración			✓	✓	✓	✓

**Tabla 14. Relación entre fases y categorías de pruebas de interconexión.**

A continuación se describen detalladamente los objetivos de las pruebas de cada fase de acuerdo con la relación descrita en la tabla 14.

### 3.2.4. Pruebas de la fase de conformidad

En las pruebas de la fase de conformidad para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, se propone realizar las siguientes pruebas:

- Pruebas de funcionalidad de los equipos.
- Pruebas de conformidad de las interfaces y protocolos.

#### 3.2.4.1. Pruebas de funcionalidad de los equipos

La interconexión en el nivel de transporte requiere de dispositivos que implementen las funcionalidades de pasarelas de interconexión de la arquitectura NGN definidas en [8, 9], y descritas en el capítulo 2 de este documento. Se espera que los operadores puedan tener conocimiento de los tipos de dispositivos conectados a sus redes, y la certeza de que estos desempeñen su funcionalidad de manera segura y confiable.

Los objetivos específicos de estas pruebas se enfocan a comprobar la funcionalidad de los medios técnicos para la interconexión de la NGN con redes de conmutación de circuitos (CSN: Circuit-Switched Network), y con otras NGN.

En la tabla 15, se sintetiza el propósito de los casos de pruebas que se deben realizar sobre los dispositivos, los cuales implementan las FEs esenciales para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte. En el campo referencia normativa se enumeran las recomendaciones ITU y estándares ETSI donde se especifica la funcionalidad de cada FE, que deben ser objeto de los casos de prueba a evaluar por cada operador.

Tipo de Interconexión	Entidades funcionales		Nombre	Propósito	Referencias Normativas
	ITU	ETSI			
Interconexión con redes CSN	SG-FE	SGF	Entidad funcional de pasarela de señalización	Verificar la viabilidad para proporcionar la interacción de transporte de señalización entre la NGN y las redes tradicionales.	ITU Y.2012 ETSI ES 282001
	TMG-FE	T-MGF	Entidad funcional de pasarela troncal de medios	Verificar la viabilidad para proporcionar la interacción entre el transporte basado en paquetes de la NGN y las líneas	ITU Y.2012 ETSI ES 282001 ETSI ES 283012

				troncales de las CSN.	
<b>Interconexión con otras NGN</b>	IBG-FE	I-BGF	Entidad funcional pasarela de frontera de interconexión	Verificar la viabilidad para soportar las funciones de firewall para interconectar la red core de un operador, con la red core de otro cuando se soportan servicios basados en paquetes.	ITU Y.2012 ETSI ES 282001
	PD-FE	SPDF	Entidad funcional de decisión de políticas	Verificar la viabilidad para realizar las funcionalidades de esta FE, descritas en la Tabla 4 del Capítulo 2 de este documento.	ITU Y.2012 ITU Y.2111 ETSI ES 282003
	TLM-FE	CLF	Entidad funcional de gestión de ubicación de transporte	Verificar la viabilidad para registrar la asociación entre la dirección IP asignada a un equipo de usuario y la información de ubicación de red.	ITU Y.2012 ITU Y. 2014 ETSI ES 282004
	TAA-FE	UAAF	Entidad funcional de autenticación y autorización de transporte	Verificar la viabilidad para proporcionar la autenticación y autorización en el nivel de transporte.	ITU Y.2012 ITU Y. 2014 ETSI ES 282004

**Tabla 15. Propósitos y referencias normativas para las pruebas de la funcionalidad de los equipos.**

Las pruebas de funcionalidad de medios técnicos se encuentran detalladamente descritas en [88], para todas las FE de los niveles de transporte de la NGN, y pueden servir como base para los operadores que deseen establecer sus propios casos de prueba.

### 3.2.4.2. Pruebas de validación de las interfaces y protocolos

Son objetivos de estas pruebas los casos que se relacionan con las interfaces y protocolos, para el transporte de medios y para la señalización relacionada con el transporte. La tabla 16, muestra la lista de las interfaces, protocolos y referencias normativas con las que debe existir conformidad.

Tipo de Interconexión	Interfaz		Protocolo	Referencias Normativas
	ITU	ETSI		
Interconexión con redes CSN	Interfaz de señalización		SS7	ITU-T Q.7xx [66, 67, 68, 69]
	Interfaz portadora <sup>14</sup>			ITU-T G.703 [74], ITU-T G.704 [75], ITU-T G.707 [77], ITU-T G.957 [78]
Interconexión con otras NGN	Rs	Gq'	Diameter	ITU Y.2111 [35], ETSI ES 282003 [36], ITU Q.3301.1 [47], ETSI TS 183 017 [48].
	Iz	Iz	IP, RTP	ITU-T Q.3401 Amendment 1 [89].
	Ng	e2	Diameter	ITU Y. 2014 [40], ETSI ES 282004 [41].
	Ni	e5	Diameter	ITU Y. 2014 [40], ETSI ES 282004 [41], ETSI TS 183 020 [59].
	Ri	Ri'	Diameter	ITU Y.2111 [35], ETSI ES 282003 [36], ITU Q.3307.1 [60], ETSI TS 183 062 [61].

**Tabla 16. Interfaces, protocolos y referencias normativas para las pruebas de conformidad.**

### 3.2.5. Pruebas de la fase de compatibilidad

En la fase de compatibilidad del proceso de pruebas de interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, se propone evaluar los siguientes objetivos o categorías:

- Conectividad.
- Confiabilidad.
- Desempeño.

#### 3.2.5.1. Pruebas de conectividad

El objetivo principal de esta categoría en la fase de compatibilidad consiste en evaluar la conectividad nodo a nodo, entre los dispositivos interconectados, y que la configuración de la red y equipos de prueba funcionen correctamente [85].

Las pruebas de esta categoría evalúan: la interconexión básica y el establecimiento de los enlaces de señalización y medios.

- **Interconexión básica:** los casos de prueba de este objetivo, deben validar la interconexión en las tramas de las interfaces entre los dispositivos de frontera de cada red interconectada, comprobando la entrega y recepción de paquetes, transmisión de datos, y la generación de alarmas de desconexión.

<sup>14</sup> Para la interfaz portadora se debe soportar la transmisión de datos de la manera en la que se hace para las redes tradicionales, sobre interfaces E1, T1 o sus múltiples.

- **Establecimiento de los enlaces de señalización y medios:** los casos de prueba deben comprobar el establecimiento de las sesiones de señalización relacionada con el transporte, y la correcta implementación de los protocolos que soportan las diferentes interfaces, mediante el intercambio de los mensajes de solicitud y respuesta entre los dispositivos interconectados. Además, deben verificar el correcto funcionamiento de los protocolos de transporte de tiempo real (RTP: Real-time Transport Protocol) y de control de RTP (RTCP: RTP Control Protocol), para el establecimiento y operación de los flujos de medios entre las pasarelas de frontera de los operadores.

### 3.2.5.2. Pruebas de confiabilidad

Los casos de pruebas de confiabilidad incluyen:

- **Pruebas de estabilidad:** consisten en poner en funcionamiento la red bajo condiciones normales (tráfico a través de los dispositivos de interconexión) por un periodo largo de tiempo, monitoreando los parámetros más importantes como: retardo, pérdida de paquetes, latencia, entre otros [85, 86].
- **Pruebas de carga y sobrecarga:** permiten evaluar la estabilidad en los puntos de interconexión (PoI: Point of Interconnection), cuando se transporta por un largo periodo de tiempo gran cantidad de tráfico sobre los enlaces, llevando a los dispositivos a su máxima capacidad [7].
- **Pruebas realizadas bajo condiciones anormales de funcionamiento:** se deben diseñar para probar el rendimiento de las interfaces bajo condiciones de falla, mientras se esperan resultados similares a los obtenidos bajo condiciones de funcionamiento normal. Los casos de prueba particulares se seleccionan dependiendo de la arquitectura de los dispositivos de cada operador.
- **Pruebas de recuperación:** se realizan para comprobar la capacidad de recuperación del hardware, la estabilidad y actualización del software en servicio y la redundancia, por ejemplo, en los casos de prueba particulares para la interconexión en el nivel de transporte, los operadores pueden verificar la recuperación del trayecto de medios cuando existe desconexión y es necesario realizar re enrutamiento.

### 3.2.5.3. Pruebas de desempeño

Los conceptos de medición de calidad del servicio se deben ampliar y actualizar en las redes NGN, considerando los requisitos de este tipo de infraestructuras, que por definición operan en el nivel de transporte, siendo éste el encargado de garantizar la QoS [90].

Las casos de pruebas de esta categoría deben medir los parámetros que determinan la QoS de redes NGN, tales como: retardo de transferencia de paquetes IP (IPTD: IP Packet Transfer Delay), variación del retardo de paquetes IP (IPDV: IP Packet Delay Variation), tasa de pérdida de paquetes IP (IPLR: IP Packet Loss Ratio) y tasa de errores de los

paquetes IP (IPER: IP Packet Error Ratio), las cuales se especifican en [91, 92]. En los casos en los que se realiza la interconexión con redes tradicionales se debe tener en cuenta otros aspectos como: tasa de error de bit (BER: Bit Error Rate) y relación señal a ruido (S/N: Signal/Noise).

### **3.2.6. Pruebas de la fase de integración**

Los objetivos o categorías que se proponen evaluar en la fase de integración del proceso de pruebas de interconexión de redes NGN en el nivel de transporte son:

- Conectividad.
- Desempeño.
- Confiabilidad.
- Seguridad.

#### **3.2.6.1. Pruebas de conectividad**

El objetivo principal de estas pruebas consiste en evaluar la conectividad extremo a extremo entre usuarios finales. Los casos de prueba de conectividad para la fase de integración deben comprobar que los usuarios de diferentes operadores, puedan establecer sesiones o llamadas para el intercambio de tráfico entre ellos, verificando la entrega y recepción de paquetes, y la transmisión de datos.

Estas pruebas deben realizarse varias veces, y se debe asegurar que todas las sesiones de usuario, se mantengan activas por un periodo de tiempo mínimo definido entre los operadores.

#### **3.2.6.2. Pruebas de confiabilidad**

Los casos de prueba incluyen el monitoreo de la red en condiciones normales para evaluar la estabilidad de la interconexión. Cuando alguna falla se presenta, se debe verificar la recuperación pronta de los enlaces.

Las pruebas de sobrecarga y las realizadas bajo condiciones de funcionamiento anormales, no son aplicables en la fase de integración, debido al alto riesgo al que se expondría la operación de las redes.

#### **3.2.6.3. Pruebas de desempeño**

Las pruebas de desempeño de la fase de integración se realizan extremo a extremo, con el fin de verificar el comportamiento de la red desde el punto de vista del usuario, lo que se logra evaluando los parámetros de QoS y la disponibilidad de la red.

La interconexión en el nivel de transporte no conoce los servicios, sin embargo las pruebas deben verificar que los aspectos relevantes para la QoS final se cumplan teniendo en cuenta las clases de servicio acordadas por los operadores, las cuales deben coincidir con las definidas en las recomendaciones [91, 93], y en la especificación [92].

Los casos de prueba de esta categoría deben orientarse a realizar las mediciones que permitan determinar, si cada operador de red brinda realmente la QoS a la que se ha comprometido para los diferentes tipos de servicios. La tabla 17 muestra los parámetros a medir y los criterios mínimos de aceptación para cada clase de servicio.

Parámetro de calidad	Clases de QoS					
	Clase 0	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
	Servicios de tiempo real con alto grado de interactividad, sensibles al jitter. Ejemplo: servicios de voz y videoconferencia.	Servicios de tiempo real, interactivos y sensibles al jitter. Ejemplo: servicios de voz y videoconferencia.	Aplicaciones de tráfico de datos con alto grado de interactividad.	Aplicaciones de tráfico de datos, interactivas.	Servicios con pocas pérdidas. Ejemplo: video streaming, transferencia de datos generales.	Servicios tradicionales en las redes IP. Ejemplo: navegación, correo electrónico.
IPTD	100 ms	400ms	100 ms	400 ms	1 s	No especificado
IPDV	50 ms	50 ms	No especificado	No especificado	No especificado	No especificado
IPLR	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	No especificado
IPER	$1 \times 10^{-4}$					No especificado

**Tabla 17. Parámetros de calidad de funcionamiento que determinan la QoS en la NGN, basada en [91].**

Los mismos casos de prueba realizados para la medición de los parámetros de QoS, pueden servir para verificar la disponibilidad de la red, cuando estas pruebas se realizan por un periodo prolongado de tiempo, según [94] la disponibilidad no debe ser inferior al 99,999%.

Adicionalmente, los operadores pueden incluir entre los casos de prueba de esta categoría, la verificación de la apropiada gestión de ancho de banda, para permitir el establecimiento de llamadas o sesiones de alta prioridad en condiciones de poco ancho de banda disponible.

#### 3.2.6.4. Pruebas de seguridad

Los casos de prueba que se proponen para esta categoría se basan en la recomendación ITU Y.2701 [18] e incluyen:

- **Pruebas de autenticación:** deben evaluar las capacidades de seguridad para proteger los mecanismos utilizados para:
  - Autenticar, autorizar y vincular a los usuarios finales.

- Compartir la información de autenticación a través de múltiples dominios de red.
- Impedir el acceso no autorizado a la información y los recursos.
- **Pruebas de confidencialidad de los datos:** deben verificar las capacidades de seguridad para proporcionar protección de confidencialidad para:
  - El tráfico portador y de datos.
  - La información de señalización y control.
  - La ubicación del usuario final.
- **Pruebas de seguridad en la comunicación:** deben verificar la capacidad de seguridad para proteger los servicios de telecomunicaciones, su disponibilidad y la gestión de identidad y autenticación.
- **Pruebas de integridad de los datos:** deben evaluar los mecanismos de seguridad para proporcionar protección de integridad a los servicios de telecomunicaciones, información y datos de configuración específicos, incluyendo los mecanismos para notificar sobre la manipulación, eliminación, creación, modificación o reproducción de información, no autorizada.
- **Pruebas de disponibilidad:** deben evaluar los mecanismos de seguridad para proteger la disponibilidad de los servicios de telecomunicaciones, recursos específicos e información.
- **Pruebas de privacidad:** deben verificar las capacidades de seguridad para proporcionar privacidad a la información.

La tabla 18 reúne las pruebas que se proponen para la evaluación de la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte. A partir de los objetivos que se han identificado los operadores pueden generar sus propios casos de pruebas, los cuales dependen de los servicios y de las características propias de la infraestructura de la red.

Fases	Categorías de las pruebas	Objetivos
Fase 1: Fase de conformidad	Funcionalidad de los equipos	Probar la funcionalidad de la pasarela de señalización
		Probar la funcionalidad de la pasarela de medios
		Probar la funcionalidad de la pasarela de interconexión
		Probar la funcionalidad de la FE de decisión de políticas
		Probar la funcionalidad de la FE de gestión de ubicación
	Validación de las interfaces y protocolos	Probar la conformidad de la interfaz de señalización y de SS7
		Probar la conformidad de la interfaz portadora
		Probar la conformidad de la interfaz Rs/Gq' y protocolo Diameter
		Probar la conformidad de la interfaz Iz y protocolos IP, RTP
		Probar la conformidad de la interfaz Ng/e2 y protocolo Diameter
		Probar la conformidad de la interfaz Ni/e5 y protocolo Diameter
		Probar la conformidad de la interfaz Ri/Ri' y protocolo Diameter
Fase 2: Fase de compatibilidad	Conectividad	Probar la interconexión básica
		Probar el establecimiento de los enlaces de señalización y medios
	Confiabilidad	Verificar la estabilidad
		Realizar pruebas de carga y sobrecarga
		Realizar pruebas bajo condiciones anormales de funcionamiento
	Desempeño	Probar la capacidad de recuperación
Medir los parámetros de QoS nodo a nodo		
Fase 3: Fase de integración	Conectividad	Probar la Interconexión extremo a extremo
		Monitorear el establecimiento de llamadas o sesiones
	Confiabilidad	Verificar la estabilidad
	Desempeño	Medir los parámetros de QoS extremo a extremo
		Verificar la disponibilidad
	Seguridad	Evaluar la autenticación
		Verificar la confidencialidad
		Verificar la capacidad de seguridad de la comunicación
		Evaluar los mecanismos de seguridad para proporcionar la integridad de los datos
		Evaluar los mecanismos de seguridad para proteger la disponibilidad
	Verificar las capacidades de privacidad	

**Tabla 18. Pruebas para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte.**

A continuación se presentan algunos ejemplos de casos de prueba que se pueden generar del esquema anteriormente propuesto, y se definen de acuerdo con el formato de descripción de pruebas (figura 27).

HOJA DE PRUEBAS			
<b>Identificación del caso de prueba</b>	CONFORMIDAD_01	<b>Referencia normativa</b>	ITU Y.2012 ETSI ES 282 001
<b>Tiempo estimado</b>	1-3 horas	<b>Operador encargado de la prueba</b>	
		<b>A</b>	<b>B</b>
<b>Ingeniero responsable de la realización de la prueba</b>	Oliver López		
<b>Propósito</b>	Verificar la viabilidad para proporcionar la interacción entre el transporte basado en paquetes de la NGN y las líneas troncales de las CSN.		
<b>Configuración</b>	<pre> graph LR     A[Red core] --- B[TMG-FE/TMGF]     B --- C[RTPC/RDSI] </pre>		
<b>Estado inicial</b>	Existe una sesión de medios establecida entre la CSN y el dispositivo que implementa la funcionalidad de la TMG-FE.		
<b>Procedimiento de la prueba</b>	Verificar si la CSN puede recibir y transmitir información de medios (voz y datos) desde y hacia la NGN a través de la TMG-FE simultáneamente y en tiempo real.		
<b>Resultados esperados</b>	La CSN recibe y transmite la información de medios (voz y datos) simultáneamente y en tiempo real desde y hacia la NGN a través de la TMG-FE.		
<b>Condiciones finales</b>	No aplica.		
Firma coordinador operador A: _____ Fecha y hora de inicio: _____			
Firma coordinador operador B: _____ Fecha y hora de finalización: _____			

**Figura 273. Ejemplo 1: Prueba de funcionalidad de la pasarela de medios. Basada en [88].**

HOJA DE PRUEBAS			
<b>Identificación del caso de prueba</b>	COMPATIBILIDAD_01	<b>Referencia normativa</b>	No aplica.
<b>Tiempo estimado</b>	10-12 horas	<b>Dirección de la realización de la prueba</b>	
		<b>A -&gt; B</b>	<b>B -&gt; A</b>
<b>Ingeniero responsable de la realización de la prueba</b>	María Mercedes Ibarra Prado		
<b>Propósito</b>	Comprobar la transmisión de datos entre BGW, verificar la entrega de paquetes extremo a extremo, probar conectividad utilizando ICMP PING, probar alarmas de desconexión. Comprobar la recuperación del trayecto de medios cuando existe desconexión y es necesario realizar re enrutamiento.		
<b>Configuración</b>	<pre> graph LR     A[Red core A] --- B[Pasarela de frontera A]     B --- C[Pasarela de frontera B]     C --- D[Red core B] </pre>		
<b>Estado inicial</b>	Las pasarelas de frontera deben estar interconectadas y configuradas para los servicios. Verificar la señal óptica o eléctrica en la interfaz entre las pasarelas.		
<b>Procedimiento de la prueba</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar pruebas automáticas y manuales de ping (1000 pings).</li> <li>2. Verificar los contadores de paquetes/bytes enviados, recibidos, descartados, o errados en la interfaz entre las pasarelas de frontera.</li> <li>3. Asegurar que no exista tráfico en la VLAN entre las pasarelas.</li> <li>4. Deshabilitar la VLAN en el extremo de la NGN A.</li> <li>5. Verificar que se genere una alarma en el extremo de la NGN B, dentro de los periodos establecidos por la regulación.</li> <li>6. Restaurar la comunicación y aplicar las pruebas en dirección opuesta.</li> </ol>		
<b>Resultados esperados</b>	Todos los pings son exitosos. El contador de paquetes/bytes enviados coincide con el contador de recibidos. Se generan alarmas de desconexión en los tiempos establecidos por la regulación.		
<b>Condiciones finales</b>	Se restaura la interconexión.		
Firma coordinador operador A: _____ Fecha y hora de inicio: _____			
Firma coordinador operador B: _____ Fecha y hora de finalización: _____			

**Figura 28. Ejemplo 2: Prueba de interconexión básica.**

HOJA DE PRUEBAS			
<b>Identificación del caso de prueba</b>	INTEGRACION_01	<b>Referencia normativa</b>	ITU-T Y.1541 ETSI TS 101 329-5 RFC 3611
<b>Tiempo estimado</b>	1-5 minutos.	<b>Dirección de la realización de la prueba</b>	
		<b>A -&gt; B</b>	x
<b>Ingeniero responsable de la realización de la prueba</b>	Laura María Orozco García		
<b>Propósito</b>	Verificar la calidad de los flujos de medios usando las medidas transmitidas en los reportes de RTPC.		
<b>Configuración</b>	Realizar la configuración que se muestra en la figura 29.		
<b>Estado inicial</b>	Las redes deben estar dispuestas para la prestación de los servicios.		
<b>Procedimiento de la prueba</b>	Realizar una llamada de por lo menos 60 segundos. Revisar el reporte de RTPC para verificar la calidad de la llamada.		
<b>Resultados esperados</b>	Los valores recibidos en el reporte RTPC deben cumplir con las referencias normativas establecidas en ITU-T Y.1541 o con los valores acordados bilateralmente entre los operadores.		
<b>Condiciones finales</b>	No aplica.		
Firma coordinador operador A: _____		Fecha y hora de inicio: _____	
Firma coordinador operador B: _____		Fecha y hora de finalización: _____	

**Figura 295. Ejemplo 3: Prueba para verificar la calidad de los flujos de medios.**

### 3.3. Diagrama del esquema de pruebas de interconexión

La síntesis del esquema de pruebas propuesto en este capítulo, se puede representar en un diagrama de flujos que muestra la secuencia de las actividades a realizar para evaluar la interconexión de NGN en el nivel de transporte, como lo ilustra la figura 36.

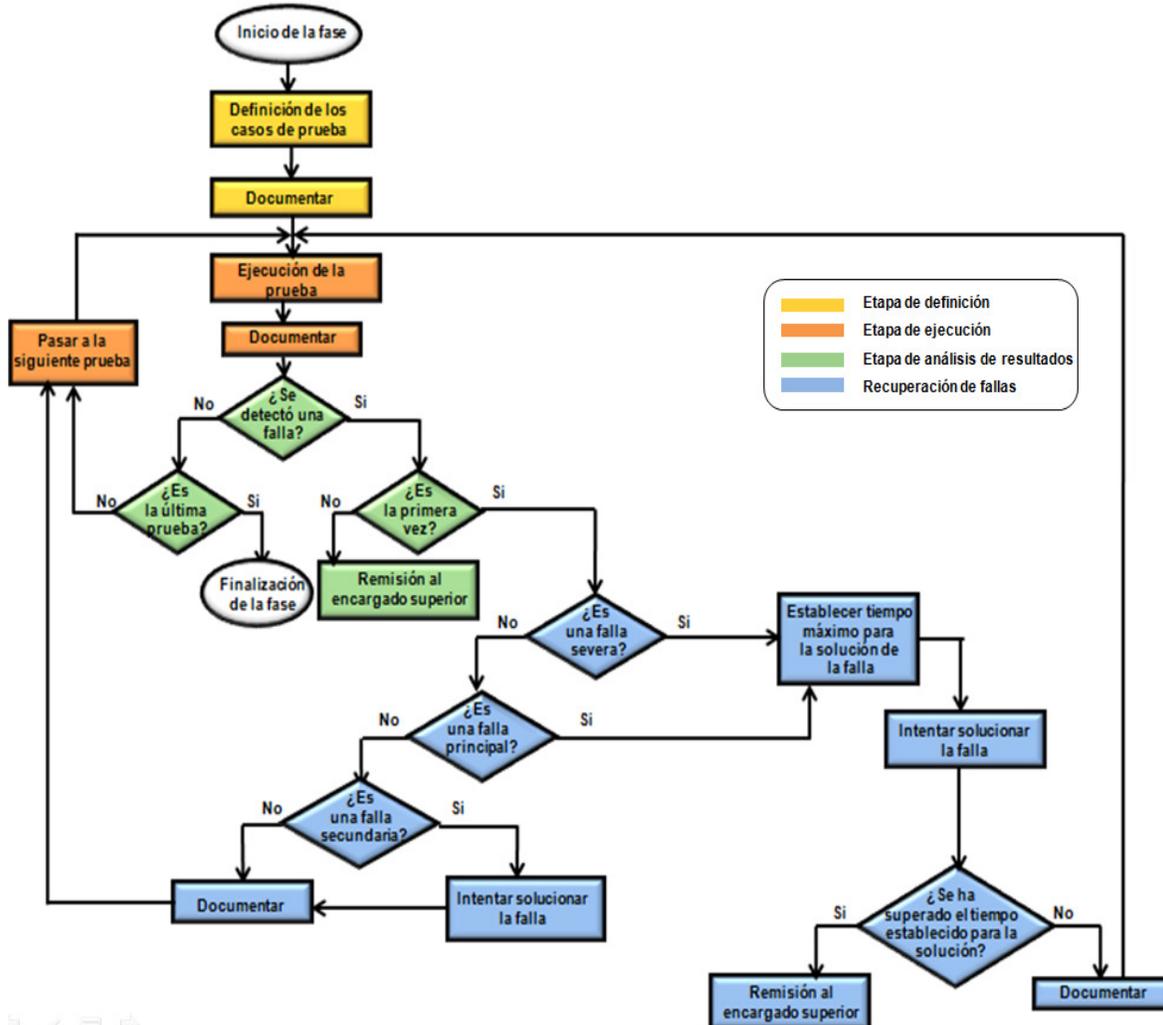


Figura 36. Diagrama del esquema de pruebas de interconexión.

Este diagrama se aplica a las fases de conformidad, compatibilidad e integración de acuerdo con la figura 30, donde la finalización completa y satisfactoria de cada fase de pruebas, es prerequisite para dar inicio a la siguiente.

Cada color representa una de las etapas definidas para el proceso de pruebas de interconexión, que se han de realizar para todas las fases de pruebas. Para la definición de los casos de prueba se proponen los objetivos definidos en la tabla 18, y para la ejecución de las pruebas se propone un conjunto de condiciones iniciales y finales que se presentan a continuación.

### 3.3.1. Condiciones iniciales y finales para la ejecución de las fases de pruebas

Los operadores deben establecer un acuerdo de interconexión donde se especifiquen las condiciones iniciales y finales de las fases de prueba, con el fin que la información

relevante para el comienzo y cumplimiento de cada fase sea bien entendida. En caso de no establecer estas condiciones, la finalización podría prolongarse y complicarse, afectando la operación de los servicios. A continuación se propone una lista de las condiciones a tener en cuenta en la ejecución de las fases de pruebas.

#### **3.3.1.1. Condiciones iniciales**

- Los operadores deben haber realizado un plan de pruebas detallado, donde se encuentren todas las pruebas a realizar, los resultados que se esperan obtener para cada prueba y el calendario de las mismas, adicionalmente las referencias de los estándares que ambas partes tienen que cumplir para los dispositivos, interfaces y protocolos.
- El plan de pruebas detallado debe estar siempre disponible y se debe ejecutar por ambos operadores.
- Una vez se haya firmado el acuerdo de pruebas de interconexión, las pruebas de la fase de conformidad deben iniciarse tan pronto como sea posible.
- Para continuar con las pruebas de la fase siguiente, se debe haber terminado exhaustiva y satisfactoriamente la fase actual.
- Las partes interconectantes deben haber intercambiado información técnica (direccionamiento, enrutamiento, numeración, etc.).
- Se debe contar con una lista de las fallas posibles, para someter al sistema a estas condiciones y evaluar su respuesta.
- Los equipos y el software empleados en la interconexión deben estar en operación, correctamente configurados e instalados.
- Los equipos de pruebas deben estar disponibles para realizar la medición de los parámetros de QoS sobre la red.
- Los operadores deben haber conectado los terminales de usuario necesarios para comprobar los servicios acordados.

#### **3.3.1.2. Condiciones finales**

- Todos los casos de pruebas de la fase se han realizado satisfactoriamente.
- No se han presentado fallas severas o principales, que impidan la operación de los servicios y/o que pueden afectar gravemente la QoS.
- Cada operador ha entregado a la otra parte, un informe donde se indica que los resultados de las pruebas individuales de conformidad son satisfactorios.
- Se han documentado las soluciones de las fallas encontradas entre los operadores.
- Existe un plan para las solucionar las fallas encontradas en las pruebas realizadas.
- Se ha creado un informe de aceptación de las pruebas de cada fase por ambas partes.

Después de concluir las tres fases expuestas en la sección 3.2, y cumplir con los criterios de finalización, se considera que la interconexión es lo suficientemente segura para manejar el tráfico y poner en funcionamiento los servicios, sin embargo es necesario realizar actividades de operación y mantenimiento para monitorear el comportamiento de la interconexión y la calidad de los servicios.

La transición a la fase comercial del servicio requiere que ambas partes puedan acordar un periodo mínimo (generalmente conocido como fase piloto), para el monitoreo de: el desempeño del sistema, la interoperabilidad de los servicios y la QoS.

Se puede prescindir de este periodo cuando los operadores han logrado establecer un alto grado de confianza mutua. Si esto no se logra, la fase piloto debe continuar hasta el momento en el que no se presenten fallas severas o principales, y el desempeño y estabilidad del sistema cumplan las especificaciones acordadas.

El funcionamiento seguro y correcto de la interconexión depende de la adecuada implementación y ejecución de procedimientos operacionales, que incluyen la realización de pruebas necesarias para asegurar los aspectos más importantes en la prestación de servicios, y prevenir o limitar los impactos negativos en el comportamiento global de las redes.

## **CAPÍTULO 4. CRITERIOS TÉCNICOS PARA LA INTERCONEXIÓN DE REDES NGN EN EL NIVEL DE TRANSPORTE**

En este capítulo se proponen un conjunto de criterios que se consideran importantes para el proceso de interconexión de las redes de nueva generación (NGN: Next Generation Network) en el nivel de transporte. Sin embargo, no se pretende que éstos sean excluyentes, ni obligatorios para los operadores interconectantes, ya que se podrían incluir otros que se crean necesarios de acuerdo con los requerimientos de las partes involucradas.

Estos criterios se obtienen del análisis realizado acerca de los requerimientos y aspectos técnicos, descritos en los capítulos uno y dos de este documento, y del esquema de pruebas de interconexión propuesto en el capítulo tres.

### **4.1. Proceso de interconexión de redes NGN en el nivel de transporte**

En general, el proceso de interconexión de la NGN en el nivel de transporte consiste en el conjunto de actividades que deben acordar y realizar los operadores de redes, para lograr el intercambio de información relacionada con el tráfico de usuario y con el control de los recursos de transporte.

Para asegurar el intercambio continuo de esta información, el proceso de interconexión debe incluir:

- **Actividades de aprovisionamiento:** se relacionan con la preparación y planeación de la interconexión.
- **Actividades de operación:** corresponden a las acciones que permiten el funcionamiento o la puesta en servicio de la interconexión.
- **Actividades de mantenimiento:** se relacionan con el seguimiento permanente sobre la interconexión, verificando si está funcionando correctamente, ó en caso contrario corrigiendo los problemas presentados.

Todas estas actividades deben ser realizadas con el fin de cumplir las metas operacionales, relacionadas con el desempeño de la red, la seguridad y la calidad de los servicios a ofrecer.

#### **4.1.1. Aprovisionamiento de la interconexión**

Las actividades de aprovisionamiento deben brindar información suficiente y relevante acerca de las redes y servicios, con el fin de poder realizar la planificación técnica de la interconexión, y posteriormente ponerla en funcionamiento.

Entre las partes interconectantes, el intercambio de información técnica debe estar caracterizado por la confiabilidad y compatibilidad, evitando errores que dificulten o imposibiliten la puesta en servicio de la interconexión. Para alcanzar este objetivo, el aprovisionamiento debe incluir la planeación detallada y el establecimiento de los siguientes aspectos:

- Puntos de interconexión (PoI: Point of interconnection).
- Capacidad de los enlaces de interconexión para transportar la información de señalización y de medios.
- Interfaces y versiones o perfiles de protocolos.
- Instalación y configuración de equipos.
- Información relacionada con los planes de numeración, direccionamiento y enrutamiento.
- Definición de los procedimientos y políticas de red.
- Metas operacionales relacionadas con la calidad, seguridad y desempeño de la interconexión.
- Asignación de roles y responsabilidades.
- Pruebas de interconexión.

Todos los aspectos acordados deben ser claramente entendidos, y cumplidos por las partes interconectantes y deben estar sujetos a las normas de confidencialidad que se establezcan entre los operadores.

#### **4.1.2. Operación y mantenimiento de la interconexión**

La operación y mantenimiento (O&M: Operation and Maintenance) se enfocan en establecer cómo se manejan los problemas técnicos durante la fase comercial del servicio, de manera rápida y efectiva.

- **Operación de la Interconexión:** dentro del proceso de interconexión, la operación hace referencia a las actividades regulares asociadas a mantener las redes operando confiable y eficientemente.
- **Mantenimiento de la Interconexión:** consiste en las actividades preventivas o correctivas que deben realizar los operadores para conservar la interconexión funcionando adecuadamente, e incluyen el mantenimiento planeado o no. El mantenimiento planeado se realiza para mejorar el desempeño de la red o prevenir interrupciones de los servicios, el mantenimiento no planeado es aquel que deben realizar los operadores cuando ocurre un evento inesperado que afecte la interconexión.

De acuerdo con [95], los encargados de las acciones de O&M deben tener en cuenta los siguientes principios:

- **Establecimiento del acuerdo de O&M:** debe ser definido entre ambos operadores para establecer las responsabilidades, derechos, obligaciones, métodos y procedimientos de O&M.

- **Manejo de fallas:** es obligación de cada operador reportar las fallas que afectan el buen funcionamiento de su red, y los procedimientos para solucionarlas. Estas fallas ocurren frecuentemente durante el proceso de transición o al comienzo de la fase comercial del servicio, especialmente cuando se inicia la interconexión.
- **Gestión de los cambios en la red:** se debe definir cómo se han de manejar los cambios en la red de un operador, cuando éstos tengan impacto sobre la red del otro. Algunos cambios en la red pueden requerir la modificación de los acuerdos de interconexión o la realización de nuevas pruebas.

## **4.2. Requerimientos técnicos para el aprovisionamiento, operación y mantenimiento de la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte**

Como se estableció en el capítulo 1 de este documento, la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte debe tener en cuenta un conjunto de requerimientos técnicos relacionados con la señalización, la seguridad, la calidad de servicio, entre otros, necesarios para garantizar el interfuncionamiento de las redes.

### **4.2.1. Señalización de la interconexión**

La interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, está caracterizada por la ausencia de señalización relacionada con el servicio, sin embargo, se debe garantizar que la señalización del nivel de transporte proporcione el soporte necesario, tanto para la transmisión de los requerimientos de calidad de servicio (QoS: Quality of Service), necesarios en el control de los recursos de transporte, como para la comunicación que permite la movilidad y el roaming.

- **Transmisión de requerimientos de QoS:** se refiere a la información de control que se intercambia entre las funciones de control de transporte, y que permite la solicitud, monitoreo, modificación y liberación de recursos de transporte necesarios para garantizar la QoS, cuando no existe información de señalización relacionada con el servicio. Este intercambio se realiza por medio de la interfaz Ri/Ri' y su respectivo protocolo, descritos en el capítulo 2.
- **Comunicación para permitir movilidad y roaming:** hace referencia al intercambio de información de autenticación y autorización de usuario final, entre las funciones de control de transporte para permitir a los usuarios acceder a sus servicios cuando se encuentran conectados a través de redes visitadas. Las interfaces Ni/e5 y Ng/e2 y sus respectivos protocolos, descritos en el capítulo 2 de este documento, son empleados para realizar esta comunicación.

### **4.2.2. Seguridad de la interconexión**

La NGN es más vulnerable a amenazas de seguridad y la probabilidad de ser atacada es mayor que la de las redes tradicionales, debido a la interconectividad global que presentan [17]. Por esta razón, los operadores de redes deben tomar medidas de

protección radicales en los Pols, para garantizar el aprovisionamiento y correcto desempeño de la interconexión.

El Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI: European Telecommunications Standards Institute) en [96], especifica que el nivel de transporte tiene una funcionalidad importante en la seguridad de la interconexión, pues en este nivel se debe realizar el control de firewall y la configuración de la red, de tal manera que pueda garantizarse que las interfaces red-red (NNI: Network - Network Interface) no sean accesibles fuera del dominio de confianza.

La seguridad a través de diferentes dominios de red depende de la implementación de los mecanismos, que los operadores deciden emplear para la protección de sus redes. En el contexto de interconexión NGN se debe prevenir el abuso de otras redes, y además garantizar el cumplimiento de los objetivos de seguridad, entre los que se incluyen el soporte de:

- **Privacidad:** se deben prestar capacidades que protejan la información de los usuarios y de los operadores interconectantes; tal como la ubicación de los datos, las identidades, y las direcciones de red, de acuerdo con la reglamentación a nivel internacional; además, debe proteger requisitos específicos establecidos a nivel nacional y/o acordados entre las partes.
- **Interceptación legal:** constituye las medidas establecidas por la ley, en las que se autoriza el acceso a las comunicaciones de una persona, por parte de autoridades judiciales, con el fin de descubrir actividades ilícitas.
- **Autorización:** se debe permitir la prestación de los servicios y el acceso a la red, sólo a los usuarios que cuenten con los permisos adecuados.
- **Autenticación:** antes de permitir el acceso a la red, es necesario legitimar la identidad de todos los que se comunican a través de ella.
- **Control de acceso:** los operadores interconectantes deben establecer métodos de seguridad que permitan la distinción de quienes están autorizados, para que no se presenten casos donde exista la explotación de las redes interconectadas y sus correspondientes servicios.
- **Seguridad en las comunicaciones:** la NGN debe garantizar el buen desempeño de la interconexión, asegurando las comunicaciones mediante mecanismos que eviten el desvío de información y la interceptación ilegal.
- **Protección contra la denegación del servicio:** la interconexión debe garantizar que todos los usuarios de la red puedan acceder a sus servicios en todo momento, para esto se requiere que existan mecanismos que protejan a la interconexión de las redes de: ataques, intentos de corrupción de datos y saturación de recursos.
- **No repudio:** los operadores interconectantes deben garantizar que las partes que intervienen en una comunicación, no nieguen que han participado en ella.

- **Integridad de los datos:** se debe garantizar que la información que transmita el emisor, llegue al receptor sin haber sido alterada.

#### 4.2.3. Numeración, denominación y direccionamiento de la interconexión

Según [97], los planes de numeración deben especificar el formato y la estructura de los números que permiten la identificación correcta del destino final de la llamada. Al interior de la NGN el proceso de resolución de numeración y denominación (NAR: Naming/Numbering Addressing Resolution) es esencial para la determinación de la ruta que permita alcanzar el dominio del operador al que está suscrito el abonado destino. En este proceso se toma el número completo internacional en formato E.164, y se resuelve en una dirección de nombre de dominio asociada, o directamente en una dirección IP [98].

Cada operador debe contar con su propio NAR interno, que soporte los planes de numeración y enrutamiento. Pueden existir muchas maneras para determinar el destino de los mensajes, entre estas se encuentran el enrutamiento basado en el número, y particularmente el enrutamiento basado en ENUM (E.164 NUmber Mapping), entre otras; pero se requiere que cada red conozca la información de direccionamiento de la otra red interconectante basado en los esquemas de numeración y denominación.

Es necesario que los operadores cumplan la reglamentación existente en cuanto a los planes de numeración, como a la resolución de las mismas, con el fin de que sea posible determinar las rutas más convenientes de acuerdo a los requerimientos de calidad de cada servicio.

De acuerdo con [4], los operadores deben tener en cuenta los siguientes requerimientos para la numeración, denominación y el direccionamiento.

- **Confiabilidad:** el sistema NAR debe ser configurado correctamente para evitar que se presenten fallas, y debe contar con excelentes mecanismos de equilibrio de carga para cumplir con los requisitos de capacidad necesarios.
- **Integridad:** el sistema NAR no debe entrar en conflicto con el funcionamiento de las redes públicas, y debe asegurarse que la base de datos general de traducción de nombre/número contenga solamente entradas válidas y fiables, de manera que no se afecte la integridad de todo el sistema.
- **Seguridad:** el sistema NAR debe ser utilizado solamente por la red propia por lo que debe ser protegido con ciertas medidas de seguridad, tales como: autenticación, seguridad de datos, privacidad, sincronización de datos de red y restablecimiento tras el fallo.
- **Soberanía:** aunque los sistemas de resolución de nombre/número están diseñados para proporcionar servicios nacionales y mundiales, hay que asegurar que no se cuestione la soberanía de gobierno de algún país.

En la NGN se pueden considerar otros esquemas de numeración/denominación como: esquema de localizador uniforme de recursos (URL: Uniform Resource Locator), sistema de nombre único, y otros convenios de denominación, tales como H.323, el protocolo de iniciación de sesión (SIP: Session Initiation Protocol), identificadores de recursos unificados (URI: Uniform Resource Identifier) para teléfono y mensajería.

#### 4.2.4. Enrutamiento de la interconexión

De acuerdo con [99], el objetivo de planificar el enrutamiento consiste en maximizar el establecimiento de las comunicaciones de manera eficiente, y con una calidad de servicio predefinida.

Al interior de la NGN, las funciones del nivel de servicios se encargan de determinar el siguiente salto de los mensajes, para alcanzar el destino requerido, y las funciones del nivel de transporte realizan la asignación de los recursos y determinan el siguiente salto o pasarela en el nivel de transporte de acuerdo con la dirección IP obtenida de la resolución de la numeración y denominación [21].

Las funcionalidades para el enrutamiento en el nivel de transporte de la NGN, siguen los mecanismos existentes para el enrutamiento IP, y deben satisfacer los requerimientos de los servicios de acuerdo con sus características, y la disponibilidad de los recursos de transporte. El modelo de enrutamiento utilizado por los operadores debe garantizar la interoperabilidad entre redes, teniendo en cuenta el tipo de servicios y los acuerdos bilaterales de interconexión establecidos, con el fin de determinar rutas eficientes, pero manteniendo los niveles de desempeño requeridos.

Para hacer posible un apropiado enrutamiento en la NGN, es necesario que se implementen y se cumplan los planes de numeración/denominación y direccionamiento nacionales e internacionales, y que los sistemas NAR de la NGN funcionen correctamente.

De acuerdo con [20], al interior de la NGN o en la interconexión entre redes, se pueden utilizar los siguientes métodos de enrutamiento:

- **Manejo de tablas de enrutamiento:** para determinar y asignar de rutas de acuerdo a las reglas establecidas para condiciones de conexión y ancho de banda.
- **Selección de rutas:** la selección de rutas se realiza empleando patrones de enrutamiento, tales como:
  - Enrutamiento estático.
  - Enrutamiento dependiente del tiempo.
  - Enrutamiento dependiente del estado.
  - Enrutamiento dependiente de eventos.
- **Manejo de recursos de QoS:** en este método la conexión, la asignación de ancho de banda, y el control de admisión, se determinan según el estado de carga de los enlaces.

En el manejo de recurso de QoS, se deben tener en cuenta los requerimientos de ancho de banda y prioridad, para los flujos de medios que se transportan, considerando además parámetros como retardos en la transferencia extremo a extremo, jitter, latencia, pérdida de paquetes, entre otros.

#### 4.2.5. Calidad de servicio de la interconexión

El suministro de la QoS debe estar incluido dentro los acuerdos de interconexión, indicando las condiciones de desempeño mínimas que los operadores deben garantizar. Lo anterior, debe estar sujeto a términos contractuales estrictos, y requiere de mecanismos efectivos para vigilar el cumplimiento de los compromisos pactados; de tal forma, que la interconexión permita proveer servicios con características de disponibilidad y ancho de banda determinado, entre redes de proveedores de telecomunicaciones.

El manejo de QoS es crucial en las redes de acceso y core, para el aprovisionamiento apropiado de servicios de voz y video en tiempo real. Cuando un servicio pasa a través de múltiples redes interconectadas, es necesario que cada una de las redes asegure que se cumplan los objetivos de desempeño extremo a extremo de manera justa.

El tráfico proveniente de la interconexión no debe ser discriminado en relación con otro similar en la red del otro operador. Las llamadas o sesiones que atraviesen un PoI deben ser transmitidas en la red destinataria y enrutadas de acuerdo con los mismos principios de QoS de las llamadas o sesiones que se originan dentro de esa red.

En el contexto de la interconexión NGN en el nivel de transporte, es necesario que los operadores definan y especifiquen comúnmente los siguientes aspectos:

- **Métricas de QoS:** es importante que los operadores establezcan comúnmente las métricas de QoS a tener en cuenta, que puedan reflejar con mayor exactitud el desempeño de la red y de la interconexión.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU: International Telecommunication Union) en [93] define un conjunto de parámetros de calidad de funcionamiento de redes con el protocolo Internet (IP: Internet Protocol). De acuerdo con esta recomendación las métricas mínimas que deben considerar los operadores para evaluar el desempeño de la red entre los proveedores son:

- **Retardo de transferencia de paquetes IP** (IPTD: IP Packet Transfer Delay): hace referencia al tiempo que tarda un paquete en pasar por un componente de la red.
- **Variación del retardo de paquetes IP** (IPDV: IP Packet Delay Variation): corresponde al jitter o al tiempo esperado para la llegada de cada paquete.
- **Tasa de pérdida de paquetes IP** (IPLR: IP Packet Loss Ratio): hace referencia a la cantidad de paquetes perdidos con respecto al total de paquetes transmitidos en un flujo de datos determinado.
- **Tasa de errores de los paquetes IP** (IPER: IP Packet Error Ratio): corresponde a la cantidad de paquetes errados con respecto al total de paquetes transmitidos en un flujo de datos determinado.

- **Clases de QoS:** si se desea garantizar QoS en las NGN con un nivel de desempeño comparable con el de las redes tradicionales, es necesario modificar y adaptar el modelo de transporte IP, de tal manera que sean posibles las conexiones con características de transmisión seguras y fijas.

La ITU en [100] define un conjunto de ocho clases generales de aplicación de usuario final teniendo en cuenta la tolerancia al error y la tolerancia al retardo, e indica los requisitos de desempeño para 18 aplicaciones clasificadas dentro de estas ocho clases generales. Este trabajo no está dirigido específicamente para redes IP, pero si a aplicaciones bastante generales que se pueden soportar sobre redes de conmutación de circuitos o de paquetes.

Por otro lado, en [91] la ITU define un conjunto de ocho clases de QoS para redes IP con requerimientos de desempeño específicos, que son destinados para ser aplicados a través de múltiples redes desde una interfaz usuario-red (UNI: User - Network Interface) a otra UNI. Sin embargo, de acuerdo con esta misma recomendación, se requiere de un estudio adicional para determinar cómo lograr estos objetivos de desempeño cuando múltiples operadores de red están involucrados.

Con el fin de que la interconexión se dé apropiadamente, los operadores deben definir parámetros de calidad y clases de servicio similares, siguiendo las recomendaciones hasta el momento establecidas por los organismos de estandarización.

- **Marcación de paquetes:** las interfaces NNI y UNI pueden transportar tráfico de diferentes aplicaciones, destinadas para múltiples clases de QoS. Para que la red receptora pueda aplicar un tratamiento apropiado a cada paquete de acuerdo con la clase de servicio deseada, éstos necesitan ser marcados debidamente por el transmisor.

Los paquetes de voz y video de tiempo real, pueden ser clasificados y marcados con la más alta prioridad para su transmisión continua sobre la interconexión, lo que permite que se reduzca el retardo de las aplicaciones.

Los operadores están en libertad de negociar con sus pares, los valores para el marcado de paquetes de acuerdo con las clases de servicios que se vayan a emplear. Si el tráfico de un proveedor no corresponde con la marcación acordada, éste puede ser descartado, remarcado, o transmitirse sin ninguna modificación pero recibiendo cualquier QoS que el otro proveedor elija.

- **Asignación de recursos requeridos:** cuando se recibe un paquete para que se soporte dentro de una clase de servicio específica, el proveedor receptor debe transportar el paquete en conformidad con el acuerdo de nivel de servicio que se ha establecido con el emisor.

La asignación de recursos, debe tener en cuenta los mecanismos de control de admisión, capaces de evaluar objetivamente el efecto que causaría en la red un

nuevo flujo, si fuese admitido en la misma, es decir que no sean aceptadas más llamadas o sesiones, si la QoS de los flujos activos puede verse comprometida.

- **Monitoreo de la QoS:** uno de los mayores desafíos de la medición de QoS entre proveedores, es la existencia de muchas opciones válidas para hacerlo, por lo cual es imprescindible acordar entre los operadores las métricas que se deben estimar, la metodología para realizar estas medidas, el protocolo de medición, y la frecuencia de las pruebas.

La metodología de medición, protocolos y reportes, deben permitir la estimación de al menos las métricas definidas por organismos internacionales como la ITU y el ETSI, para los paquetes que se transmiten a lo largo de la interconexión.

- **Acuerdos de QoS:** se deben considerar los factores que los operadores necesitan tomar en cuenta para interconectar sus redes, tales como: parámetros de calidad y clases de servicio, especificaciones de ancho de banda, niveles máximos de ocupación, condiciones de marcación, aplicación de políticas a los diferentes tipos de tráfico, y tiempos de recuperación y de respuesta en caso de que se presenten anomalías.

Estos acuerdos deben incluir las responsabilidades y obligaciones que debe asumir cada operador para asegurar el excelente desempeño de la interconexión con respecto a la QoS.

### **4.3. Criterios técnicos para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte**

En el proceso de interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, es importante tener en cuenta algunos criterios que permitan el aprovisionamiento, operación y mantenimiento de la interconexión, y que favorezcan el buen desempeño de la misma.

Según lo descrito anteriormente y el análisis realizado, se proponen los siguientes criterios técnicos, y se incluye el alcance de estos, que corresponde a la delimitación de las medidas necesarias para el cumplimiento de los requisitos que se asocian al criterio.

#### **4.3.1. Criterio 1: Conocimiento del entorno**

- **Definición**

Es indispensable que el personal que va a intervenir en el proceso de interconexión por parte de cada operador conozca la infraestructura de los puntos de interconexión, aspectos técnicos relacionados con las interfaces, protocolos, características de los dispositivos, y la información de los planes de direccionamiento, enrutamiento, numeración, etc.

- **Alcance**

El conocimiento del entorno en la interconexión se obtiene cuando:

- Los procedimientos y políticas, la asignación de roles y responsabilidades, son considerados y analizados entre los operadores que desean establecer la interconexión.
- Los operadores conozcan y lleguen a establecer de común acuerdo, las facilidades necesarias para lograr la interconexión, tales como: interfaces lógicas y físicas, espacio en edificaciones y áreas al aire libre, torres, ductos, postes, y servicios complementarios como el mantenimiento de los equipos, el suministro de energía, aire acondicionado, etc.
- El personal encargado de la interconexión debe tener un conocimiento amplio y suficiente de los recursos hardware, como: conmutadores, enrutadores, equipos de multiplexación, equipos de transmisión, entre otros, y los recursos software, que incluyen sistemas operativos, protocolos, aplicaciones y firmware que hace parte de los sistemas de comunicaciones.
- Para la realización de las pruebas los operadores interconectantes deben conocer los escenarios sobre los que se van a ejecutar las pruebas de la fase de compatibilidad y la fase de integración, teniendo en cuenta las características de los dispositivos de frontera, las interfaces y los protocolos.

#### 4.3.2. Criterio 2: Claridad

- **Definición**

Se refiere a la forma ordenada, completa y comprensible, que deben emplear los operadores interconectantes para definir y determinar los requerimientos, procedimientos y aspectos técnicos, necesarios en el proceso de interconexión, sin que existan ambigüedades en las especificaciones, de tal manera que se eviten situaciones que afecten el buen desempeño del proceso de interconexión.

- **Alcance**

Para lograr claridad en la interconexión es necesario que:

- Los acuerdos de interconexión, el plan de pruebas detallado y la documentación en general, eviten casos incompletos y de difícil entendimiento.
- Los roles, responsabilidades, metas y objetivos de seguridad, de calidad y de desempeño estén definidos detallada y concretamente desde el principio, para garantizar la correcta prestación de los servicios y evitar que se ponga en riesgo la integridad de las redes involucradas.
- Los operadores establezcan conjuntamente: métricas, clases de servicio, valores para la marcación de paquetes, metodología, protocolos, pruebas y reportes, cuando estén en un proceso de negociación o constitución de acuerdos de interconexión.

- Se determine la ubicación de los Pols, la capacidad de los enlaces, la descripción de los equipos e interfaces, incluyendo sus características lógicas, físicas y eléctricas.

#### **4.3.3. Criterio 3: Conformidad**

- **Definición**

Se refiere a la obligación que tienen los operadores de cumplir con la normatividad nacional e internacional existente, para garantizar el buen funcionamiento de la interconexión, la integridad y desempeño de las redes, y la calidad en la prestación de servicios.

- **Alcance**

Para asegurar el criterio de conformidad, los operadores deben:

- Seguir las recomendaciones y estándares de organismos internacionales altamente reconocidos en la industria de telecomunicaciones como: ITU, ETSI, ANSI, IETF, IEEE, etc. Para el contexto colombiano, se debe considerar la regulación establecida por la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC).
- Cumplir las implicaciones técnicas y regulativas que tienen: la definición de los Pols y NNIs, la implementación de los protocolos de señalización, el establecimiento de clases de servicio y acuerdos entre operadores, el manejo de los mecanismos de seguridad, y la definición de un plan de numeración y direccionamiento, entre otros.
- Las pruebas que se establezcan entre los operadores interconectantes, no deben estar por fuera de la reglamentación y normatividad para la interconexión, en todos los aspectos a evaluar: señalización, seguridad, QoS y enrutamiento.

#### **4.3.4. Criterio 4: Eficacia**

- **Definición**

Hace referencia a la correcta vinculación de los recursos físicos y lógicos que permiten el interfuncionamiento de diferentes redes, y la interoperabilidad de los servicios que se soportan sobre ellas, de tal manera que se permita a los usuarios comunicarse con usuarios de otras redes y acceder a los servicios proporcionados por diferentes proveedores.

Este criterio, implica que los operadores deben tener la capacidad cumplir y mantener las metas operacionales que han sido acordadas, y que están relacionadas con condiciones de señalización, disponibilidad, confiabilidad, seguridad, desempeño y calidad, necesarias para el buen funcionamiento de la interconexión.

Es importante que las partes interconectantes tengan la capacidad de seleccionar apropiadamente las metas operacionales necesarias para dar respuesta a los problemas o necesidades que se presenten.

- **Alcance**

Para lograr la eficacia en la interconexión es necesario que:

- Los Pols y NNIs permitan el flujo de tráfico de medios y señalización, en ambos sentidos e ininterrumpidamente entre los operadores interconectantes.
- Por lo menos el 99.9% de los paquetes que se transmiten, al ser recibidos cumplan con los objetivos de desempeño acordados por los operadores para todas las clases de servicios soportadas.
- Cada operador interconectante garantice en su dominio, el aprovisionamiento de los mecanismos de seguridad acordados, con el fin de conservar la integridad de las redes y la calidad de los servicios ofrecidos.
- Los casos de prueba sean definidos teniendo en cuenta las características de las redes y los objetivos que han establecido las partes.

#### 4.3.5. Criterio 5: Eficiencia

- **Definición**

Este criterio se refleja en la capacidad que deben tener los operadores para establecer y mantener operando la interconexión, de acuerdo con las metas operacionales establecidas, de manera rápida y sin necesidad que se inviertan recursos innecesarios dentro del proceso. Donde cada una de las partes debe cumplir con todas las responsabilidades que le corresponden, para permitir el interfuncionamiento de las redes y la prestación continua de los servicios sobre las múltiples redes con niveles aceptables de calidad.

- **Alcance**

Para lograr la eficiencia es necesario que:

- Las actividades de aprovisionamiento, dentro de las cuales se incluyen las pruebas de interconexión, eviten los casos que incurran en costos y tiempo innecesarios.
- Los mecanismos de clasificación de tráfico, priorización de flujos y marcación de paquetes utilizados en la interconexión, funcionen apropiadamente, con el fin de que se asignen los recursos necesarios para cada servicio y se garantice la QoS requerida, sin que se dé lugar al sobredimensionamiento.
- Los enlaces de interconexión empleados para soportar los flujos de información de señalización y medios, y los equipos ubicados en los Pols deben funcionar correctamente, tener alta velocidad y capacidad de procesamiento para soportar gran cantidad tráfico.

- Los casos de prueba deben estar enfocados a la detección rápida y temprana de las fallas, y deben evitar procedimientos en los que se requiera de inversión de tiempo y recursos innecesarios.
- Cada parte interconectante cumpla con las actividades de mantenimiento y las realice sin que se vea afectada la puesta en servicio de la interconexión.

#### **4.3.6. Criterio 6: Confiabilidad**

- **Definición**

Se refiere a la capacidad que deben proporcionar los operadores para establecer y mantener la interconexión operando apropiadamente bajo condiciones normales o inesperadas. De tal manera que se eviten problemas y se logre la prestación continua de los servicios a través de las redes interconectadas, con los niveles de calidad y seguridad que esperan los usuarios y deben asegurar los operadores.

- **Alcance**

Para lograr un alto grado de confiabilidad los operadores deben:

- Emplear interfaces y protocolos consistentes.
- Diseñar e implementar pruebas de interconexión que permitan detectar fallas y condiciones de emergencia.
- Disminuir la probabilidad de que se presenten fallas en el proceso de interconexión.
- Minimizar el impacto de las fallas que se puedan presentar en las interfaces, protocolos y equipos, y reducir los tiempos de recuperación de la interconexión.
- Prevenir que las modificaciones que se realicen en la interconexión impacten negativamente en su desempeño.
- Emplear mecanismos de redundancia en los equipos y enlaces de interconexión.
- Emplear equipos y sistemas configurados correctamente, y que cumplan con los requisitos de funcionalidad y desempeño, para los que han sido diseñados.
- Mantener los canales de señalización, parámetros de QoS y mecanismos de seguridad funcionando adecuadamente.
- Los sistemas de numeración, direccionamiento y enrutamiento, deben estar configurados correctamente y deben responder a condiciones de carga y sobrecarga.

#### **4.3.7. Criterio 7: Confidencialidad**

- **Definición**

Se refiere a la capacidad de asegurar que la información sea accesible solo para aquellos que estén autorizados.

Este criterio implica que los operadores interconectantes no deben divulgar la información de la otra parte, antes y durante el proceso de interconexión, además deben asegurar la protección de la información de los usuarios y la entrega de información a los reguladores, sólo en los casos donde sea necesario.

- **Alcance**

El criterio de confidencialidad implica que:

- Se debe asegurar que el transporte de los flujos que se transmiten entre las pasarelas, se realice por túneles que proporcionen autenticación y encriptación.
- Los operadores debe emplear mecanismos de autorización, autenticación y control de acceso que sean robustos.
- Cada operador interconectante debe limitar la visibilidad de la topología de su red y los recursos.

#### **4.3.8. Criterio 8: Escalabilidad**

- **Definición**

Hace referencia a la habilidad de la interconexión para extender sus capacidades, sin perder la calidad de los servicios ofrecidos, ni poner en riesgo la integridad de las redes.

- **Alcance**

Para cumplir con el criterio de escalabilidad se debe garantizar que:

- La señalización responda correctamente ante posibles mejoras en la implementación de los protocolos e interfaces, que intervienen en el proceso de interconexión.
- El aumento de la capacidad de los enlaces de interconexión, la implementación de nuevos protocolos, y las modificaciones sobre los equipos, no deben afectar los parámetros de QoS que han sido acordados entre los operadores interconectantes, ni el correcto funcionamiento de la interconexión.

Como se estableció en el capítulo 2, los puntos e interfaces de interconexión en el nivel de transporte son necesarios para el intercambio de tráfico de información de medios y de control, por lo cual se considera que para el buen desempeño de la interconexión, éstos también deben cumplir con los criterios técnicos propuestos.

En la tabla 19 se sintetiza la propuesta de la relación entre los criterios y aspectos técnicos para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, descritos en este capítulo.

**Criterios técnicos**

<b>Aspectos técnicos</b>	<b>Conocimiento del entorno</b>	<b>Claridad</b>	<b>Conformidad</b>	<b>Eficacia</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Confiabilidad</b>	<b>Confidencialidad</b>	<b>Escalabilidad</b>
<b>Señalización</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Seguridad</b>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Numeración, direccionamiento y denominación</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Enrutamiento</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>QoS</b>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Pols</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓

**Tabla 19. Criterios y aspectos técnicos para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte.**

El cumplimiento y mantenimiento de los requerimientos obtenidos de la intersección entre los criterios y aspectos técnicos descritos en este capítulo, ayudaría a los operadores a afianzar el correcto funcionamiento de la interconexión.

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES**

En este capítulo se describen las conclusiones a las que se llegó después de haber realizado el proyecto, teniendo en cuenta los objetivos iniciales; además, se plantean algunas recomendaciones para quienes deseen abordar el tema de la interconexión de la NGN.

### **CONCLUSIONES**

- Para las NGN la interconexión es ineludible para la prestación de servicios de telecomunicaciones. Sobre todo en un ambiente de convergencia de redes y servicios, todos los proveedores, independientemente del tipo del rol que desempeñen (aplicaciones, servicios, acceso, conectividad y core), necesitan interconectarse de alguna manera para satisfacer la necesidad actual de los usuarios, de acceder a todos los servicios ininterrumpidamente y a través de varios tipos de redes.
- El desarrollo de este proyecto permitió el análisis de las posibilidades de interconexión de la NGN en el nivel de transporte. Lo cual facilita a los operadores de redes NGN, la interacción de su infraestructura con redes basadas en paquetes y con redes de conmutación de circuitos, para la prestación de servicios tradicionales, nuevos, y existentes, a través de múltiples redes.
- El análisis de las arquitecturas de la NGN definidas por la ITU y el ETSI, para determinar las posibilidades de interconexión de la NGN, permitió encontrar similitudes y diferencias entre ambas propuestas. Lo que puede servir como base conceptual para las personas o empresas que deseen enfocar su trabajo en el área de la NGN, y particularmente en aspectos de seguridad, calidad de servicio, interconexión, etc.
- Para que la interconexión se lleve a cabo se requiere de la especificación detallada de los protocolos e interfaces, los cuales hacen posible la negociación de parámetros para el control de recursos y la prestación de servicios. En este trabajo se determinaron los aspectos técnicos, que están relacionados con los protocolos e interfaces necesarios para la interconexión en el nivel de transporte de la NGN y que permiten el intercambio de información de control, gestión y medios (voz, video y datos), entre redes de diferentes dominios.
- Según lo analizado en el trabajo, las interfaces red-red tienen implicaciones técnicas y regulativas con respecto a la señalización, seguridad y calidad de servicio de la interconexión, pues deben soportar medidas para el establecimiento y monitoreo de las comunicaciones, el control de recursos, autorización, autenticación, y desempeño, además de garantizar la confidencialidad y la

integridad de los flujos de control, gestión y medios se transmiten entre los puntos de interconexión.

- Para proporcionar servicios de alta confiabilidad sobre una red formada por múltiples dominios administrativos, los operadores necesitan establecer claramente los métodos operacionales, los procedimientos, los protocolos, las interfaces, y las pruebas que permitan verificar la viabilidad de la interconexión.
- Con este trabajo se lograron identificar los requerimientos y aspectos técnicos de la interconexión de las redes NGN en el nivel de transporte, los cuales son necesarios para el interfuncionamiento de las redes, el control de los recursos, el manejo de QoS, el control de admisión, autenticación, autorización, lo que facilita la interoperabilidad de los servicios, y permite satisfacer las necesidades y expectativas de los usuarios, y proteger la integridad de las redes.
- De acuerdo con los diferentes requerimientos técnicos para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, tales como: señalización, seguridad, calidad de servicio, etc., mencionados en este documento, se ha propuesto un esquema de pruebas que pueda servir como referencia en los procesos de evaluación de la interconexión; permitiendo también, que los operadores puedan generar sus propios casos de prueba, teniendo en cuenta las metas operacionales establecidas.
- Uno de los resultados más importantes de este trabajo consiste en la definición de un esquema de pruebas, donde se han identificado unas categorías de pruebas que se relacionan con los requerimientos técnicos de señalización, calidad, seguridad, necesario para la interconexión en el nivel de transporte, y se han organizado en etapas que permiten su aplicación de manera ordenada. Lo que genera un gran aporte en el área de interconexión y pruebas de la NGN.
- La estructura de un esquema de pruebas para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, debe ser secuencial, de tal forma que el cumplimiento de una fase dé lugar al inicio de la siguiente, lo que facilita la detección de fallas, su aislamiento y recuperación de manera temprana, y que posteriormente se pueda garantizar el éxito del proceso de interconexión.
- Para el proceso de pruebas de interconexión se han propuesto tres fases en las que se encuentran las categorías de pruebas definidas. La fase de conformidad reúne las categorías de pruebas que permiten verificar si las interfaces y protocolos de los dispositivos de frontera, cumplen con las especificaciones técnicas y regulatorias. La fase de compatibilidad agrupa las categorías que buscan comprobar si se ejecutan las funciones específicas de la red, y si la implementación de los protocolos es completa y suficiente. Por último la fase de integración tiene por objetivo verificar que las redes interconectadas sean capaces de soportar los servicios, con los niveles de calidad, confiabilidad y seguridad, que hayan sido convenidos en los acuerdos bilaterales de interconexión.

- La documentación relacionada con el proceso de pruebas para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, debe emplear los términos técnicos apropiados, que permitan hacer el registro completo, claro y ordenado de todas las actividades que se realizan para el aprovisionamiento, operación y mantenimiento de la interconexión y que son necesarias para asegurar el buen funcionamiento de la misma, y soportar los servicios a través de las múltiples redes.
- La interconexión entre redes NGN en el nivel de transporte, debe proporcionar las condiciones necesarias para que los servicios cumplan con los parámetros de eficiencia, confiabilidad y seguridad. Para garantizar lo anterior, se han planteado una serie de criterios técnicos, obtenidos de la información del nivel de transporte analizada en un ambiente de interconexión, que incluye los aspectos y requerimientos técnicos, y el esquema de pruebas propuesto.
- Todo proceso de interconexión requiere de personal capacitado, que conozca ampliamente la infraestructura de la red y todos los aspectos técnicos involucrados en la misma, de tal manera que se pueda garantizar una interconexión confiable, y si ocurre algún problema, el personal puede estar preparado para enfrentarlo y para proveer una solución rápida y acertada.
- Es fundamental para la interconexión de redes NGN en el nivel de transporte, que los operadores interconectantes tengan conocimientos generales sobre los aspectos relevantes del proceso al que se enfrentan. Entre los aspectos a considerar, se destacan: las interfaces y protocolos entre NGN y otras redes, y requerimientos técnicos como la señalización en redes de conmutación de circuitos y redes de conmutación de paquetes, la seguridad, para proteger la integridad de las redes y las comunicaciones, y la QoS, para garantizar y monitorear el desempeño de la interconexión, entre otros.

## **RECOMENDACIONES**

- Proyectos de tipo investigativo relacionados con la innovación y desarrollo en tecnologías y servicios de Nueva Generación, así como potenciales propuestas al respecto, podrían ser verificados en el laboratorio “Laboratorio nacional de redes y servicios en NGN de Colombia para Latinoamérica” dispuesto por CINTEL, permitiendo una aproximación a un espacio real y productivo para las soluciones y herramientas que se desarrollan.
- Se deben impulsar proyectos que incentiven a los estudiantes a investigar acerca de la regulación de las redes NGN en el contexto colombiano, con el fin de exponer propuestas que sirvan como insumo técnico a los organismos reguladores nacionales como el Ministerio de Comunicaciones y la CRC.
- Para emprender el desarrollo de proyectos de este tipo es necesario construir una base documental, que tenga como fuentes principales a las organizaciones de estandarización de la industria de las telecomunicaciones, y cuerpos de regulación, entre otras figuras representativas del ámbito nacional e internacional.

- Es necesario permanecer actualizado respecto a la evolución de las normas relacionadas con el tema de investigación, sobre todo, si se tiene en cuenta que el sector de la tecnología y de las telecomunicaciones, es variante e innova frecuentemente.
- Realizar estudios sobre temas de actualidad en el sector de las telecomunicaciones, como es el caso de las NGN, representa un reto en materia de búsqueda y selección de información, debido a su limitada disponibilidad; por lo anterior, es importante establecer contactos con miembros de instituciones reconocidas a nivel nacional e internacional, que puedan apoyar al equipo de investigación a cargo del estudio, sirviendo de fuente de información, y convirtiéndose posiblemente en figuras que pueden llegar a aportar ideas o analizar las propuestas planteadas y los resultados obtenidos.

## **TRABAJOS FUTUROS**

- Como trabajo futuro se recomienda continuar con el estudio sobre las posibilidades de evaluación de la interconexión de la NGN en el nivel de transporte, teniendo en cuenta los objetivos del esquema de pruebas propuesto en este trabajo, y de esta manera proponer nuevos casos de prueba de acuerdo con los diferentes escenarios de interconexión, por ejemplo: interconexión con otras NGN, con otras redes IP, o con las redes de conmutación de circuitos.
- Adicionalmente, como trabajo futuro se propone generar un plan de pruebas detallado, teniendo en cuenta los objetivos expuestos en el esquema de pruebas, los equipos de las redes interconectadas, y los diferentes servicios que se pueden ofrecer, tales como: telefonía básica, voz sobre IP, datos, video, televisión, etc.
- Si bien el tema de la interconexión de redes ha mostrado avances significativos últimamente, éstos deben ser acompañados de propuestas de índole comercial a través de las cuales se puedan definir aspectos tales como: tarificación y facturación, que tengan en cuenta los diversos operadores en el momento que deseen interconectar sus redes.
- Dado que la calidad de servicio es un aspecto importante en las redes actuales, y se convierte en un elemento importante en la interconexión de las NGN, un trabajo inmediato que podría abordarse sería el de especificar detalladamente las pruebas de desempeño asociadas a la calidad de servicio y probarlas en el laboratorio ANKLA de CINTEL.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] International Telecommunication Union, "Next Generation Networks Global Standards Initiative". Disponible en Web: <http://www.itu.int/ITU-T/ngn/introduction.html>, [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [2] Schmidt, M.; Wilde, A.; Schulke, A.; Costa, H., "IMS interoperability and conformance aspects [IP Multimedia Systems (IMS) Infrastructure and Services]," *Communications Magazine*, IEEE, vol.45, no.3, pp.138-142, Marzo 2007 Disponible en Web: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=4150581&isnumber=4150549>
- [3] Comisión Reguladora de Comunicaciones, "Políticas generales y estrategias para establecer un régimen unificado de interconexión (RUDI)", 2000.
- [4] International Telecommunication Union, "General overview of NGN" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y.2001, 2004. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y>, [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [5] International Telecommunication Union, "General principles and general reference model for Next Generation Networks" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y.2011, 2004. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y>, [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [6] European Telecommunications Standards Institute, "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Terminology" *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI TR-180-000, 2006. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>. [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [7] International Telecommunication Union, "Methods of testing and model network architecture for NGN technical means testing as applied to public telecommunication networks" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.3900, 2006. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q>, [Consulta: Abril 27, 2010]
- [8] International Telecommunication Union, "Functional requirements and architecture of the NGN release 1" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y.2012, 2006. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y>, [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [9] European Telecommunications Standards Institute, "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Functional Architecture" *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI ES-282-001, 2009. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>. [Consulta: Febrero 18, 2010]
- [10] World Trade Organization. "Negotiating group on basic telecommunications". Telecommunications services: reference paper. April, 1996. Disponible en Web

- [http://www.wto.org/english/news\\_e/pres97\\_e/refpap-e.htm](http://www.wto.org/english/news_e/pres97_e/refpap-e.htm), [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [11] International Telecommunication Union, “ITU-T Y.2000 series – Supplement on NGN release 1 scope” *International Telecommunication Union*, ITU-T Series Y Supplement 1, 2006. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y>, [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [12] International Telecommunication Union, “NGN FG Proceedings Part II” *International Telecommunication Union*, ITU-T. NGN FG Proceedings Part II. Global Standards Initiative, 2005. Disponible en Web: [http://www.itu.int/ITU-T/ngn/files/NGN\\_FG-book\\_II.pdf](http://www.itu.int/ITU-T/ngn/files/NGN_FG-book_II.pdf) [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [13] European Regulators Group, “Consultation Document on Regulatory Principles of IP-IC/NGN Core” *European Regulators Group*, ERG (08) 26rev1. (2008) Disponible en Web: [http://erg.ec.europa.eu/doc/publications/consult\\_ngn\\_2008/erg\\_08\\_26rev1\\_consul\\_ip\\_ngn\\_080604.pdf](http://erg.ec.europa.eu/doc/publications/consult_ngn_2008/erg_08_26rev1_consul_ip_ngn_080604.pdf), [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [14] International Telecommunication Union, “NGN release 1 requirements” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y.2201, 2007. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y> [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [15] European Telecommunications Standards Institute, “Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Service and Capability Requirements” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI TS-181-005, 2009. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>, [Consulta: Marzo 8, 2010]
- [16] International Telecommunication Union, “Vocabulary of terms for ISDNs” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation I.112, 1993. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y>, [Consulta: Marzo 8, 2010]
- [17] Tauqir, W, Gul, Z, Qureshi, R, Abid, H, Agarwal, VK, Roy, B, Dorji, W, Faraji, M, “Report of the satrc working group on regulatory aspects of next generation networks including interconnection.” *Asia-Pacific Telecommunity Document SATRC-11/INP-05*, 2009.
- [18] International Telecommunication Union, “Security requirements for NGN release 1” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y.2701, 2007. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y>, [Consulta: Marzo 8, 2010]
- [19] International Telecommunication Union, “Functional requirements and architecture of the NGN release 1 Supplement 1: Session/border control (S/BC) functions” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y. 2012 Supplement 1, 2006. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y> [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [20] Telecommunication engineering centres – Department of Telecommunications government of India. “White paper on routing plan for inter operator interconnection in ngn release 1”, 2001. Disponible en Web:

- <http://www.tec.gov.in/technology%20updates/White%20Paper%20on%20%20Routing%20Plan%20for%20Inter%20operator%20Interconnection%20in%20NGN.pdf>  
[Consulta: Marzo 16, 2010]
- [21] European Telecommunications Standards Institute, “Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Interconnection and Routing requirements related to Numbering and Naming for NGNs; NAR Interconnect” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI TS-184-006, 2008. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>. [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [22] European Regulators Group, “Supplementary Document to the ERG Common Statement on Regulatory Principles of IP-IC / NGN Core - A work program towards a Common Position”. Disponible en Web: [http://www.erg.eu.int/doc/publications/erg\\_08\\_26b\\_final\\_ngn\\_ip\\_ic\\_cs\\_sup\\_doc\\_081016.pdf](http://www.erg.eu.int/doc/publications/erg_08_26b_final_ngn_ip_ic_cs_sup_doc_081016.pdf), [Consulta: Marzo 16, 2010]
- [23] European Regulators Group, “Final Report on IP interconnection” *European Regulators Group*, ERG (07) 09. 2007. Disponible en Web: [http://www.erg.europa.eu/doc/publications/erg\\_07\\_09\\_rept\\_on\\_ip\\_interconn.pdf](http://www.erg.europa.eu/doc/publications/erg_07_09_rept_on_ip_interconn.pdf). [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [24] M. Balqar, “Interconnection Guidelines”. ITU/BDT Arab Regional Workshop on Interconnection” Tunis – Tunisia, Enero 26-28, 2004
- [25] International Telecommunication Union, “NGN NNI signaling profile” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.3401, 2007. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q> [Consulta: Febrero 17, 2010]
- [26] European Telecommunications Standards Institute, “Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); IP Multimedia Call Control Protocol based on Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP) Stage 3” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI ES-283-003, 2008. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>, [Consulta: Marzo 22, 2010]
- [27] European Telecommunications Standards Institute, “Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Internet Protocol (IP) multimedia call control protocol based on Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP); Stage 3(3GPP TS 24.229 version 9.3.1 Release 9)” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI TS-124-229, 2009. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>. [Consulta: Mayo 2, 2010]
- [28] Telecom Italia Group, “Next Generation Network”. Meeting with European Authorities. Abril 2007. Disponible en Web: [http://berec.europa.eu/doc/whatsnew/ti\\_pileri\\_erg\\_17\\_apr\\_07.pdf](http://berec.europa.eu/doc/whatsnew/ti_pileri_erg_17_apr_07.pdf). [Consulta: Marzo 22, 2010]
- [29] Global System for Mobile communications Association, “Inter-Service Provider IP Backbone Guidelines” *Global System for Mobile communications Association*, GSM Association Official Document: IR.34, 2009.

- [30] Cumming, J., "Session Border Control in IMS - An analysis of the requirements for Session Border Control in IMS networks", Metaswitch Networks Technical Report, 2009. Disponible en Web: <http://www.metaswitch.com>, [Consulta: Marzo 15, 2010]
- [31] R. Zouakia. "NGN interconnection: technology challenges". ITU/BDT Arab Regional Workshop on: "NGN Interconnection" Manama. Kingdom of Bahrain, Mayo 02 -03, 2007
- [32] International Telecommunication Union, "Trends in Telecommunications Reform. Interconnection Regulation", *International Telecommunication Union*, ITU-T 2000.
- [33] International Telecommunication Union, "Global Information Infrastructure terminology: Terms and definitions" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y.101, 2000. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y>, [Consulta: Marzo 22, 2010]
- [34] Telecom Engineering Centre, "NGN Architecture" *Telecom Engineering Centre*, Technology White Paper on NGN Architecture, 2007. Disponible en Web: <http://www.tec.gov.in/technology%20updates/NGN%20Architecture.pdf>, [Consulta: Febrero 22, 2010]
- [35] International Telecommunication Union, "Resource and admission control functions in next generation networks" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y.2111, 2008. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y>, [Consulta: Febrero 22, 2010]
- [36] European Telecommunications Standards Institute, "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Resource and Admission Control Sub-System (RACS): Functional Architecture" *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI ES-282-003, 2010. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>. [Consulta: Mayo 2, 2010]
- [37] International Telecommunication Union, "Admission control priority levels in Next Generation Networks" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y.2171, 2006. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y>, [Consulta: Marzo 23, 2010]
- [38] Atarashi R. S., Miyake S., Baker F., "Policy Control Network Architecture using Metadata" *Proc. Int. Conf. on Dublin Core and Metadata for e-Communities*, Firenze University Press, vol., no., pp.195-196, Octubre. 2002. Disponible en Web: <http://dcpapers.dublincore.org/ojs/pubs/article/viewArticle/711>, [Consulta: Marzo 25, 2010]
- [39] Jongtae Song, Mi Young Chang, Soon Seok Lee, "Overview of ITU-T NGN QoS Control," *Communications Magazine*, IEEE, vol., no., pp.116-123, September. 2007. Disponible en Web: <http://ieeexplore.ieee.org>, [Consulta: Marzo 22, 2010]
- [40] International Telecommunication Union, "Network attachment control functions in next generation networks" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y.2014, 2008. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y> [Consulta: Abril 24, 2010]
- [41] European Telecommunications Standards Institute, "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN);

- NGN Functional Architecture; Network Attachment Sub-System (NASS)” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI ES-282-004, 2008. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>, [Consulta: Abril 5, 2010]
- [42] “Research Status of Network Attachment Subsystem in NGN” Disponible en Web: [http://www.zte.com.cn/endata/magazine/ztecommunications/2007year/no1/articles/200703/t20070326\\_162420.html](http://www.zte.com.cn/endata/magazine/ztecommunications/2007year/no1/articles/200703/t20070326_162420.html) [Consulta: Abril 24, 2010]
- [43] Hardwick, J., “Session border controllers - Enabling the VoIP Revolution” *Metaswitch Networks Technical Report*, 2009. Disponible en Web: <http://www.metaswitch.com>, [Consulta: Marzo 15, 2010]
- [44] “Session border controllers in converged fixedmobile IMS/TISpan architecture”, Disponible en Web: [http://www.level3.com/downloads/AcmePacket\\_IMS\\_paper0509.pdf](http://www.level3.com/downloads/AcmePacket_IMS_paper0509.pdf), [Consulta: Marzo 15, 2010]
- [45] *European Telecommunications Standards Institute*, “Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISpan); IP Multimedia Subsystem (IMS); Functional architecture” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI ES-282-007, 2008. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>, [Consulta: Abril 5, 2010]
- [46] *International Telecommunication Union*, “Signalling architecture for the NGN service control plane” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.3030, 2008. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q> [Consulta: Abril 24, 2010]
- [47] *International Telecommunication Union*, “Resource control protocol No. 1 – Protocol at the Rs interface between service control entities and the policy decision physical entity” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.3301.1, 2007. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q> [Consulta: Abril 24, 2010]
- [48] *European Telecommunications Standards Institute*, “Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISpan); “Resource and Admission Control: DIAMETER protocol for session based policy set-up information exchange between the Application Function (AF) and the Service Policy Decision Function (SPDF); Protocol specification” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI TS-183-017, 2009. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>, [Consulta: Mayo 7, 2010]
- [49] *International Telecommunication Union*, “Protocol at the interface between a Policy Decision Physical Entity (PD-PE) and a Policy Enforcement Physical Entity (PE-PE) (Rw interface): H.248 Alternative” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.3303.2, 2007. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q>, [Consulta: Abril 5, 2010]
- [50] *European Telecommunications Standards Institute*, “Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISpan); Resource and Admission Control: H.248 Profile Version 3 for controlling Border Gateway Functions (BGF) in the Resource and Admission Control Subsystem (RACS); Protocol specification” *European Telecommunications Standards Institute*,

- ETSI TS-183-018, 2008. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>, [Consulta: Abril 5, 2010]
- [51] International Telecommunication Union, "Protocol at the interface between a Policy Decision Physical Entity (PD-PE) and a Policy Enforcement Physical Entity (PE-PE): COPS Alternative" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.3303.1, 2007. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q>, [Consulta: Abril 5, 2010]
- [52] International Telecommunication Union, "Protocol at the interface between the policy decision physical entity (PD-PE) and the policy enforcement physical entity (PE-PE) (Rw interface): Diameter" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.3303.3, 2008. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q>, [Consulta: Abril 5, 2010]
- [53] Network Interoperability Consultative Committee, "Generic IP Connectivity for PSTN /ISDN Services between UK Next Generation Networks" *Network Interoperability Consultative Committee*, ND1612, 2008. Disponible en Web: <http://www.niccstandards.org.uk>, [Consulta: Abril 16, 2010]
- [54] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC 1889, Enero 1996.
- [55] International Telecommunication Union, "NGN NNI signaling profile" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.3401, 2007. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q>, [Consulta: Abril 5, 2010]
- [56] International Telecommunication Union, "Description of capability set 1 of NGN release 1" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y.2006, 2008. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y> [Consulta: Abril 24, 2010]
- [57] M. Stern, "IMS Interconnect: Peering, Roaming and Security –Part One". Alcatel-Lucent, Technology white paper Disponible en Web: <http://www.alcatel-lucent.com> [Consulta: Abril 14, 2010]
- [58] Hyeong Ho Lee. "Signaling architecture and protocols for the Next Generation Network" *Advanced Communication Technology*, 2009. ICACT 2009. 11th International Conference on, vol.03, no., pp.1691-1696, 15-18. Febrero 2009 Disponible en Web: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=4809399&isnumber=4809346>
- [59] European Telecommunications Standards Institute, "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Network Attachment: Roaming in TISPAN NGN Network Accesses; Interface Protocol Definition" *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI TS-183-020, 2006. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>, [Consulta: Abril 5, 2010]
- [60] International Telecommunication Union, "Resource control protocol No.7 - Protocol at the interface between inter-domain policy decision physical entities (Ri interface)" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.3307.1, 2009. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q> [Consulta: Abril 24, 2010]

- [61] European Telecommunications Standards Institute, “Telecommunications and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Resource and Admission Control: DIAMETER protocol for domains interconnection information exchange between SPDFs Protocol specification” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI TS-183-062, 2008. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>, [Consulta: Mayo 7, 2010]
- [62] Miller, M.A, “Softswitches—Part III: The Media Gateway Controller” Disponible en Web: <http://www.voipplanet.com/backgrounders/article.php/3558831>, [Consulta: Marzo 17, 2010]
- [63] European Telecommunications Standards Institute, “Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Interworking; Trunking Gateway Control Procedures for interworking between NGN and external CS networks [Endorsement of 3GPP TS 29.412 (R8)]” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI ES-283-012, 2010. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>, [Consulta: Abril 4, 2010]
- [64] L. Ong, I. Rytina, M. Garcia, H. Schwarzbauer, L. Coene, H. Lin, I. Juhasz, M. Holdrege, C. Sharp, “Framework Architecture for Signaling Transport”, RFC 2719, Octubre 1999.
- [65] C. Groves, M. Pantaleo, T. Anderson, T. Taylor, “Gateway Control Protocol Version 1”, RFC 3525, Junio 2003.
- [66] International Telecommunication Union, “Signalling System No. 7 – ISDN User Part functional description” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.761, 1999. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q>, [Consulta: Abril 11, 2010]
- [67] International Telecommunication Union, “Signalling System No. 7 – ISDN User Part general functions of messages and signals” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.762, 1999. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q> [Consulta: Abril 20, 2010]
- [68] International Telecommunication Union, “Signalling System No. 7 – ISDN User Part formats and codes” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.763, 1999. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q>, [Consulta: Abril 11, 2010]
- [69] International Telecommunication Union, “Signalling System No. 7 – ISDN User Part general functions of messages and signals” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.762, 1999. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q> [Consulta: Abril 20, 2010]
- [70] European Telecommunications Standards Institute, “Integrated Services Digital Network (ISDN) Application of the ISDN User Part (ISUP) of CCITT Signalling System No.7 for international ISDN interconnections (ISUP version 1)” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI ETS-300-121, 1993. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>, [Consulta: Abril 12, 2010]

- [71] European Telecommunications Standards Institute, “Integrated Services Digital Network (ISDN); Attachment requirements for terminal equipment to connect to an ISDN using ISDN primary rate access (Candidate NET 5)” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI ETS-300-156, 1999. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>. [Consulta: Febrero 20, 2010]
- [72] Ministerio de Comunicaciones, “Norma Nacional de Señalización por Canal Comun N.º 7 - SSC7”, 1998. Disponible en Web: <http://www.mintic.gov.co/mincom/faces/index.jsp?id=5523>. [Consulta: Febrero 20, 2010]
- [73] Comisión de Regulación de Comunicaciones, RESOLUCIÓN No. 087 de 1997, Título IV Regimen unificado de interconexión – RUDI, título compilado por la Res. 489/02, Artículo 4.2.1.12. Disponible en Web: [http://www.crcm.gov.co/images/stories/crtdocuments/Normatividad/ResolucionesCRT/Resolucion\\_087\\_Actualizada\\_2209.pdf](http://www.crcm.gov.co/images/stories/crtdocuments/Normatividad/ResolucionesCRT/Resolucion_087_Actualizada_2209.pdf). [Consulta: Febrero 20, 2010]
- [74] International Telecommunication Union, “Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation G.703, 2001. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=G>, [Consulta: Marzo 23, 2010]
- [75] International Telecommunication Union, “Synchronous frame structures used at 1544, 6312, 2048, 8448 and 44 736 kbit/s hierarchical levels” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation G.704, 1998. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=G> [Consulta: Abril 20, 2010]
- [76] International Telecommunication Union, “Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation G.707, 2007. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=G>, [Consulta: Marzo 23, 2010]
- [77] International Telecommunication Union, “Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation G.957, 2006. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=G> [Consulta: Abril 20, 2010]
- [78] International Telecommunication Union, “Maintenance terminology and definitions” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation M.60, 1993. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=M>, [Consulta: Abril 10, 2010]
- [79] International Telecommunication Union, “Definitions of terms related to quality of service” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation E.800, 2008. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=E> [Consulta: Mayo 20, 2010]
- [80] European Telecommunications Standards Institute, “THE EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS PLATFORM Framework Interconnection Agreement:

- guidelines for testing” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI MTS27-TD67, 1998.
- [81] “CSA Convergent Service Analyzer, Anacise Testnology Corp” Disponible en Web: <http://www.anacise.com/index.htm>, [Consulta: Abril 10, 2010]
- [82] “NGN Quality Testing TiQoS Platform”, VIERLING Communications GmbH. Disponible en Web: [http://www.vierling.de/www\\_vierling/images/Support/MS/Prospekte/QoS/TiQoS\\_NGN\\_0809\\_en.pdf](http://www.vierling.de/www_vierling/images/Support/MS/Prospekte/QoS/TiQoS_NGN_0809_en.pdf), [Consulta: Abril 10, 2010]
- [83] “NGN Product Solutions Guide” Disponible en Web: <http://www.livingston.net.au/files/bestanden/livingstonngncatalogue2006-7.pdf>, [Consulta: Abril 10, 2010]
- [84] “Cisco Service Provider Test and Validation Services” Disponible en Web: [http://www.cisco.com/en/US/services/ps2961/ps6899/ps6901/services\\_data\\_sheet\\_sp\\_test\\_validation.pdf](http://www.cisco.com/en/US/services/ps2961/ps6899/ps6901/services_data_sheet_sp_test_validation.pdf), [Consulta: Abril 10, 2010]
- [85] European Telecommunications Standards Institute, “Methods for Testing and Specification (MTS); Network Integration Testing (NIT); Interconnection; Reasons and goals for a global service testing approach” *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI TR-101-667, 1999. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>. [Consulta: Mayo 12, 2010]
- [86] Waskasi, M.Y. Sadeghi, M. Mirzabaghi, M. Harandi, Y.N. Tabrizipoor, A.I. Pirhadi, M., “NGN Test Strategy: Evaluating Next Generation Networks in a Realistic Environment,” *Innovations in NGN: Future Network and Services*, 2008. K-INGN 2008. First ITU-T Kaleidoscope Academic Conference, vol., no., pp.323-330, Mayo 2008. Disponible en Web: <http://ieeexplore.ieee.org>, [Consulta: Abril 10, 2010]
- [87] Gestión de Infraestructuras Públicas de Telecomunicaciones del Principado de Asturias S.A. “Pruebas de Interconexión con la Red Pública ASTURCÓN”, 2008. Disponible en Web: <http://www.gitpa.es>, [Consulta: Abril 10, 2010]
- [88] International Telecommunication Union, “Testing topology for networks and services based on NGN technical means” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.3901, 2008. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q> [Consulta: Mayo 12, 2010]
- [89] International Telecommunication Union, “Extensions of NGN NNI signalling profile including video and data services” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Q.3401 Amendment 1, 2008. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Q> [Consulta: Abril 24, 2010]
- [90] D. Blandón, Y. Díaz, F. Guerrero, J. Cuéllar, A. Navarro, C. Ochoa, “Redes NGN-Medición de la Calidad Servicio” 2008. Disponible en Web: [http://www.interactic.com.co/dmdocuments/qos\\_en\\_ngn\\_gngn.pdf](http://www.interactic.com.co/dmdocuments/qos_en_ngn_gngn.pdf) [Consulta: Mayo 17, 2010]
- [91] International Telecommunication Union, “Network performance objectives for IP-based services” *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y.1541, 2006. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y> [Consulta: Mayo 17, 2010]

- [92] European Telecommunications Standards Institute, "Telecommunication and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Next Generation Network (NGN); Quality of Service (QoS) Framework and Requirements" *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI TS-185-001, 2005. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>, [Consulta: Abril 10, 2010]
- [93] International Telecommunication Union, "Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation Y.1540, 2007. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=Y> [Consulta: Mayo 17, 2010]
- [94] Jacobs, P., Davie, B., "Technical Challenges in the Delivery of Interprovider QoS," *Communications Magazine*, IEEE, vol., no., pp.112-118, Junio 2005. Disponible en Web: <http://ieeexplore.ieee.org>, [Consulta: Abril 10, 2010]
- [95] European Interconnect Forum "Framework Interconnection Agreement Guidelines" *European Interconnect Forum*, 1997. Disponible en Web: [http://www.ida.gov.sg/doc/Policies%2520and%2520Regulation/Policies\\_and\\_Regulation\\_Level2/Provision\\_of\\_Telecom\\_Services/EIF\\_Framework.doc](http://www.ida.gov.sg/doc/Policies%2520and%2520Regulation/Policies_and_Regulation_Level2/Provision_of_Telecom_Services/EIF_Framework.doc). [Consulta: Junio 7, 2010]
- [96] European Telecommunications Standards Institute, "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Security; Security Architecture" *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI TS-187-003, 2008. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>. [Consulta: Junio 7, 2010]
- [97] International Telecommunication Union, "The international public telecommunication numbering plan" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation E.164, 2005. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=E>. [Consulta: Junio 7, 2010]
- [98] European Telecommunications Standards Institute, "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Naming/Numbering Address Resolution (NAR)" *European Telecommunications Standards Institute*, ETSI TR-184-007, 2008. Disponible en Web: <http://www.etsi.org>. [Consulta: Junio 7, 2010]
- [99] International Telecommunication Union, "Traffic routing" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation E.170, 1992. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=E>. [Consulta: Junio 7, 2010]
- [100] International Telecommunication Union, "End-user multimedia QoS categories" *International Telecommunication Union*, ITU-T Recommendation G.1010, 2001. Disponible en Web: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=G>. [Consulta: Junio 7, 2010]