

Universidad de Oriente
Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Telecomunicaciones



TRABAJO DE DIPLOMA

**Alternativas de topología de red para el
desarrollo de acciones estratégicas de
asimilación de la tecnología IMS.**

Autor: Alejandro Duverger Sobrado

**Tutor: Ing. Yamilet Pompa Chacón
M.Sc. Ing. Álvaro Cué Sierra**

**Santiago de Cuba
Junio, 2015**

Universidad de Oriente
Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Telecomunicaciones



TRABAJO DE DIPLOMA

**Alternativas de topología de red para el
desarrollo de acciones estratégicas de
asimilación de tecnología IMS.**

Autor: Alejandro Duverger Sobrado

Teléfonos: 21383642, 52991448

Tutor: Ing. Yamilet Pompa Chacón

Profesora Auxiliar, Departamento de Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería
Eléctrica, ypompa@fie.uo.edu.cu

M.Sc. Ing. Álvaro Cué Sierra

Especialista C en Telemática, Departamento de Diagnóstico y Control, ETECSA
Guantánamo, alvaro.cue@etecsa.cu

Santiago de Cuba

Junio, 2015



COMPROMISO DEL AUTOR

Hago constar que el presente trabajo de diploma es de mi autoría exclusivamente, no constituyendo copia de ningún trabajo realizado anteriormente y las fuentes usadas para la realización del trabajo se encuentran referidas en la bibliografía. Doy mi consentimiento a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización del Tutor o Institución.

Firma del Autor

PENSAMIENTO

“Ver después no vale, lo que vale es ver antes y estar preparados.”

José Martí.

AGRADECIMIENTOS

- *A mis padres, Jacinto e Idalmis, a quienes les debo la vida y más, sin su apoyo no habría podido lograr mis metas.*
- *A mi hermano Ernesto, por compartir su vida conmigo.*
- *A mi segunda madre, mi abuela Rosa, por todo el cariño y amor que me ha dado toda la vida.*
- *A mi novia Lianne, por apoyarme en los momentos más difíciles y por creer siempre en mí.*
- *A mi tutor Álvaro Cué, por darme la oportunidad de realizar este trabajo, por apoyarme incondicionalmente y por poner a mi disposición todos sus conocimientos, eternamente agradecido.*
- *A mi tutora Yamilet, por su guía y apoyo.*
- *A Carlos, mi hermano de la universidad, por los momentos compartidos y por su amistad incondicional.*
- *A todos mis amigos de la beca, Enrique, Hernán, Vega, Hamlet y, en general, a todos mis compañeros de carrera. Nunca los olvidaré.*
- *A todo el colectivo de profesores de la carrera, por contribuir en mi formación y, especialmente, al profesor Subert y a la profesora Lídice, cuyas recomendaciones fueron de gran valor para la realización de este trabajo.*
- *A todos los compañeros de ETECSA en Guantánamo que siempre me brindaron su apoyo y ayuda.*
- *A todos aquellos que no he mencionado y que han colaborado, de una forma u otra, en la realización de este trabajo de diploma.*

Muchas gracias a todos.

RESUMEN

Debido a las limitaciones propias de las Redes de Nueva Generación desplegadas actualmente en el país, se estudia la posible penetración del Subsistema Multimedia IP como nueva arquitectura de red. La provincia Guantánamo es uno de los territorios donde actualmente existe una red de nueva generación, por lo que una probable migración tecnológica requerirá del personal de ETECSA las competencias profesionales necesarias para asimilar el cambio a la nueva tecnología. Este trabajo de diploma se realizó la gestión de información sobre la topología de red actual en el territorio provincial, abordando también la arquitectura, principales entidades funcionales y procedimientos del Subsistema Multimedia IP y de la solución de posible penetración en el país, con el objetivo de proveer a ETECSA de información técnica que pueda sustentar los procesos de toma de decisiones relacionadas con la capacitación y desarrollo de sus recursos humanos para garantizar la asimilación del cambio de tecnología. Se identificaron las posibles alternativas de topología de red resultante de una futura migración tecnológica, analizando las principales características para cada caso y determinando cuál se ajustaría mejor a los intereses de la empresa, ofreciendo sobre la misma una caracterización en cuanto a flujos de llamadas, nuevos equipos de acceso y terminales a utilizar y tecnologías de acceso adecuadas. Como resultado de la investigación, ETECSA estaría mejor posicionada para realizar la anticipación a los cambios y generar las acciones estratégicas que le permitan la asimilación de la nueva tecnología.

Palabras clave: red NGN, asimilación tecnológica, red IMS

ABSTRACT

Due to the limitations characteristic of the New Generation Networks actually deployed in the country, possible penetration of the IP Multimedia Subsystem is studied like new network architecture. The county Guantánamo is one of the territories where actually a new generation network exists, that's why a probable technological migration will require for ETECSA's personnel the necessary professional competitions to assimilate the change to the new technology. This diploma work was focused in the information's management about the current network topology in the territory, also approaching the architecture, main functional entities and procedures of the IP Multimedia Subsystem and of the solution of possible penetration in the country, with the objective of providing ETECSA with technical information that can sustain the taking of decisions related with the training and development of its human resources to guarantee the assimilation of the technology change. Possible alternatives network topologies resulting from a future technology migration were identified, analyzing the key features for each case and determine which one best comply with interests of the company, offering on it a characterization in terms of call flows, new access equipment and terminals to be used and suitable access technologies. As a result of the investigation, ETECSA would be better positioned for the anticipation of change and to generate strategic actions that will allow the assimilation of new technology.

Keywords: NGN network, networks convergence, IMS network

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1. Redes de Nueva Generación. Caracterización de la red NGN de la provincia Guantánamo.....	6
1.1 Evolución hacia las NGN.....	6
1.2 Características de las Redes de Nueva Generación.....	7
1.3 Arquitectura de NGN.	9
1.3.1 Capa de Acceso.....	10
1.3.2 Capa de Transporte.	12
1.3.3 Capa de Control.	12
1.3.4 Capa de Aplicaciones/Servicios.....	14
1.4 Solución U-SYS de Huawei.....	14
1.4.1 Equipos propuestos en la solución U-SYS.	16
1.5 Red de telecomunicaciones de la provincia Guantánamo.	18
1.5.1 Caracterización de la red NGN de la provincia Guantánamo.....	22
1.5.2 Topología y equipos de la red NGN de la provincia Guantánamo.....	23
1.6 Tendencia de las redes NGN basadas en Softswitch.	28
CAPITULO 2. Generalidades del Subsistema Multimedia IP.....	30
2.1 Orígenes.	30
2.2 Características del Subsistema Multimedia IP.....	31
2.3 Diferencias entre Softswitch e IMS.	34
2.4 Arquitectura de IMS.....	35
2.4.1 Interfaces de la arquitectura IMS.....	37
2.4.2 Puntos de referencia.....	38
2.5 Principales entidades funcionales de IMS.....	38
2.5.1 <i>Call/Session Control Function (CSCF)</i>	39
2.5.2 <i>Home Subscriber Server (HSS)</i>	41
2.5.3 <i>Subscriber Location Function (SLF)</i>	41
2.5.4 Servidores de Aplicación (AS).....	41
2.5.5 <i>Media Resource Function (MRF)</i>	43
2.5.6 <i>Breakout Gateway Control Function (BGCF)</i>	43

2.5.7	Pasarela PSTN/CS.	43
2.6	Señalización en IMS.	44
2.7	Procedimientos en IMS.	45
2.7.1	Descubrimiento del P-CSCF.....	46
2.7.2	Registro en el sistema.	47
2.7.3	Asignación del S-CSCF.....	49
2.7.4	Inicio de sesiones.	50
CAPITULO 3 . Alternativas de topología de la red de telecomunicaciones resultante de la migración de NGN a IMS en Guantánamo.		52
3.1	Alternativas de topología de la red de telecomunicaciones de la provincia Guantánamo al migrar a IMS.....	52
3.1.1	Topología de red compuesta por un dominio IMS y un dominio NGN.	56
3.1.2	Topología de red compuesta por un dominio IMS.	59
3.1.3	Comparación entre las alternativas identificadas.....	61
3.2	Caracterización de la topología de red deseable para ETECSA.	62
3.2.1	Flujos de llamadas.	62
3.2.2	Elección de los equipos de acceso del proveedor ZTE.....	68
3.2.3	Teconologías de acceso recomendadas.....	71
3.2.4	Nuevos terminales a utilizar.	72
3.3	Valoración de la utilidad.	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.		77

INTRODUCCIÓN

A inicios de la década de los 90 Internet obtuvo un gran éxito, basado fundamentalmente en las posibilidades que ofrecía a los usuarios para acceder de forma sencilla e inmediata a gran cantidad de información, independientemente de la ubicación geográfica de los mismos. Por primera vez, los usuarios no estaban limitados a utilizar solamente los servicios que les brindaba su operador, sino que podían escoger y acceder a cualquier servicio que estuviera disponible en la red de redes.

Influenciados por el éxito comercial de Internet, los operadores se enfocaron en ofrecer a los usuarios nuevos servicios basados en paquetes, que poseen mayor potencial de generación de ingresos al permitir la innovación y la diferenciación entre operadores. Para estos fines, se decidió utilizar las infraestructuras de redes existentes basadas en conmutación de circuitos, realizando las mínimas adaptaciones para lograr un funcionamiento aceptable [1].

Sin embargo, estas infraestructuras de red no habían sido diseñadas para soportar servicios basados en paquetes, y cuando aumentó el tráfico comenzaron a congestionarse, con una consecuente disminución de la calidad de los servicios. Ante la evidente falta de capacidad de las redes existentes para manejar el tráfico creciente, fue necesario para los operadores buscar nuevas soluciones de red que garantizaran el ancho de banda requerido, calidad de servicio (QoS) y niveles de seguridad adecuados.

En ese momento se consideró la posibilidad de una solución común basada en el Protocolo Internet (IP), llamada All-IP. Sin embargo, las soluciones IP tradicionales tenían carencias importantes en cuanto a capacidad y seguridad, y no garantizaban la QoS requerida.

En este contexto surge y se desarrolla el concepto de Redes de Nueva Generación o NGN (*Next Generation Network*), planteándose como la solución que permitirá llevar a cabo las propuestas del modelo All-IP y que brindará interfaces de banda ancha, QoS y seguridad, así como la posibilidad para los operadores de lograr convergencia entre sus diferentes infraestructuras de red, facilitando el despliegue de los servicios actuales y futuros [1].

Aproximadamente en el año 2006, ETECSA aprobó la introducción de las NGN en Cuba con el objetivo de actualizar las redes de telecomunicaciones del país. Inicialmente se instalaron los equipos pertenecientes al núcleo de la red y algunos equipos de acceso, cuyo rendimiento fue puesto a prueba. Una vez concluido el período de pruebas, se instalaron nuevos equipos de acceso en diferentes territorios del país para dar conectividad a los usuarios con la red. Con el objetivo de no depender de un único fabricante, se instalaron equipos de tres fabricantes diferentes: Huawei, Ericsson y Alcatel-Lucent.

La provincia Guantánamo fue una de las seleccionadas para desplegar las NGN. La red implementada en la provincia pertenece al dominio NGN de Huawei por lo que, prácticamente, todos los equipos que la componen son fabricados por este proveedor y son controlados por un Softswitch ubicado en el núcleo de la red a través del backbone nacional IP/MPLS (*Multi Protocol Label Switching*).

A pesar de las ventajas que brindan, las NGN desplegadas actualmente también poseen limitaciones, entre las que se destacan los altos costos para llevar a cabo expansiones de la red y que no permiten lograr la convergencia entre redes fijas y móviles (FMC).

Por ello, la tendencia actual de los operadores de telecomunicaciones ha sido sustituirlas por otras que utilizan una nueva tecnología de control conocida como Subsistema Multimedia IP (IMS). Los fabricantes de equipos han detenido las investigaciones y desarrollo de las soluciones NGN actuales, por lo que todo el equipamiento asociado a estas quedará sin soporte a mediano plazo en todo el mundo.

La tecnología IMS fue estandarizada por el 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) como parte de su arquitectura de telefonía celular de tercera generación (3G) para facilitar el acceso ubicuo a los servicios multimedia con calidad garantizada y personalización de los servicios. La organización TISPAN (*Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking*), creada por el ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) para estandarizar las redes NGN, escogió a IMS como uno de los subsistemas de control de su arquitectura NGN.

Las redes NGN en Cuba presentan las limitaciones que se mencionaron anteriormente, por lo que se ha comenzado a estudiar la tecnología IMS y se valora su introducción en la red de telecomunicaciones del país, específicamente la solución del proveedor ZTE. De

hecho, ya ha comenzado, de manera experimental, el proceso de penetración tecnológica con la instalación de un núcleo de red y algunos equipos de acceso de este proveedor.

La implementación exitosa de la solución IMS de ZTE permitirá cumplir el objetivo de mantener la infraestructura de comunicaciones tecnológicamente actualizada y, además, le facilitará a ETECSA desarrollar y ofrecer nuevos servicios que no están soportados en la red actual, así como lograr en un futuro la convergencia entre sus redes fijas y móviles.

La introducción experimental de IMS a nivel nacional motiva a que las entidades territoriales de ETECSA que poseen redes NGN comiencen a valorar un escenario probable de migración a esta tecnología. En estas entidades existe un Departamento de Desarrollo encargado de la planificación de las inversiones y de todos los procesos inherentes a la toma de decisiones relacionadas con la introducción y asimilación de nuevas tecnologías. Para realizar sus funciones, estos departamentos requieren contar con toda la información técnica sobre la tecnología que se introduce para desarrollar las estrategias de implementación, ejecución y asimilación del cambio.

El éxito de los cambios de tecnología está determinado, en gran medida, por la velocidad de asimilación de los nuevos conceptos y de adaptación a las nuevas formas de trabajo.

El cambio hacia las redes NGN en el país, realizado a mediados de la década anterior, se caracterizó por una lenta asimilación de la nueva tecnología debida, principalmente, al desconocimiento sobre los conceptos básicos de la tecnología que se introducía y a la falta de habilidades relacionadas con los procedimientos de operación y configuración de los nuevos equipos instalados. Por otro lado, existieron dificultades para acceder a información especializada y a actividades de capacitación del personal para lograr la explotación plena de las nuevas capacidades y servicios ofrecidos en estas redes. En el caso específico de la provincia Guantánamo, ETECSA estuvo inmersa en la gestión de actividades de capacitación de su personal durante casi 5 años posteriores al momento de implementación de la red NGN en el territorio.

Partiendo de la experiencia vivida durante el proceso de cambio de tecnología anterior (PSTN a NGN) se infiere que el éxito de la migración de NGN a IMS exigirá a ETECSA contar con especialistas y técnicos que, desde el punto de vista cualitativo, tengan las competencias profesionales necesarias para asimilar la nueva tecnología y explotarla plenamente desde el momento mismo de su introducción.

Desarrollar con oportunidad las competencias profesionales necesarias y diseñar estrategias de asimilación será posible únicamente como resultado de una actitud anticipatoria de ETECSA ante los cambios. Para lograrlo, en opinión de los especialistas del territorio, no solo resulta indispensable conocer la nueva tecnología, sino también la topología de la red de telecomunicaciones resultante de la migración de NGN a IMS y elementos característicos de la misma: flujos de llamadas, nuevos equipos de acceso y terminales a utilizar, así como las tecnologías de acceso adecuadas.

Actualmente, no se dispone de los conocimientos requeridos y, aunque existe información técnica especializada relacionada con la tecnología IMS, su utilidad decrece porque, en la mayoría de los casos, se trata de literatura relacionada solamente con las descripciones de las soluciones de los proveedores y que, en ningún caso, abordan la asimilación del cambio de tecnología basada en estudio de casos que pudieran servir como guía en las situaciones reales del país y, mucho menos, en los territorios provinciales.

Por otra parte, la entidad provincial no ha realizado ningún estudio que aborde estos temas y tampoco se ha realizado ningún proyecto de migración de NGN a IMS en el país, por lo que no se dispone de experiencias prácticas para ser utilizadas como referencia en el diseño de una estrategia de asimilación de la nueva tecnología.

La observación de esta situación problemática permitió definir como **problema** a resolver: ¿Cuál sería la topología de red deseable para ETECSA Guantánamo al migrar la red NGN a IMS?

El **objeto de estudio** fueron las Redes de Nueva Generación y el **campo de acción** la migración a IMS de la red NGN en la provincia Guantánamo.

El **objetivo general** fue sugerir la topología de red deseable para ETECSA Guantánamo y realizar una caracterización de la misma.

Para cumplir con el objetivo general se determinaron los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Caracterizar la red NGN de la provincia Guantánamo en cuanto a topología, equipos que la componen y servicios ofrecidos.
- ✓ Describir el estado del arte de la tecnología IMS.
- ✓ Describir la solución IMS del proveedor ZTE.
- ✓ Identificar las posibles alternativas de topología de la red de telecomunicaciones resultante de la migración de la red NGN de la provincia Guantánamo a IMS.

✓ Caracterizar la alternativa de topología de red deseable para ETECSA Guantánamo en cuanto a flujos de llamadas, nuevos equipos de acceso y terminales a utilizar, así como las tecnologías de acceso adecuadas.

La realización de este trabajo de Diploma permitirá proveer a ETECSA con información indispensable para sustentar las acciones estratégicas de asimilación de la tecnología IMS.

El trabajo de diploma cuenta con una introducción, tres capítulos, conclusiones, referencias bibliográficas, bibliografía, recomendaciones y anexos. A continuación se resume brevemente el contenido de cada capítulo.

Capítulo 1. Redes de Nueva Generación. Caracterización de la red NGN de la provincia Guantánamo.

Se describen los conceptos generales de las Redes de Nueva Generación y, específicamente, se describe la arquitectura y principales equipos de U-SYS, la solución NGN del proveedor Huawei presente en el país. Además, se caracteriza la red NGN de la provincia Guantánamo, haciendo énfasis en su topología, equipos utilizados y servicios ofrecidos a los usuarios.

Capítulo 2. Generalidades del Subsistema Multimedia IP.

En este capítulo se describen las principales características del Subsistema Multimedia IP (IMS) atendiendo a conceptos, arquitectura, principales entidades funcionales y puntos de referencia. Además, se describen los principales procedimientos realizados en este tipo de redes como: registro, establecimiento de sesiones, etc.

Capítulo 3. Alternativas de topología de la red de telecomunicaciones resultante de la migración de NGN a IMS en Guantánamo.

Se identifican las posibles topologías de la red de telecomunicaciones de Guantánamo al migrar hacia IMS y se sugiere cuál de estas topologías es deseable para ETECSA como operador. Además, se describen los flujos de llamada entre los diferentes tipos de usuarios, los nuevos equipos de acceso y terminales a utilizar, así como las tecnologías de acceso adecuadas correspondientes a la alternativa sugerida.

CAPITULO 1 . Redes de Nueva Generación. Caracterización de la red NGN de la provincia Guantánamo.

En este capítulo se describen los conceptos generales de las Redes de Nueva Generación y, específicamente, se describe la arquitectura y principales equipos de U-SYS, la solución NGN del proveedor Huawei presente en el país. Además, se caracteriza la red NGN de la provincia Guantánamo, haciendo énfasis en su topología, equipos utilizados y servicios ofrecidos a los usuarios.

1.1 Evolución hacia las NGN.

A principios de los años 90, Internet experimentó un desarrollo acelerado debido a la gran aceptación recibida por parte de los usuarios. Su éxito se sustentaba fundamentalmente en que permitía a las personas acceder de forma fácil e inmediata a cantidades extensas de información desde, prácticamente, cualquier ubicación geográfica. Además, por primera vez los usuarios no estaban limitados a lo que ofrecía un determinado operador, sino que podían elegir qué servicios deseaban usar. Como consecuencia de ello, los usuarios eventualmente fueron “educados” en las bondades del modelo Internet.

Esto provocó que los operadores de servicios de telecomunicaciones se enfocaran en ofrecer nuevos servicios basados en paquetes, los cuales poseen un mayor potencial de generación de ingresos al permitir la innovación y la diferenciación entre operadores. Para ello, se utilizaron las infraestructuras de red existentes basadas en conmutación de circuitos, como la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN en inglés), realizando las mínimas adaptaciones necesarias para lograr un funcionamiento adecuado.

Sin embargo, estas redes no fueron diseñadas para estos propósitos y cuando el tráfico de paquetes aumentó de forma considerable comenzó a producirse congestión, disminuyendo la calidad de los servicios ofrecidos. Por otra parte, crecía la expectativa de los usuarios de poder disfrutar de una mayor variedad de ofertas por parte de los operadores, especialmente de servicios multimedia de banda ancha. Se hizo evidente la falta de capacidad de las redes existentes y la necesidad de buscar nuevas soluciones

que brindaran el ancho de banda requerido y que garantizara la QoS y los niveles de seguridad adecuados.

En este momento aparecieron corrientes de opinión que apostaban por una solución común basada en redes IP, conocida como All-IP. Sin embargo, las soluciones IP tradicionales presentaban carencias importantes que las hacían poco adecuadas: estaban basadas en equipos con serias limitaciones en su capacidad, no existía una solución adecuada de QoS y la seguridad era deficiente.

En este contexto aparece y se desarrolla el concepto NGN, planteándose como la solución que permitirá llevar a cabo las propuestas del modelo All-IP brindando interfaces de alta velocidad, seguridad y QoS. Con ellas es posible lograr convergencia entre diferentes redes y se facilita el despliegue de servicios, tanto actuales como futuros.

Entre las principales razones que impulsaron a los operadores a migrar hacia Redes de Nueva Generación, se pueden mencionar [2]:

- Eficiencia de costos. Economías de alcance propias de una única red troncal basada en IP y reducción de costos operativos al permitir la eliminación de las centrales locales.
- Diversificación de las fuentes de ingresos, ante la disminución de estos por rubros tradicionales (paso de la voz a la banda ancha).
- Demanda de los consumidores de mayores velocidades de transmisión.
- Presión competitiva frente a operadores de TV por cable, empresas eléctricas, proveedores alternativos, etc.

1.2 Características de las Redes de Nueva Generación.

Actualmente, no existe una única definición para las Redes de Nueva Generación. Los diferentes organismos de estandarización, proveedores de servicios y fabricantes de equipos dan su propia definición de esta tecnología, en dependencia de su perspectiva y entorno.

La definición más aceptada internacionalmente es la dada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones – Telecomunicaciones (UIT-T en inglés) en la recomendación Y.2001, que plantea:

“Una NGN es una red basada en paquetes capaz de ofrecer servicios de telecomunicaciones, utilizar las múltiples tecnologías de banda ancha, proporcionar

transporte con QoS, y conseguir que las funciones relacionadas con el servicio sean independientes de las tecnologías del transporte subyacentes. Esta red posibilita a los usuarios el acceso a otras redes y elegir los proveedores y servicios. Además, soporta la denominada movilidad generalizada, la cual permite una oferta de servicios ubicua y consistente para los usuarios” [3].

Según la mencionada recomendación, las principales características de las NGN son:

- Transferencia basada en paquetes.
- Desacopla la provisión de servicios de las funciones de transporte.
- Tiene capacidad de banda ancha garantizando QoS extremo a extremo.
- Trabajan de forma integrada con redes precedentes a través de interfaces abiertas.
- Permiten la convergencia entre las redes fijas y móviles.
- Características unificadas para el mismo servicio, independientemente de la tecnología de acceso utilizada.
- Poseen varios esquemas de identificación para los usuarios.
- Brindan movilidad generalizada a los usuarios.
- Permiten a los usuarios acceder a servicios ofrecidos por diferentes operadores.
- Soportan un amplio rango de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en bloques de construcción de servicios (tiempo real, multimedia y otros).
- Soportan múltiples tecnologías de última milla.
- Cumple con los requisitos reglamentarios de emergencia, seguridad y privacidad.

Sin duda, la mayor ventaja que ofrecen las NGN es la posibilidad de lograr la convergencia entre los servicios de telecomunicaciones existentes. Convergencia significa ofrecer todos los servicios actuales (voz, datos, multimedia, TV, etc.) y aquellos que aparezcan en el futuro a través de una única infraestructura de red basada en paquetes, a los cuales pueden acceder los usuarios independientemente de la tecnología de acceso y terminal que utilicen (fijo, móvil o inalámbrico). De esta forma, se pasa de un modelo de red vertical donde cada servicio tiene su propia red, a un modelo horizontal donde se accede a todos los servicios a través de única infraestructura de red mediante diferentes tipos de acceso (Figura 1.1).

La implementación de NGN les brinda muchas ventajas a los operadores. La reducción de infraestructura y de equipamiento que se logra con ella representa importantes ahorros operativos, de inversión y de mantenimiento. Con esta tecnología, será mucho más

sencillo incorporar nuevos servicios y funcionalidades, así como ofrecer los mismos de forma ubicua y con una mayor disponibilidad. Por otra parte, estas redes ofrecen una capacidad notablemente superior que las redes tradicionales. La gestión se hace mucho más sencilla, siendo posible gestionar todo el sistema desde una única consola [3].

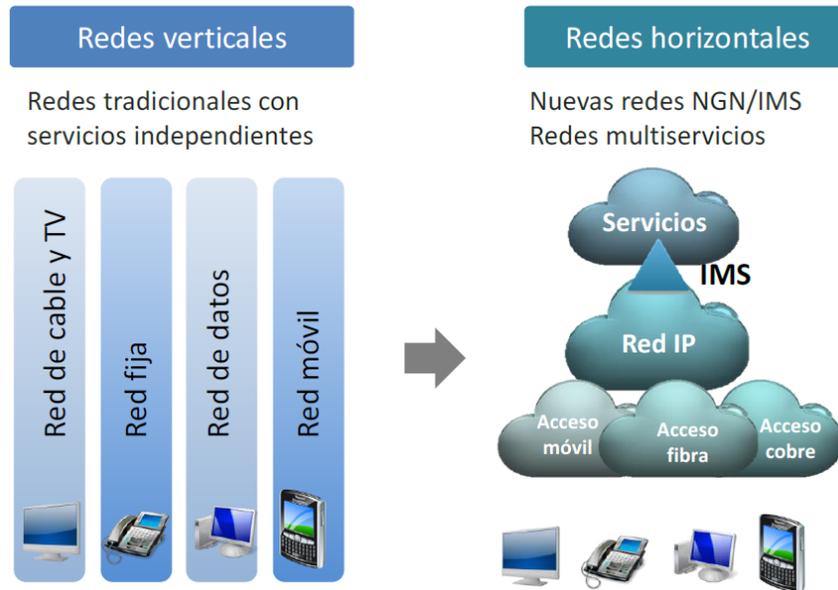


Figura 1.1. Paso a un modelo de red horizontal con NGN (Fuente [4]).

Para los usuarios, las NGN también presentan varias ventajas. Pueden disfrutar de una gran variedad de nuevos servicios multimedia y escoger terminales que utilicen acceso fijo o móvil, con posibilidad de banda ancha, para acceder a estos. Con esta tecnología pueden, además, disfrutar de tarifas más justas por parte de los operadores.

1.3 Arquitectura de NGN.

La arquitectura NGN (Figura 1.2) se divide en cuatro capas o niveles separados: Capa de Acceso, Capa de Transporte, Capa de Control y Capa de Aplicaciones/Servicios. Estas capas son independientes entre sí e interactúan a través de protocolos e interfaces abiertas.

1.3.1 Capa de Acceso.

Las funciones fundamentales de esta capa son garantizar la conectividad de los usuarios con la red NGN y convertir el formato de información original de la tecnología de acceso usada por estos a uno que pueda ser enviado por la red IP.

Incluye diversas tecnologías de última milla para llegar a los usuarios, tanto fijas de banda ancha y estrecha como inalámbricas, soportando varios medios físicos como par de cobre, fibra óptica, etc.

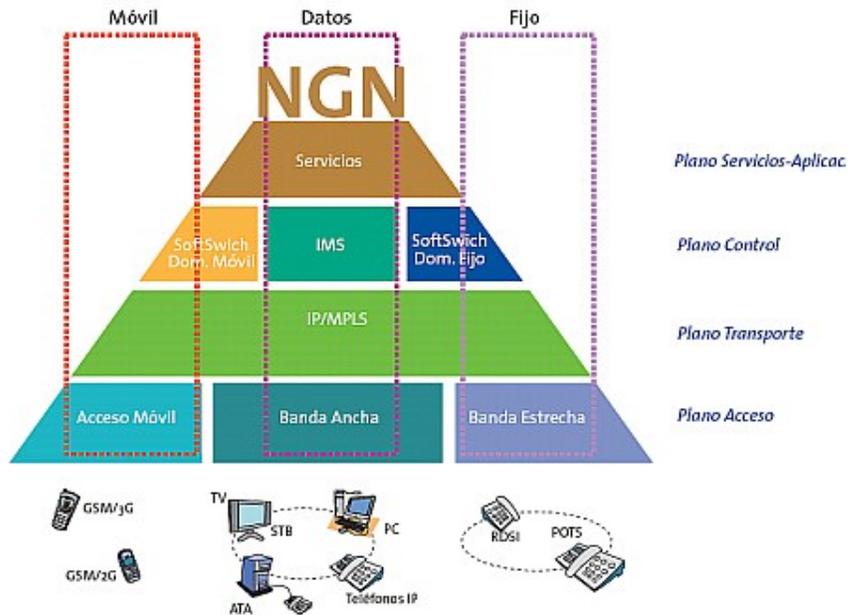


Figura 1.2. Arquitectura general de NGN (Fuente: [5]).

Existen diferentes tipos de dispositivos ubicados en esta capa, responsables de realizar las principales funciones definidas para esta. Estos dispositivos se listan en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Principales dispositivos de la capa de acceso NGN.

Nombre del dispositivo	Abreviatura
Pasarelas de Medios de Acceso	AMG
Pasarela de Medios Troncal	TMG
Pasarela de Señalización	SMG
Dispositivo de Acceso Integrado	IAD
Pasarela de Acceso Universal	UMG

El AMG es el dispositivo que provee conectividad a los abonados con la red, realizando la paquetización de las señales provenientes de los terminales para su envío a través de la red de paquetes. Ofrece múltiples interfaces para las tecnologías de última milla, tanto de banda ancha como de banda estrecha, usadas por los usuarios como, por ejemplo, POTS (*Plain Old Telephone Service*), ISDN (*Integrated Service Digital Network*), xDSL (*Digital Subscriber Line*), xPON (*Passive Optical Network*), entre otras. Para llevar a cabo sus funciones, soporta varios protocolos como MGCP (*Media Gateway Control Protocol*), H.248, H.323 o SIP (*Session Initiation Protocol*).

El IAD es un dispositivo que realiza la conversión de señales de datos, audio, video y otros servicios a flujos de datos paquetizados, para lo cual puede utilizar códecs (codificador-decodificador) de audio y video sobre IP. Posee interfaces analógicas y/o TDM (*Time Division Multiplexing*) para la conexión de los terminales y cuentan con interfaces GE (*Gigabit Ethernet*), FE (*Fast Ethernet*), ATM 155 (*Asynchronous Transfer Mode* a 155 Mbps) o PoS 155 (*Packets over SDH* a 155 Mbps) para la conexión con la red ya sea IP, ATM o SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*). Generalmente soporta hasta 48 puertos de usuarios.

El TMG es una pasarela que se encarga de trasladar flujos troncales TDM a flujos de datos IP, convirtiendo el formato PCM (*Pulse Code Modulation*) a paquetes. Posee interfaces TDM para la conexión con el dominio de conmutación de circuitos e interfaces IP y/o ATM para la conexión con el dominio de conmutación de paquetes. Generalmente soporta los protocolos MGCP y MEGACO/H.248, mediante los cuales es controlado por los dispositivos de control.

El SMG es una pasarela que realiza la conversión de señalización SS7 (*Signaling System No.7*) sobre TDM a SS7 sobre IP o ATM, para ser entregada a la capa de control. Esto se realiza mediante los protocolos SIGTRAN (*SIGnaling TRANsport*), que describen un método de encapsular la información de señalización SS7 sobre IP, de manera que sus beneficios se mantengan.

El UMG es una pasarela que puede realizar las funciones de los AMG, TMG y SMG por lo cual tienen múltiples aplicaciones de red como brindar acceso a los usuarios, interconectar la red NGN con la PSTN, convertir señalización y flujos troncales de formato

TDM a IP y viceversa, entre otras. Cuentan con interfaces E1 para la conexión con el dominio TDM e interfaces FE, GE y STM-1 para la conexión con el dominio de paquetes.

1.3.2 Capa de Transporte.

La capa de transporte tiene múltiples funciones entre las cuales se encuentran:

- Soportar la transmisión del flujo de paquetes perteneciente tanto a los servicios de voz, video y datos, como a la señalización de los diferentes dispositivos de la red.
- Mantiene la conectividad entre todos los componentes de la red y la separación física entre las funciones dentro de la red.
- Asegurar la QoS extremo a extremo en las comunicaciones.

Esta capa representa una plataforma de transmisión integrada y uniforme, con alta fiabilidad y capacidad para realizar sus funciones. Está formada por enrutadores y conmutadores de capa 3, los cuales pueden ser de tipo *Gigabit Switch-Router* (GSR) o *Terabit Switch-Router* (TSR), conformando una red IPv4/IPv6 con soporte de MPLS.

Es indispensable que los sistemas de transmisión en esta capa sean de última generación y estén basados en tecnologías ópticas WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) por lo que, generalmente, está desplegada sobre un *backbone* de alta velocidad con transmisión óptica perteneciente al operador.

Aunque se pueden utilizar tanto tecnología IP como ATM, actualmente se reconoce a la primera como la alternativa más adecuada para las NGN.

1.3.3 Capa de Control.

Es la capa más importante de la arquitectura NGN ya que en ella se encuentran los dispositivos encargados de realizar funciones de control en la red como, por ejemplo, control de llamada, manejo de recursos, facturación y control de la conexión en tiempo real de los servicios.

Una de las entidades de control que se ha diseñado en esta capa es el Softswitch, el cual no es más que una “plataforma de conmutación basada en una combinación de software y hardware que provee la funcionalidad de un conmutador telefónico tradicional, mejorando e incrementando sus funciones. Trabaja con estándares abiertos para integrar las Redes de Nueva Generación con la capacidad de transportar voz, datos y multimedia

sobre redes IP. Además realiza funciones de control de llamadas, conversión de protocolos, autorización, contabilidad y administración de operaciones” [6].

Además se encarga de otras tareas como manejar el ancho de banda, proveer los temporizadores de procesos, dar servicios básicos de telefonía y de valor agregado y está preparado para procesar servicios de terceros (*Three Party Services*).

La tecnología Softswitch fue creada con el objetivo de permitir a los operadores de telecomunicaciones migrar suavemente su infraestructura de red actual hacia una infraestructura de red basada en paquetes ofreciendo los mismos servicios PSTN/ISDN, siendo este proceso transparente para los usuarios. Aunque las redes NGN que utilizan el Softswitch con elemento de control son las más extendidas en la actualidad, esta tecnología no fue diseñada para evolucionar en el futuro [7].

TISPAN, uno de los principales organismos de estandarización de NGN, en su Release 1 sobre esta tecnología, definió tres subsistemas de control para su arquitectura [8]:

- **Subsistema de Emulación PSTN/ISDN (PES)**. Emula los servicios PSTN/ISDN para terminales heredados conectados a la red NGN a través de pasarelas residenciales o de acceso.
- **Subsistema Multimedia IP (IMS)**. Brinda servicios multimedia basados en el protocolo SIP a los terminales NGN con las capacidades necesarias. También soporta servicios de simulación de servicios PSTN/ISDN.
- **Subsistema de Televisión por IP (IPTV)**. Soporta la provisión de servicios de contenido bajo demanda y de multidifusión usando una arquitectura de control de servicios dedicados.

Estos subsistemas están compuestos por entidades funcionales que se han definido como parte de la arquitectura NGN y que realizan funciones específicas e independientes. Algunas de estas son comunes para los tres subsistemas como, por ejemplo, aquellas encargadas de las funciones de acceso a aplicaciones, facturación, administración de perfiles y de seguridad, bases de datos de enrutamiento, entre otras. Esta arquitectura, basada en subsistemas de control, permite la adición de todos los subsistemas que surjan en un futuro para cubrir las nuevas demandas y clases de servicios, además de importar aquellos definidos por otros cuerpos de estandarización.

1.3.4 Capa de Aplicaciones/Servicios.

Esta capa proporciona los servicios y aplicaciones disponibles en la red, a los cuales accederán todos los usuarios de la red sin importar donde estén ubicados y que tecnología de acceso utilicen. Está compuesta por los servidores de aplicaciones y de medios que se encargan de proveer funciones y características de red como establecimiento de las conexiones, encaminamiento y facturación. Algunos de los servicios ofrecidos por los dispositivos de esta capa son: Redes Inteligentes (*Intelligent Network*), video bajo demanda, correo electrónico y de voz, servicio Web, entre otros.

Algunos de los principales servidores ubicados en esta capa son [9]:

- **Servidor de Políticas:** Gestiona las políticas de los usuarios como las listas de control de acceso, ancho de banda permitido, tráfico y QoS contratada.
- **Servidor de Aplicaciones:** Genera y gestiona la lógica de los servicios de valor agregado y los servicios de Red Inteligente, además de proveer una plataforma innovadora para el desarrollo de nuevos servicios a través de API (*Application Programming Interfaces*). Son independientes del equipamiento de control, facilitando la introducción de nuevos servicios.
- **Servidor de Localización:** Provee información sobre el estado de las rutas de establecimiento de las llamadas, asegura la eficiencia de la tabla de ruteo de llamadas y previene que la misma se haga excesivamente grande.
- **Servidor de Radio:** Utilizado para controlar y supervisar la autenticidad de los usuarios, encriptación de contraseñas, selección y filtrado de servicios así como los cobros de llamadas.
- **Servidor de Recursos de Media:** Se utiliza para permitir las funciones de procesamiento de media como generación de tonos, servicios de conferencia, anuncios grabados, etc.

1.4 Solución U-SYS de Huawei.

Huawei Technologies Co. es uno de los mayores y más respetados fabricantes de equipos de redes y de telecomunicaciones del mundo, ofreciendo soluciones de redes personalizadas para todo tipo de operadores de servicios. En la Figura 1.3 se muestra la arquitectura de la solución NGN de Huawei, la cual recibe el nombre de U-SYS.

U-SYS posee una estructura de red segura y confiable, ya que garantiza redundancia 1+1 en los elementos vitales en el funcionamiento del sistema. Se recomienda que existan dos

Softswitch en la red, que pueden funcionar en dos modos: activo/espera o carga compartida. En el modo activo/espera uno de los Softswitch está en funcionamiento y controla toda la red, mientras que el otro se encuentra en espera y está configurado para que asuma el control de la red en caso de que el activo falle. En el modo de carga compartida ambos Softswitch se encuentran en funcionamiento y cada uno controla una parte de la red.

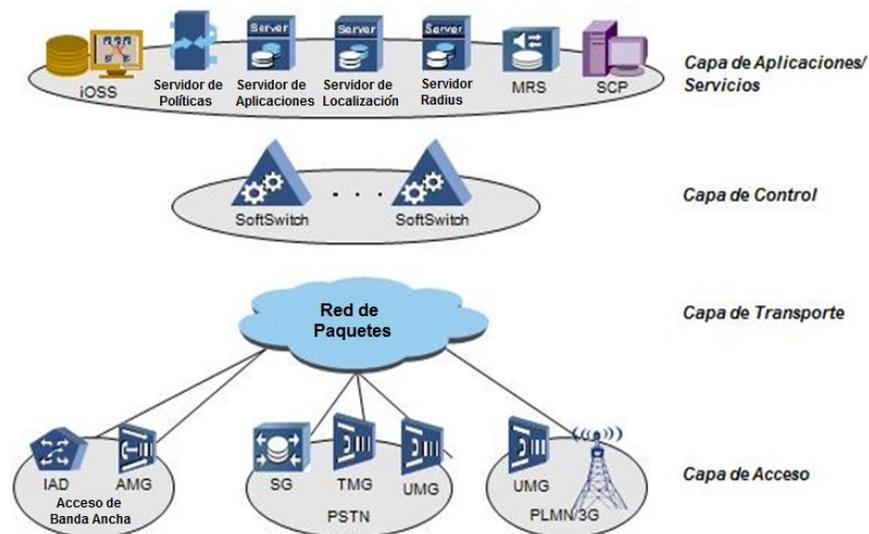


Figura 1.3 Arquitectura de la solución U-SYS de Huawei (Fuente: [10]).

Los equipos de acceso también fueron diseñados de forma que sus componentes fundamentales presenten redundancia; por ello se insertan dos tarjetas de energía, control y de interconexión con la red en cada uno de estos equipos, asegurando su correcto funcionamiento en caso de que alguna de ellas falle.

Se caracteriza, además, por su favorable operatividad, manejabilidad y total compatibilidad con los servicios de la PSTN y con otras redes, integrando plenamente los servicios multimedia. Sus interfaces de servicio son abiertas, brindando múltiples beneficios a los operadores de telecomunicaciones y a los usuarios [11].

Posee un sistema de gestión de red conocido como IManager U2000 que reside en servidores ubicados en la Capa de Aplicaciones/Servicios. Anteriormente, para gestionar y controlar las diferentes partes de la red se utilizaban *softwares* diferentes. Con el U2000 se integran todas las funciones de control en la red en un único *software*, facilitando la gestión y administración de la red y permitiendo que desde un único terminal se puedan controlar y configurar todos los dispositivos de la red, siempre que cuente con los permisos para ello.

Debido a sus ventajosas características, así como su prestigio y probada funcionalidad en el mercado internacional, U-SYS fue escogida por ETECSA como solución para desplegar redes de nueva generación en el país y de esta forma actualizar y modernizar la infraestructura de telecomunicaciones nacional. Aunque no es la única solución con presencia en Cuba, es la que mayor penetración ha logrado y la que cuenta con mayor número de equipos instalados.

1.4.1 Equipos propuestos en la solución U-SYS.

U-SYS cuenta con un completo portafolio de equipos, que permite a los operadores construir una red NGN en su totalidad, cumpliendo con la arquitectura definida en los estándares [11]. Estos equipos son listados en la Tabla 1.2 y a continuación se realiza una breve descripción de los mismos.

Tabla 1.2. Equipos que conforman la solución U-SYS.

Nombre del equipo	Función
UA5000	Pasarela de Medios de Acceso
UMG8900	Pasarela Universal de Medios
SG7000	Pasarela de Señalización
TMG8010	Pasarela de Medios Troncales
SoftX3000	Softswitch

UA5000.

El UA5000 es el dispositivo propuesto en la solución U-SYS para construir la red de acceso de la red NGN. Posee características avanzadas como bus de alto rendimiento para acceso a servicios integrados, Plataforma de Transporte Multiservicio (MSTP) e integración de acceso por cobre y fibra.

Los UA5000 se pueden clasificar en *indoor* y *outdoor* según su ubicación. Los *indoor* se ubican en el interior de los edificios mientras que los *outdoor* son ubicados al aire libre y están preparados para soportar las inclemencias del clima.

Están compuestos por dos subsistemas, uno de banda ancha y uno de banda estrecha. Estos subsistemas poseen tarjetas de control diferentes y son administrados de forma independiente mediante el software IManager U2000.

Cuentan con interfaces de banda estrecha como POTS, ISDN BRI (*Basic Rate Interface*), PRI (*Primary Rate Interface*) y E1 fundamentalmente para dar servicios de voz y con interfaces de banda ancha como ADSL2/2+ (*Asynchronous Digital Subscriber Line 2/2+*), VDSL (*Very high bit-rate Digital Subscriber Line*), SHDSL (*Single-pair High-speed Digital Subscriber Line*) y FE para dar servicios multimedia y de datos. También posee interfaces FE, GE y STM-1 para conectarse con la red de transporte, ya sea IP o ATM [12].

UMG8900.

Es el dispositivo encargado de interactuar con el dominio PSTN, convirtiendo el tráfico TDM a paquetes IP. Puede funcionar como AMG, TMG, SG y MRS de forma integrada, por lo que también realiza conversión de señalización. Adicionalmente, puede actuar como Pasarela de Acceso 3G y como *Video Interworking Gateway* (VIG) para conectar dispositivos de acceso inalámbrico y equipos de distribución de video, respectivamente, a la red NGN.

Posee interfaces analógicas E1/T1 para su conexión con el dominio TDM e interfaces FE, GE, STM-1 (*Synchronous Transport Module*) y STM-4 para su conexión con la red de paquetes IP o ATM, respectivamente.

Soporta, en conjunto con el SoftX3000, servicios básicos y suplementarios como, por ejemplo, generación de tonos. Implementa mecanismos de control de calidad de la voz como cancelación del eco, detección del silencio y generación de ruido confortable [13].

SG7000.

El SG7000 es una pasarela de señalización independiente ubicada en el borde de la capa de acceso de la red NGN, permitiendo su interconexión con la PSTN y la PLMN (*Public Land Movel Network*). Provee una interface entre la red de señalización SS7 de la PSTN y la red de conmutación de paquetes IP, para lo cual utiliza los protocolos SIGTRAN y SS7. La utilización del SG7000 como pasarela de señalización independiente presenta varias ventajas debido a su gran capacidad, rendimiento y estabilidad. Permite monitorear, mantener y manejar los mensajes de señalización [14].

TMG8010.

Este dispositivo permite la interconexión entre el dominio TDM tradicional y la red de conmutación de paquetes de NGN. Provee la función de conversión de formato entre

señales con formato PCM y flujos de paquetes IP. Se utiliza principalmente para brindar aplicaciones NGN de clase 4 [15].

SoftX3000.

El SoftX3000 es el principal dispositivo en la capa de control de la solución U-SYS, encargándose de múltiples funciones como control de llamada, control de los equipos de acceso, asignación de recursos, autenticación de usuarios, gestión de tarificación y procesamiento de protocolos y señalización. Adopta avanzadas tecnologías de software y hardware.

Tiene una gran capacidad de procesamiento; un solo Softswitch soporta un máximo de Tentativas de Llamadas por Hora (BHCA) de 16000k y puede manejar un máximo de 360000 troncos TDM o 2000000 de abonados.

Cuenta con una elevada fiabilidad, ya que su Tiempo Medio Entre Fallos (MTFB) es de 53 años y el tiempo de interrupción anual es de 0,89 minutos. Pueden funcionar en modo activo/espera o en modo de carga compartida. También dispone de funciones de vigilancia y de tolerancia a errores.

El SoftX3000 soporta múltiples funcionalidades dentro de la red. Generalmente se usa para proveer funcionalidad de central telefónica clase 5 (*End Office*) o de central telefónica clase 4 (*Tandem Office*). Con funcionalidad clase 5 el SoftX3000 extiende la red NGN hacia los usuarios finales mediante los equipos UA5000, con el objetivo de brindarles servicios avanzados de nueva generación sobre dicha red. Con funcionalidad clase 4 el SoftX3000 maneja el tránsito entre las diferentes redes existentes (PSTN, móvil, etc.), utilizando equipos UMG8900 para interconectar las mismas con la NGN.

Otras funcionalidades soportadas por el SoftX3000 son: Pasarela de Oficina, *Gatekeeper* en una red H.323, servidor SIP y, en conjunto con el UMG8900, como VIG [16].

1.5 Red de telecomunicaciones de la provincia Guantánamo.

Actualmente, la red de telecomunicaciones de la provincia Guantánamo se encuentra verticalizada, es decir, está constituida por tres infraestructuras de red independientes que brindan diferentes servicios a los usuarios. Estas redes son:

- Red de datos ATM/FR (*Frame Relay*).
- Red NGN.
- Red TDM.

Antes del despliegue de la red NGN, en la provincia existían solamente dos infraestructuras de red para ofrecer servicios a los usuarios: los servicios de voz eran soportados por la red de conmutación de circuitos, basada en TDM, y los servicios de datos eran soportados por una red de datos de tecnología ATM/FR.

Actualmente, la red ATM/FR está compuesta por conmutadores y DSLAM (Multiplexor de Acceso de Línea de Abonado Digital) de tecnología ATM y FR, principalmente de los fabricantes Alcatel y Telindus. Esta red se extiende por todo el territorio y se utiliza para proveer servicios de datos a los usuarios. Se conecta, a través de un DSLAM 7270 de Alcatel, con el *backbone* nacional ATM/FR y mediante una interfaz GE al NE40-8, que constituye el punto de entrada hacia el *backbone* nacional IP/MPLS y hacia la red NGN. Los equipos que componen esta red se encuentran obsoletos.

La red TDM está compuesta por varias PBX (*Private Branch Exchange*) 4300 R del fabricante Alcatel, que emulan el funcionamiento de centrales telefónicas analógicas, y algunas PBX que dan servicio de pizarras telefónicas en entornos empresariales; ambos tipos de PBX son de tecnología TDM y se encuentran obsoletas. Se conecta con la red NGN a través del UMG8900, equipo perteneciente a la capa de acceso de esta última a través del cual son cursadas las comunicaciones de los usuarios de la red TDM con otros usuarios que no pertenecen a esta.

La red NGN se introdujo en el territorio con el objetivo de modernizar su red de telecomunicaciones. Gradualmente se fueron sustituyendo centrales TDM por equipos de acceso NGN, hasta que solo quedaron tres de ellas. Actualmente, más del 90% de los abonados fijos de la provincia pertenecen a esta red, mientras que menos del 10% pertenece a la red TDM.

En la Figura 1.5 se muestra la distribución del equipamiento de telecomunicaciones del territorio perteneciente a las redes NGN y TDM; se representan los UA5000 *indoor* y *outdoor* de la red NGN y las PBX y conmutadores 4300 de la red TDM. En esta imagen se puede observar que, en algunos asentamientos poblacionales importantes (Ej. las cabeceras de los municipios San Antonio del Sur e Imías), todos los abonados reciben servicios de las PBX 4300 existentes en los mismos.

Capítulo 1. Redes de Nueva Generación. Caracterización de la red NGN de la provincia Guantánamo.



Figura 1.5. Distribución del equipamiento perteneciente a las redes NGN y TDM (Fuente: Topológicos ETECSA).

La actual verticalización de la red de telecomunicaciones del territorio representa varias desventajas o dificultades para ETECSA:

- Son necesarios gastos adicionales, ya que se debe destinar personal y recursos a la operación y mantenimiento del equipamiento de la redes ATM/FR y TDM, el cual se encuentra obsoleto.
- Se dificulta la gestión de la red.
- Presenta limitaciones en el desarrollo y provisión de nuevos servicios.

La empresa es consciente de las desventajas mencionadas y, mediante la consulta a algunos de sus especialistas, se ha podido conocer que existen proyectos para sustituir el equipamiento obsoleto que compone la red de datos ATM/FR y la red TDM. Concretamente, se conoció que a finales del 2015 serán reemplazadas tres de las PBX 4300 existentes en el territorio por equipos de acceso NGN y se espera que para el 2016 no exista ningún equipamiento TDM en la provincia. Por otra parte, se han sustituido algunos DSLAM ATM/FR pertenecientes a la red de datos, cuyos usuarios han sido migrados a los equipos de acceso NGN existentes; la proyección de la empresa es sustituir todo el equipamiento de la red de datos a mediano plazo.

Considerando lo anterior, es posible afirmar que la red de telecomunicaciones de Guantánamo será completamente NGN a mediano plazo, una vez que se complete la sustitución del equipamiento obsoleto; en este escenario todos los usuarios y servicios del

territorio serán soportados por una única infraestructura de red y resultarán plausibles las bondades que brinda un modelo de red All-IP.

Líneas de abonados instaladas en la red de telecomunicaciones del territorio.

En la Tabla 1.3 se muestran el total de líneas instaladas, en servicio y libres, así como el porcentaje de ocupación en los equipos de acceso (UA5000, DSLAM) de la red NGN. Se incluyeron las líneas telefónicas POTS, las líneas para teléfonos públicos (*Coin Box*) y las líneas xDSL para los servicios de datos.

Tabla 1.3. Total de líneas instaladas en la red NGN.

Tipo de línea	Instaladas	En servicio	Libres	% de Ocupación
POTS	36624	31660	4950	88.65%
Líneas públicas	880	600	280	68.18%
xDSL	1056	130	926	12.31%
Total	38560	32390	6156	84%

Al analizar los porcentajes de ocupación, se puede concluir que actualmente se cuenta con una limitada capacidad para dar servicio a nuevos abonados, pues se están utilizando la mayor parte de las líneas POTS instaladas. En contraparte, no se está aprovechando la potencialidad de esta red para ofrecer servicios de datos, pues solamente están en servicio el 12.31% de las líneas xDSL instaladas.

En la Tabla 1.4 se muestran las líneas instaladas en los equipos de acceso (PBX y concentradores 4300 R) pertenecientes a la red TDM del territorio. Se incluyen las líneas telefónicas POTS y las líneas para teléfonos públicos.

Tabla 1.4. Total de líneas instaladas en la red TDM.

Tipo de Puerto	Instalados	En servicio	Libres	% de Ocupación
POTS	2704	2101	603	77.7%
Líneas públicas	210	184	30	87.62%
Total	2914	2285	633	78.41%

La diferencia que se observa entre el total de líneas de la red NGN y el total de líneas de la red TDM evidencia los avances que se han realizado en el territorio, tendentes a lograr una red completamente NGN.

Observando los tipos de líneas instaladas, tanto en la red NGN como en la red TDM, es evidente que todas ellas utilizan el cobre como medio físico. Esto se debe a que la infraestructura actual de última milla fue heredada de la PSTN existente anteriormente y, por motivos fundamentalmente económicos, se ha decidido seguir utilizándola. Desde el punto de vista tecnológico, las líneas de cobre no solo soportan los servicios de voz tradicionales sino que, además, soportan servicios de banda ancha mediante las tecnologías xDSL.

1.5.1 Caracterización de la red NGN de la provincia Guantánamo.

Actualmente, ETECSA ha desplegado una red NGN nacional formada por tres dominios con control independiente y que utilizan equipamiento de diferentes fabricantes: Alcatel-Lucent, Ericsson y Huawei. Esta estrategia responde al interés de la empresa en no depender de un único proveedor.

Para la interconexión entre estos dominios se usa una topología en malla mediante interfaces SIP-I (Figura 1.6), de forma que el MGC de cada dominio está conectado a los MGC de los otros dos dominios, logrando alta fiabilidad y desempeño en la red, ya que si un enlace entre dos de ellos falla es posible enviar los mensajes por otra vía [17].

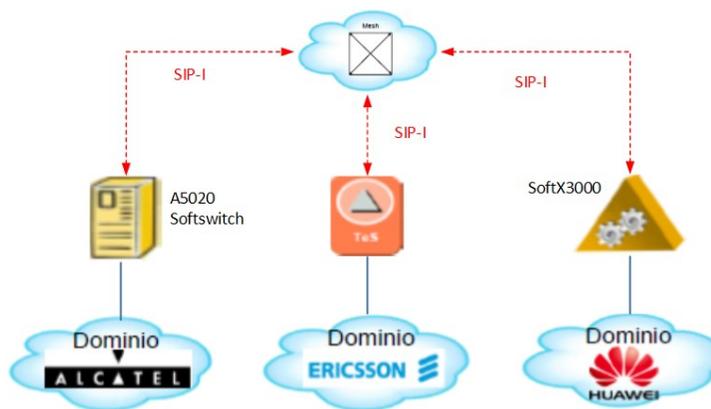


Figura 1.6. Interconexión entre los dominios NGN de ETECSA.

El dominio NGN de Huawei abarca las provincias La Habana, Camagüey y Guantánamo. El control es realizado por dos SoftX3000 que funcionan en modo activo/espera para

garantizar la fiabilidad de la red; el activo está ubicado en La Habana y el otro en Las Tunas. Estos dispositivos se comunican con los equipos de acceso instalados en cada territorio a través del *backbone* nacional IP/MPLS y de las redes de transporte existentes en cada uno de ellos.

La provincia Guantánamo cuenta con una de las redes NGN más avanzadas del país y es una de las que más cerca se encuentra de lograr que todos sus abonados sean IP. Sin embargo, es necesario aclarar que esta no constituye una red NGN completa, ya que está compuesta por equipos de las capas de acceso y transporte pertenecientes al dominio NGN de Huawei, mientras que el núcleo y la capa de servicio no se encuentran en el territorio. Entonces, en lo adelante se hará referencia a esta como red NGN.

Actualmente brinda a los usuarios los siguientes servicios:

- Servicios de voz.
- Servicios de datos.
- Servicios de valor agregado.

Los principales terminales utilizados por los usuarios del territorio para acceder a los servicios son:

- **Teléfonos analógicos.** Usados para recibir servicios de voz y de valor agregado. Se conectan mediante interfaces POTS a los UA5000 de la capa de acceso.
- **Computadoras personales (PC).** Usados para recibir servicios de datos, principalmente acceso a Internet. Se conectan mediante interfaces xDSL a los UA5000 en la capa de acceso.

1.5.2 Topología y equipos de la red NGN de la provincia Guantánamo.

En la Figura 1.7 se ilustra de forma simplificada la topología de la red NGN de la provincia Guantánamo, en la cual están presentes las funcionalidades clase 5 y clase 4 que actualmente desempeña el SoftX3000 en el dominio de Huawei.

La funcionalidad clase 5 se implementa a través de los equipos UA5000 instalados en la provincia, que brindan servicios de voz y datos a los usuarios. La funcionalidad clase 4 se implementa a través del UMG8900, que realiza la función de central tándem, asegurando la conectividad con la red NGN a los usuarios que se encuentran conectados a las centrales las TDM existentes.

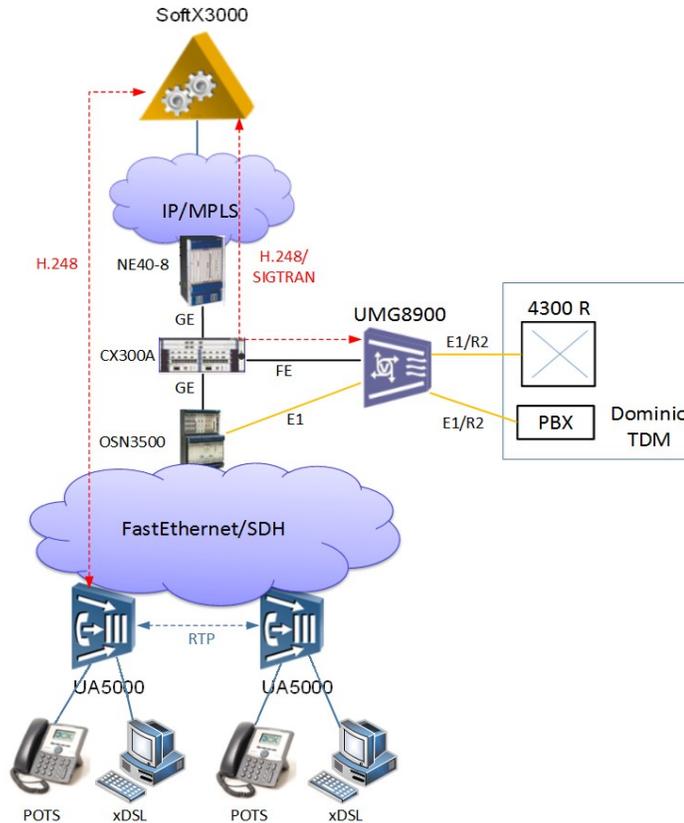


Figura 1.7. Topología simplificada de la red NGN de Guantánamo.

A continuación se describen las principales características y equipos de la red de transporte y de acceso que componen la red NGN de Guantánamo.

Capa de Transporte.

La capa de transporte (Figura 1.8) está compuesta por la red de fibra óptica provincial (FOP) y los equipos de la capa de transporte que realizan funciones de agregación de flujos y conectan la red NGN provincial con el *backbone* nacional IP/MPLS.

La red FOP utiliza la tecnología FastEthernet/SDH y alcanza casi todos los municipios y localidades de la provincia, garantizando la capacidad y fiabilidad necesarias para manejar todos los flujos de datos relacionados con las telecomunicaciones de la provincia. Los flujos provenientes de los equipos de acceso se separan utilizando LAN virtuales (VLAN). En algunos sitios puntuales, donde no ha llegado la FOP, se utilizan radio enlaces para conectar los equipos de acceso a la misma.

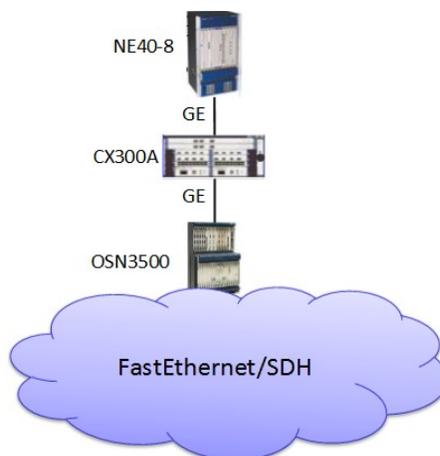


Figura 1.8. Red de transporte provincial.

Los principales equipos utilizados en la red de transporte son: OptiX OSN 2500/3500/7500, CX300A y NE40-R.

Los equipos OptiX OSN 2500/3500/7500 son sistemas de conmutación ópticos inteligentes con una arquitectura “dual core”. Cuando se usa junto a otros equipos de Huawei soporta varias aplicaciones de red, como modo de paquetes puro, modo híbrido paquete-TDM y modo TDM puro. Usando una solución de red adecuada pueden procesar de manera óptima los servicios de datos y los servicios convencionales SDH, transmitiendo voz y datos sobre la misma plataforma con gran eficiencia. En esta red se ubica un OSN 3500 que realiza la agregación de los flujos provenientes de los equipos de acceso, a través de la red FastEthernet/SDH, el cual se conecta al CX300A mediante una interface GE y a la red de fibra óptica mediante interfaces ópticas. Los OSN 2500/7500 se utilizan para proveer rutas alternativas que aseguren la comunicación entre todos los elementos de la red en caso de posibles fallas.

El CX300A es un *switch* de altas capacidades que realiza la conmutación de los paquetes de datos y señalización en la red de transporte. Se conecta al NE40-8 mediante una interfaz GE, por la cual se transporta, hacia el *backbone* IP/MPLS, toda la señalización proveniente y hacia el SoftX3000, así como los datos que tienen como destino abonados de otros territorios. A este dispositivo se encuentran conectados el UMG8900 a través de 8 interfaces FE y algunos equipos de acceso UA5000 *outdoor* mediante interfaces GE. Por motivos de fiabilidad, en la red existen dos CX300A configurados de forma tal que, en caso de fallar el que está en funcionamiento, el otro asuma sus funciones.

El Enrutador de Conmutación Universal NE40-8 es utilizado en el borde del *backbone* nacional IP/MPLS y el núcleo de la red MAN (*Metropolitan Area Network*) de la red NGN de la provincia. Funciona como Enrutador de Etiqueta de Frontera (LER), o sea, es el elemento de entrada al *backbone* IP/MPLS. Adopta la Plataforma de Enrutamiento Versátil de Huawei, brindando completos mecanismos de QoS y disponibilidad de clase portador. Soporta múltiples funcionalidades como Redes Privadas Virtuales MPLS (MPLS VPN), Segmento LAN Virtual Privado (VPLS), Ingeniería de Tráfico MPLS (MPLS TE), conmutación Ethernet, servicios *multicast*, entre otras. Además, soporta tanto IPv4 como IPv6. Todo el tráfico de señalización y de datos de la provincia con un destino fuera de esta pasa a través del NE40-8 hacia el *backbone* IP/MPLS.

La red de transporte cuenta con una ruta alternativa a través de un OSN 7500 hacia el NE40-8 ubicado en la provincia Las Tunas, asegurando de esta forma la conectividad con el *backbone* IP/MPLS en caso de fallas en el NE40-8 ubicado en el territorio.

Red de Acceso.

En la red de acceso provincial se encuentra ubicado el conjunto de equipos encargados de dar conectividad a los usuarios con la red NGN y de convertir el formato de las señales originales de los terminales utilizados a uno que pueda transmitirse por la red IP.

Esta red está compuesta fundamentalmente por equipos UA5000, de los cuales existen 38 equipos instalados en la actualidad, siendo 26 (68.4%) de ellos de tipo *indoor* y 12 (31.6%) de tipo *outdoor*. Los UA5000 *indoor* se ubican en el interior de las instalaciones de ETECSA y garantizan el acceso de los usuarios cercanos a estas, mientras que los *outdoor* se ubican en lugares alejados de las instalaciones de ETECSA.

En la Figura 1.9 se muestra la configuración utilizada por ETECSA para conectar los UA5000 a la red de transporte provincial. Los Optix Metro 1000/500 son dispositivos que realizan conversión de señales eléctricas (usadas en los equipos de acceso) a señales ópticas (usadas en la red de fibra óptica SDH) y viceversa, para lo cual cuentan con interfaces tanto eléctricas como ópticas. Los Optix Metro se conectan mediante interfaces FE y GE a un LAN Switch, el cual se utiliza para proveer un ambiente LAN a los UA5000. Esto es necesario ya que estos equipos están compuestos por un subsistema de banda ancha y uno de banda estrecha, los cuales poseen tarjetas de control independientes y se identifican con direcciones IP diferentes; de ahí que se utilice una interfaz FE para cada subsistema. La utilización de los LAN Switch también facilita la adición de nuevos equipos

de acceso en caso de ser necesario, al permitir que un solo Optix Metro realice la conversión de señales correspondientes a varios UA5000.

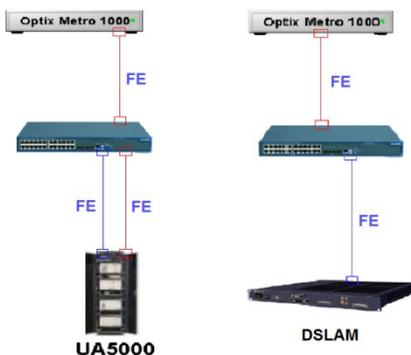


Figura 1.9. Configuración de los equipos de acceso en la red NGN provincial.

Estos equipos proveen a los usuarios servicios de voz, datos y de valor agregado. Para dar servicios de voz y de valor agregado, tienen instaladas tarjetas de servicio que brindan interfaces POTS de banda estrecha y para los servicios de datos, cuentan con tarjetas de servicio que brindan interfaces de banda ancha como ADSL, SHDSL y, en menor medida, VDSL.

La red de acceso cuenta, además, con algunos DSLAM para ofrecer servicios de datos a los usuarios. Los DSLAM instalados son los modelos MA5605 y MA5616 de Huawei y OA2403 de Telindus; brindan interfaces ADSL y SHDSL, en el caso de los dos primeros, y solo SHDSL en el caso de los últimos. La configuración de estos equipos es similar a la utilizada para los UA5000, con la diferencia de que solo se usa una interfaz FE entre el DSLAM y el LAN Switch.

La decisión de ETECSA de utilizar los mencionados DSLAM puede valorarse como poco apropiada debido a que, en opinión del autor, no se aprovecha la potencialidad de los UA5000 para ofrecer servicios de voz y de datos simultáneamente, es decir, los usuarios que reciben servicios de datos mediante estos DSLAM pudieran haberse conectado a interfaces del subsistema de banda de un UA5000 geográficamente cercano, evitando la inversión realizada en la adquisición de los DSLAM.

Para garantizar la comunicación de los abonados del dominio TDM, en la red de acceso provincial se cuenta con un UMG8900, que está conectado mediante interfaces FE al CX300A y a través de enlaces troncales E1 con señalización R2 a las PBX analógicas existentes en el territorio. Funcionando como central tándem controlada por el SoftX3000,

brinda servicios de voz y de valor agregado a los usuarios conectados al dominio TDM. La existencia de este equipo en la red se debe, exclusivamente, a las mencionadas PBX; si estas fueran sustituidas, no sería necesario mantener el UMG8900 en funcionamiento.

1.6 Tendencia de las redes NGN basadas en Softswitch.

Aunque las redes NGN basadas en la tecnología Softswitch presentan múltiples ventajas con respecto a las redes de conmutación de circuitos, también presentan limitaciones. Según bibliografía del proveedor ZTE y de otras fuentes consultadas, las principales limitaciones de la tecnología Softswitch son [7]:

- Resulta muy costoso llevar a cabo una expansión de la red.
- Presentan altos OPEX (*Operating Expense*) y CAPEX (*Capital Expense*).
- Limitaciones en la provisión de servicios multimedia.
- No permiten lograr la convergencia entre redes fijas y móviles (FMC).

Ante esta situación, la tendencia de los operadores de telecomunicaciones a nivel mundial en los últimos años ha sido sustituir progresivamente la tecnología Softswitch por otra de mayores prestaciones: el Subsistema Multimedia IP. En los últimos años, el mercado de tecnología Softswitch ha experimentado un decrecimiento sostenido, mientras que el mercado de soluciones IMS ha crecido de forma acelerada. Actualmente, aproximadamente 150 operadores en todo el mundo están implementando servicios IMS y se estima que durante el año 2015 el 20% de los operadores a nivel mundial evolucionarán a redes de este tipo [7].

Por motivos estratégicos, los fabricantes de equipos detendrán a mediano plazo el desarrollo y comercialización de soluciones NGN basadas en tecnología Softswitch, lo que significa que todos los equipos pertenecientes a estas quedarán sin soporte por parte de los fabricantes en los años venideros.

Esta situación también afecta el equipamiento de los dominios NGN desplegados en el país. En la Figura 1.10 se muestra el ciclo de vida de la solución U-SYS de Huawei.

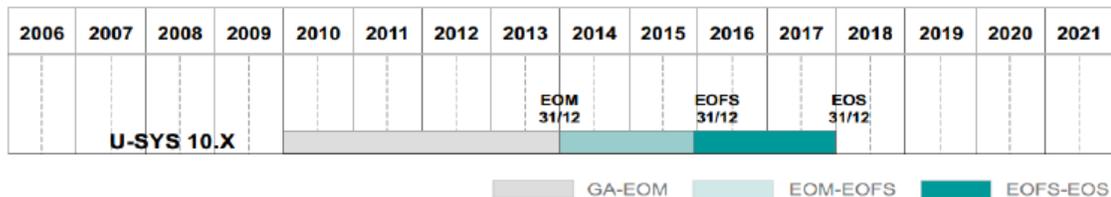


Figura 1.10. Ciclo de vida del software de U-SYS 10.X (Fuente: [18]).

La primera fase (EOM, *End Of Marketing*) corresponde al fin del lanzamiento al mercado, es decir, el 31 de diciembre del 2013 finalizó la búsqueda de conquistar el mercado y la promoción de sus productos. La segunda fase (EOFS, *End Of Full Support*) corresponde al fin del soporte completo, lo cual significa que a partir del 31 de diciembre del 2015 el proveedor no garantiza nuevos elementos para la tecnología implementada. La última fase (EOS, *End of Service*) corresponde al fin de servicio completo, donde el proveedor culmina las responsabilidades que sustrajo con el cliente como brindar soporte, gestionar los equipos y actualización de los servicios [17].

El 31 de diciembre del 2017 los equipos pertenecientes a U-SYS que están presentes en el dominio NGN de Huawei y, específicamente, en la red NGN de Guantánamo, quedarán sin soporte por los que no se dispondrá de más actualizaciones ni de componentes para dar mantenimiento a dicha red.

Como consecuencia de lo anterior, ETECSA actualmente está realizando estudios sobre la introducción de la tecnología IMS en el país como nueva arquitectura de red. Es conocido que en el año 2013 ETECSA aprobó el proyecto IMS de ZTE con el objetivo de incrementar los servicios de telefonía fija [17]. Este proyecto se encuentra en estos momentos en desarrollo y presupone, inicialmente, la puesta en funcionamiento del núcleo de red IMS y de algunos equipos de acceso. En el Anexo B se describe la solución IMS de ZTE y se muestra el ciclo de vida de la misma, el cual se extiende hasta el año 2025.

Con la implementación de IMS en el país se solucionarían los problemas de falta de soporte a los que se enfrenta el equipamiento NGN perteneciente a la red de telecomunicaciones del país. Además, le permitiría a ETECSA actualizar su red con la tecnología más avanzada disponible en el mercado y, por las propias características de esta tecnología, mejorar el número y la calidad de los servicios ofrecidos actualmente a los usuarios.

CAPITULO 2 . Generalidades del Subsistema Multimedia IP.

En este capítulo se describen las principales características del Subsistema Multimedia IP (IMS) atendiendo a conceptos, arquitectura, principales entidades funcionales y puntos de referencia. Además, se describen los principales procedimientos realizados en este tipo de redes como: registro, establecimiento de sesiones, etc.

2.1 Orígenes.

El surgimiento de IMS ha estado estrechamente ligado al desarrollo de GSM (*Global System for Mobile Communications*) y a los diferentes Release desarrollados por el 3GPP. Durante los años 80 y 90, GSM fue desarrollado por el ETSI. El último estándar que incluyó solo a GSM se culminó en 1998 y ese mismo año se creó el 3GPP con la participación de Europa, Japón, Corea del Sur, Estados Unidos y China, cuyos objetivos fueron definir un sistema de tercera generación basado en WCDMA y TD-CDMA, como tecnologías de acceso, y evolucionar el core de GSM.

Esta organización decidió preparar especificaciones cada año, lanzando la primera en 1999 con el nombre de Release 99. Al año siguiente se inició el desarrollo del Release 2000, el cual estaba orientado a una red All-IP que luego sería denominada Subsistema Multimedia IP. Sin embargo, durante su desarrollo fue evidente que no se lograría culminarlo antes de terminar el año, por lo que se decidió dividirlo en dos partes, el Release 4 y el Release 5, siendo completado el primero en marzo del 2001, sin incluir IMS.

Fue en el Release 5 donde se definió por primera vez a IMS, como parte de la arquitectura de redes celulares 3G, con el fin de facilitar el acceso ubicuo a los servicios multimedia en dichas redes, con calidad de servicio garantizada, personalización de servicios y posibilidades de facturación. Solo se contemplaron usuarios de la telefonía móvil, que usaban acceso de radio como UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), CDMA2000, GPRS (*General Packet Radio System*) y GSM, aunque estos últimos no aprovecharían al máximo las capacidades de la red IMS por su ancho de banda limitado.

Con el Release 6 se incorpora el acceso para redes inalámbricas WLAN (*Wireless Local Area Network*) y WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), para lo cual era necesario implementar una pasarela conocida como *Wireless LAN Gateway* (WAG).

En el Release 7 por primera vez se implementa el acceso de las redes fijas, principalmente a través de xDSL, para lo cual es necesario implementar un Servidor de Acceso de Banda Ancha (BAS). En el desarrollo de este Release colaboraron con 3GPP otros organismos de estandarización, específicamente 3GPP2 y TISPAN.

Varios hechos estimularon el desarrollo de esta tecnología. El gran éxito de los servicios multimedia en Internet hizo a los operadores de telecomunicaciones plantearse como objetivo brindar servicios multimedia a sus usuarios. Otros factores claves fueron la evolución tecnológica de los equipos terminales de usuario y el aumento de sus capacidades, permitiéndole soportar servicios multimedia en tiempo real, y el aumento en el ancho de banda de las redes de acceso. Además, la gradual migración de redes de conmutación de circuitos a redes de conmutación de paquetes, con capacidad para soportar los nuevos servicios multimedia.

2.2 Características del Subsistema Multimedia IP.

El Subsistema Multimedia IP es una arquitectura de control de servicios global, independiente del acceso y basada en estándares de conectividad IP, que habilita a los usuarios finales diversos tipos de servicios multimedia usando protocolos comunes de Internet [19].

Aunque originalmente fue diseñado por el 3GPP para entregar servicios multimedia IP a usuarios móviles de 3G, se ha convertido en el componente fundamental del núcleo de redes de telecomunicaciones de TV por cable, de redes fijas de nueva generación, entre otras. Organizaciones de estandarización como 3GPP2, TISPAN y *PacketCable* han incorporado a IMS como parte de sus arquitecturas de red.

En la actualidad, es considerada la solución de red que permitirá a los operadores lograr la convergencia de las redes fijas y móviles, así como ofrecer servicios multimedia convergentes de forma ubicua [20].

Una de las características más importantes de IMS es que logra separar las tecnologías de acceso utilizadas del control de llamada, y a este de las funciones de servicio (Figura 2.1). Esto permite que los operadores puedan evolucionar de forma independiente cada

capa de su red, simplificando la misma de forma significativa y disminuyendo su TCO (Coste Total de Propiedad) [7].

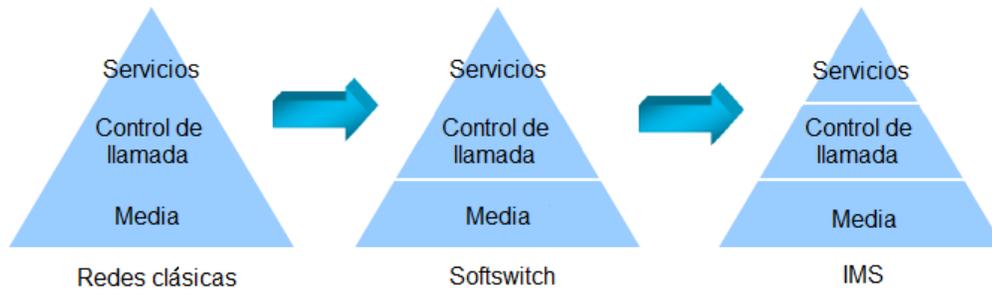


Figura 2.1. Separación de funciones en IMS (Fuente: [7]).

Ser independiente de la tecnología de acceso que utilicen los usuarios para conectarse a la red, permite que estos pasen de una red de acceso a otra sin que se interrumpa la conexión y que puedan acceder a los servicios independientemente del terminal que se utilice. Soporta múltiples tecnologías de acceso, ya sean fijas, móviles o inalámbricas, entre las cuales se incluyen xDSL, GSM, GPRS, UMTS, HSDPA, Wi-Fi, Wi-MAX, Bluetooth, etc.

Las comunicaciones en las redes IMS están orientadas a sesiones entre usuarios o entre usuarios y servicios. Estas sesiones se establecen y se manejan a través de SIP, el cual constituye el protocolo de señalización fundamental de esta tecnología. Las capacidades multimedia de las sesiones son negociadas, entre los extremos que intervienen en la comunicación, mediante el Protocolo de Descripción de Sesión (SDP).

Siendo uno de los parámetros negociados a través de SDP en el establecimiento y durante la sesión, la QoS es mucho más dinámica en IMS que en las redes tradicionales de telecomunicaciones, permitiendo diferentes niveles de QoS para los diferentes servicios.

Los usuarios, servicios y nodos en las redes IMS se identifican a través de Identificadores Universales de Recursos SIP (SIP URI), que tienen un formato similar al usado en las direcciones de correo electrónico. Un ejemplo de SIP URI es *nombre@redIMS.com*, donde *nombre* es el identificador de un usuario perteneciente al dominio de red *redIMS.com*. Los SIP URI se resuelven, mediante servidores DNS y bases de datos, a la dirección IP del terminal que utilizó el usuario para registrarse por última vez, lo que

permite que, si el usuario posee varios terminales, la llamada sea cursada hacia el terminal adecuado con mayor probabilidad.

Si bien IMS es una solución de red totalmente orientada a servicios, su arquitectura no se diseñó considerando todas las posibles aplicaciones o servicios finales que puedan ofrecerse a los usuarios, sino “definiendo unas facultades genéricas de la red que los operadores y los proveedores de servicios utilizarán para construir sus propias aplicaciones y servicios comerciales” [21]. Esto permite a los operadores integrar y ofrecer los servicios existentes y futuros, e incluso combinar varios de ellos para crear nuevos servicios enriquecidos. Actualmente se han estandarizado pocos servicios IMS “puros”, entre los que se encuentran Presencia, Mensajería IMS y *Push to Talk over Cellular*.

La operación de IMS se basa en la utilización de un conjunto de protocolos estandarizados por el IETF (*Internet Engineering Task Force*) que en principio fueron propuestos para redes IP y particularmente Internet. Este hecho es un indicador del acercamiento entre dos “mundos” que conceptual y técnicamente aparecían, hace un tiempo, como irreconciliables; IMS se presenta como el elemento que permitirá la convergencia entre Internet y las redes de los operadores de telecomunicaciones [21].

Las principales ventajas de IMS para los operadores son [22]:

- Significativa reducción de los costos de la red tanto en personal como en infraestructuras, favoreciendo la escalabilidad y amortización más rápida.
- Rápida implantación y proliferación de nuevos servicios más adaptados al cliente, ayudando a su fidelización.
- Considerable incremento de las ganancias y flujos de caja procedentes de la variedad de servicios brindados.
- Posibilidad de ofrecer un grupo de servicios con una tarifa plana, conocidos como paquetes de servicios.
- Posibilidad de lograr convergencia fijo-móvil.

Para los usuarios también presenta múltiples ventajas [22]:

- Permiten la comunicación persona a persona y persona a contenido en gran variedad de modos incluyendo voz, texto, imágenes y vídeo, o una combinación de todas ellas.
- Posibilita a los usuarios acceder a todos los servicios usando un único terminal.

- Permiten una comunicación de una forma altamente personalizada y mucho más sencilla.
- Precios más competitivos, única factura, y mayor sencillez en las gestiones de incidencias.

2.3 Diferencias entre Softswitch e IMS.

En algunas de las bibliografías consultadas [23] [24], se tiende a asociar el término “red NGN” al Softswitch como entidad de control, es decir, se considera al Softswitch como único elemento de control de las redes NGN.

Sin embargo, el análisis del Release 1 de NGN [8], desarrollado por TISPAN, permitió al autor valorar la consideración anterior como un enfoque incompleto, pues este organismo definió tres arquitecturas de control, entre las cuales se encuentra IMS. Además, la tecnología Softswitch no ha sido estandarizada y no tiene perspectivas de evolución como núcleo de la red NGN.

Tabla 2.1. Diferencias entre Softswitch e IMS (Fuente: [25]).

	IMS	Softswitch
Arquitectura	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Arquitectura objetivo para lograr convergencia de red. ➤ Con perspectivas de evolución. ➤ Basado en SIP. ➤ Base de datos unificada. ➤ Posee el mecanismo de disparo iFC, que permite introducir nuevos servicios de terceros. ➤ Soporta servicios <i>quad-play</i>: Telecom (voz, datos, video), TV, Internet y móvil. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diseñado para brindar servicios PSTN/ISDN. ➤ Sin perspectivas de evolución. ➤ Es una “caja negra” que incluya administración de datos de usuario, servicios suplementarios y funciones de control de llamada. ➤ Sin interfaces estandarizadas para soportar servicios de terceros. ➤ El Softswitch fijo no puede soportar acceso móvil.
Plataforma de Hardware	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ATCA (<i>Advanced Telecom Computing Architecture</i>), ofrece un rendimiento 10 veces superior que la plataforma CPCI. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ CPCI (<i>Compact Peripheral Component Interconnect</i>).
QoS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Soporta QoS dinámica extremo a extremo. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No posee ningún estándar de QoS.

En la Tabla 2.1 se muestran las principales diferencias en cuanto a arquitectura, plataforma de hardware utilizada y soporte de QoS entre ambas tecnologías.

2.4 Arquitectura de IMS.

La arquitectura de IMS definida por el 3GPP (Figura 2.2) no constituye un modelo fijo, sino una referencia a seguir para aquellos que implementen sus propias soluciones de red. Está constituida por entidades funcionales vinculadas por interfaces estandarizadas o puntos de referencia. Debido a que 3GPP estandarizó funciones y no nodos de la red, es posible para los fabricantes combinar dos funciones en un solo nodo o dividir una función en dos o más nodos, siendo lo primero lo más común [26].

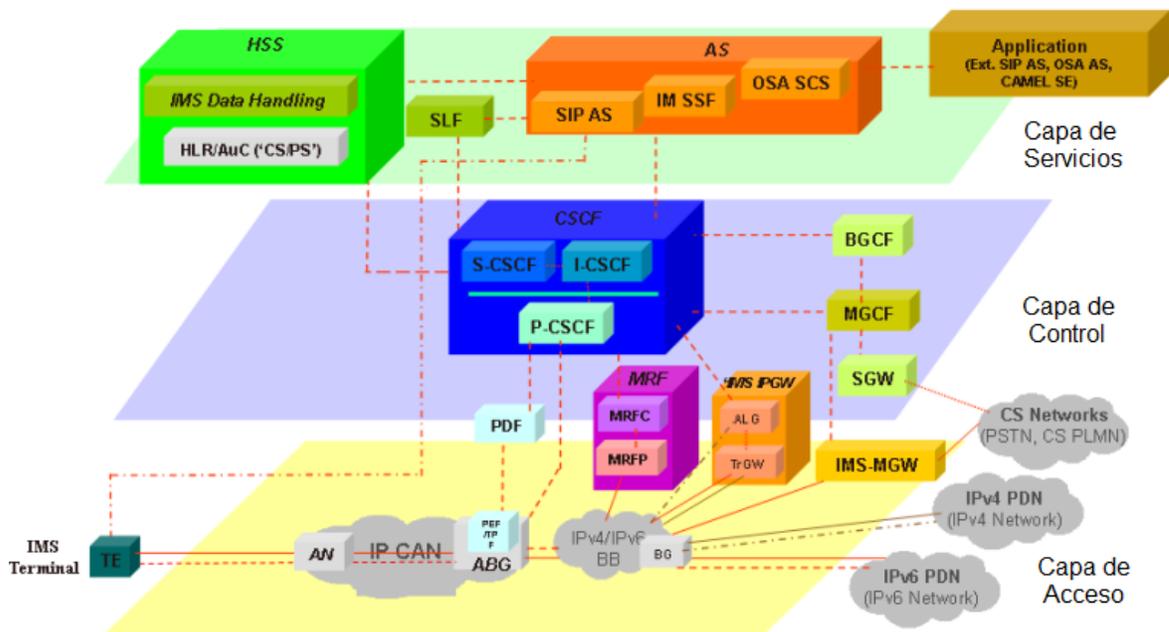


Figura 2.2. Arquitectura de IMS (Fuente: [22]).

Esta arquitectura se divide en tres capas o planos:

- Capa de Acceso.
- Capa de Control.
- Capa de Servicios.

La capa de acceso contiene las entidades funcionales que proveen las funciones de adaptación y de recursos para las tramas físicas de medios. Garantiza la conexión de los usuarios con la red IMS.

La capa de control incluye los elementos funcionales que aportan toda la inteligencia de la red, brindando funciones de control para el establecimiento, mantenimiento y terminación de sesiones multimedia. En ella se encuentran las bases de datos que contienen la información relacionada con los usuarios, así como las entidades que controlan la interconexión con otras redes.

La capa de servicios contiene los elementos funcionales que albergan o proveen un acceso a aplicaciones que brindan lógicas de servicio a los usuarios IMS.

Estas capas son independientes entre sí y separan eficazmente las funciones de servicios y de transporte de medios de las funciones de control. La interacción entre las diferentes capas y entre la red IMS y otras redes se realiza a través de interfaces abiertas y estandarizadas.

La arquitectura IMS cumple con una serie de requerimientos, que fueron establecidos por el 3GPP, que caracterizan esta tecnología [26]:

- **Conectividad IP.** El usuario debe tener conectividad IP con la red IMS para acceder a sus servicios. Se estableció el uso de IPv6 (aunque puede usarse IPv4), debido a la incapacidad de IPv4 de proveer una dirección IP única para todos los potenciales terminales IMS.
- **Independencia del acceso.** Es posible acceder a los servicios ofrecidos en la red IMS independientemente de la tecnología de acceso que use el terminal del usuario,
- **Calidad de Servicio.** Garantiza niveles de QoS adecuados para cada tipo de servicio brindado (voz, mensajería, video, multimedia, etc.). Además permite a los operadores controlar la QoS que un usuario puede obtener, en dependencia del servicio solicitado y de los permisos que posee.
- **Control del Servicio:** Permite a los operadores aplicar políticas de control, tanto generales como individuales, a los servicios brindados al usuario. Estas limitaciones pueden, por ejemplo, limitar la utilización de un cierto códec a todos los clientes o evitar que un usuario acceda a un servicio que no ha contratado.
- **Seguridad.** Garantiza la seguridad en las comunicaciones de los usuarios. Para ello cuenta con mecanismos como autenticación de usuarios y encriptación de datos mediante protocolos de seguridad como IPsec. Su nivel de seguridad es similar al de GPRS y al de otras redes de paquetes.
- **Soporte de “roaming”.** Es capaz de brindarles servicio a sus usuarios independientemente de la ubicación geográfica de estos, incluso si está en otro país. Para

lograr esto se llevan a cabo acuerdos de roaming entre diferentes proveedores, de forma tal que un usuario puede obtener servicios estando ubicado en el área de servicio de un proveedor diferente al suyo.

➤ **Interconexión con otras redes.** Trabaja de forma integrada con redes existentes como la PSTN, la ISDN, redes móviles o Internet, garantizando la comunicación de sus usuarios con usuarios de otras redes no IMS.

2.4.1 Interfaces de la arquitectura IMS.

Existen tres tipos de interfaces definidas en la arquitectura IMS, a través de las cuales esta interactúa con el exterior:

- Interfaces a los equipos de usuario (UNI).
- Interfaces a otras redes (NNI).
- Interfaces a aplicaciones (ANI).

La Interfaz de Red-Usuario (UNI) es la interfaz hacia la Red de Acceso de Conexión IP (IP-CAN), que constituye la red de acceso para el equipo de usuario. Al ser IMS independiente de la tecnología de acceso, estas interfaces se corresponden con las pasarelas ubicadas en esas redes [26]:

- Nodo de Soporte de Pasarela GPRS (GGSN) para redes UMTS.
- Nodo de Servicio de Paquetes de Datos (PDSN) para redes CDMA.
- Pasarela de Paquetes de Datos (PDG) para redes basadas en 802.11 o WLAN.
- Multiplexor de Línea de Acceso de Abonado Digital (DSLAM) para VoIP y redes de cable de banda estrecha.
- Sistema de Terminación de Cable-módems (CMTS) para redes de cable.

La Interfaz Red-Red (NNI) enlaza la red IMS con otras redes, ya sean basadas en IP o no, con las cuales un UE de IMS puede comunicarse. Existen tres tipos de redes a considerar:

- Otras redes IMS.
- Redes de conmutación de paquetes basadas en IPv4.
- Redes de conmutación de circuitos (PSTN).

La interfaz Red-Aplicación (ANI) está definida parcialmente en los estándares y es interpretada por quienes implementen IMS de acuerdo a sus necesidades. Los estándares IMS especifican claramente la existencia de una interfaz a los servidores de aplicación basados en SIP y a los servicios heredados a través de funciones de pasarela.

Tabla 2.1. Principales entidades funcionales de IMS.

Categoría	Abreviatura	Nombre
Administración de sesión y encaminamiento	CSCF	<i>Call/Session Control Function</i>
Bases de datos	HSS	<i>Home Subscriber Server</i>
	SLF	<i>Subscriber Location Function</i>
Interconexión con otras redes	MGCF	<i>Media Gateway Control Function</i>
	BGCF	<i>Breakout Gateway Control Function</i>
	IM-MGW	<i>IMS Media Gateway</i>
	SG	<i>Signaling Gateway</i>
Servicios	MRF	<i>Media Resource Function</i>
	AS	<i>Application Server</i>
Soporte	THIG	<i>Topology Hiding Internetwork Gateway</i>
	SEG	<i>Security Gateway</i>
	PDF	<i>Policy Decision Function</i>
Auditoria	CCF	<i>Charging Collection Function</i>

2.5.1 *Call/Session Control Function (CSCF).*

El CSCF es el nodo más importante de la arquitectura IMS. En realidad se conoce como CSCF al conjunto de tres entidades funcionales, que proveen funcionalidades distintas:

- ✓ *Proxy-CSCF (P-CSCF).*
- ✓ *Interrogating-CSCF (I-CSCF).*
- ✓ *Serving-CSCF (S-CSCF).*

Proxy-CSCF.

Constituye el primer punto de contacto para los usuarios con la red IMS; todo el tráfico de señalización desde o hacia el UE pasa a través de él. Generalmente se incluyen varios P-CSCF para lograr escalabilidad y redundancia en la red. Cada uno de ellos da servicio a un determinado número de terminales, dependiendo de su capacidad.

Sus principales funciones son:

- Encaminar solicitudes y respuestas SIP entre el UE y el S-CSCF.
- Encaminar solicitudes SIP REGISTER al I-CSCF basado en un nombre de dominio provisto por el UE.

- Enviar información de facturación a la *Charging Collection Function* (CCF).
- Realizar compresión de mensajes SIP.
- Ejecutar políticas de medios.

Interrogating-CSCF.

Es un proxy SIP localizado en el borde de un dominio administrativo. En la red IMS pueden existir varios I-CSCF y sus direcciones se listan en el registro del Sistema de Nombres de Dominio (DNS) de sus respectivos dominios. Cuando un servidor SIP trata de encontrar el próximo salto para un mensaje en particular, obtiene la dirección del destino desde un I-CSCF de su dominio.

Sus principales funciones son:

- Contactar con el HSS para obtener el nombre del S-CSCF que está sirviendo a un usuario determinado.
- Encaminar solicitudes y respuestas SIP al S-CSCF.
- Enviar información relacionada con facturación al CCF.
- Implementa la función THIG, usada para esconder la configuración, capacidad y topología de la red del operador.

Serving-CSCF.

Es el nodo fundamental del plano de señalización de la red IMS. En la red del operador pueden existir múltiples S-CSCF, de acuerdo a la cantidad de usuarios que estén registrados en el sistema.

Sus principales funciones son:

- Realizar control y mantenimiento de sesiones multimedia.
- Manejar solicitudes de registro, actuando como servidor de registro.
- Autenticar usuarios.
- Obtener del HSS información relacionada con los servicios durante el registro de un usuario o cuando recibe una solicitud de un usuario no registrado.
- Interactuar con plataformas de servicio, decidiendo cuándo una respuesta o solicitud necesita ser encaminada a un AS.
- Supervisar los temporizadores de registro y de sesión.
- Ejecutar políticas de medios.
- Traducir números ENUM.164 usando un mecanismo de traducción de DNS.

- Envía información relacionada con facturación al CCF.

2.5.2 Home Subscriber Server (HSS).

Es la base de datos donde se almacena la información relacionada con los usuarios. Técnicamente, es una evolución del HLR (*Home Location Register*) perteneciente a la arquitectura GSM.

Contiene todos los datos relacionados con la suscripción de los usuarios, requeridos para manejar sesiones multimedia. Estos datos incluyen información de localización, seguridad (autenticación y autorización), perfiles de usuarios y cual S-CSCF da servicio a un usuario. Todos los datos de un usuario se almacenan en el mismo HSS. La red IMS puede contener más de un HSS, en caso de que el número de suscriptores sea muy alto para ser manejado por uno solo.

2.5.3 Subscriber Location Function (SLF).

Es una base de datos simple que mapea las direcciones de los usuarios al HSS donde se encuentra la información relacionada a estos. Un nodo que consulta el SLF, con la dirección de un usuario como entrada, obtendrá el HSS que contiene toda la información relacionada con dicho usuario. En caso de que la red cuente con un solo HSS, su uso no es necesario.

2.5.4 Servidores de Aplicación (AS).

Los Servidores de Aplicación en realidad no son entidades IMS puras, sino más bien funciones ubicadas sobre la red IMS que proveen servicios multimedia de valor agregado al sistema. Pueden estar ubicados en la red del usuario o en una red de terceros.

Los servicios ofrecidos no se limitan solamente a aquellos basados en SIP, hospedados en servidores conocidos como AS SIP. Los operadores pueden ofrecer acceso a servicios basados en CAMEL (*Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic*) y la Arquitectura de Servicios Abiertos (OSA). Por ello, el término AS se usa genéricamente para abarcar los siguientes tipos de servidores (Figura 2.4):

- Servidores de Aplicación (SIP AS).
- Servidor de Capacidad de Servicios OSA (OSA SCS).
- Función de Conmutación de Servicios IP CAMEL (IM-SSF).

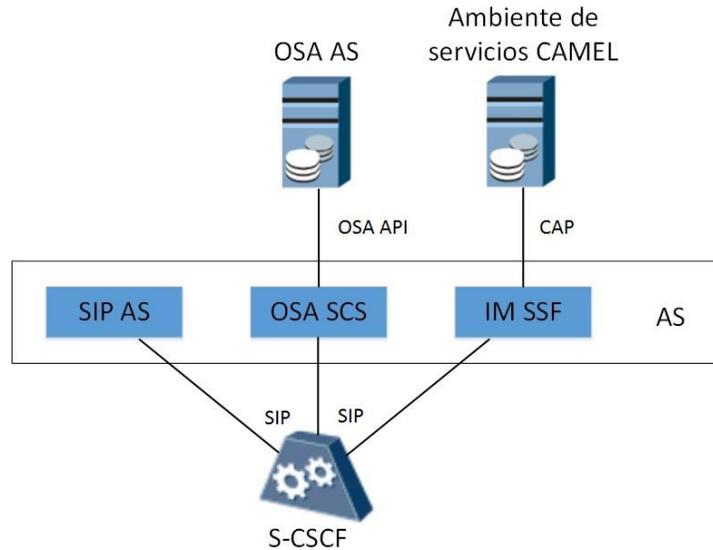


Figura 2.4. Servidores de Aplicación en IMS (Fuente: [26]).

Haciendo uso de la arquitectura OSA, los operadores pueden desarrollar y brindar diferentes servicios contando con características como control de llamada, interacción con el usuario, estado de usuario, capacidades de terminales, control de datos de sesión, etc. Un beneficio adicional de la estructura OSA, es que puede usarse como mecanismo de estandarización para acceder desde IMS a servidores de aplicación “third-party” de forma segura, ya que contiene funciones de acceso inicial, autenticación, autorización, registro y descubrimiento (el S-CSCF no provee de funciones de autenticación y seguridad para acceso a dichos servidores “third-party”). El OSA SCS constituye un punto final para la señalización SIP proveniente del S-CSCF y usa una Interface de Programa de Aplicación (API) para comunicarse con un servidor de aplicación OSA.

La función IM-SSF fue introducida en la arquitectura IMS para soportar servicios heredados que son desarrollados en el Ambiente de Servicios CAMEL (CSE). Hospeda características de redes CAMEL y usa la interfaz CAMEL *Application Part* (CAP) para acceder a los servidores basados en CAMEL.

Estos servidores interactúan con el S-CSCF, como elemento de control de la red IMS, mediante interfaces SIP. Adicionalmente a pueden proveer opcionalmente una interface hacia la HSS. Las interfaces hacia el HSS desde el SIP-AS y el OSA-SCS están basadas en el protocolo Diameter y son usadas para cargar o descargar información relacionada al

usuario que está almacenada en el HSS. La interface hacia el HSS desde el IM-SSF está basada en MAP (*Mobile Application Part*).

2.5.5 Media Resource Function (MRF).

Provee a la red local de la capacidad de realizar anuncios, mezclar tramas de medios, realizar transcodificación, obtener estadísticas y realizar cualquier tipo de análisis de medios. Se divide en un nodo de señalización llamado MRFC (*Media Resource Function Controller*) y un nodo llamado MRFP (*Media Resource Function Processor*) perteneciente al plano de medios.

El MRFC se encarga de la señalización necesaria para cumplir con las funciones del MRF, interpretando la señalización SIP recibida desde el S-CSCF y usando instrucciones del protocolo H.248/MEGACO para controlar el MRFP. Además, envía información de auditoría al CCF.

El MRFP brinda los recursos del plano de medios que son solicitados y controlados por el MRFC. Realiza la mezcla de las tramas de medios entrantes (para comunicaciones multi-parte), funciona como fuente de tramas de medios (para anuncios multimedia) y procesa tramas de medios (para el análisis de medios y transcodificación de audio).

2.5.6 Breakout Gateway Control Function (BGCF).

Es un servidor SIP que incluye funcionalidad de enrutamiento basado en números telefónicos. Solamente se usa en sesiones que son iniciadas por un terminal IMS y tienen como destino un abonado de una red de conmutación de paquetes (PSTN).

Las principales funciones del BGCF son:

- Seleccionar una red apropiada donde ocurrirá una salida hacia el dominio de conmutación de circuitos, si esta no se llevará a cabo en su misma red.
- Seleccionar una pasarela adecuada hacia la PSTN, en caso de que la salida ocurra en su misma red.

2.5.7 Pasarela PSTN/CS.

La pasarela PSTN provee una interfaz hacia el dominio de conmutación de circuitos, permitiendo la comunicación entre terminales IMS y abonados de la PSTN (o cualquier otra red de conmutación de circuitos) como se muestra en la Figura 2.5.

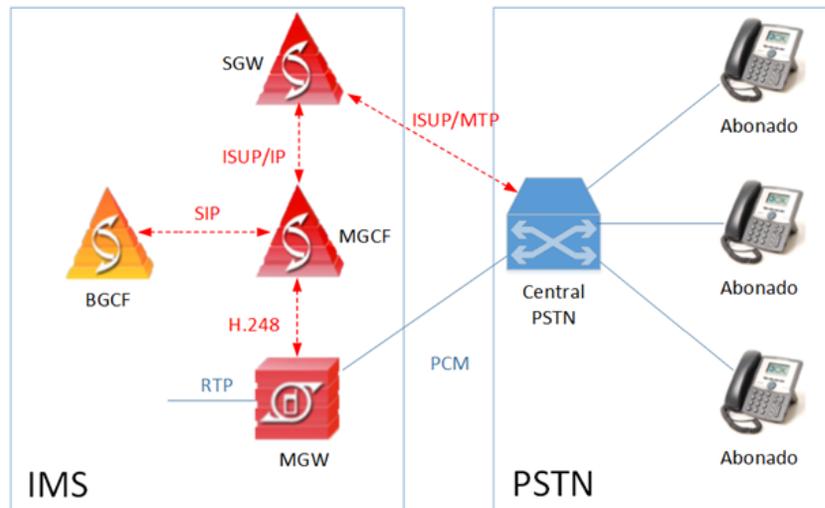


Figura 2.5. Interconexión entre IMS y la PSTN (Fuente: [26]).

La pasarela PSTN está compuesta por las siguientes entidades funcionales:

- **Signalling Gateway (SGW):** Interconecta la red de señalización de IMS con la red de señalización del dominio de conmutación de circuitos (PSTN). Realiza conversión de señalización al nivel de transporte, en ambos sentidos, entre el Sistema de Señalización No. 7 (SS7) usado en la PSTN y la señalización basada en IP (SCTP/IP) usado en IMS. No interpreta mensajes de la capa de aplicación.

- **Media Gateway Control Function (MGCF):** Es el nodo fundamental de la pasarela PSTN/CS. Realiza conversión de protocolos y mapea SIP (protocolo de control de llamada en IMS) tanto a ISUP sobre IP, como a BICC sobre IP (ISUP y BICC son los protocolos de control de llamada en redes de conmutación de circuitos). Controla los recursos de las MGW usando el protocolo MEGACO o H.248.

- **Media Gateway (MGW):** Relaciona los planos de medios de ambos dominios. En un lado, la MGW es capaz de recibir y enviar tráfico IMS sobre el Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP). En el otro lado, usa uno o más flujos PCM para conectarse a la red de conmutación de paquetes. Adicionalmente, realiza transcodificación en caso de que el terminal IMS no soporte el códec usado en el dominio de conmutación de circuitos.

2.6 Señalización en IMS.

El Subsistema Multimedia IP utiliza fundamentalmente protocolos que han sido desarrollados por el IETF para aplicaciones de Internet como SIP, SDP, Diameter, IPsec,

entre otros. Esto se debe a la búsqueda de convergencia y operatividad que se desea lograr entre las redes de telecomunicaciones de los operadores e Internet. Mediante el análisis de la información brindada en el anexo A sobre los puntos de referencia, es posible conocer más sobre la función de cada protocolo en IMS.

SIP constituye el protocolo fundamental de señalización en IMS, ya que todas las comunicaciones están basadas en las sesiones multimedia que se establecen y modifican con este protocolo. Los elementos fundamentales del núcleo IMS utilizan SIP para interactuar entre sí, así como con los servidores de aplicación. Los usuarios, nodos y servicios en la red IMS se identifican con direcciones SIP URI.

El protocolo SIP no permite establecer las capacidades de la sesión que se desea establecer. Para esto se utiliza el protocolo SDP (*Session Description Protocol*), cuya información viaja contenida en el cuerpo de los mensajes SIP. Mediante este protocolo los extremos que intervienen en la comunicación pueden negociar parámetros de la sesión como códec a utilizar, QoS, etc. La posibilidad de negociar la QoS determina que en IMS el control de la misma sea dinámico.

El protocolo Diameter es el encargado de proveer funciones de autorización, autenticación y auditoría (AAA) a los usuarios. Es la evolución del protocolo RADIUS, que era utilizado anteriormente para realizar estas funciones.

La seguridad de la información perteneciente a los usuarios es uno de los requisitos fundamentales de IMS. Por ello, se escogió el protocolo IPsec (*Internet Protocol Security*), que provee varios mecanismos para cifrar dicha información, para implementar funciones de seguridad entre el UE y el P-CSCF. Posee mayor flexibilidad que otros protocolos de seguridad existente.

2.7 Procedimientos en IMS.

Antes de que un terminal IMS comience cualquier tipo de operación relacionada a la red IMS, hay un número de pre-requisitos que debe cumplir. Primero, el operador de servicios IMS tiene que autorizar al usuario final el uso del servicio solicitado. Típicamente, esto requiere una suscripción o contrato firmado entre ambos.

Segundo, el terminal IMS necesita tener conexión con una IP-CAN que provee acceso a la red local IMS o a una red visitada perteneciente a otro operador. El terminal IMS

necesita adquirir una dirección IP, la cual es asignada dinámicamente por la IP-CAN y es válida por un período de tiempo determinado.

Posteriormente, el UE tiene que descubrir la dirección IP del P-CSCF, que constituye el punto de entrada a la red IMS, para cual se han definido varios procedimientos.

Una vez que todos los requisitos previos han sido cumplidos, el terminal IMS se registra en la capa de aplicación SIP de la red IMS. Los terminales IMS deben registrarse con la red IMS antes de iniciar o recibir cualquier otra señalización SIP. Este proceso permite a la red IMS localizar al usuario, autenticarlo, establecer asociaciones de seguridad y autorizar el establecimiento de sesiones. A continuación se describen cada uno de estos procedimientos y el flujo de mensajes asociado a ellos.

2.7.1 Descubrimiento del P-CSCF.

El descubrimiento del P-CSCF es el mecanismo mediante el cual el UE obtiene una o más direcciones IP del P-CSCF, con el objetivo de poder comunicarse con la red IMS. Existen tres procedimientos posibles para obtener la dirección IP del P-CSCF [26]:

- Procedimiento genérico basado en el uso del protocolo DHCP (*Dinamic Host Configuration Protocol*), en conjunto con un servidor DNS.
- Procedimiento para usuarios GPRS.
- Procedimiento donde se agrega de forma estática la dirección IP del P-CSCF.

Procedimiento genérico.

En el procedimiento genérico (Figura 2.6), el cual es independiente del acceso utilizado, el UE envía una solicitud DHCP a la red de acceso, que a su vez la redirecciona hacia un servidor DHCP, para obtener una dirección IP.

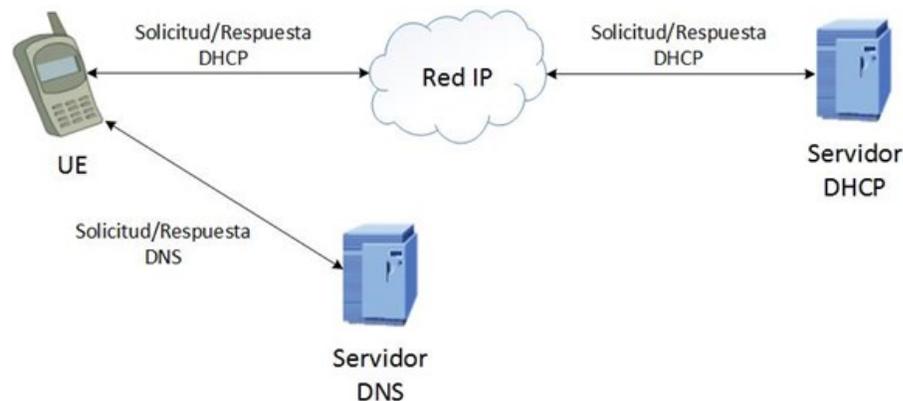


Figura 2.6. Descubrimiento del P-CSCF: Procedimiento genérico (Fuente: [26]).

Según las RFC 3319 y RFC3315 el UE puede solicitar una lista de nombres de dominio o una lista de direcciones IPv6 del P-CSCF, como servidor SIP. Si se solicitan nombres de dominio, el UE debe realizar una solicitud a un servidor DNS para obtener la dirección IP correspondiente al nombre de dominio recibido.

Procedimiento GPRS.

En el procedimiento GPRS (Figura 2.7), el UE incluye la petición de la dirección del P-CSCF en la solicitud de activación de contexto PDP enviada al GGSN (GPRS *Gateway Support Node*) y recibe dicha dirección en la respuesta a la misma. El mecanismo que usa el GGSN para obtener la dirección IP del P-CSCF no está estandarizado.

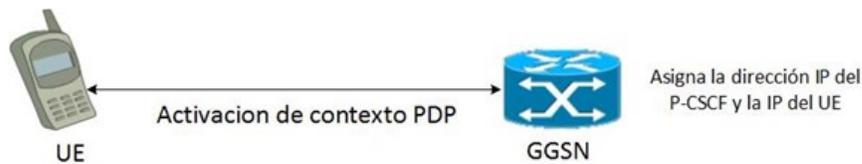


Figura 2.7. Descubrimiento del P-CSCF: Procedimiento GPRS (Fuente: [26]).

Procedimiento estático.

También es posible que el usuario conozca la dirección IP del P-CSCF, con lo cual solo tiene que configurar la misma en su terminal para poder conectarse a la red IMS. Este mecanismo implica que el operador debe conocer las direcciones IP de los P-CSCF a sus usuarios.

2.7.2 Registro en el sistema.

Para llevar a cabo el proceso de registro en IMS, el UE debe tener conectividad IP con la red y haber descubierto la dirección de un P-CSCF. Este proceso consta de dos fases: en la primera, el UE envía un mensaje REGISTER y el S-CSCF lo cuestiona con un mensaje 401 "Respuesta no Autorizada" y en la segunda, el UE envía un nuevo mensaje REGISTER y se completa su registro en la red [26]. En la Figura 2.8 se muestra el flujo de mensajes correspondiente al registro del UE.

1. El UE envía una solicitud REGISTER que contiene una identidad de registro y un nombre de dominio, al P-CSCF descubierto.

- El P-CSCF recibe la solicitud y, actuando como proxy SIP de salida, trata de encaminarla hacia el próximo salto. Para ello, consulta un servidor DNS para resolver la dirección IP de un I-CSCF del dominio recibido, al cual encamina la solicitud REGISTER.

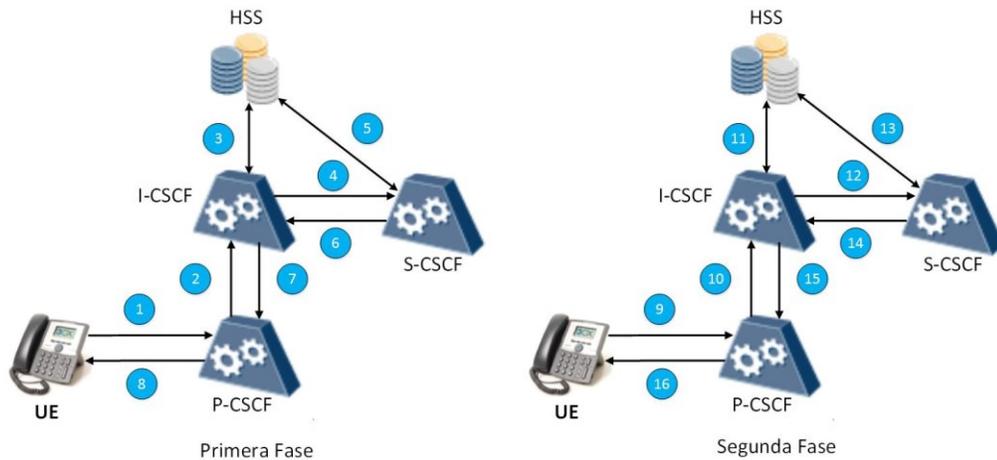


Figura 2.8. Registro del UE en la red IMS (Fuente: [26]).

- El I-CSCF contacta con el HSS para obtener las capacidades requeridas por el usuario y el S-CSCF asignado a este. Como el usuario no tiene S-CSCF asignado, el I-CSCF debe seleccionar uno adecuado a sus requerimientos.
- El I-CSCF le envía la solicitud REGISTER al S-CSCF asignado al usuario.
- El S-CSCF detecta que el usuario no está autorizado y por lo tanto, recupera del HSS datos de autenticación del usuario.
- El S-CSCF cuestiona al UE, enviándole un mensaje 401 “Respuesta no Autorizada”.
- El I-CSCF encamina el mensaje 401 al P-CSCF.
- El P-CSCF le entrega el mensaje 401 al UE.
- El UE envía crea una nueva solicitud REGISTER y la envía al P-CSCF.
- El P-CSCF realiza los mismos procedimientos anteriores y encamina la solicitud hacia el I-CSCF.
- El I-CSCF consulta el HSS para determinar cuál es el S-CSCF asignado al UE.
- Posteriormente, el I-CSCF encamina el nuevo mensaje REGISTER hacia el S-CSCF asignado al UE.
- El S-CSCF analiza la solicitud recibida y, si es correcta, descarga el perfil del usuario desde el HSS.

14. El S-CSCF acepta el registro del usuario y envía un mensaje 200 "OK" al UE, mediante el I-CSCF.
15. El I-CSCF envía el mensaje 200 "OK" al P-CSCF.
16. El P-CSCF entrega el mensaje 200 "OK" al UE, informándole que se ha registrado correctamente y que puede establecer sesiones multimedia.

2.7.3 Asignación del S-CSCF.

Una vez que el UE descubre un punto de entrada al sistema, necesita que se le asigne un S-CSCF que maneje toda la señalización necesaria para poder comunicarse y acceder a servicios. La asignación del S-CSCF se realiza cuando:

- Un usuario se registra en el sistema.
- Un usuario no registrado recibe una solicitud SIP para iniciar una sesión.
- Un S-CSCF asignado a un usuario no responde.

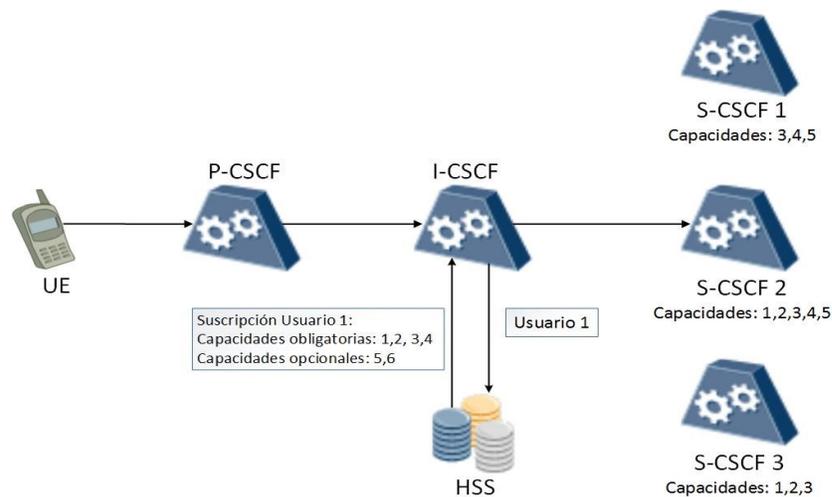


Figura 2.10. Asignación del S-CSCF durante el registro (Fuente: [26]).

Asignación del S-CSCF durante el registro.

Cuando un UE se registra en el sistema, la asignación del S-CSCF ocurre durante la primera fase del registro, cuando el I-CSCF obtiene del HSS información sobre las capacidades requeridas por el usuario y le asigna un S-CSCF adecuado, que se encargará de terminar el proceso de registro y de manejar futuras sesiones. Este procedimiento se ilustra en la Figura 2.10.

Asignación del S-CSCF a un usuario no registrado.

Cuando el I-CSCF del dominio de un UE recibe una solicitud SIP dirigida a este, consulta al HSS para determinar el S-CSCF que le da servicio al UE. Si el UE no está registrado, el HSS no contiene información sobre el S-CSCF asignado a este y le retorna al I-CSCF información sobre las capacidades requeridas por el usuario, el cual realiza la asignación de un S-CSCF adecuado.

Re-asignación del S-CSCF.

Es posible que el S-CSCF asignado a un usuario no responda debido a algún error, por lo que el sistema permite la re-asignación de otro S-CSCF que cumpla con las capacidades requeridas. Cuando el I-CSCF determina que no puede alcanzar el S-CSCF que le asignó al UE, le envía un comando UAR (*User Authorization Request*) al HSS y cuando recibe la información de capacidades le asigna un nuevo S-CSCF al UE.

2.7.4 Inicio de sesiones.

Para establecer cualquier tipo de comunicación en IMS, los terminales deben establecer sesiones utilizando señalización SIP. Para establecer una sesión el usuario debe haber descubierto un P-CSCF y haber completado el proceso de registro.

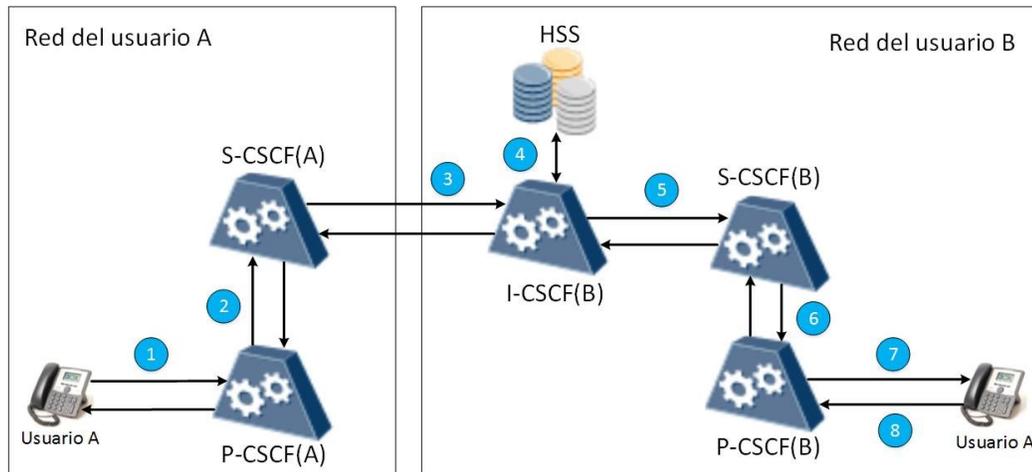


Figura 2.11. Establecimiento de una sesión en IMS (Fuente: [26]).

En la Figura 2.11 se muestra el flujo de mensajes que se lleva a cabo entre dos usuarios que desean establecer una sesión y que pertenecen a redes diferentes.

1. El usuario A genera una solicitud SIP INVITE y la envía al P-CSCF que le da servicio. Esta contiene el SIP URI del usuario B y la primera oferta SDP, entre otras informaciones.

2. El P-CSCF(A) procesa la solicitud (verifica la identidad de A) y encamina la solicitud al S-CSCF(A).
3. El S-CSCF recibe la solicitud INVITE, ejecuta control de servicio (interacciones con los AS), detecta que el usuario B no pertenece a su dominio y determina una entrada para la red de su operador basándose en su identidad, consultando un servidor DNS y obteniendo varias direcciones de los I-CSCF de la red de B.
4. El I-CSCF(B) recibe la solicitud INVITE y consulta al SLF para determinar en que HSS están almacenados los datos de B. Luego, consulta a este HSS para determinar cuál S-CSCF da servicio al usuario B.
5. Una vez que el I-CSCF(B) recibe la dirección del S-CSCF que sirve a B, encamina la solicitud INVITE hacia este.
6. El S-CSCF(B), actuando como servidor de registro, ejecuta control de servicio y encamina la solicitud hacia el P-CSCF(B). Además, envía un mensaje 100 "Intentando" al S-CSCF(A), a través del I-CSCF(B).
7. El P-CSCF(B) procesa el mensaje INVITE (verifica la identidad de B) y se lo envía al UE de B. Además, envía un mensaje 100 "Intentando" al S-CSCF(B).
8. Cuando el UE de B recibe la solicitud INVITE procedente de A, genera un mensaje de respuesta 183 "Sesión en progreso" que es enviado al UE de A por la ruta ya establecida. Este mensaje contiene la 1^{ra} respuesta SDP correspondiente a la 1^{ra} oferta SDP.

Cuando A recibe la respuesta 183 proveniente de B, comienza el proceso de reserva de los recursos necesarios para la sesión multimedia. Primeramente, A envía un mensaje SIP PRACK, que contiene la 2^{da} oferta SDP, a B y este le responde con un mensaje de respuesta 200 "OK", que contiene la 2^{da} respuesta SDP. Luego, A envía un mensaje SIP UPDATE, que contiene la 3^{ra} oferta SDP, a B y este le responde con un mensaje de respuesta 200 "OK", que contiene la 3^{ra} respuesta SDP.

Cuando ha concluido la reserva de recursos, el UE de B da timbre y le envía un mensaje 180 "Timbrando" al UE de A para que le indique a este que B está recibiendo timbre. Una vez que el usuario B descuelga su teléfono, el UE de B envía un mensaje 200 "OK" al UE de A y este le responde con un mensaje 200 "OK", con lo que queda establecida la sesión.

CAPITULO 3 . Alternativas de topología de la red de telecomunicaciones resultante de la migración de NGN a IMS en Guantánamo.

En este capítulo se identifican las posibles topologías de la red de telecomunicaciones de Guantánamo al migrar hacia IMS y se sugiere cuál de estas topologías es deseable para ETECSA como operador. Además, se describen los flujos de llamada entre los diferentes tipos de usuarios, los nuevos equipos de acceso y terminales a utilizar, así como las tecnologías de acceso adecuadas correspondientes a la alternativa sugerida.

3.1 Alternativas de topología de la red de telecomunicaciones de la provincia Guantánamo al migrar a IMS.

El conocimiento de las posibles alternativas de topología de la red de telecomunicaciones de Guantánamo al migrar hacia IMS, por parte de los directivos y personal especializado de ETECSA en el territorio, es de vital importancia en el proceso de asimilación de la nueva tecnología. Contar con información técnica relevante sobre los equipos que se utilizarán, tipos de usuarios, flujos de llamadas, nuevos terminales a utilizar y tecnologías de acceso adecuadas, además de saber cuál de las alternativas de topología identificadas es la deseable para ETECSA, permitirá realizar una toma de decisiones adecuada en cuanto a actividades de capacitación, planificación y anticipación que permitirán una exitosa migración y asimilación de IMS en el territorio.

Para identificar las posibles alternativas de topología se tomaron en consideración varios factores que tienen influencia sobre ellas:

- Solución IMS a implementar.
- Topología de la red del territorio al momento de iniciar la migración.
- Servicios ofrecidos y terminales utilizados en la red actual.
- Equipos de acceso a utilizar.

A continuación se exponen las consideraciones fundamentales para el análisis de cada uno de estos factores.

Solución IMS a implementar.

Debido a que ya ha sido aprobado por ETECSA el proyecto IMS de ZTE, se consideró que la solución a implementar será la de este proveedor, que recibe el nombre de ZIMS. En el Anexo B se describen las principales características de esta solución y los equipos que la componen.

La solución ZIMS se caracteriza por contar con una entidad funcional conocida como AGCF (*Access Gateway Control Function*) que es parte del Subsistema de Emulación PSTN/ISDN (PES en inglés), definido en la arquitectura NGN de TISPAN [8]. Esta permite soportar todos los nodos y terminales heredados que usan señalización H.248, MGCP, H.323, ISDN, V5 y los teléfonos 3G que no soportan señalización SIP. Por ello, esta solución se puede considerar adecuada para ETECSA desde el punto de vista de garantizar la continuidad de servicios a los usuarios actuales.

Con el objetivo de simplificar las ilustraciones y porque no se conoce cuál será su estructura cuando esté en funcionamiento, se consideró que el núcleo IMS contará solamente con uno de los siguientes dispositivos: CSCF (incluye al S-CSCF, I-CSCF, P-CSCF), BGCF, MGCF, HSS, AS y AGCF. En lo adelante, el núcleo IMS será representado de esta forma.

Topología de la red del territorio al momento de iniciar la migración.

La estructura actual de la red de telecomunicaciones del territorio condiciona en gran medida la posible topología de la misma ante una futura migración a IMS. Como se ha mencionado, la misma está dividida en tres redes de diferente tecnología: ATM/FR, TDM y NGN. La obsolescencia de los equipos que componen la red de datos ATM/FR y la red TDM trae como consecuencia que ETECSA se haya trazado como objetivo la sustitución de los mismos a corto plazo.

En caso de que, al acometerse la migración, ya hayan sido sustituidos los equipos obsoletos, se obtendrá un escenario de red All-IP donde todos los usuarios y servicios serán soportados por una única infraestructura de red, compuesta por un único dominio IMS.

Por otro lado, si al acometerse la migración a IMS, todavía existe en el territorio una red de telecomunicaciones dividida en diferentes dominios, solo migrarían los usuarios y

servicios que pertenecen actualmente a la red NGN. Aunque el AGCF del núcleo IMS soporta la funcionalidad de central tándem, que le permitiría controlar el UMG8900 de la red NGN, no sería adecuado migrar este equipo y las centrales TDM conectadas a él, ya que al paso del tiempo, inevitablemente, estas serán sustituidas. Se obtendría, entonces, un escenario de red donde el conjunto de nuevos usuarios IMS y de antiguos usuarios de la red NGN recibirían servicios de la nueva red IMS y aquellos usuarios que están conectados a las centrales TDM continuarían recibiendo servicios de la red NGN, bajo el control del SoftX3000.

Debido a que la red del territorio está formada por equipos de las capas de acceso y transporte del dominio NGN de Huawei y a la independencia entre capas propia de las arquitecturas de las tecnologías NGN e IMS, al llevar a cabo el proceso migratorio los mayores cambios tendrán lugar en la capa de acceso: será necesario instalar nuevos equipos de acceso, cambiar configuraciones de equipos existentes, etc.

En la capa de transporte no serán necesarios, al menos inicialmente, cambios en el hardware. En esta capa será necesario configurar los equipos que componen la red de FOP, los equipos de la capa de transporte (OSN7500, CX300A, NE40-8) y los equipos del *backbone* nacional IP/MPLS para lograr la conectividad de los equipos de acceso con el nuevo núcleo IMS.

Servicios ofrecidos y terminales utilizados en la red actual.

Actualmente la red de telecomunicaciones de la provincia ofrece servicios de voz, datos y de valor agregado. Los usuarios de la red NGN acceden a todos los servicios, mientras que los usuarios de la red TDM solo reciben servicios de voz y de valor agregado.

Para los servicios de voz y de valor agregado, los usuarios de la red NGN utilizan teléfonos analógicos a través de interfaces POTS y para los servicios de datos, el terminal utilizado, generalmente, es la computadora personal (PC), mediante interfaces xDSL. Los usuarios de la red TDM utilizan teléfonos analógicos para acceder a los servicios de voz.

Al acometer el proceso de migración, es necesario considerar que no todos los usuarios de la red actual desearán recibir los nuevos servicios multimedia, propios de IMS, o cambiar sus terminales, por lo que la nueva red debe ser capaz de soportar los terminales de estos usuarios y ofrecerles los mismos servicios que recibían anteriormente, haciendo el proceso de migración transparente para ellos.

Con la migración a IMS será posible ofrecer nuevos servicios multimedia a los usuarios, lo que implicará que en la nueva red existirán dos tipos de terminales: terminales H.248, que recibirán servicios heredados de voz y de valor agregado, y terminales SIP, que recibirán servicios de voz, datos, multimedia, entre otros. El AGCF será el dispositivo que soportará los terminales H.248 en la red IMS y para el acceso de estos se continuarán usando tecnologías de banda estrecha (POTS, ISDN, etc.). Para los terminales SIP, el P-CSCF será el punto de entrada a la red IMS y para el acceso de estos se utilizarán tecnologías de banda ancha (xDSL), garantizando la calidad de los servicios multimedia.

Equipos de acceso a utilizar.

Para determinar los equipos de acceso a utilizar en la nueva red es necesario considerar la capacidad que posee la solución IMS de ZTE de brindar servicios multimedia basados en el protocolo SIP y de soportar terminales heredados que reciben servicios de voz.

El proveedor ZTE propone varios equipos de acceso para construir la capa de acceso de la red IMS, los cuales proveen interfaces de banda ancha y soportan señalización SIP, requisitos necesarios para soportar los servicios multimedia propios de su solución IMS. Estos equipos también brindan interfaces de banda estrecha y soportan señalización H.248, por lo que también pueden utilizarse para dar conectividad con la red IMS a los usuarios que poseen terminales heredados.

Sin embargo, construir la red de acceso solamente con equipos de acceso de ZTE representaría una considerable inversión económica. Esto conlleva a valorar la factibilidad de utilizar los equipos de acceso actualmente desplegados en la red NGN del territorio.

La compatibilidad entre los equipos de Huawei y ZTE está garantizada, pues cada fabricante de equipamiento diseña y produce sus equipos basándose en estándares internacionales y comprueban el interfuncionamiento de los mismos con los equipos de otros proveedores.

Según la información brindada por Huawei, los MSAN (*Multi-Service Access Node*) UA5000 no soportan el protocolo SIP, por lo que no pueden ser utilizados para brindar servicios multimedia basados en este protocolo. Sin embargo, al soportar el protocolo H.248 pueden usarse en la nueva red, siendo controlados por el AGCF, para ofrecer a los usuarios con terminales heredados los mismos servicios actuales de la red NGN.

Tomando lo anterior en consideración, desde el punto de vista económico y con el objetivo de proteger la inversión ya realizada, se sugiere a ETECSA utilizar, en la capa de acceso de la nueva red, los equipos de acceso del proveedor ZTE para dar conectividad a los usuarios con terminales multimedia y utilizar los UA5000 para dar conectividad a los usuarios heredados de la red NGN.

Se debe considerar que, una vez que expire el ciclo de vida útil de los UA5000 y queden sin soporte por parte del operador, estos deberán ser sustituidos por nuevos equipos de acceso del proveedor ZTE, con lo que se llegará a un escenario donde todos los equipos de acceso de la red de telecomunicaciones del territorio pertenecerán a este proveedor.

Alternativas de topología de red identificadas.

Como resultado del análisis anterior, se identificaron dos alternativas de topología de la red de telecomunicaciones del territorio resultante de la migración hacia IMS:

- Topología de red compuesta por un dominio IMS y un dominio NGN.
- Topología de red compuesta por un dominio IMS.

3.1.1 Topología de red compuesta por un dominio IMS y un dominio NGN.

En caso de que, al acometerse la migración, en la red de telecomunicaciones del territorio Guantánamo todavía estuviera presente el equipamiento TDM obsoletos, se obtendrá una topología de red compuesta por dos dominios: un dominio NGN y un dominio IMS. Esta alternativa de topología se muestra en la Figura 3.1.

El dominio NGN estará compuesto por el UMG89000 existente en la red actual, y las PBX de tecnología TDM conectadas a este, las que continuarán brindando servicios de voz a sus usuarios. El UMG8900 continuará brindando flujos troncales, controlado por el SoftX3000 (funcionalidad de central tándem) del dominio NGN de Huawei. En este dominio no será necesario cambiar las configuraciones de los equipos que lo componen.

El dominio IMS estará compuesto por todos los equipos de acceso, que darán conectividad con la red IMS a los nuevos usuarios multimedia y a aquellos usuarios que pertenecían a la red NGN.

Los UA5000 serán controlados por el AGCF mediante el protocolo H.248, para continuar brindando servicios de voz y de datos a los usuarios que poseen terminales heredados, mediante interfaces POTS. Para lograrlo, será necesario cambiar la configuración de

estos equipos, pasando el control del SoftX3000 al AGCF, además de trasladar los datos sobre perfiles de los usuarios y tarificación, entre otras informaciones, hacia las bases de datos (HSS) y entidades de tarificación del núcleo IMS, respectivamente.

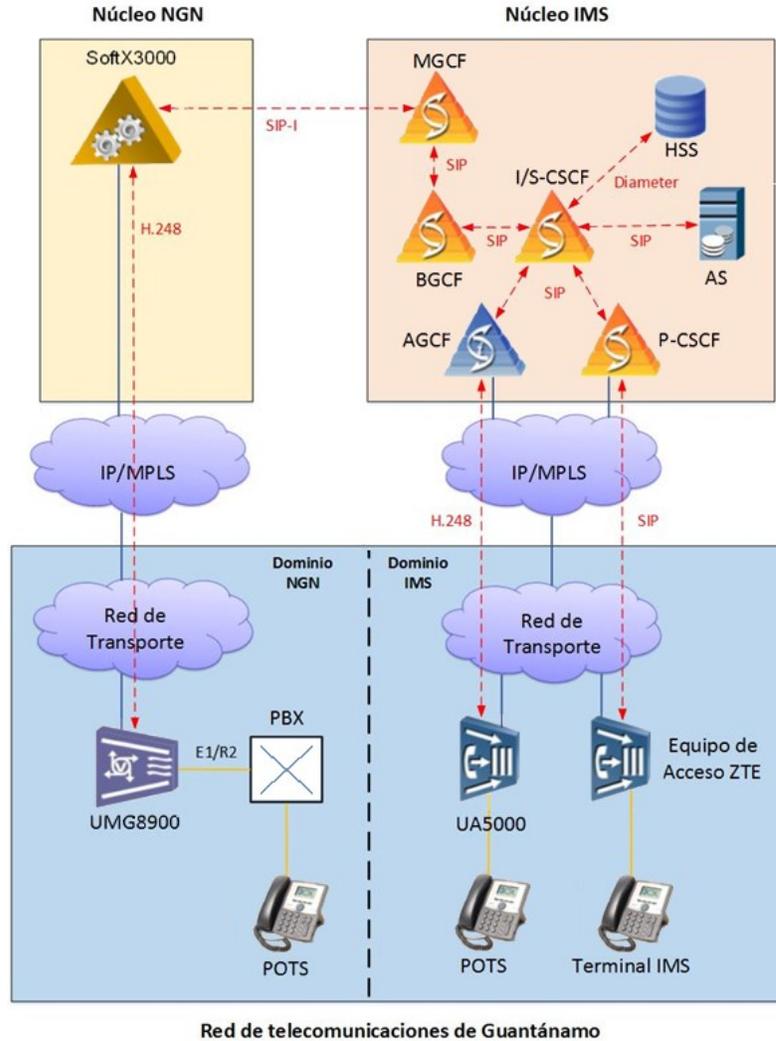


Figura 3.1. Topología de red compuesta por dos dominios: IMS y NGN.

Para la provisión de los nuevos servicios multimedia se emplearán nuevos equipos de acceso propuestos por ZTE. Será necesario realizar un análisis sobre la ubicación de los mismos y dimensionar la cantidad esperada de usuarios multimedia en cada ubicación geográfica, con el objetivo de optimizar la cantidad de equipos de acceso a instalar.

Para ambos casos (UA5000 y equipos de acceso de ZTE), el control será ejercido por el SoftX3000 y el núcleo IMS respectivamente, a través del *backbone* IP/MPLS y de la red de transporte provincial.

En esta alternativa de topología serán reconocibles tres tipos de usuarios:

- **Usuarios H.248 del dominio NGN.** Aquellos que estarán conectados a las PBX de tecnología TDM existentes en el territorio. Recibirán servicios de voz y de valor agregado.
- **Usuarios H.248 del dominio IMS.** Aquellos que pertenecían a la red NGN y que se conectarán a la red IMS a través de los UA5000. Recibirán servicios de voz y una mayor variedad de servicios de valor agregado que los del dominio NGN.
- **Usuarios SIP del dominio IMS.** Los nuevos usuarios que poseen terminales SIP y que se conectarán a la red IMS a través de los equipos de acceso de ZTE. Recibirán servicios de voz, datos, multimedia, entre otros.

La señalización necesaria para la comunicación entre ambos dominios se intercambiará a nivel de núcleo de red entre el SoftX3000 como elemento de control del dominio NGN, y el MGCF perteneciente al núcleo IMS, mediante el protocolo SIP-I. El flujo de datos relacionado con las comunicaciones entre usuarios de ambos dominios será cursado a través de la red de transporte provincial, haciendo uso de los protocolos RTP/RTCP.

Una red con estas características presentará ventajas a ETECSA como:

- Permitirá ofrecer servicios multimedia a los usuarios, mejorando los modelos de negocio de la empresa.
- Solucionará parcialmente la obsolescencia del equipamiento, ya que se instalarán nuevos equipos de acceso, que cuentan con soporte del proveedor por varios años.

Por otra parte, mantendrá varias desventajas, propias de una estructura de red vertical:

- Será necesario destinar personal y recursos a mantener dos infraestructuras de red, lo que significaría gastos adicionales para la empresa.
- La gestión de la red es compleja para el personal, ya que se utilizarán dos *software* de gestión diferentes, se manejarán datos de usuarios almacenados en bases de datos separadas, se administrarán equipos de diferente tecnología, etc.
- Continuarán las dificultades para introducir nuevos servicios.
- Se mantendrán en funcionamiento los equipos TDM obsoletos.

3.1.2 Topología de red compuesta por un dominio IMS.

En caso de que al acometerse la migración hacia IMS, la red de telecomunicaciones de la provincia Guantánamo sea completamente NGN, debido a la sustitución del equipamiento TDM obsoleto, la nueva red estará compuesta solamente por un dominio IMS. Esta alternativa de topología se muestra en Figura 3.2.

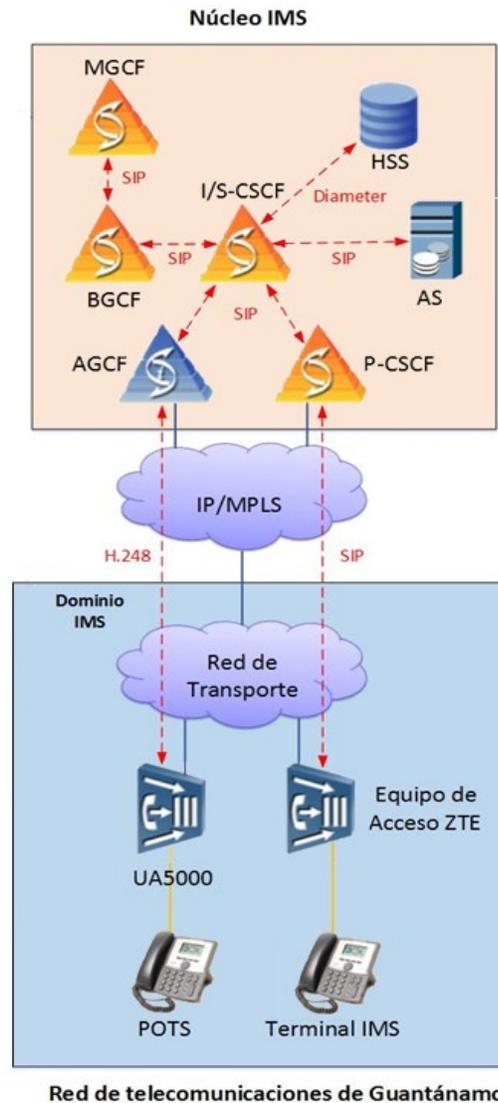


Figura 3.2. Topología de red compuesta por un dominio IMS.

Este dominio estará compuesto por los equipos de acceso que ofrecerán conectividad a los usuarios con la red IMS. Al igual que en la alternativa anterior, se utilizarán los UA5000, bajo el control del AGCF, para brindar servicios de voz y de valor agregado a los usuarios con terminales heredados y equipos de acceso de ZTE para brindar servicios

multimedia a aquellos usuarios que posean terminales SIP, que tendrán al P-CSCF como punto de entrada a la red IMS. El núcleo IMS ejercerá el control de estos equipos de acceso a través del *backbone* IP/MPLS y de la red de transporte provincial.

También deberán ser trasladados los datos y perfiles, información de tarificación y otras informaciones de los usuarios H.248, que pertenecían a la red NGN, hacia las bases de datos (HSS) y entidades de tarificación del núcleo IMS. Además, deberá realizarse un análisis sobre la ubicación de los nuevos equipos de acceso de ZTE y dimensionarse la cantidad esperada de usuarios multimedia en cada ubicación, con el objetivo de utilizar equipos con la capacidad mínima necesaria para dar servicios a la cantidad de usuarios determinada.

En esta alternativa de topología serán reconocibles dos tipos de usuarios:

- **Usuarios H.248.** Aquellos que pertenecían a la red NGN y que se conectarán a la red IMS a través de los UA5000. Recibirán servicios de voz y de valor agregado.
- **Usuarios SIP.** Los nuevos usuarios que poseen terminales SIP y que se conectarán a la red IMS a través de los equipos de acceso de ZTE. Recibirán servicios de voz, datos, multimedia, etc.

Existirá, entonces, una única infraestructura de red que brindará todos los servicios actuales y nuevos servicios de introducción futura a todos los usuarios del territorio, independientemente del tipo de terminal que utilicen.

Contar con una red de estas características presentará múltiples ventajas para ETECSA:

- Permitirá ofrecer servicios multimedia a los usuarios, mejorando los modelos de negocio de la empresa.
- Se obtendrán importantes ahorros por conceptos de mantenimiento y operación, propios de la utilización de una única infraestructura de red para soportar todos los servicios y usuarios.
- Se solucionarán los problemas de obsolescencia, ya que presupone la no existencia del equipamiento TDM obsoleto.
- Se facilitará la gestión de la red al utilizar un único software de gestión, manejar una base de datos de usuarios unificada, etc.
- Se facilitará la introducción de nuevos servicios.
- Se sentarán las bases para una futura convergencia entre las redes fija y móvil.

3.1.3 Comparación entre las alternativas identificadas.

La comparación cualitativa de las alternativas de topología identificadas permite sugerir cuál de ellas representa la deseable para ETECSA, tomando en consideración las principales características, ventajas y desventajas de ambas.

En la Tabla 3.1 se exponen las características de las alternativas de topología identificadas, atendiendo a los siguientes criterios: estructura de la red, provisión de servicios, gestión de la red, presencia de equipos obsoletos y costo de inversión.

Tabla 3.1. Comparación entre las alternativas de topología identificadas.

Elemento de comparación	Topología de red compuesta por un dominio NGN y un dominio IMS	Topología de red compuesta por un dominio IMS
Estructura de la red	Estructura de red vertical, dos infraestructuras diferentes.	Estructura de red horizontal, una única infraestructura de red.
Provisión de servicios	Tiene capacidad de proveer servicios multimedia. Posee limitaciones para introducir nuevos servicios.	Tiene capacidad de proveer servicios multimedia. Facilita la introducción de nuevos servicios.
Gestión de la red	Gestión compleja al existir dos dominios de red.	Gestión más sencilla al existir un único dominio de red.
Equipos obsoletos	Presencia de equipos obsoletos de tecnología TDM.	No se utilizan equipos obsoletos.
Costo de Inversión	Es necesario adquirir nuevos equipos de acceso del proveedor ZTE para dar servicios a los nuevos usuarios IMS.	Es necesario adquirir nuevos equipos de acceso del proveedor ZTE para dar servicios a los nuevos usuarios IMS.

Como resultado de la comparación realizada, se sugiere que la alternativa de topología compuesta por un dominio IMS es la deseable para ETECSA, como operador de telecomunicaciones, pues se contará con una única infraestructura de red controlada por el núcleo IMS, que brindará nuevos servicios multimedia y facilitará la introducción de los mismos, así como la gestión de la red. Además, en esta alternativa no existirán equipos obsoletos y, desde el punto de vista económico, el costo de inversión es similar para ambas alternativas pues, en los dos casos se debe adquirir un número similar de equipos de acceso que soporten los nuevos servicios multimedia.

Por otra parte, esta alternativa se vislumbra como destinada a prevalecer eventualmente: aunque inicialmente pudiera existir una red dividida en dos dominios (NGN e IMS), esta situación tendría un carácter temporal porque la eventual sustitución de los equipos TDM que conformarían el dominio NGN conllevaría a que existiera, finalmente, una red formada por un único dominio IMS.

3.2 Caracterización de la topología de red deseable para ETECSA.

A continuación se exponen aspectos generales sobre la alternativa de topología de red deseable para ETECSA como flujos de llamadas, nuevos equipos de acceso y terminales a utilizar y tecnologías de acceso adecuadas, que resultarán de utilidad para la empresa en su proceso de adaptación para asimilar la tecnología IMS.

3.2.1 Flujos de llamadas.

A través del estudio del procedimiento para establecer sesiones multimedia en una red IMS y considerando las funcionalidades del AGCF como MGC (controlando los MG) y como agente usuario SIP (para comunicarse con el CSCF) dentro de la solución IMS de ZTE, fue posible describir los flujos de llamada en la alternativa de topología de red sugerida como deseable para ETECSA, correspondientes a una comunicación entre dos de sus abonados. Esto tiene como objetivo ilustrar el funcionamiento de la topología sugerida y las acciones realizadas por las entidades funcionales involucradas.

Existen cuatro flujos de llamada posibles:

- Entre abonados H.248-H.248.
- Entre abonados H.248-SIP.
- Entre abonados SIP-H.248.
- Entre abonados SIP-SIP.

3.2.1.1 Flujo de llamada entre abonados H.248-H.248.

A continuación se analiza el flujo de llamada entre dos usuarios que poseen terminales heredados H.248 y que estarán conectados a los UA5000 (controlados por el AGCF de la red IMS). Como requisito para poder iniciar la comunicación, ambos usuarios deben estar registrados en el sistema.

1. Cuando el abonado A descuelga, el UA5000 detecta la señal de descolgado.

2. El UA5000 intercambia mensajes H.248, que contienen el número de A, con el AGCF para que este analice sus características y los permisos que posee.
3. El AGCF determina que el abonado A tiene permiso para efectuar llamadas y le indica al UA5000, a través de mensajes H.248, que le de tono de marcado.
4. Cuando A marca el número del abonado B, el UA5000 lo recibe y se lo envía al AGCF.
5. El AGCF envía un mensaje INVITE al S-CSCF que contiene el número del llamado, información del abonado A y de la sesión que se va a establecer.

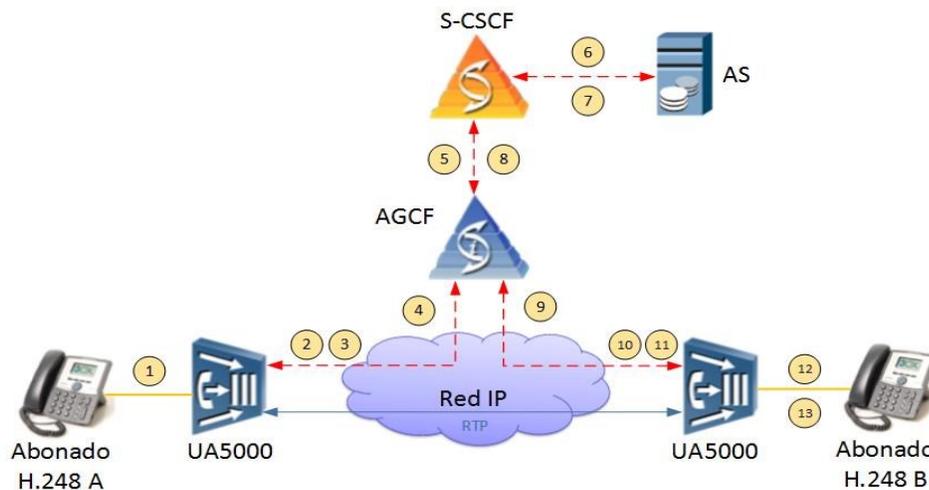


Figura 3.3. Flujo de llamada entre dos usuarios H.248.

6. El S-CSCF envía el mensaje INVITE recibido hacia el AS.
7. El AS autentica los datos del abonado A y los servicios a los que tiene acceso. Además, realiza el análisis del número marcado para definir cómo llegar a él, detectando que este se encuentra en su dominio. Actualiza los datos en el mensaje y le responde al S-CSCF.
8. El S-CSCF le reenvía el mensaje INVITE al AGCF.
9. El AGCF le envía mensajes H.248 al UA5000 al que está conectado B, indicándole que este tiene una llamada en curso.
10. El UA5000 le responde, indicándole el estado del abonado B (libre, ocupado, fuera de servicio).
11. Si B está libre, el AGCF le ordena al UA5000 de B mediante mensajes H.248 que le ponga tono de timbre al mismo. Al mismo tiempo, le ordena al UA5000 de A que le ponga tono de timbre hacia atrás a este.

12. El abonado llamado recibe el timbre.
13. La sesión se establece cuando el abonado B descuelga.

3.2.1.2 Flujo de llamada entre abonados H.248-SIP.

A continuación se analiza el flujo de llamada entre un usuario que posee un terminal heredado H.248, que estará conectado a un UA5000 (controlado por el AGCF), y un usuario que posee un terminal SIP con capacidades multimedia, que estará conectado a un equipo de acceso de ZTE y que tiene al P-CSCF como punto de entrada a la red IMS.

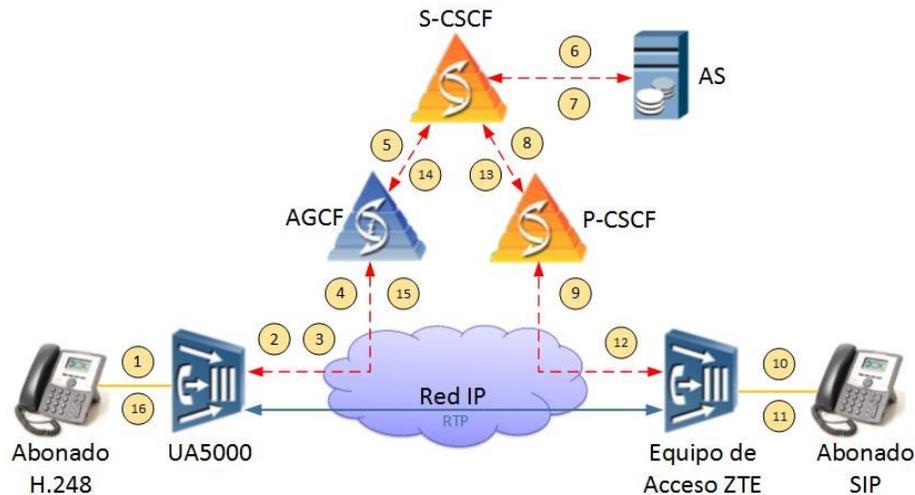


Figura 3.4. Flujo de llamada entre abonados H.248-SIP.

1. Cuando el abonado H.248 descuelga, el UA5000 detecta la señal de descolgado.
2. El UA5000 intercambia mensajes H.248 (que contienen el número del abonado H.248) con el AGCF para que este analice sus características y los permisos que posee.
3. El AGCF determina que el abonado H.248 tiene permiso para efectuar llamadas y le indica al UA5000, a través de mensajes H.248, que le de tono de marcado.
4. Cuando el abonado H.248 marca el número del abonado SIP, el UA5000 recibe el mismo y se lo envía al AGCF.
5. El AGCF envía un mensaje INVITE al S-CSCF que contiene el número del llamado e información del abonado H.248 y de la sesión que se va a establecer.
6. El S-CSCF envía el mensaje INVITE recibido hacia el AS.
7. El AS autentica los datos del abonado A y los servicios a los que tiene acceso. Además, realiza el análisis del número marcado para definir cómo llegar a él,

detectando que este se encuentra en su dominio. Actualiza los datos en el mensaje y le responde al S-CSCF.

8. El S-CSCF envía el mensaje INVITE al P-CSCF.
9. El P-CSCF procesa la solicitud recibida, verifica la identidad del abonado SIP y encamina el mensaje INVITE hacia el MSAN ZTE.
10. El MSAN ZTE entrega el INVITE al abonado SIP, el cual genera un mensaje de respuesta 183 "Sesión en progreso" que es enviado al UE del abonado A.

A continuación se intercambian una serie de mensajes SIP entre el UE del abonado SIP y el AGCF, con el objetivo de realizar la reserva de recursos necesarios para la sesión, a través de ofertas y respuesta SDP (Sección 2.7.4).

11. El abonado SIP envía un mensaje 180 "Timbrando" al MSAN ZTE.
12. El MSAN ZTE encamina el mensaje 180 hacia el P-CSCF.
13. El P-CSCF le envía el mensaje 180 al S-CSCF.
14. El S-CSCF encamina el mensaje 180 recibido hacia el AGCF.
15. El AGCF le ordena al UA5000, mediante mensajes H.248, que le de tono de timbre hacia atrás al abonado H.248 indicándole que el abonado SIP está siendo alertado sobre la llamada entrante.
16. El UA5000 pone tono de timbre hacia atrás al abonado H.248.

Una vez que el abonado SIP descuelga su teléfono y después de un breve intercambio de mensajes SIP, queda establecida la sesión multimedia.

3.2.1.3 Flujo de llamada entre abonados SIP-H.248.

A continuación se analiza el flujo de llamada entre un usuario que posee un terminal SIP con capacidades multimedia, que estaría conectado a un equipo de acceso de ZTE y que tiene al P-CSCF como punto de entrada a la red IMS, y un usuario que posee un terminal heredado H.248, conectado a un UA5000 (controlado por el AGCF).

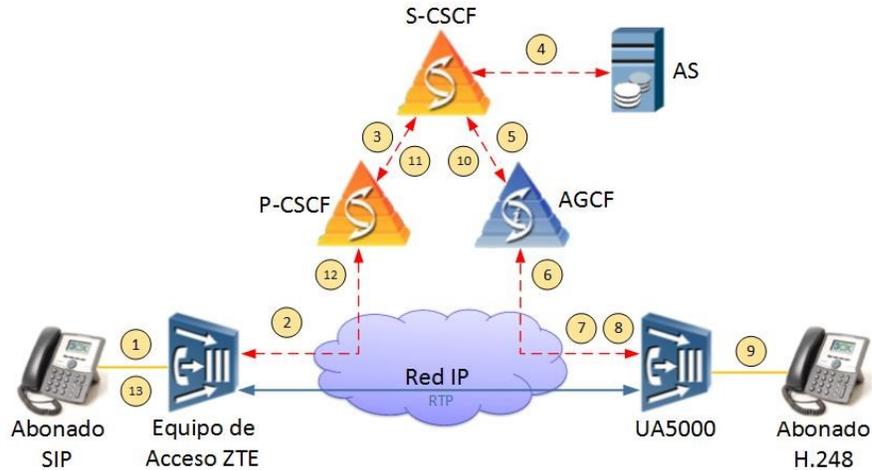


Figura 3.5. Flujo de llamadas entre abonados SIP-H.248.

1. El abonado A genera una solicitud INVITE y la envía al MSAN ZTE. Esta contiene el TEL URI del usuario B y la primera oferta SDP, entre otras informaciones.
2. El MSAN ZTE envía la solicitud hacia el P-CSCF.
3. El P-CSCF procesa la solicitud (verifica la identidad de A) y la encamina hacia el S-CSCF.
4. El S-CSCF recibe la solicitud INVITE, ejecuta control de servicio (interacciones con los AS), detecta que el usuario B pertenece a su dominio y consulta un servidor ENUM.164 para obtener el SIP URI de B, basándose en su TEL URI.
5. El S-CSCF, actuando como servidor de registro del abonado H.248, encamina la solicitud hacia el AGCF.
6. El AGCF le envía mensajes H.248 al UA5000 al que está conectado el abonado H.248, indicándole que este tiene una llamada en curso. Además, envía un mensaje 100 "Intentando" al S-CSCF.
7. El UA5000 le responde, indicándole el estado de dicho abonado (libre, ocupado, fuera de servicio).

Si el abonado H.248 está libre es posible establecer la sesión y comienza el proceso de reserva de recursos entre el UE del abonado SIP y el AGCF mediante el intercambio de mensajes SIP.

8. Una vez realizada la reserva de recursos, el AGCF le ordena al UA5000 del abonado H.248, mediante mensajes H.248, que le ponga tono de timbre al mismo.
9. El UA5000 pone el tono de timbre al abonado H.248.

10. Al mismo tiempo, el AGCF envía un mensaje 180 “Timbrando” S-CSCF.
11. El S-CSCF encamina el mensaje 180 al P-CSCF.
12. El P-CSCF entrega el mensaje 180 al MSAN del usuario SIP.
13. El MSAN le envía el mensaje 180 “Timbrando” al UE del abonado SIP, indicándole que el abonado H.248 está siendo alertado de la llamada.

Cuando el abonado H.248 descuelga, se produce un breve intercambio de mensajes SIP entre el AGCF y el UE del abonado SIP y de esta forma queda establecida la sesión.

3.2.1.4 Flujo de llamada entre abonados SIP-SIP.

A continuación se analiza el flujo de llamada entre un usuario que posee un terminal SIP con capacidades multimedia, que estaría conectado a un equipo de acceso de ZTE y que tiene al P-CSCF como punto de entrada a la red IMS, y un usuario que posee un terminal heredado H.248, conectado a un UA5000 controlado por el AGCF.

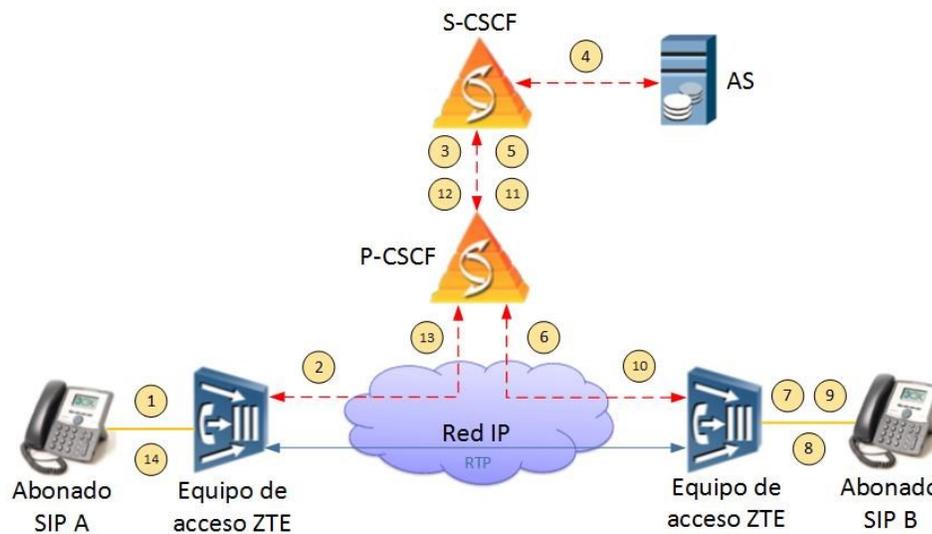


Figura 3.6. Flujo de llamada entre abonados SIP-SIP.

1. El abonado SIP A genera una solicitud INVITE y la envía al MSAN ZTE. Esta contiene el SIP URI del abonado B y la primera oferta SDP, entre otras informaciones.
2. El MSAN ZTE envía la solicitud al P-CSCF.
3. El P-CSCF procesa la solicitud (verifica la identidad de A) y encamina la solicitud al S-CSCF.

4. El S-CSCF recibe la solicitud INVITE, ejecuta control de servicio (interacciones con los AS), detecta que el usuario B pertenece a su dominio y determina la forma de llegar a este.
5. El S-CSCF, actuando como servidor de registro de B, encamina la solicitud nuevamente hacia el P-CSCF.
6. El P-CSCF procesa el mensaje INVITE (verifica la identidad de B) y lo envía al MSAN ZTE del abonado B. Además, envía un mensaje 100 “Intentando” al S-CSCF.
7. El MSAN ZTE entrega el mensaje INVITE al UE del abonado B.
8. Cuando el UE de B recibe la solicitud INVITE procedente de A, genera un mensaje de respuesta 183 “Sesión en progreso”, que es enviado al UE de A por la ruta ya establecida. Este mensaje contiene la 1^{ra} respuesta SDP.

A continuación se intercambian una serie de mensajes SIP entre los UE de ambos abonados, con el objetivo de realizar la reserva de los recursos necesarios para la sesión, a través de ofertas y respuesta SDP (Sección 2.7.4).

9. Cuando termina la reserva de recursos, el abonado B da señal de timbre a su usuario y envía un mensaje 180 “Timbrando” al MSAN ZTE.
10. El MSAN ZTE encamina el mensaje 180 hacia el P-CSCF.
11. El P-CSCF le envía el mensaje 180 al S-CSCF.
12. El S-CSCF encamina el mensaje 180 recibido nuevamente hacia el P-CSCF.
13. El P-CSCF entrega el mensaje 180 al MSAN ZTE del abonado A.
14. El abonado A recibe el mensaje 180 desde el MSAN ZTE, el cual le indica que el abonado B está siendo alertado de la llamada entrante.

Cuando el abonado B descuelga, se intercambian algunos mensajes SIP entre los UE de ambos abonados y queda establecida la sesión.

3.2.2 Elección de los equipos de acceso del proveedor ZTE.

El proveedor ZTE presenta los MSAN ZXA10 300M y ZXA10 350M como equipos de acceso a utilizar en conjunto con su solución IMS. Estos equipos soportan, entre otros, los protocolos SIP y H.248 y cuentan con interfaces para soportar múltiples tecnologías de acceso, tanto de banda ancha como de banda estrecha, por lo que pueden usarse para ofrecer servicios multimedia basados en SIP, así como servicios de voz basados en el protocolo H.248.

Aunque los MSAN mencionados cumplen, según el proveedor ZTE, todos los requisitos para soportar los servicios ofrecidos por su plataforma IMS, considerando los resultados obtenidos al caracterizar la red de telecomunicaciones de Guantánamo, su utilización no será adecuada en todos los escenarios. Esto se debe a que en el territorio existen localidades donde el número de usuarios o abonados instalados es mucho menor que la capacidad que proveen estos equipos, por lo que económicamente no sería rentable su utilización.

Para aquellos lugares donde el número de abonados es reducido, se podrán utilizar los DSLAM que ofrece ZTE: el ZXDSL 9806H y el ZXDSL 9816. Estos equipos son de menor capacidad que los MSAN, pero tienen capacidades similares en cuanto a provisión de servicios, al brindar múltiples tecnologías de acceso y soportar los protocolos SIP y H.248, entre otros.

A continuación se exponen las principales características de estos equipos. Una descripción más detallada de los mismos se realiza en el Anexo C.

MSAN ZXA10 C300M/C350M.

Los MSAN ZXA10 C300M/C350M son equipos de acceso que permiten integrar el desarrollo de servicios *triple-play* (voz, banda ancha y TV) y proveen gran capacidad, alta velocidad y gran ancho de banda. En la Figura 3.7 se puede observar una vista frontal de ambos equipos.

Pueden ser utilizados para brindar una variada gama de servicios como, por ejemplo, servicios de voz en redes NGN/IMS basados en H.248 y SIP, servicios de banda ancha (multimedia), servicios de líneas arrendadas basadas en flujos E1 o en SHDSL.TDM, entre otros.

El ZXA10 C300M es un MSAN de gran capacidad, mientras que el ZXA10 C350M es de mediana capacidad. Ambos pueden ser utilizados en ambientes *indoor* y *outdoor*, permitiendo cubrir diferentes escenarios. Cuentan con redundancia de los componentes principales (tarjetas de control, de enlace ascendente y de energía) garantizando la confiabilidad necesaria en su funcionamiento.



Figura 3.7. Vista frontal de los MSAN ZXA10 300M (izquierda) y ZXA10 350M (derecha).

Para dar servicio a los usuarios poseen las siguientes interfaces: POTS, ISDN BRI/PRI, ADSL, ADSL2/2+, VDSL2, SHDSL.TDM, SHDSL.bis, P2P (*Peer-to-peer*) GE y GPON (*Gigabit-capable Passive Optic Network*). Para su conexión con la red poseen las siguientes interfaces: 10 GE ópticos, GE eléctrico/óptica y GPON (solo el C350M).

La capacidad máxima de líneas que pueden ser instaladas en estos equipos depende de la configuración de hardware utilizada (tipo de gabinete, cantidad y tipo de tarjetas de servicio instaladas, etc.).

Como resultado del análisis del hardware de ambos equipos (Ver Anexo C), se determinó que la capacidad máxima de líneas soportadas por el ZXA10 C300M es de aproximadamente 1000 líneas y la del ZXA10 C350M es de aproximadamente 450 líneas, por lo que se recomienda su utilización en escenarios donde el número de abonados se cercane a 1000 o 450, respectivamente.

ZXDSL 9806H.

El DSLAM ZXDSL 9806H de ZTE, mostrado en la Figura 3.8, es un equipo de acceso compacto, que integra acceso de banda ancha y estrecha, basado fundamentalmente en cobre como medio físico.



Figura 3.8. Vista frontal del ZXDSL 9806H.

Cuenta con varias interfaces de *uplink* como FE/GE, EPON/GPON, 10G PON, P2P y P2MP, para cumplir con los diferentes requerimientos de los operadores. Soporta interfaces de servicio ADSL2/2+, VDSL2, SHDSL, FE y POTS.

Puede utilizarse en escenarios *indoor* mediante un *rack* estándar de 19 pulgadas y en escenarios *outdoor* mediante gabinetes EC50B, que pueden contener hasta tres 9806H. Mediante el análisis del hardware de este equipo, se determinó que este equipo puede soportar un máximo de 192 abonados POTS o 96 abonados ADSL, por lo que se recomienda su uso en escenarios donde el número de abonados sea un poco menor que las cantidades mencionadas.

ZXDSL 9816.

El ZXDSL 9816 es una unidad de acceso integrado, desarrollado con el objetivo de ayudar a los operadores a lograr gran ancho de banda de forma más sencilla y económica. El fabricante recomienda su uso en ambientes FTTB (*Fiber to the Building*) y FTTC (*Fiber to the Cabinet*). En la Figura 3.9 se muestra una vista frontal del ZXDSL 9816.



Figura 3.9. Vista frontal del DSLAM 9816.

Cuenta con varias interfaces de *uplink* como GE, GPON, EPON y EPON + GE para satisfacer los requerimientos de los operadores, además de interfaces ADSL2/2+, VDSL, SHDSL, FE y POTS para dar servicio a los usuarios. Soporta, entre otros, los protocolos SIP y H.248, por lo que pueden ser utilizados para brindar servicios multimedia IMS.

Se determinó que su capacidad máxima es de aproximadamente 50 líneas, combinando interfaces POTS y ADSL, por lo que se recomienda su uso en escenarios donde el número de abonados sea menor que 50.

3.2.3 Tecnologías de acceso recomendadas.

Mediante el análisis de los equipos de acceso de ZTE mencionados anteriormente se determinó que todos soportan interfaces de banda ancha (ADSL2/2+, VDSL, SHDSL) y estrecha (POTS), basadas en cobre como medio físico. En el caso de los MSAN ZXA10

C300M/C350M soportan, además, tecnologías de acceso basadas en fibra óptica (GPON).

Como resultado de la caracterización de la red de telecomunicaciones actual de Guantánamo, se conoció que toda la infraestructura de última milla existente está basada en cobre como medio físico. En el territorio no existe ninguna infraestructura de fibra óptica y el desarrollo de la misma representaría una inversión considerable debido al alto costo de esta tecnología, por lo que la utilización de esta como medio de acceso no es factible en estos momentos.

Considerando esta situación, para dar servicios a los usuarios en la nueva red, será necesario utilizar, al menos inicialmente, las interfaces de banda ancha y estrecha, basadas en cobre, que poseen los equipos de acceso descritos, utilizando para ello la infraestructura de última milla existente. Sin embargo, la capacidad de estos equipos de soportar acceso basado en fibra, posibilitará que puedan usarse estas interfaces para aplicaciones puntuales donde se requiera un ancho de banda mayor, mejor inmunidad ante las interferencias y mayor distancia de transmisión que los ofrecidos por las interfaces basadas en cobre.

3.2.4 Nuevos terminales a utilizar.

Según la bibliografía consultada, cualquier terminal que soporte el protocolo SIP (función de agente usuario SIP) y que tenga conectividad IP con la red IMS puede acceder a los servicios ofrecidos por esta [25], siempre que el usuario haya contratado dichos servicios con el operador. Debido a que en este tipo de redes los servicios son independientes de la tecnología de acceso utilizada, existen una gran variedad de terminales que pueden ser utilizados en las redes IMS, ya sean fijos, inalámbricos o móviles.

Debido a que la red actual de telecomunicaciones de Guantánamo solo soporta acceso de terminales fijos, se consideró que la red resultante de la migración a IMS solo soportará terminales fijos, al menos en un primer momento. El principal tipo de terminal fijo utilizado en redes IMS es el teléfono SIP, el cual puede clasificarse en dos categorías fundamentales [27]:

- Teléfono SIP basado en *hardware* (teléfonos VoIP).
- Teléfono SIP basado en *software* (*Softphone*).

Para permitir que los usuarios accedan a los nuevos servicios multimedia, ETECSA deberá brindarle a los mismos nuevos terminales con las capacidades requeridas. Ambos tipos de teléfonos SIP podrán ser utilizados en el territorio, puesto que la nueva red tendrá capacidad de banda ancha requerida para estos servicios. En especial, el uso de teléfonos SIP basados en *software* resultará una alternativa atractiva, pues los usuarios actuales que tienen servicios de datos contratados podrán utilizarlos para acceder, si lo desean, a los nuevos servicios IMS sin necesidad de adquirir un nuevo terminal.

A continuación se exponen las principales características de ambos tipos de teléfonos SIP.

Teléfono SIP basado en hardware.

También conocidos como teléfonos VoIP, son similares en aspecto a los teléfonos tradicionales, pero utilizan *hardware* dedicado en su interior para realizar y recibir llamadas usando Internet o redes de datos, en vez de a las líneas tradicionales de la PSTN. Para esto pueden contar con múltiples interfaces de red y tienen integrado un *mini-hub*, por lo que pueden compartir la conexión de red de la PC sin necesidad de utilizar un punto de red adicional para el teléfono [27].

Además del protocolo SIP, también pueden soportar los protocolos IAX (*Inter-Asterisk eXchange protocol*) y SCCP (*Skinny Client Control Protocol*).

Existen diferentes modelos de teléfonos VoIP que pueden brindar múltiples servicios como: multiconferencias, llamada en espera, identificador de llamada, no molestar, lista negra, tonos de llamada de silencio, silencio, grabación de llamadas, grabación de un mensaje, entre otros. Algunos, como los mostrados en la Figura 3.10, cuentan con cámaras que les permiten realizar videoconferencias y otras características especiales como pantalla táctil.



Figura 3.10. Ejemplos de teléfonos SIP basados en hardware: Grandstream GXV 3175 (izquierda) y NiteRay Q760 (derecha).

Teléfonos SIP basados en software.

También conocidos como softphones, permiten realizar llamadas a través de la PC, haciendo uso de recursos de la misma como: micrófonos, cámaras y *speakers*. El softphone transforma la computadora en un teléfono multimedia, con capacidad de voz, datos y video [27].

Normalmente, un Softphone es parte de un entorno VoIP y puede estar basado en el estándar SIP/H.323 o ser privativos. Para su utilización en una red IMS, es necesario que esté basado en el protocolo SIP y se requiere, además, una conexión de banda ancha como, por ejemplo, xDSL y una conexión con un proveedor de VoIP o un servidor SIP.

Actualmente existen un variado número de softphones basados en SIP disponibles, entre los cuales se pueden mencionar: X-Lite, eyeBeam, 3CXPhone, Zoiper, OpenWengo, etc. En la Figura 3.11 se muestra la apariencia gráfica de estas aplicaciones, la cual generalmente se diseña para lucir similar a un teléfono tradicional.



Figura 3.11. Ambiente gráfico de los softphone X-Lite (izquierda) y 3CXPhone (derecha).

3.3 Valoración de la utilidad.

Apropiarse del conocimiento aportado en los temas que se abordan en este trabajo de diploma les permitirá a ETECSA Guantánamo y a sus especialistas estar mejor posicionados para participar, aportando elementos de importancia desde la perspectiva territorial, en el proceso de planeación y diseño de la migración de la red NGN de la provincia hacia la tecnología IMS.

La realización de este trabajo de diploma dota a la entidad provincial y, particularmente a los especialistas del Departamento de Desarrollo, no solo de información técnica

relevante sobre la tecnología a introducir, sino sobre las posibles alternativas de topología de red de telecomunicaciones resultante, los nuevos equipos de acceso y terminales a utilizar, y las tecnologías de acceso adecuadas al migrar la red NGN del territorio hacia IMS. Esta información posee un valor agregado de relevancia porque permitirá a ETECSA desarrollar, con la oportunidad que provee la anticipación, las acciones estratégicas adecuadas para asimilar con éxito la tecnología IMS en el territorio.

También los departamentos de Marketing y Mercadotecnia de la empresa estarán habilitados con la información pertinente para preparar y desarrollar campañas informativas y de promoción sobre la nueva tecnología y los servicios que se introducen, encaminadas a la familiarización de los usuarios y a la asimilación por los mismos de los cambios tecnológicos para convertirse en consumidores de los nuevos servicios.

Otras entidades de ETECSA pudieran beneficiarse de los resultados de este trabajo en aquellos territorios que, en el futuro, acometan procesos de migración hacia IMS y cuyas características tecnológicas sean similares a las de Guantánamo en la actualidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.

1. La observación de la inminente obsolescencia de los equipos pertenecientes a la solución U-SYS de Huawei, cuyo ciclo de vida culmina en el año 2017, permitió a ETECSA establecer la necesidad de migración de la red NGN a IMS.
2. El conocimiento de las proyecciones de sustitución de equipamiento obsoleto, permitió concluir que, a corto plazo, la red de telecomunicaciones de Guantánamo será completamente NGN.
3. Se identificaron dos alternativas de topología de la red de telecomunicaciones resultante de la migración a IMS en la provincia Guantánamo: una topología de red compuesta por un dominio NGN y un dominio IMS y otra topología de red compuesta por un único dominio IMS.
4. Como resultado de la comparación cualitativa de las alternativas de topología identificadas, se sugirió como deseable para ETECSA Guantánamo la topología de telecomunicaciones compuesta por un único dominio IMS.
5. La caracterización de la alternativa de topología de red deseable, permitió brindar a ETECSA Guantánamo información indispensable para sustentar las acciones estratégicas de asimilación de la tecnología IMS.

Recomendaciones.

- Realizar una caracterización de la alternativa de red compuesta por un dominio NGN y un dominio IMS, atendiendo a los mismos elementos que se utilizaron en este trabajo de diploma para describir la alternativa de topología deseable para ETECSA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] J. M. Galicia Martínez, *Televisión sobre IP (IPTV) & Redes de Próxima Generación (NGN)*, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [2] D. Leza, *Migración Hacia Redes de Nueva Generación (NGN)*, 2007.
- [3] Unión Internacional de Telecomunicaciones, *NGN-GSI Definition, Recommendation Y.2001: General Overview of NGN*, disponible en:
<http://www.itu.int/ITU-T/ngn/definition.html>.
- [4] S. Durán-Sindreu, *Comunicaciones Unificadas + NGN*, 2012, disponible en:
www.contec-consulting.com.
- [5] J. García Correa, *La próxima generación de redes, NGN, un trayecto hacia la convergencia*. Director de Redes IP. Telefónica, España.
- [6] J. Ríos, M. García, *Softswitch*, disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos14/softswitch/softswitch.shtml>.
- [7] Corporation Z., *Technical Proposal for IMS/MSAN ETECSA Project*. 2013.
- [8] TISPAN, *NGN Functional Architecture*. 2009, disponible en:
http://www.etsi.org/deliver/etsi_es.
- [9] Anónimo. *Conceptos básicos de NGN*. Material técnico de ETECSA.
- [10] Huawei Technologies Ltd., *U-SYS NGN Solution Multimedia Application User Manual*, 2007.
- [11] Huawei Technologies Ltd., *Huawei U-SYS NGN Solution*, disponible en:
<http://www.huawei.com>.
- [12] Huawei Technologies Ltd., *UA5000 Product Description*, 2007.
- [13] Huawei Technologies Ltd., *UMG8900 Product Description*, 2007.
- [14] Huawei Technologies Ltd., *SG7000 Product Description*, 2007.
- [15] Huawei Technologies Ltd., *TMG8010 Product Description*, 2007.
- [16] Huawei Technologies Ltd., *SoftX3000 Product Description*, 2007.
- [17] A. Forte, *Optimización de la arquitectura de NGN en Cuba. Introducción de IMS*. 2014.
- [18] Huawei Technologies Ltd., *Huawei HONET UA5000 Roadmap*, 2012.
- [19] K. Al-Begain, *IMS: A Development and Deployment Perspective*, John Wiley and

Sons Ltd., 2009.

[20] G. Camarillo, *The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS)*, 3ra ed. 2014.

[21] www.wikitel.info/wiki/ims, consultado el 10 de marzo de 2015.

[22] R. J. Millán Tejedor, *Convergencia total en IMS*, Comunicaciones World No. 214, 2006.

[23] R. Pacheco, *Propuesta de una metodología y su aplicación para la predicción del tráfico en un segmento de la red NGN*. Universidad de Oriente, 2008.

[24] G. A Araujo Araujo, *Propuesta de una metodología y su aplicación para la predicción del tráfico en un segmento de la red NGN*. Universidad Simón Bolívar, 2008.

[25] Y. A Marín Muro, *Un acercamiento a la arquitectura IMS, las amenazas y medidas de seguridad*. *XVI Convention of Electrical Engineering*, 2015.

[26] M. Poikselkä, G. Mayer, *The IMS IP multimedia concepts and services in the mobile domain*, 3ª ed. John Wiley & Sons, 2009.

[27] *What are SIP phones?*, disponible en: <http://www.3cx.com/voip/sip-phone/>

[28] Corporation Z., *Uni Core Life Cycle*, in Core Network Product Line 2012.

[29] ZTE Corporation, *ZXUN CSCF Product Description*. 2013.

[30] ZTE Corporation, *ZXUN USPP Product Description*. 2013.

[31] ZTE Corporation, *ZXUN xAGCF Product Description*. 2013.

[32] ZTE Corporation, *ZXUN iCX Product Description*. 2013.

[33] ZTE Corporation, *ZXUN iMG Product Description*. 2013.

[34] ZTE Corporation, *ZXUN SSS Product Description*. 2013.

BIBLIOGRAFIA

1. Anónimo, Introducción Teórica al IP Multimedia Subsystem IMS, 2010.
2. Anónimo. *MMTel – Multimedia Telephony over IMS*. 2013; Available from: <http://www.3gTelInfo.com>.
3. Bertrand, G., *The IP Multimedia Subsystem in Next Generation Networks*, 2007.
4. CINTEL, Arquitecturas orientas al servicio en el ámbito de las Redes de Próxima Generación, 2008.
5. Col, M.P., *IMS IP Multimedia Concepts and Services*, 2009.
6. Col, P.B., *Developing SIP and IP Multimedia Subsystem (IMS) Applications*, 2007.
7. col, S.Z., IP Multimedia Subsystem: Principios y Arquitectura.
8. Col., M.R.C.P., Estudio Monográfico del protocolo SIP y su aplicación en servicios de voz sobre IP, 2008, Universidad Don Bosco.
9. Communities, D.K. Migrations to NGN/IMS. 2008.
10. Corporation, Z. *Oferta privilegiada detallada ZTE Telecom IMS*. 2011
11. Corporation, Z., Some flows ZTE. 2014.
12. España, G.d.E.d.E.d.I.R.G.D.d.P.R.T., Implicaciones Técnicas y Económicas del Despliegue de Redes de Nueva Generación, 2009.
13. ETECSA-Huawei, G.A., *Curso Básico NGN. Universal Access 5000*, 2008.
14. ETECSA-Huawei, G.A., *Curso Básico NGN. Universal Access 5000*, 2008.
15. Gonzáles, B.M., Estudio de la tecnología IMS y diseño de una solución de telefonía multimedia, 2012, Universidad Politécnica de Madrid. Gateway.
16. Pino, M.S., Conceptos Básicos de NGN. Introducción a la NGN Huawei. 2005.
17. Red-DCDT, D.d.P.I.d.I., Proyecto IMS de ZTE (Solución IMS+MSAN). 2014.
18. Salchow, K. Introduction to the IP Multimedia Subsystem (IMS): IMS Basic Concepts and Terminology. 2007.
19. Technical Manual - System Description. HUAWEI UMG8900 Universal Media
20. Technical Manual - System Description. U-SYS SoftX3000 SoftSwitch System.

Anexo A. Puntos de referencia de la arquitectura IMS.

En la Figura A.1 se muestran los principales puntos de referencia de la arquitectura IMS y las entidades que relacionan. En la Tabla A.1, mostrada a continuación, se detallan las funciones de cada punto de referencia y que protocolo se utiliza en él.

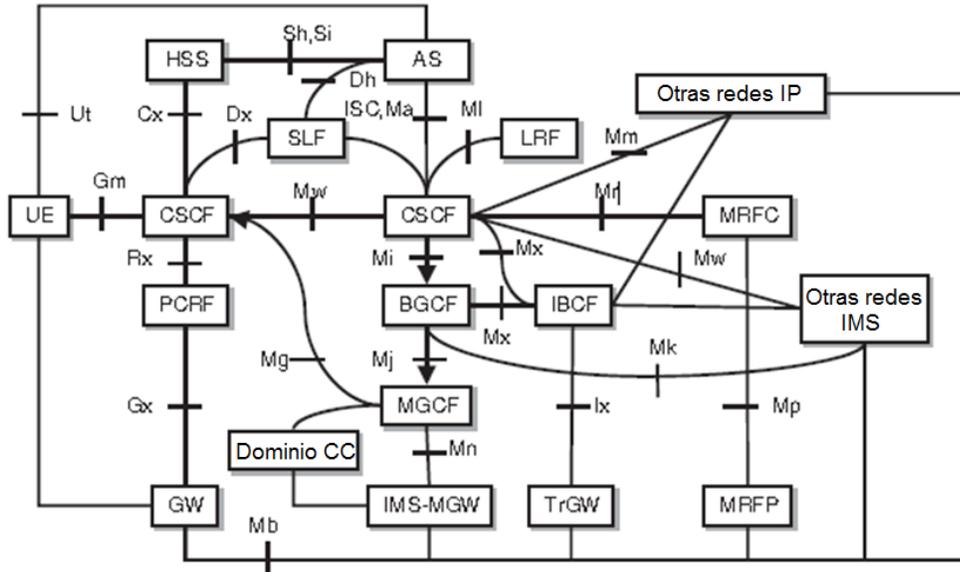


Figura A.1. Puntos de referencia IMS (Fuente: [26]).

Tabla A.1. Puntos de referencia en IMS (Fuente: [26]).

Interface	Puntos finales	Protocolo	Función
Gm	UE ↔ P-CSCF	SIP	Transporta la señalización SIP entre el UE y el P-CSCF. Requiere compresión de la señal.
Mw	P-CSCF ↔ I-CSCF P-CSCF ↔ S-CSCF I-CSCF ↔ S-CSCF	SIP	Usada entre los CSCFs para el establecimiento, mantenimiento y terminación de sesiones.
Mr	S-CSCF ↔ MRFC	SIP	Permite al S-CSCF solicitar recursos de medios al MRFC durante el control de sesión.
Mx	S-CSCF ↔ ALG	SIP	Transporta la señalización desde el S-CSCF cuando el destino está localizado en una red de conmutación de paquetes.

Tabla A.1. Puntos de referencia en IMS (Continuación).

Interface	Puntos finales	Protocolo	Función
Mi	S-CSCF ↔ BGCF	SIP	Transporta la señalización desde el S-CSCF hacia un destino del dominio CS que requiere una función de <i>breakout</i> .
Mj	BGCF ↔ MGCF	SIP	Interconecta el BGCF y el MGCF dentro de un mismo core IMS.
Mk	BGCF ↔ BGCF	SIP	Usado por el BGCF para encaminar una sesión hacia otro BGCF en otro core IMS.
ISC	AS ↔ S-CSCF SCIM ↔ S-CSCF	SIP	La interfaz de Control de Servicio IMS transporta la señalización para la transferencia del control a un AS o al SCIM por parte del S-CSCF.
Cx	S-CSCF ↔ HSS I-CSCF ↔ HSS	Diameter	Permite al I-CSCF y al S-CSCF obtener y actualizar datos acerca del perfil de servicios y usuarios ubicados en el HSS.
Dx	S-CSCF ↔ SLF	Diameter	Permite al I-CSCF y al S-CSCF consultar al SLF para localizar el HSS en que se encuentran los datos de un usuario.
Sh	AS ↔ HSS SCIM ↔ HSS	Diameter	Permite AS/SCIM obtener y actualizar datos acerca del perfil de servicios y usuarios ubicados en el HSS.
Rf	AS ↔ CDF MRFC ↔ CDF MGCF ↔ CDF BGCF ↔ CDF P-CSCF ↔ CDF S-CSCF ↔ CDF I-CSCF ↔ CDF	Diameter	Provee el soporte de señalización para transportar datos sobre el uso de sesiones y recursos relacionados con los servicios prestados al CDF, y que este elabore los registros de auditoría offline.
Dh	AS ↔ SLF SCIM ↔ SLF	Diameter	Permite al AS/SCIM consultar al SLF para localizar el HSS en que se encuentran los datos de un usuario.

Tabla A.1. Puntos de referencia en IMS (Continuación).

Interface	Puntos finales	Protocolo	Función
Ro	AS ↔ OCS MRFC ↔ OCS MGCF ↔ OCS BGCF ↔ OCS P-CSCF ↔ OCS S-CSCF ↔ OCS I-CSCF ↔ OCS	Diameter	Provee los métodos de señalización para controlar la ejecución de servicios por obtener autorización del OCS y suministrar los datos necesarios acerca del uso de sesiones y recursos.
Gx	P-CSCF ↔ PCRF	Diameter	Es una interfaz 3GPP para habilitar la solicitud de reserva de recursos por parte del P-CSCF.
Rx	P-CSCF ↔ GGSN	Diameter	Es una interfaz 3GPP para aplicar políticas de medios y reglas de facturación al tráfico IP en el GGSN.
Mp	MRFC ↔ MRFP	MEGACO	Permite al MRFC controlar los recursos de medios en el MRFP.
Mn	MGCF ↔ IMS-MGW	MEGACO	Permite al MGCF controlar los recursos de medios en la IMS-MGW.
Mb	MRFP ↔ UE IMS-MGW ↔ UE	RTP	Es la interfaz IP entre el MRFP o la IMS-MGW y el UE que transporta los paquetes IP correspondientes a las tramas de medios.
Ut	UE ↔ AS	XCAP	Interfaz OMA definida para que las aplicaciones clientes manejen datos relacionados con servicios con los AS.
Sr	MRFC ↔ AS	SCAP	Usada por el MRFC para obtener información acerca del medio como scripts del AS.

Anexo B. Descripción de la solución IMS de ZTE.

La solución IMS del proveedor ZTE (Figura B.1), llamada ZIMS fue diseñada basándose en los estándares IMS definidos por el 3GPP, 3GPP2 y TISPAN.

Esta solución cuenta con una probada interoperabilidad y con fuertes capacidades de integración; su compatibilidad con equipos de otros fabricantes se ha puesto a prueba con resultados satisfactorios en múltiples eventos a nivel internacional.

Su característica más significativa es que provee emulación de servicios PSTN/ISDN, es decir, además de los servicios multimedia propios de IMS también soporta servicios para usuarios que poseen terminales heredados que usan señalización H.248, V5, ISDN PRI/BRI, MGCP, etc.

Cuenta con un software de gestión utilizado para monitorear y administrar los recursos de la red. Además, es responsable de proveer las alertas ante fallas, identificar la fuente de la misma y darle solución.

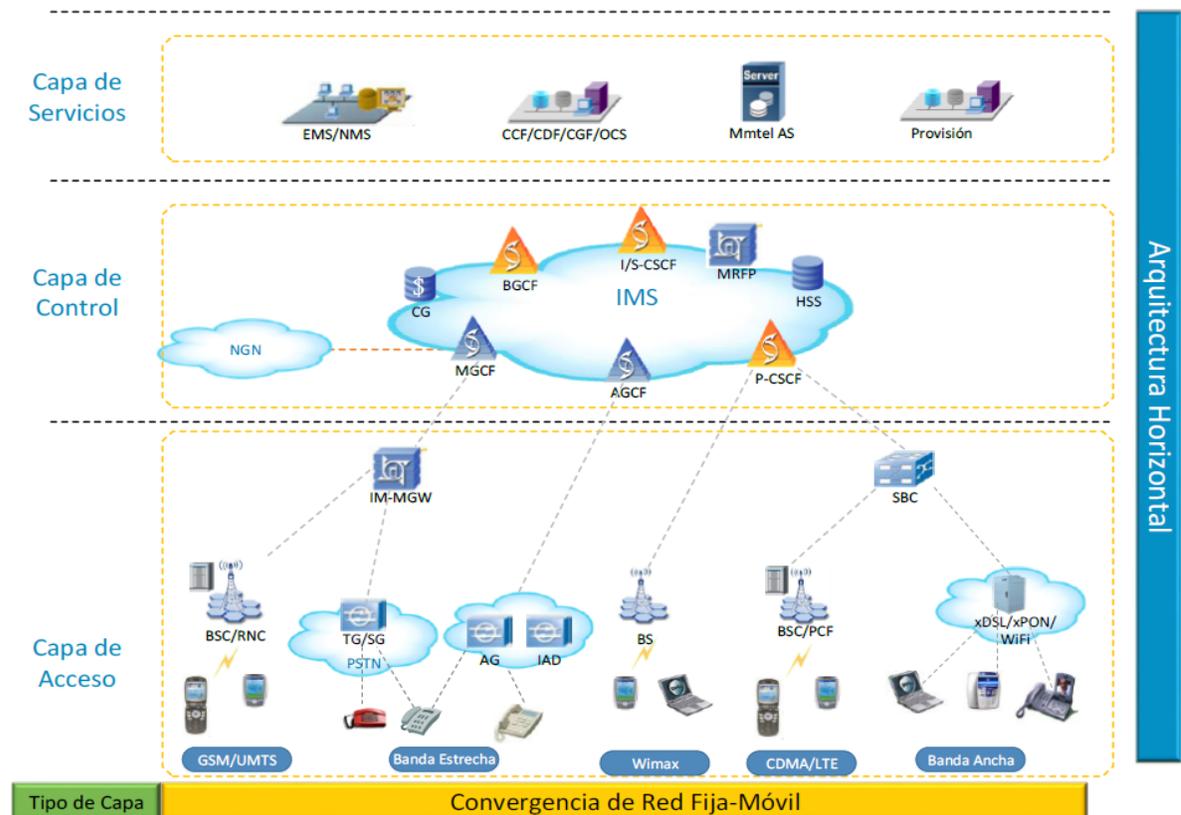


Figura B.1. Solución IMS propuesta por ZTE (Fuente: [17]).

ZIMS posee una arquitectura abierta, que separa el plano de control de sesión de llamada del plano de servicio, así como el plano portador. La misma está dividida en tres capas funcionales: la Capa de Acceso, la Capa de control, y la Capa de Servicios.

La Capa de Acceso garantiza la conectividad de los usuarios con la red IMS y en ella se encuentran los equipos a los cuales se conectan los terminales de los usuarios.

La Capa de Control contiene todos los equipos pertenecientes al núcleo de la red IMS que realizan las funciones de control de llamada, autorización de usuarios, almacenamiento de información de usuarios, interconexión con otras redes, etc.

En la Capa de Servicio se encuentran la plataforma de servicios y los servidores de tarificación y gestión de red.

Ciclo de vida de la solución ZIMS de ZTE.

En la Figura B.2 se muestra el ciclo de vida de la solución ZIMS de ZTE y las distintas fases lo componen.



Figura B.2. Ciclo de vida de la solución ZIMS de ZTE (Fuente: [28])

Durante la primera fase, que abarca el tiempo entre la disponibilidad global (GA, *Global Available*) y el fin del lanzamiento al mercado (EOM, *End of Merchandising*), ZTE agrega productos a las listas de inventarios, comienzan a aceptar las órdenes de pedidos (PO, *Purchasing Order*) y provee servicios completos como *patches*, análisis de fallas y servicios *hotline*. Esta etapa concluye en el año 2020.

Durante la segunda fase, que corresponde al tiempo entre EOM y el fin del producto (EOP, *End Of Product*), ZTE remueve productos del inventario, deja de aceptar PO aunque todavía se compromete a suministrarles productos a los clientes y suministra servicios completos. Esta etapa finaliza en el año 2022.

Durante la tercera fase, que corresponde al tiempo entre EOP y fin de servicio (EOS, *End Of Service*), ZTE suspenda la manufactura de productos y deja de proveer nuevas

funciones para estos, aunque todavía suministra *patches*, análisis de fallas y servicios *hotline*. Esta etapa finaliza en el año 2024.

Durante la cuarta y última fase, que corresponde al tiempo después de EOS, ZTE deja de proveer cualquier servicio para modelos específicos [17].

Esto significa que los equipos de la solución ZIMS quedan sin soporte por parte de ZTE en el año 2024, por lo que con la eventual migración hacia la misma se resolverían los problemas de obsolescencia que se enfrenta el equipamiento NGN de Huawei existente en el país y, específicamente, en la provincia de Guantánamo.

Principales equipos de ZIMS.

ZIMS es una completa solución IMS que incluye los equipos del núcleo de la red, una plataforma de servicios, varios equipos de acceso, terminales IMS y entidades de tarificación. En la Tabla B.1 se ilustran los equipos que la conforman.

Tabla B.1. Equipos de la solución IMS de ZTE.

Categoría	Producto ZTE	Nombre de Elemento Lógico	Función
Interfuncionamiento del núcleo	ZXUN CSCF	P/I/S/E-CSCF, BGCF	<i>Call Session Control</i>
	ZXUN USPP	HSS	<i>Home Subscriber Server</i>
	ZXUN xAGCF	AGCF	<i>Access Gateway Control</i>
	ZXUN iCX	MGCF	<i>Media Gateway Control</i>
	ZXUN iMG	IM-MGW, MRFP	<i>IMS Media Gateway, Media Resource Processor</i>
	ZXUN B2000	SBC	<i>Session Border Controller</i>
Servicio	ZXUN SSS	MMTel AS, MRFC	<i>Application Server, Media Resource Controller</i>
Otros	ZXUN CG	CG	<i>Charging Gateway</i>
	ZXUN LIG	LIG	<i>Lawful Interception Gateway</i>

Todos los equipos que componen esta solución están diseñados basándose en la plataforma universal de hardware ETCA (*Enhanced Advanced Telecom Computing*

Architecture) que posee un rendimiento 10 veces superior a la plataforma CPCI (*Compact Peripheral Component Interconnect*) usada en las NGN actuales.

A continuación se describen brevemente cada uno de los equipos que componen esta solución.

ZXUN CSCF.

El ZXUN CSCF es el equipo más importante dentro de la red ya que integra las funciones correspondientes a las siguientes entidades funcionales: P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF y BGCF. Estas entidades forman parte del núcleo de la arquitectura IMS definida en los estándares y sus principales funciones han sido mencionadas con anterioridad. Además, realiza las funciones del E-CSCF (*Emergency-CSCF*), entidad funcional de IMS que se encarga de establecer y manejar sesiones relacionadas a llamadas de emergencia [29].

ZXUN USPP.

El ZXUN USPP es una base de datos centralizada que facilita la convergencia de los datos de usuario, permitiendo una subscripción unificada de usuarios compartida por UMTS, CDM, LTE e IMS, y provisión de servicios integrados, como realizar *roaming* entre diferentes redes. En ella se almacena información sobre los usuarios como perfiles, datos de autenticación y autorización, S-CSCF asignado, localización, etc. Posee una gran capacidad, ya que puede almacenar los datos de 100 millones de usuarios dinámicos y de 200 millones de usuarios estáticos, consumiendo para ello poca energía. Su confiabilidad es mayor que el 99.99991% y cuenta con mecanismos multi-niveles de respaldo y restauración de datos en memorias, arreglo de discos y discos duros locales [30].

ZXUN xAGCF.

El ZXUN xAGCF es el dispositivo diseñado para soportar todos los nodos y terminales heredados como H.248, MGCP, H.323, ISDN, V5 y teléfonos 3GPP que no soportan SIP, garantizando la conexión de estos con la red IMS, sin necesidad de realizar cambios. Constituye el primer punto de conexión de las RG (*Residential Gateway*) y AG (*Access Gateway*), haciendo la función de MGC. Realmente, el AGCF no es una entidad funcional propia de IMS, sino que fue definida como parte del PES en la arquitectura NGN de ETSI TISPAN, con el objetivo de simular servicios PSTN/ISDN para los usuarios simulados

tradicionales. Debido a la existencia de este dispositivo, se clasifica a ZIMS como una solución basada en emulación de servicios PSTN/ISDN [31].

ZXUN iCX.

El ZXUN iCX es el dispositivo que actúa como MGCF, encargándose de la interacción entre la red IMS y otras redes. El iCX, a diferencia de cómo ha sido definido la entidad MGCF en los estándares, no solo interconecta la red IMS con la PSTN o con otras redes de conmutación de circuitos, sino también con redes NGN. Controla la IM-MGW para llevar a cabo la conversión de flujos entre la PSTN y la red IMS. También implementa las funciones de MSC (*Mobile Switching Server*), VLR (*Visitor Locator Register*) y SSP (*Service Switching Point*) [32], para usuarios de telefonía móvil.

ZXUN iMG.

El ZXUN iMG integra las funciones de la IM-MGW y del MRFP. Actuando como IM-MGW permite la interconexión de la red IMS, la PSTN y otras redes de conmutación de circuitos. Soporta dos tipos de tráfico de medios: tráfico IP y tráfico TDM. Genera tonos para el servicio de llamada y tonos inteligentes, además de generar y detectar tonos DTMF (*Dual Tone Multi Frequency*). Brinda servicios de datos al dominio de conmutación de circuitos con velocidades de transmisión de 65 kbit/s y servicios de fax, tanto T.38 como G.711. Actuando como MRFP implementa funciones de recursos de medios bajo el control del MRFC, proporcionando diferentes tonos y anuncios en el sistema [33].

ZXUN SBC.

El ZXUN SBC es un equipo que se utiliza entre los equipos de acceso y el P-CSCF, con la intención de separar las capas de acceso y de control. Realiza funciones de NAT (*Network Address Translation*), *firewall*, control de QoS y seguridad en la red [17].

ZXUN SSS.

El ZXUN SSS (*Supplementary Service Server*) provee todo tipo de servicios analógicos PSTN a los suscriptores de la red IMS, en conjunto con el S-CSCF. Cuenta con interfaces hacia el HSS y hacia el sistema de tarificación, para solicitar información de suscripción y para enviar datos de tarificación, respectivamente. Fue diseñado fundamentalmente para implementar servicios IP Centrex y suplementarios como encaminamiento de llamada, presentación del ID del usuario que llama y llamadas

multiusuario para terminales fijos y móviles. Además, provee la función de interconexión con otros servidores de aplicación [34].

ZXUN CG.

Está ubicada entre el núcleo de la red IMS y los sistemas de aplicación (facturación, estadísticas, etc.). Utiliza un arreglo de discos IP-SAN de gran capacidad y escalabilidad para almacenar los archivos CDR (*Charging Detail Record*). Monitorea los enlaces con las entidades de la red en el proceso y colecta los ACR (*Accounting Charging Request*). Además, procesa y envía los CDR al sistema de facturación utilizado por el operador de telecomunicaciones a través de una interfaz unificada [17].

ZXUN LIG.

El ZXUN LIG es una pasarela de interceptación legal que permite a los operadores cumplir con obligaciones legales dictadas por entidades gubernamentales y legislativas, controlando las conversaciones y transacciones en las redes tradicionales e IMS. Tiene capacidad para interceptar todas las formas de contenido de las comunicaciones, tanto de redes fijas, inalámbricas y por cable basadas en paquetes, como a los tradicionales sistemas de conmutación de circuitos [17].

Anexo C. Equipos de acceso del proveedor ZTE.

D.1. MSAN ZXA10 300M/350M

Los MSAN ZXA10 300M y ZXA10 350M son propuestos por el proveedor ZTE para ser utilizados en la capa de acceso de las redes de los operadores que implementen su solución IMS, siendo el primero de gran capacidad y el segundo de mediana capacidad. En la Figura C.1 se puede observar una vista frontal de ambos equipos.



Figura C.1. Vista frontal de los MSAN ZXA10 300M (izquierda) y ZXA10 350M (derecha).

Estos equipos permiten integrar el desarrollo de servicios *triple-play* (voz, banda ancha y TV) y proveen gran capacidad, alta velocidad y gran ancho de banda.

Fueron diseñados para brindar servicios de voz en NGN/IMS basados en H.248 y SIP, así como servicios de banda ancha. También soportan servicios de líneas arrendadas basadas en flujos E1 o en SHDSL.TDM.

Para dar servicio a los usuarios poseen las siguientes interfaces: POTS, ISDN BRI/IDSN PRI, ADSL, ADSL2/2+, VDSL2, SHDSL.TDM, SHDSL.bis, P2P GE y GPON. Para su conexión con la red poseen las siguientes interfaces: 10GE ópticos, GE eléctrico/óptica y GPON (solo el C350M).

Cuentan con redundancia de los componentes principales (tarjetas de control, de enlace ascendente y de energía) garantizando la confiabilidad de todo el sistema.

Descripción de Hardware.

El ZXA10 C300M usa dos tipos de gabinetes (*cabinets*): el B6030-22C-I de 19 pulgadas, que alberga los *shelves* IEC de 19 pulgadas, y el B6030-22C-E de 21 pulgadas, que

alberga los *shelves* ETSI de 21 pulgadas. Estos gabinetes pueden albergar un máximo de 3 *shelves*.

El C300M usa únicamente los dos tipos de *shelves* mencionados: el IEC de 19 pulgadas y el ETSI de 21 pulgadas. El *shelf* IEC soporta un máximo de 15 tarjetas de servicio y el ETSI soporta un máximo de 17 tarjetas de servicio. Ambos utilizan las mismas tarjetas, excepto los *backplanes* y los fans. El ZXA10 C350M utiliza un único tipo de *shelf* de 19 pulgadas, que soporta un máximos de 7 tarjetas de servicio.

En la Tabla C.1 se listan las tarjetas utilizadas por ambos equipos. La tarjeta señalada solamente es utilizada por el ZXA10 C350M.

Tabla C.1. Tarjetas utilizadas en los ZXA10 C300M.

Tipo de tarjeta	Nombre	Descripción
Control y conmutación	SCXN	Tarjeta de control y conmutación
Tarjeta hija de VoIP	VOPSE	Tarjeta hija de procesador de voz
	VOPSF	
Tarjeta hija de reloj	CKWSA	Tarjeta hija de reloj del procesador
Subscriber de banda estrecha	PTWV	64 puertos POTS
	PTWVN	64 puertos POTS
	DBWD	16 puertos ISDN BRI
	DSWB	16 puertos TDM sobre interfaces SHDSL (E1 balanceado)
	DSWC	16 puertos TDM sobre interfaces SHDSL con función CES (E1 balanceado)
	DSWD	16 puertos TDM sobre interfaces SHDSL con función CES (E1 desbalanceado)
	DSWU	16 puertos TDM sobre interfaces SHDSL (E1 desbalanceado)
Subscriber de banda ancha	AMWV	64 puertos ADSL2+ con MELT
	ANWV	64 puertos ADSL2+ sobre ISDN con <i>splitter</i> incorporado
	APWV	64 puertos ADSL2+ con <i>splitter</i> incorporado
	ASWV	64 puertos ADSL2+
	VHWK*	48 puertos VDSL2 con G.vector
	VIWV	64 puertos VDSL2 con MELT
	VMWG	32 puertos VDSL2 con MELT
	VMWV	64 puertos VDSL2 con MELT tipo C
	VMWVS	64 puertos VDSL2 tipo S
	VPWV	64 puertos VDSL2 con <i>splitter</i> incorporado
	SMWG	32 puertos SHDSL con MELT
	Combo DSL + POTS	ACWK
VCWK		48 puertos ADSL2+ y POTS tipo C

Tabla C.1. Tarjetas utilizadas en los ZXA10 C300M (Continuación).

Tipo de tarjeta	Nombre	Descripción
<i>Splitter</i>	PWVNA	<i>Splitter</i> de 64 puertos ADSL sobre POTS tipo A
	PWVNE	<i>Splitter</i> de 64 puertos ADSL sobre POTS tipo E
	IWVN	<i>Splitter</i> de 64 puertos sobre ISDN
	VWVNA	<i>Splitter</i> de 64 puertos VDSL2 sobre POTS tipo A
	VWVNE	<i>Splitter</i> de 64 puertos VDSL2 sobre POTS tipo E
Interfaces P2P	FTGK	48 puertos de interfaces P2P
Interfaces GPON	GTGO	8 puertos de interfaces GPON
	GTGH	16 puertos de interfaces GPON
<i>Uplink</i>	GUFQ	4 puertos GE ópticos de <i>uplink</i>
	GUSQ	2 puertos GE ópticos + 2 puertos GE electricos de <i>uplink</i>
	GUTQ	4 puertos GE electricos de <i>uplink</i>
	HUTQ	2 puertos 10GE y 2 puertos GE ópticos de <i>uplink</i> Ethernet
	HUVQ	2 puertos 10GE y 2 puertos GE ópticos de <i>uplink</i> Ethernet
Interfaz común	CICG	Interfaz común
	CICK	Interfaz común
Energía	PRWG	Energía general
	PRWH	Energía general

En las dos siguientes tablas se muestran las capacidades de puertos máximas de los ZXA10 C300M/C350M.

Tabla C.2. Capacidades máximas de puertos del ZXA10 C300M.

Tipo de puerto	Shelf	Puertos máximos por Shelf	Shelves máximos por gabinete	Puertos máximos por gabinetes
ADSL2+ con <i>splitters</i> incorporados	ETSI	1024	3	3072
	IEC	896	3	2688
VDSL2 con <i>splitters</i> incorporados	ETSI	1024	3	3072
	IEC	896	3	2688
SHDSL.bis	ETSI	512	3	1536
	IEC	448	3	1344
SHDSL.TDM	ETSI	256	3	768
	IEC	224	3	672
POTS	ETSI	1024	3	3072
	IEC	896	3	2688
ISDN BRI	ETSI	256	3	768
	IEC	224	3	672

Tabla C.2. Capacidades máximas de puertos del ZXA10 C300M (Continuación).

Tipo de puerto	Shelf	Puertos máximos por Shelf	Shelves máximos por gabinete	Puertos máximos por gabinetes
ISDN PRI	ETSI	256	3	768
	IEC	224	3	672
E1	ETSI	256	3	768
	IEC	224	3	672
GPON	ETSI	256	3	768
	IEC	224	3	672
P2P GE	ETSI	768	3	2304
	IEC	672	3	2016

Tabla C.3. Capacidades máximas de puertos del ZXA10 C350M.

Tipo de puerto	Puertos máximos por shelf
ADSL2+ con <i>splitter</i> incorporado	448
VDSL2 con <i>splitter</i> incorporado	448
SHDSL.bis	224
SHDSL.TDM	112
POTS	448
ISDN BRI	112
ISDN PRI	112
E1	112
GPON	112
P2P GE	336

D.2. DSLAM 9806H.

El DSLAM ZXDSL 9806H de ZTE (Figura D.2) es un equipo de acceso compacto que integra acceso de banda ancha y estrecha, basado en cobre como medio físico.



Figura C.2. Vista frontal del ZXDSL 9806H del proveedor ZTE.

Cuenta con varias interfaces de *uplink* como FE/GE, EPON/GPON, 10G PON, P2P y P2MP para cumplir con los diferentes requerimientos de los operadores. Soporta interfaces de servicio ADSL2/2+, VDSL2, SHDSL, FE y POTS.

Soportan varios mecanismos de QoS como planificación de colas, clasificación de tráfico, monitoreo de tráfico y limitación de velocidad de puerto.

Se caracterizan por soportar administración automática remota, múltiples métodos de pruebas remotas, prueba de bucles y de líneas POTS internas y externas. Cuenta con alarmas de temperatura, energía y puertas.

Puede utilizarse en escenarios *indoor* mediante un *rack* estándar de 19 pulgadas y en escenarios *outdoor* mediante gabinetes EC50B, que pueden contener hasta tres 9806H.

Descripción de hardware.

En la configuración completa, cuenta con una tarjeta de alimentación, una tarjeta de control SCCB, cuatro tarjetas de servicio y un *fan box*. En la Figura D.3 se muestra la distribución hardware en un ZXDSL 9806H.

Fan box	Tarjeta de Energía	Tarjeta de servicio 1
		Tarjeta de servicio 2
	Tarjeta de Control	Tarjeta de servicio 3
		Tarjeta de servicio 4

Figura C.3. Distribución de hardware del ZXDSL 9806H.

Existen dos tipos de tarjetas de control: SCCB y SCCBK. Estas se diferencian en las diferentes combinaciones de puertos de *uplink* que presentan las tarjetas hijas de ambas. La capacidad máxima de usuarios que soporta el ZXDSL 9806H, independientemente de la tarjeta de control, es:

- 96 usuarios ADSL/ADSL2+.
- 64 usuarios VDSL2.
- 96 usuarios SHDSL.
- 192 usuarios POTS.
- 64 usuarios Ethernet.

En la siguiente tabla se muestra las tarjetas del ZXDSL 9806H y sus funciones e interfaces externas.

Tabla C.4. Tarjetas del ZXDSL 9806H.

Tipo	Nombre	Función	Interfaces externas
Tarjeta de control principal	SCCB	Control y conmutación	<ul style="list-style-type: none"> • Un puerto serie (Consola) • Una interfaz NM (MGT) • Una interfaz de entrada digital
	SCCBK	Control y conmutación	<ul style="list-style-type: none"> • Un puerto serie (Consola) • Una interfaz NM (MGT) • Una interfaz de entrada digital
Tarjeta de <i>uplink</i> hija	FEUA	<i>Uplink</i> Ethernet	2 interfaces FE eléctricas
	FEUB	<i>Uplink</i> Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> • 1 interfaz FE eléctrica • 1 interfaz FE óptica
	FEUC	<i>Uplink</i> Ethernet	2 interfaces FE ópticas
	GFUA	<i>Uplink</i> Ethernet	2 interfaces GE eléctricas
	GFUB	<i>Uplink</i> Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> • 1 interfaz GE eléctrica • 1 interfaz GE óptica
	GFUC	<i>Uplink</i> Ethernet	2 interfaces GE ópticas
	EPNA	<i>Uplink</i> Ethernet	1 interfaz EPON
	EPNDA	<i>Uplink</i> Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> • 1 interfaz EPON • 1 interfaz GE eléctrica
	EPNBA	<i>Uplink</i> Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> • 1 interfaz EPON • 1 interfaz GE eléctrica
	EPNDB	<i>Uplink</i> Ethernet	2 interfaces EPON
	EPNBB	<i>Uplink</i> Ethernet	2 interfaces EPON
	GPNDA	<i>Uplink</i> Ethernet	1 interfaz GPON
GPNDB	<i>Uplink</i> Ethernet	2 interfaces GPON	
Tarjeta hija de procesamiento de voz	VOPCB	Codificación/decodificación de voz, encapsulación/ desencapsulación, recursos de voz	
Tarjeta de interfaces de subscritor ADSL	ASTEB	Servicio de acceso ADSL/2+, con un <i>splitter</i> incorporado	<ul style="list-style-type: none"> • 1 <i>socket</i> de 24 puertos PSTN • 1 <i>socket</i> de 24 puertos ADSL
	ASTEC	Servicio de acceso ADSL/2+, con un <i>splitter</i> incorporado	<ul style="list-style-type: none"> • 1 <i>socket</i> de 24 puertos PSTN • 1 <i>socket</i> de 24 puertos ADSL
	ASTDE	Servicio de acceso ADSL, con un <i>splitter</i> incorporado	<ul style="list-style-type: none"> • 1 <i>socket</i> de 16 puertos PSTN • 1 <i>socket</i> de 16 puertos ADSL
	ASTGC	Servicio de acceso ADSL/2+, con un <i>splitter</i> incorporado	<ul style="list-style-type: none"> • 1 <i>socket</i> de 32 puertos PSTN • 1 <i>socket</i> de 32 puertos ADSL+
	ATLDI	Servicio de acceso ADSL, con un <i>splitter</i> incorporado	<ul style="list-style-type: none"> • 1 <i>socket</i> de 64 puertos PSTN • 1 <i>socket</i> de 64 puertos ADSL

Tabla C.4. Tarjetas del ZXDSL 9806H (Continuación).

Tipo	Nombre	Función	Interfaces externas
Tarjeta de interfaces de subcriptor VDSL2	VSTDC	Servicio de acceso VDSL, con un <i>splitter</i> incorporado	<ul style="list-style-type: none"> • 1 <i>socket</i> de 16 puertos PSTN • 1 <i>socket</i> de 16 puertos VDSL
	VSTDG	Servicio de acceso VDSL, con un <i>splitter</i> incorporado	<ul style="list-style-type: none"> • 1 <i>socket</i> de 16 puertos PSTN • 1 <i>socket</i> de 16 puertos VDSL
	VSTEG	Servicio de acceso VDSL2, con un <i>splitter</i> incorporado	<ul style="list-style-type: none"> • 1 <i>socket</i> de 24 puertos PSTN • 1 <i>socket</i> de 24 puertos VDSL2
	VSTEH	Servicio de acceso VDSL2, con un <i>splitter</i> incorporado	<ul style="list-style-type: none"> • 1 <i>socket</i> de 24 puertos PSTN • 1 <i>socket</i> de 24 puertos VDSL2
	VSTDN	Servicio de acceso VDSL, con un <i>splitter</i> incorporado	<ul style="list-style-type: none"> • 1 <i>socket</i> de 16 puertos PSTN • 1 <i>socket</i> de 16 puertos VDSL
	VSTDNP	Servicio de acceso VDSL2, con un <i>splitter</i> incorporado	<ul style="list-style-type: none"> • 1 <i>socket</i> de 16 puertos VDSL2
Tarjeta de interfaces de subcriptor SHDSL	SSTEB	Servicio de acceso SHDSL	1 <i>socket</i> de 24 puertos SHDSL
Tarjeta de interfaces de subcriptores Ethernet	ETCA	Servicio de acceso Ethernet	16 interfaces Ethernet
	ETCD	Servicio de acceso Ethernet	16 interfaces Ethernet <ul style="list-style-type: none"> • Interfaces 1-2 son GE eléctricas • Interfaces 3-16 son FE eléctricas
Tarjeta de interfaces de subcriptor POTS	ATLA	Servicio de acceso POTS	24 interfaces POTS
	ALTC	Servicio de acceso POTS	48 interfaces POTS
	ATLCI	Servicio de acceso POTS	48 interfaces POTS
	ATLCZ	Servicio de acceso POTS	48 interfaces POTS
	ATLDI	Servicio de acceso POTS	64 interfaces POTS
Tarjeta de interfaces de subcriptor ISDN	BTLC	Servicio de acceso ISDN	8 interfaces ISDN
	BTLCE	Servicios de acceso ISDN	8 interfaces ISDN
Tarjeta de interfaces de subcriptor ISDN	ETUC	Servicio de acceso E1	4 interfaces E1 (coaxial)
	ETUCE	Servicio de acceso E1	4 interfaces E1 (coaxial)
	ETBC	Servicio de acceso E1	4 interfaces E1 (RJ45)
	ETBCE	Servicio de acceso E1	4 interfaces E1(RJ45)
Tarjeta de fan	FAN	Fan de velocidad ajustable	
Tarjeta de energía	PWDHE	Suministro de -48 V DC	1 <i>socket</i> con 3 núcleos de energía
	PWAHE	Suministro de 220 V AC/ 110 V AC -48 V DC o una entrada de batería de respaldo	1 <i>socket</i> con 3 núcleos de energía y un <i>socket</i> de AC que cumple con los estándares internacionales

En la Tabla C.5 se muestran parámetros de las interfaces xDSL que brindan las tarjetas del ZXDSL 9806H.

Tabla C.5. Parámetros de los interfaces xDSL del ZXDSL 9806H.

Tarjeta	Ancho de banda de subida (Mbps)	Ancho de banda de bajada (Mbps)	Distancia máxima (km)
ASTEB	1 Mbps	26 Mbps	6.5km
ASTECH	1 Mbps	26 Mbps	6.5km
ASTDE	1 Mbps	24 Mbps	6.5 km
ASTGC	1 Mbps	24 Mbps	6.5 km
ATLDI	1 Mbps	24 Mbps	6.5 km
VSTDC	50 Mbps	85 Mbps	2.5 km
VSDTG	60 Mbps	100 Mbps	2.5 km
VSTDN	100 Mbps	100 Mbps	2.5 km
VSTDNP	100 Mbps	100 Mbps	2.5 km
VSTEG	60 Mbps	100 Mbps	2.5 km
VSTEH	60 Mbps	100 Mbps	2.5 km

D.3. DSLAM 9816.

El ZXDSL 9816 es una unidad de acceso integrado, desarrollado por ZTE, con el objetivo de ayudar a los operadores a lograr gran ancho de banda de forma más sencilla (Figura D.3). Puede ser utilizado en ambientes FTTB (*Fiber to the Building*) y FTTC (*Fiber to the Cabinet*).



Figura C.3. Vista frontal del DSLAM 9816 del proveedor ZTE.

Cuenta con varias interfaces de *uplink* como GE, GPON, EPON y EPON + GE para satisfacer los requerimientos de los usuarios. Ofrece interfaces ADSL2/2+, VDSL, SHDSL, FE y POTS para dar servicio a los usuarios.

Puede ofrecer las siguientes interfaces de usuario:

- 24 puertos ADSL2+ + 24 puertos POTS.
- 24 puertos VDSL2+ + 24 puertos POTS.
- 32 puertos VDSL2+.

Según la información brindada por el fabricante, sus principales características son:

- Soporta servicios de VoIP, Internet e IPTV.
- Soporta los protocolos SIP y H.248.
- Soporta los códecs G.711a/u, G.729a/b y G.723.1.
- Se auto-registra al ser encendido.
- Soporta los estándares 802.1q (VLAN), 802.1p (priorización de tráfico y filtro multicast dinámico) y 802.1d (puentes MAC).
- Permite realizar pruebas a los bucles de abonado para puertos de usuarios.
- 1K grupos multicast.
- Soporta el protocolo IGMP V1/2/3, así como el proxy y *snooping* IGMP.