



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE *ROAMING* DE
TELEFONÍA EN REDES GSM/UMTS BASADA EN EL PROTOCOLO CAMEL
PARA USUARIOS TIPO PREPAGO**

Omar Misraí Carranza Felipe

Asesorado por el Ing. Noel José Estuardo Narciso de León

Guatemala, julio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE *ROAMING* DE
TELEFONÍA EN REDES GSM/UMTS BASADA EN EL PROTOCOLO CAMEL
PARA USUARIOS TIPO PREPAGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OMAR MISRAÍ CARRANZA FELIPE

ASESORADO POR EL ING. NOEL JOSÉ ESTUARDO NARCISO DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, JUNIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Mario Alberto Miranda
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Adolfo Villeda Vásquez
EXAMINADOR	Ing. Manuel Fernando Barrera Pérez
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE *ROAMING* DE TELEFONÍA EN REDES GSM/UMTS BASADA EN EL PROTOCOLO CAMEL PARA USUARIOS TIPO PREPAGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha de 18 de marzo de 2011.



Omar Misraí Carranza Felipe

Guatemala, 02 de Febrero del 2015

Ingeniero
Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado: **"PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL SERVICIO DE ROAMING DE TELEFONÍA EN REDES GSM/UMTS BASADA EN EL PROTOCOLO CAMEL PARA USUARIOS TIPO PREPAGO"**, desarrollado por el estudiante **Omar Misraí Carranza Felipe**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos, por lo que el autor y mi persona somos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,


Ing. Noel José Estuardo Narciso De León
Asesor
Noel José Estuardo Narciso de León
INGENIERO ELECTRÓNICO
COLEGIADO No. 5380



Ref. EIME 16 2015
Guatemala, 16 de febrero 2015.

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE
ROAMING DE TELEFONÍA EN REDES GSM/UMTS BASADA
EN EL PROTOCOLO CAMEL PARA USUARIOS TIPO
PREPAGO** del estudiante, Omar Misraí Carranza Felipe, que
cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinación Área Electrónica



SFO



REF. EIME 16. 2015.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; OMAR MISRAÍ CARRANZA FELIPE titulado: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE ROAMING DE TELEFONÍA EN REDES GSM/UMTS BASADA EN EL PROTOCOLO CAMEL PARA USUARIOS TIPO PREPAGO, procede a la autorización del mismo.


Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



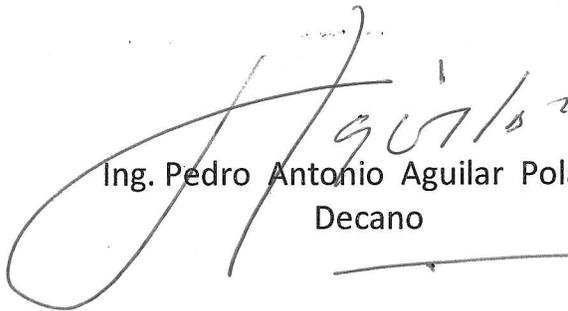
GUATEMALA, 19 DE MARZO 2015.



DTG. 325.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE ROAMING DE TELEFONÍA EN REDES GSM/UMTS BASADA EN EL PROTOCOLO CAMEL PARA USUARIOS TIPO PREPAGO**, presentado por el estudiante universitario: **Omar Misraí Carranza Felipe**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, 9 de julio de 2015

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme lograr una meta más en mi vida, darme salud, fuerza y sabiduría para poder hacerlo.
- Mis padres** Minor Rafael Carranza Román y Luvia Marina Felipe Osorio, por haberme apoyado durante todo este tiempo.
- Mi esposa** Ericka Guadalupe Muñoz Paz, por ser mi complemento y apoyarme a realizar esta y muchas otras metas.
- Mis hijos** Joshua y Matthew Carranza Muñoz, quienes constituyen la inspiración para poder completar esta etapa importante de mi vida.
- Mi familia** Por su cariño y muestras de apoyo incondicional en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Mi primera casa de estudios universitarios, en la cual me formé y aprendí nuevos conocimientos que me han ayudado en mi vida profesional.

Facultad de Ingeniería

Por permitirme de ser parte de tan prestigiosa facultad y transmitirme sus valores.

**Catedráticos de la
Facultad de Ingeniería**

Por su dedicación para impartirme sus conocimientos y experiencias, las cuales son la base fundamental en mi carrera.

Mi asesor

Ing. Noel Narciso, por la ayuda brindada durante la elaboración de este documento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. INTRODUCCIÓN A LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES, ARQUITECTURA DE RED Y FUNCIONES	1
1.1. Conceptos básicos.....	1
1.2. El concepto de un estándar en telecomunicaciones móviles	3
1.2.1. ¿Qué es un estándar?	4
1.2.2. Alcance de un estándar	4
1.2.3. ¿Quién hace y usa los estándares de telecomunicaciones?	4
1.3. Señalización en las redes de telecomunicaciones móviles.....	6
1.3.1. ¿Qué es una red de telecomunicaciones móviles?	6
1.3.2. Vistazo de señalización	7
1.3.3. Señalización de red y señalización de acceso.....	8
1.3.4. Señalización en banda y señalización fuera de banda.....	9
1.3.5. Sistema de señalización núm. 7	10
1.4. Modelos de referencia en las redes de telecomunicaciones móviles.....	11

1.4.1.	Modelos de referencia de red y el proceso de especificación de tres etapas	13
1.4.2.	Elementos de un modelo de referencia de red móvil de telecomunicaciones.....	13
1.4.2.1.	Sistemas de radio.....	14
1.4.2.2.	Sistemas de conmutación	15
1.4.2.3.	Registros de ubicación o localización...	15
1.4.2.4.	Centros de procesamiento	15
1.4.2.5.	Representaciones de redes externas...	16
1.4.3.	Arquitectura del sistema de una red GSM.....	16
1.4.3.1.	Estación móvil	18
1.4.3.1.1.	Identidad internacional del equipo de estación móvil (IMEI).....	18
1.4.3.1.2.	Identidad internacional del suscriptor móvil (IMSI)	18
1.4.3.1.3.	Número de estación móvil de la red digital de servicios integrados (MSISDN).....	20
1.4.3.2.	Subsistema de estación base.....	20
1.4.3.2.1.	Estación de radiobase....	20
1.4.3.2.2.	Controlador de radiobases	21
1.4.3.3.	Sistema de conmutación de red	21
1.4.3.3.1.	Central de conmutación móvil.....	21

	1.4.3.3.2.	Registro de ubicación de origen	22
	1.4.3.3.3.	Registro de ubicación visitante	22
	1.4.3.3.4.	Centro de autenticación.	22
	1.4.3.3.5.	Equipo de registro de identidad.....	23
2.	<i>ROAMING</i> Y REDES DE TELEFONÍA CELULAR.....		25
2.1.	<i>Roaming</i> nacional e internacional		25
2.2.	Concepto de <i>roaming</i>		27
2.2.1.	Red de telefonía móvil pública de origen (o de casa).....		27
2.2.2.	Red de telefonía móvil pública visitada.....		28
2.2.3.	<i>Roaming</i> saliente		29
2.2.4.	<i>Roaming</i> entrante		29
2.3.	Usuario de prepago y pospago de <i>roaming</i>		30
2.3.1.	Usuario pospago de <i>roaming</i>		30
2.3.2.	Usuario prepago de <i>roaming</i>		38
2.4.	Estructura básica del servicio de <i>roaming</i>		40
3.	<i>ROAMING</i> EN UNA RED GSM.....		43
3.1.	Red de señalización Inter-PLMN		45
3.1.1.	Direccionamiento SCCP		48
3.1.1.1.	Título global (GT).....		49
3.1.1.2.	Número de subsistema (SSN)		49
3.1.2.	Direccionamiento Inter-PLMN.....		50
3.1.3.	Formato de la dirección		50
3.2.	Comunicación entre un VLR VPLMN y un HLR HPLMN.....		51

3.3.	Procedimientos de <i>roaming</i>	54
3.3.1.	Actualización de localización en una red visitada.....	54
3.3.2.	Autenticación en una red visitada.....	57
3.3.3.	Provisión del número de <i>roaming</i>	59
3.3.4.	Cancelación de la localización	61
3.4.	Escenarios de llamada de <i>roaming</i>	62
3.4.1.	Inicio de la llamada.....	62
3.4.2.	Recepción de la llamada	62
4.	IMPLEMENTACIÓN DE <i>ROAMING</i> PARA PREPAGO USANDO EL PROTOCOLO CAMEL.....	65
4.1.	Arquitectura CAMEL	65
4.2.	Puntos en una llamada y puntos de detección	69
4.3.	Información del abonado CAMEL.....	71
4.4.	Modelo básico del estado de la llamada.....	76
4.5.	Flujo de información CAMEL	82
4.6.	Escenario de llamada de un usuario prepago de <i>roaming</i> CAMEL	85
5.	MANEJO DEL SERVICIO DE <i>ROAMING</i> Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS	91
5.1.	Conceptos generales de calidad de servicio	92
5.1.1.	Indicadores de calidad independientes del servicio... ..	94
5.1.2.	Indicadores de calidad dependientes del servicio	95
5.1.3.	Indicadores de calidad por servicios.....	96
5.2.	Calidad de servicio de <i>roaming</i>	97
5.3.	Monitoreo del servicio en forma proactiva	98
5.3.1.	Monitoreo del servicio de <i>roaming</i> utilizando sondas activas.....	100

5.3.2.	Monitoreo del servicio de <i>roaming</i> utilizando sondas pasivas	104
5.4.	Localización de fallas del servicio de <i>roaming</i>	107
5.4.1.	Problemas comunes de red	108
5.4.2.	Recopilación de información de los síntomas	108
5.4.3.	Herramientas de diagnóstico	110
5.4.3.1.	Monitoreo centralizado	110
5.4.4.	Entendiendo los errores de protocolo	112
5.4.4.1.	Escenario de ejemplo	127
	CONCLUSIONES	131
	RECOMENDACIONES	133
	BIBLIOGRAFÍA	135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Vista lógica y física de una red.....	12
2.	Diagrama de una red GSM simplificada.....	17
3.	Diagrama simplificado de una PLMN.....	28
4.	Abonado A origina una llamada a un usuario que está de <i>roaming</i> en otro país.....	32
5.	Consulta hacia el HLR	33
6.	Solicitud de MSRN	34
7.	Envío del MSRN hacia la MSC del abonado A	35
8.	Llamada internacional realizada con el MSRN.....	36
9.	La llamada termina en el suscriptor que está de <i>roaming</i>	37
10.	Diagrama básico de una red con CAMEL	40
11.	Interconexión de entre VPLMN y HPLMN.....	41
12.	Conexión de una HPLMN y una VPLMN	43
13.	Conexión entre tres países	45
14.	La capa SCCP y otros protocolos	47
15.	Direccionamiento SCCP	48
16.	Traducción de IMSI a MGT	52
17.	Uso de GT en <i>roaming</i>	53
18.	Procedimiento de actualización de ubicación (<i>update location</i>).....	55
19.	Procedimiento de autenticación	58
20.	Provisión del número de <i>roaming</i>	59
21.	Arquitectura CAMEL	66
22.	Arquitectura funcional para GPRS en CAMEL.....	69

23.	Componentes del BCSM	76
24.	Fases diferentes de una llamada	77
25.	Posibles PIC y DP en fases de una llamada.....	81
26.	Flujo de mensajes de señalización	86
27.	QoS de <i>roaming</i>	98
28.	Monitoreo del desempeño	100
29.	Monitoreo de servicio de <i>roaming</i> con sondas activas	103
30.	Monitoreo de servicio de <i>roaming</i> con sondas pasivas	106
31.	Puntos de monitoreo.....	111
32.	Pila de protocolo	113
33.	Subcapa de transacción y de componente	114
34.	<i>Abort</i> de TCAP con el código de causa de <i>P-abort</i>	115
35.	Actualización de localización	117
36.	Respuesta a la actualización de localización	118
37.	Mensaje de provisión del número de <i>roaming</i>	129
38.	Mensaje de respuesta a la solicitud de provisión del número de <i>roaming</i>	130

TABLAS

I.	Contenido del CSI para llamadas de voz.....	73
II.	Flujo de información CAMEL	83
III.	Comparación entre el desempeño de la red y la calidad de servicio	94
IV.	Servicios GSM y KQI	96
V.	Ejemplo de indicadores de desempeño	107
VI.	Mensaje de <i>abort</i> y códigos de causa	116
VII.	Lista los errores de retorno y sus descripciones.....	119
VIII.	Errores de retorno de operaciones MAP.....	123

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Kbps	Kilobits por segundo
%	Porcentaje

GLOSARIO

AC	Centro de autenticación.
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares.
ATIS	Alianza para soluciones de la industria de telecomunicaciones.
AuC	Centro de autenticación.
BCSM	Modelo del estado de la llamada básica.
BSC	Controladora de estación base.
BSS	Subsistema de estación base.
BTS	Estación de radiobase.
CAMEL	Protocolo de aplicación personalizada para redes móviles de lógica mejorada.
CAP	Parte de aplicación CAMEL.
CC	Código de país.
CCS7	Señalización de canal común número 7.

CDR	Registro de detalle de llamadas.
CEPT	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones.
CgPA	Dirección del número llamante.
CL	Sin conexión.
CO	Orientada a conexión.
CS-1	Conjunto de capacidades de red inteligente 1.
CSI	Información del suscriptor CAMEL.
DP	Punto de detección.
DPC	Código de punto de destino.
DTMF	Doble tono multifrecuencia.
EIA	Asociación de industrias electrónicas.
EIR	Equipo de registro de identidad.
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones.

FQT	Equipo de prueba de QoS fijo.
GMSC	Central de conmutación móvil de entrada.
GPRS	Servicio general de paquetes vía radio.
GSM	Sistema global para comunicaciones móviles.
GT	Título Global.
HLR	Registro de localización de origen.
HPLMN	Red de telefonía móvil pública de origen (o de casa).
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional.
IMEI	Identidad internacional del equipo de estación móvil.
IMSI	Identidad internacional del suscriptor móvil.
IN	Red inteligente.
INAP	Parte de aplicación de red inteligente.
IP	Protocolo de internet.
IREG	Grupo experto de <i>roaming</i> internacional.

ISDN	Red digital de servicios integrados.
ISO	Organización Internacional de Normalización.
ISUP	Parte de usuario de la red digital de servicios integrados.
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
Kbps	Kilobits por segundo.
KPI	Indicador de desempeño clave.
KQI	Indicadores claves de calidad.
MAP	Parte de aplicación móvil.
MCC	Código de país móvil.
ME	Equipo móvil.
MGT	Título global del móvil.
MMS	Sistema de mensajería multimedia.
MNC	Código de red móvil.
MQT	Equipo de pruebas móvil de QoS.

MS	Estación móvil.
MSC	Central de conmutación móvil.
MSIN	Número de identificación de suscriptor móvil.
MSISDN	Número de estación móvil de la red digital de servicios integrados.
MSRN	Número de <i>roaming</i> de la estación móvil.
MSU	Unidad de señalización de mensaje.
MTP	Parte de transferencia de mensajes.
NDC	Código de destino nacional.
NSP	Parte de servicio de red de servicio.
NSS	Sistema de conmutación de red.
OMC	Sistema de operación y soporte.
PIC	Puntos en una llamada.
PLMN	Red de telefonía móvil pública.
PSTN	Red de telefonía pública conmutada.

QoS	Calidad de servicio.
R2	Protocolo de señalización de línea y registro.
RAN	Red de acceso.
RANAP	Parte de aplicación de la red de acceso de radio.
SCCP	Parte de control de conexión de señalización.
SCF	Función de control de servicio.
SCP	Punto de control de servicio.
SIM	Módulo de identidad de suscriptor.
SMS	Servicio de mensajes cortos.
SN	Número de suscriptor.
SRF	Función de recurso especializado.
SRI	Envío de información de direccionamiento.
SS7	Sistema de señalización 7.
SSF	Función de conmutación de servicio.
SSN	Número de subsistema.

T-1	Estándar de entramado de transmisión digital.
TIA	Asociación de la industria de telecomunicación.
TUP	Parte de usuario de telefonía.
UMTS	Sistema universal de telecomunicaciones móviles.
USIM	Módulo universal de identidad de suscriptor.
VLR	Registro de ubicación de visitante.
VMSC	Central de conmutación móvil visitada.
VPLMN	Red de telefonía móvil pública visitada.
WAP	Protocolos de aplicaciones inalámbricas.
2G	Red celular de segunda generación.
3G	Red celular de tercera generación.
3GPP	Proyecto de asociación de tercera generación.

RESUMEN

En este trabajo de graduación se desarrollan los conceptos del servicio de *roaming* para suscriptores tipo prepago. El trabajo se enfoca en el servicio de voz, ya que es el más utilizado y es el más popular entre los suscriptores.

En el capítulo 1 se definen los conceptos generales de una red de telefonía celular. Se describe y explica qué es una red inteligente y cómo puede utilizarse para realizar el cobro en tiempo real. Se profundiza sobre el concepto de un estándar de telecomunicaciones, su importancia y utilidad para interconectar equipos, incluso de diferentes operadores. Se describe, también, la señalización como parte principal de las redes de telecomunicaciones. Por último, se define la arquitectura de una red GSM, así como las entidades principales de las cuales está compuesta, a nivel físico y lógico.

En el capítulo 2 se define el concepto de *roaming* tanto a nivel nacional como internacional. Se explican los conceptos de PLMN, HPLMN y VPLMN, que son claves para poder entender el servicio de *roaming*. El *roaming* saliente y el entrante también quedan explicados en este capítulo. Además se definen también los usuarios pospago y prepago, las diferencias en el tipo de cobro entre estas dos clases de suscriptores. Se esboza qué es una red prepago basada en CAMEL. Por último, se exponen los requerimientos básicos para establecer un acuerdo de *roaming* entre dos proveedores de servicio de telefonía celular.

En el capítulo 3 se describe con más detalle el funcionamiento del servicio de *roaming* en una red GSM. Se explican los protocolos utilizados en sus

diferentes capas y se define el concepto de título global, por medio del cual se hace el direccionamiento de llamadas entre las diferentes centrales de telefonía. Se explican los procedimientos más importantes de *roaming*, empezando por el procedimiento de actualización de ubicación, que es donde inicia todo el proceso, y terminando con el procedimiento de cancelación de ubicación.

En el capítulo 4 se desarrolla el tema del protocolo CAMEL, estudiando la arquitectura de dicho protocolo en detalle. Se describen los puntos de llamada y de detección en una llamada, además de las entidades funcionales en la arquitectura CAMEL que manejan el desarrollo de la llamada. Se listan las diferentes categorías que debe tener un abonado CAMEL en su HLR para poder ser considerado un abonado tipo prepago. Se describen los modelos básicos de llamadas que se utilizan para su procesamiento, los cuales contienen las posibles alternativas de una llamada manejada por una red CAMEL.

En el capítulo 5 se estudia el manejo de fallas del servicio de *roaming*; dado que hay dos redes celulares las que se comunican entre sí para prestar el servicio, las fallas pueden ser en la red remota de la cual no se tiene ningún control por pertenecer a otro proveedor. Se desarrollan los conceptos de calidad de servicio a través de indicadores claves de calidad y del monitoreo de servicio de forma proactiva a través de sondas. Por último, se aborda el tema de localización de fallas a través de un ejemplo donde se desarrollan los pasos generales a seguir.

OBJETIVOS

General

Presentar una propuesta de implementación del servicio de *roaming* de telefonía en redes GSM/UMTS basada en el protocolo CAMEL para usuarios tipo prepago.

Específicos

1. Dar una introducción a los conceptos de telecomunicaciones móviles, arquitectura de red y funciones.
2. Explicar el concepto de roaming y de redes de telefonía celular.
3. Presentar los fundamentos de roaming en una red GSM.
4. Explicar la implementación del servicio de roaming de prepago usando el protocolo CAMEL.
5. Crear una guía rápida para el manejo del servicio de roaming y para la localización de fallas.

INTRODUCCIÓN

El uso de los teléfonos celulares ha crecido de forma acelerada durante los últimos años. Los usuarios o suscriptores utilizan sus teléfonos en cualquier lugar y en cualquier momento, incluso hay quienes los utilizan fuera del país, donde la cobertura del servicio ya no es ofrecida por la red de telefonía local sino por una red extranjera. A esta funcionalidad se le conoce como servicio de *roaming*.

El servicio de *roaming* se ha hecho muy popular entre los usuarios que viajan frecuentemente, dada la facilidad de no tener que cambiar de número. La ingeniería que hay detrás de este servicio es lo que se explica en el presente trabajo. Para el usuario es totalmente transparente, pero para las empresas de telefonía celular implica ciertas implementaciones adicionales y acuerdos que deben realizarse con otras empresas.

En el presente trabajo de graduación se estudia la funcionalidad de *roaming* a detalle, así como el servicio tipo prepago. Dado que la mayor cantidad de usuarios en las empresas de telefonía son prepago, es necesario para un ingeniero conocer los protocolos utilizados, además de los conceptos necesarios para poder implementar el servicio de *roaming* de prepago en una red de telefonía celular.

1. INTRODUCCIÓN A LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES, ARQUITECTURA DE RED Y FUNCIONES

1.1. Conceptos básicos

El término celular es usado en los Estados Unidos para referirse a los actuales sistemas de telecomunicaciones móviles. Los sistemas celulares pueden ser considerados como un subconjunto de las comunicaciones inalámbricas que emplean ciertas características únicas como: amplio alcance, reuso de frecuencia y administración de la movilidad que controla las comunicaciones de y hacia las celdas.

El primer sistema comercial celular en los Estados Unidos estuvo listo en Chicago, en 1983. Sin embargo, otros países alrededor del mundo comenzaron a proveer servicio celular unos años antes.

La tecnología celular de radio permite a un abonado hacer y recibir llamadas siempre y cuando esté dentro de la cobertura de la red. Una celda es un área de cobertura controlada por una estación de radiobase. Las llamadas individuales dentro una celda usan diferentes frecuencia, las cuales pueden (y de hecho son) reusadas por otras celdas. El patrón de reuso de frecuencias es dependiente de las distancias entre las celdas y la potencia de transmisión de las radiobases.

El término protocolo es, simplemente, un conjunto de reglas o convenciones que trata las interacciones de procesos, aplicaciones y componentes en un sistema de comunicaciones.

Una red inteligente se define como una técnica que deja el control de la llamada a un ente de una capa superior en la red. Es decir, se agrega un nodo adicional dedicado exclusivamente a controlar la llamada para una función específica.

El término de red inteligente fue introducido a mediados de los ochentas por Bellcore, una empresa estadounidense. En 1984 las empresas norteamericanas usaron una base de datos central para implementar funciones de interrogación sobre cómo manejar una llamada para el servicio gratuito del código 800. Bellcore inició el desarrollo del estándar para Estados Unidos, el cual fue publicado en 1986. Estas especificaciones fueron usadas para implementar los servicios de marcación gratuita.

La International Telecommunication Union (ITU) publicó sus recomendaciones en 1993 introduciendo el primer conjunto internacional de recomendaciones llamado IN Capability Set (CS-1). Un año después el ente europeo de estándares (ETSI) definió un estándar núcleo el cual provee un subconjunto de capacidades que pueden ser implementadas en una red inteligente. Posteriormente, hicieron el estándar conocido como CAMEL (Customized Application for Mobile network Enhanced Logic), que es una red inteligente en un ambiente GSM o UMTS.

En 1982 la CEPT (Conference of European Posts and Telegraphs) formó un grupo de estudio para definir y desarrollar un estándar europeo para un sistema de telefonía móvil. A este grupo se le llamó Groupe Special Mobile (GSM), su tarea principal fue proponer un sistema que resolviera los problemas que tenían con las redes análogas que existían en aquel tiempo. Posteriormente, el grupo de estudio fue transferido a la ETSI que publicó la fase 1 de la especificación GSM en 1990. El término GSM ahora significa Global

System for Mobile Communication, inicialmente fue desarrollado para Europa, pero eventualmente todo el mundo lo adoptó.

La tercera generación (3G) es una tecnología ya en funcionamiento en muchas redes móviles en la actualidad. Esta nació debido a las crecientes necesidades de los usuarios y a las limitaciones de las redes GSM. Los objetivos claves de las redes 3G fueron: la integración de los servicios residenciales, de oficina y celulares en un solo sistema; la necesidad de mayor velocidad para los datos; un único número de usuario independiente de la red y del proveedor de servicio; más capacidad de usuarios; *roaming* automático; entre otros.

Una nueva organización llamada 3GPP (Third Generation Partnership Project) fue formada en colaboración entre el ente europeo ETSI y otros grupos encargados de estándares de telecomunicaciones, para definir una especificación llamada Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS). Una red UMTS está dividida en la red núcleo (CN, por sus siglas en inglés) y la red de acceso (RAN, por sus siglas en inglés). Actualmente, las redes coexisten con tecnologías 2G y 3G.

1.2. El concepto de un estándar en telecomunicaciones móviles

Hay, básicamente, dos tipos de estándares técnicos: los que son prescritos y los que son de facto. Un ejemplo de un estándar prescrito es el diseño de los conectores eléctricos en los Estados Unidos, los cuales tienen un tamaño regulado. Un ejemplo de un estándar de facto es la posición del agua caliente y el agua fría en los lavamanos. Los estándares sirven principalmente para dos cosas: hacer la vida más fácil y ahorrar dinero.

1.2.1. ¿Qué es un estándar?

Un estándar de telecomunicaciones es simplemente un documento que establece los requerimientos técnicos y de ingeniería para procesos, procedimientos y métodos que han sido decretados por un ente regulador o por consenso. El objetivo principal de los estándares es promover la interconectividad de los equipos de telecomunicaciones y servicios, estableciendo y promoviendo recomendaciones técnicas en éstas áreas.

1.2.2. Alcance de un estándar

Los estándares abarcan muchas áreas de requerimientos técnicos y de ingeniería. Pueden ser muy cortos y promover una solución existente de ingeniería a un nuevo problema, o pueden ser muy grandes (varios cientos o miles de hojas) y establecer los detalles de procesos y métodos para el desarrollo de un sistema completo.

1.2.3. ¿Quién hace y usa los estándares de telecomunicaciones?

Hay muchas organizaciones que intervienen el desarrollo y uso de los estándares. El proceso de hacer un estándar requiere la cooperación de tres niveles básicos: proveedores de equipo, agencias reguladoras del gobierno y entre las naciones. La cooperación entre todos estos entes no siempre es posible, es por ello que existen múltiples estándares. Un buen ejemplo de múltiples estándares es el estándar de transmisión T-1 usado en Estados Unidos y el estándar E-1 usado en Europa. Hay más de 200 organizaciones que preparan estándares internacionales, las cuales han desarrollado más de 15 000 estándares técnicos.

La ITU es una organización de las Naciones Unidas cuyas actividades incluyen la estandarización de las telecomunicaciones, la administración del espectro, la regulación de las radiotelecomunicaciones y el manejo de frecuencias que tienen importancia internacional. También juega un papel muy importante en la evolución de la tecnología global de telecomunicaciones. Los miembros de la ITU son delegaciones nacionales de más de 180 países.

La ISO es una organización no gubernamental voluntaria que provee principalmente estándares para la tecnología de la información. Los miembros de la ISO constituyen principalmente organizaciones como la American National Standards Institute (ANSI), más de 100 países contribuyen con la ISO. La ISO y la ITU trabajan conjuntamente en áreas de interés común. La IEC es también una organización no gubernamental voluntaria que trabaja principalmente en las áreas de ingeniería eléctrica y electrónica. La IEC es una organización no gubernamental hermana de la ISO, y sus miembros son de aproximadamente 50 países.

Hay organizaciones nacionales que proveen estándares para Norteamérica. En este contexto, Norteamérica se refiere principalmente a Estados Unidos y Canadá. La principal organización de estándares en Estados Unidos es la ANSI, y es responsable de acreditar los cuerpos que crean los estándares, como: la Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS), la Electronic Industries Association (EIA), y la Telecommunication Industry Association (TIA).

La EIA fue formada inicialmente como un grupo de fabricantes de radio y evolucionó para cubrir todas las áreas de información electrónica y tecnología de las telecomunicaciones. La TIA fue formada en 1988, su objetivo es la formación de nuevos estándares de telecomunicaciones móviles, aunque

también los desarrolla para tecnologías tan diversas como la fibra óptica y las comunicaciones satelitales.

El estándar a ser estudiado en este trabajo será el protocolo CAMEL.

1.3. Señalización en las redes de telecomunicaciones móviles

Por definición, señalización es el proceso de transferir información sobre una distancia para controlar el establecimiento, la tarificación, el mantenimiento y la liberación de conexiones en una red de comunicación.

Varias entidades en la red GSM están conectadas entre ellas a través de redes de señalización. La señalización es usada por ejemplo para controlar la movilidad del usuario, el registro del usuario, el establecimiento de la llamada, entre otros.

1.3.1. ¿Qué es una red de telecomunicaciones móviles?

La red puede ser vista desde dos perspectivas:

- Una perspectiva lógica, donde la red es representada como un modelo funcional genérico.
- Una perspectiva física, donde la red es representada por centrales reales, computadoras especializadas, y otros equipos que abarcan los nodos de la red.

La perspectiva lógica de la red es un método para describir la topología de la red y simplificar su estudio. Así, la topología es descrita como entidades

funcionales interconectadas por ramas. Cada entidad funcional representa una o más funciones lógicas de la red, mientras que las ramas representan una relación entre esas funciones. En la perspectiva lógica no hay un mapeo prescrito de las funciones y las relaciones a una implementación física.

La perspectiva física de la red es bastante diferente. Desde una perspectiva física, la red es un sistema organizado basado en computadoras que son capaces de comunicaciones entre sistemas. Estas comunicaciones son alcanzadas por la interconexión de circuitos entre las plataformas de computación especializadas. Así que, ¿qué es exactamente una red de telecomunicaciones móviles? Es un conglomerado de equipo físico y facilidades de comunicación consistente en centrales, registros de ubicación y otros centros de proceso, además de circuitos de transmisión.

1.3.2. Vistazo de señalización

Señalización es el proceso de enviar señales o información, es la transferencia de información especial para controlar las comunicaciones. La señalización consiste de un protocolo o un conjunto especializado de reglas que gobiernan las comunicaciones de un sistema. El protocolo de señalización es definido por tres criterios:

- La sintaxis, o cómo se construye la información
- La semántica, o qué significa la información
- Los procedimientos, o qué hacer con la información

El protocolo permite el uso efectivo de la información de control (señales), que proveen una comunicación con significado dentro de una red. La señalización es el mecanismo dado para operar, controlar y administrar una red.

Un buen ejemplo de señal es el timbrado de un teléfono al que están llamando, todos están familiarizados con este sonido. Se distingue de la información del usuario en sí, ya que este timbre es una indicación de que alguien está llamando, pero no conlleva el mensaje que la persona que llama quiere dar.

La señalización y los protocolos de señalización se han vuelto muy complejos, especialmente cuando son usados para controlar las telecomunicaciones y los sofisticados servicios que se brindan hoy. Estos avanzados protocolos de señalización permiten la transferencia de información entre nodos de red, de lo que es conocido como red inteligente. La red inteligente es un método que provee e interpreta información dentro de una red distribuida. Una red distribuida está estructurada de tal forma que los recursos de la red están distribuidos a través del área geográfica que sirve. La red es considerada inteligente si la lógica y la funcionalidad pueden ocurrir en nodos distribuidos en la red. La red de telecomunicaciones es distribuida e inteligente. Debido a que las redes inteligentes requieren una gran cantidad de señalización, los medios han evolucionado de simples impulsos eléctricos y tonos, a protocolos de mensajes muy complejos.

1.3.3. Señalización de red y señalización de acceso

La señalización de red es usada entre nodos de red para operar, administrar y controlar la red para soportar ciertos tipos de funcionalidad, es diferente de otro tipo de señalización conocida como señalización de acceso. La señalización de acceso es usada para administrar comunicaciones entre el usuario final y un punto de acceso a la red. Una buena analogía para ayudar a distinguir lo que es señalización de red y de acceso podría ser un sistema de autopistas. Las entradas a las autopistas pueden considerarse como la

señalización de acceso, mientras que las autopistas podrían considerarse como la señalización de red.

1.3.4. Señalización en banda y señalización fuera de banda

Hay muchos tipos diferentes de señalización de red y de acceso. Sin embargo, ambos tipos de señalización pueden ser situados en uno de los dos siguientes tipos: señalización fuera de banda y señalización en banda.

La señalización en banda es un tipo de señalización en la cual las señales y los mensajes viajan en los circuitos que se utilizan para transportar la voz. Un ejemplo de señalización en banda es la señalización DTMF, comúnmente conocida como de tonos; otro tipo es la señalización R2.

La señalización fuera de banda es un tipo de señalización en la cual esta nunca viaja en los circuitos de voz. Un ejemplo de señalización fuera de banda es ISDN. En ISDN la señalización viaja a través del canal D, el cual está totalmente separado de los canales B, que transportan la voz. La señalización fuera de banda generalmente viaja en un solo circuito, el cual puede transportar información acerca de muchos circuitos de voz o de datos. Es decir que un canal de señalización es común para muchos canales. Los protocolos de señalización que utilizan un canal digital común para muchos canales son conocidos como protocolos de señalización de canal común, tienen la ventaja de ser altamente eficientes y muy rápidos, además no consumen ancho de banda en los canales de voz.

1.3.5. Sistema de señalización núm. 7

El sistema de señalización núm. 7 (SS#7) es uno de los mejores protocolos de señalización común definido por la ITU-T. La ANSI ha definido una variante nacional para Estados Unidos de este protocolo, SS7 (sin el símbolo #), específicamente para las redes de telecomunicaciones de Norteamérica, que es la base sobre la cual las aplicaciones de redes inteligentes son construidas. Estas aplicaciones incluyen el control de llamadas y las capacidades de transacción que soportan el acceso a bases de datos así como a una gran variedad de funciones de red inteligente y servicios de telefonía celular. El alcance de SS7 es extremadamente grande, ya que cubre todos los aspectos de señalización de control para redes digitales muy complejas.

SS7 está basado en la tecnología de conmutación de paquetes. Los paquetes de SS7 (o mensajes) son usados para transportar información de señalización de un punto de origen a un punto de destino, a través de múltiples nodos de conmutación en la red. Los mensajes de SS7 contienen información de control y de direccionamiento que es usada para seleccionar la ruta a través de la red, ejecutar funciones de administración, establecer y mantener llamadas, e invocar transacciones basadas en procedimientos para soportar aplicaciones sofisticadas.

Una transacción es un intercambio de información basado en una interrogación o comando y la respuesta a esa interrogación o comando. Los mecanismos de operaciones de transacción de SS7 son utilizados para interrogar bases de datos e invocar funciones en puntos remotos a través de la red. Estos mecanismos también mantienen la entrega del estado de la información, y los resultados a esas interrogaciones de bases de datos y

funciones invocadas. Dado que SS7 tiene tantas ventajas y provee un mecanismo basado en transacciones, es ideal para realizar la función de administración de la movilidad.

Hay un protocolo que utiliza de base el sistema de señalización núm. 7, llamado MAP (*mobile application part*). La comunicación entre nodos de la red celular, principalmente las centrales y los nodos en los cuales se guarda la información del usuario, se realiza utilizando este protocolo.

1.4. Modelos de referencia en las redes de telecomunicaciones móviles

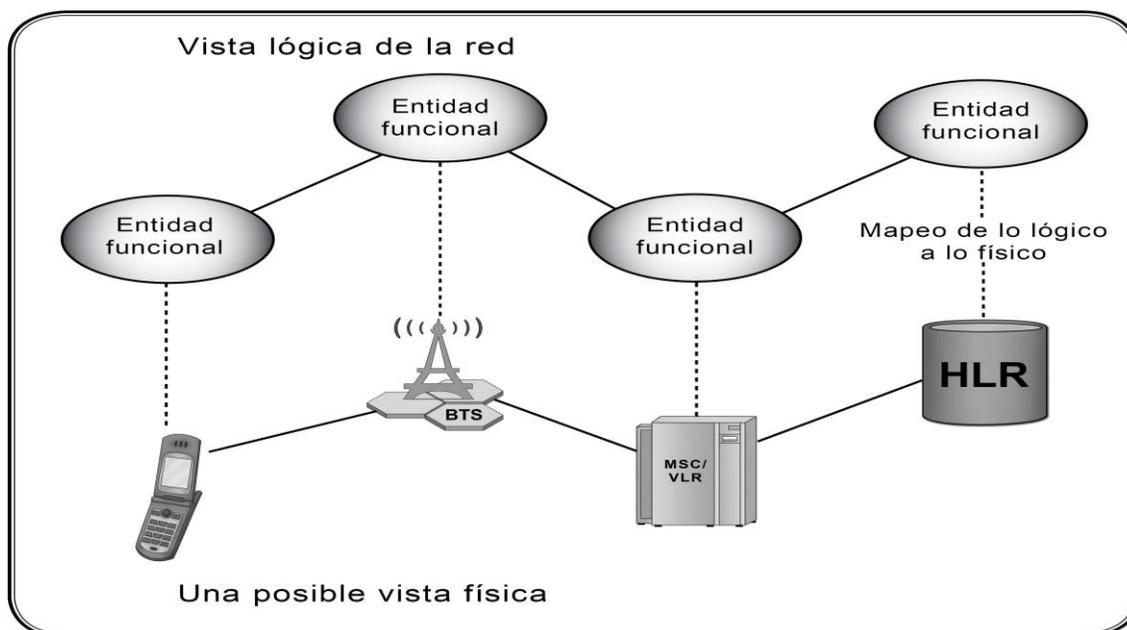
Un modelo de referencia de red es un diagrama que describe las entidades de una red y las interfaces entre ellas. El modelo abarca las definiciones de las entidades y sus interfaces, y describe una representación gráfica del sistema de la red móvil como un todo. Las entidades pueden representar nodos físicos de la red que contienen una o más funciones, o pueden representar únicamente funciones lógicas de la red. El modelo es usado para facilitar la definición y la descripción de funciones y protocolos que pueden ser estandarizados, no significa una implementación física exacta, más bien representa las interfaces básicas entre las funciones o nodos de red básicos requeridos para el propósito de una estandarización de la red. Un modelo de referencia de red es usado como la base de una gran variedad de implementaciones de red, no como una descripción de un plan de red físico real.

Muchos modelos de referencia son modelos lógicos, las entidades de red son representaciones lógicas de funciones que pueden ser implementadas como nodos separados o como funciones combinadas dentro de un mismo

nodo. Los términos lógicos y físicos pueden ser confusos cuando se principia a discutir los modelos de referencia y la funcionalidad de una red. Un modelo de referencia lógico está basado en la funcionalidad lógica que no necesariamente es dependiente de la implementación física, pero muchas implementaciones físicas pueden ser derivadas del modelo lógico.

Las entidades lógicas funcionales dentro del modelo pueden ser consideradas abstracciones; las implementaciones de esas entidades funcionales son dejadas al fabricante del sistema. Dado que una entidad funcional o física puede representar una o más funciones lógicas, la realización física de la entidad es un asunto de dependencia de la implementación de la red. La relación entre las entidades lógicas y físicas puede ser una a una o muchas a una.

Figura 1. Vista lógica y física de una red



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Los modelos lógicos son utilizados para representar una independencia de la implementación, generalmente describen una independencia de la implementación física. Es decir, como en el mundo de las computadoras una función se puede ejecutar exclusivamente a través de un programa (lo que sería la parte lógica), o bien puede quemarse directamente en una memoria con lo cual pasaría a ser una parte de hardware o física. Sin embargo, se ha encontrado que cuando se graban programas en hardware, esto hace más difícil un cambio para futuras mejoras.

1.4.1. Modelos de referencia de red y el proceso de especificación de tres etapas

Muchos servicios de telecomunicaciones y protocolos son especificados a través de un proceso de tres etapas, las cuales son:

- Etapa 1: describe el servicio desde la perspectiva del usuario final.
- Etapa 2: describe el flujo de información entre entidades de la red que soportan el servicio de la etapa 1.
- Etapa 3: describe la aplicación del protocolo de la etapa 2 del flujo de información.

1.4.2. Elementos de un modelo de referencia de red móvil de telecomunicaciones

Sin importar si un modelo de red es lógico o físico, este consiste de las siguientes cinco entidades básicas y principales:

- Sistemas de radio
- Sistemas de conmutación
- Registros de ubicación
- Centros de procesamiento
- Representaciones de redes externas

Los modelos de red también describen las interfaces, o los puntos de referencia de interfaces, entre estas entidades de red.

1.4.2.1. Sistemas de radio

Los sistemas de radio consisten de tres subsistemas:

- Sistema de antenas
- Canales de radio
- Controladores de canales de radio

El sistema de antenas convierte las señales eléctricas de un transmisor de radio a ondas electromagnéticas que son enviadas a las estaciones móviles y viceversa. Las antenas también administran la potencia transmitida para minimizar la interferencia.

Los canales de radio consisten de una combinación de transmisor y receptor, este equipo generalmente se conoce como radio.

Los controladores de canales de radio (algunas veces llamados controladores de estación base, o BSC), son equipos que controlan múltiples canales de radio.

1.4.2.2. Sistemas de conmutación

Los sistemas de conmutación proveen la función de transferir transmisiones de un circuito a otro en la red. Consisten en facilidades de transmisión y plataformas de computación que controlan los circuitos de conmutación que conectan las llamadas entre usuarios.

1.4.2.3. Registros de ubicación o localización

Los registros de ubicación son sistemas de bases de datos que controlan los servicios del abonado y contienen registros e información almacenada relacionada con los abonados. Estos registros son interrogados por otras entidades de red para obtener el estado actual, la ubicación y otra información para soportar llamadas de y hacia los usuarios. Los registros de ubicación pueden contener traducciones de direcciones de red para asistir en el enrutamiento de las llamadas hacia el destino de red adecuado.

1.4.2.4. Centros de procesamiento

Son plataformas de computación periféricas que proveen servicios para enriquecer las capacidades de la red. Un ejemplo de un centro de proceso es el centro de autenticación (AC), el cual usa algoritmos complejos para autenticar la identidad de los abonados móviles. Otros ejemplos son sistemas de anuncios de voz.

1.4.2.5. Representaciones de redes externas

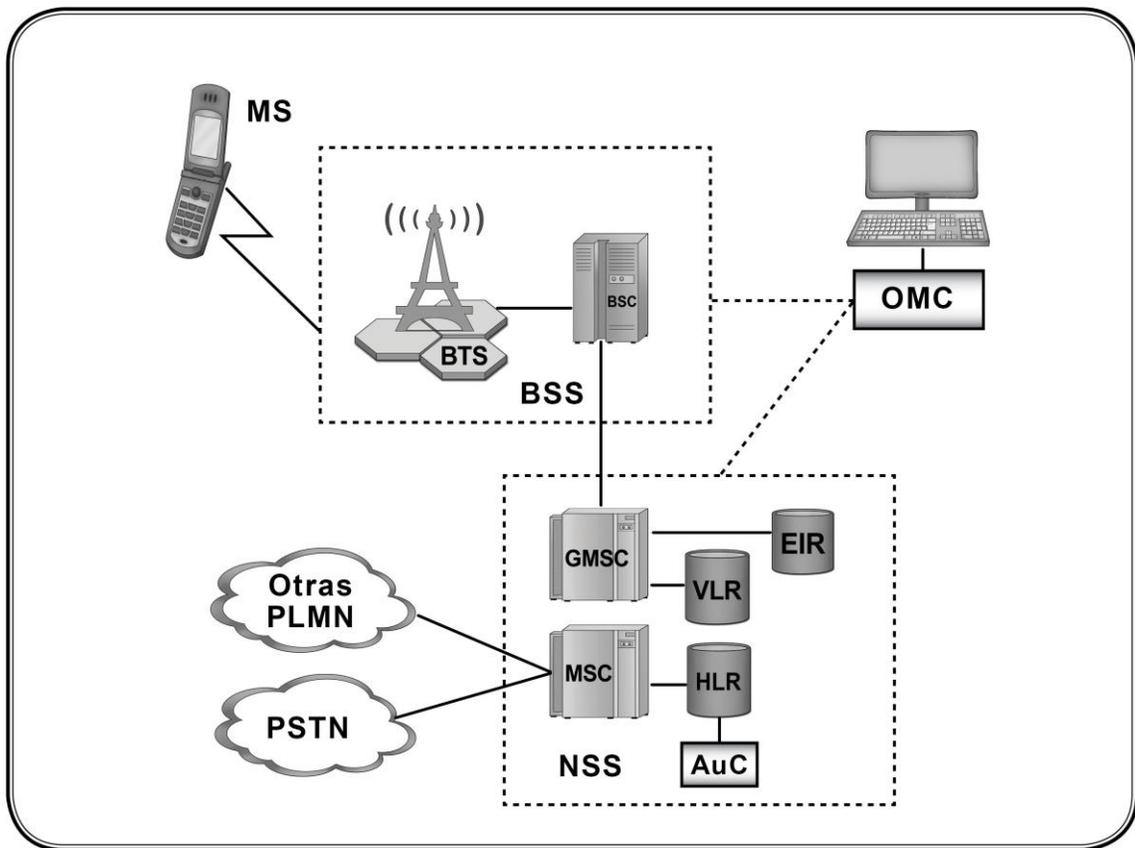
Las redes externas son elementos integrales en un modelo de una red móvil. Representan interconexiones entre la red móvil y la red de telefonía pública (PSTN) u otras redes como: las redes de IP, la ISDN, y otras. Estas representaciones son importantes, dado que los usuarios generalmente tendrán que comunicarse con otras redes para completar las llamadas.

1.4.3. Arquitectura del sistema de una red GSM

Una red GSM comprende varias entidades funcionales:

- Estación móvil (MS)
- Subsistema de estación base (BSS)
- Sistema de conmutación de red (NSS)
- Subsistema de operación y soporte (OMC)

Figura 2. Diagrama de una red GSM simplificada



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

La estación móvil, regularmente conocido como teléfono, se comunica con la BSS en la interface de radiofrecuencia. La BSS consiste de una estación de radiobase (BTS) y la controladora de radiobases (BSC). La BSS es responsable de la administración de las conexiones del camino de radio y el traspaso de las llamadas entre diferentes radiobases. El NSS consiste de la central de telefonía (MSC) y las bases de datos. El NSS es responsable de la administración de la movilidad del suscriptor; interface con la red de telefonía fija, otras redes de telefonía celular y el control de la llamada de extremo a extremo, es decir, desde el abonado A hasta el abonado B. El OMC ayuda a los operadores de

red para administrar el equipo de la BSS y el NSS, incluye manejo de fallas, indicadores, alarmas y administración de la configuración.

1.4.3.1. Estación móvil

La estación móvil (MS) consiste del equipo móvil (ME) y el módulo de identidad del suscriptor (SIM). El equipo móvil es probablemente el equipo que más evolución ha tenido desde el inicio de la telefonía celular y ahora ya no sirve solamente para hacer llamadas sino para muchas otras cosas más. Cuando la tarjeta SIM está en el equipo móvil, el usuario puede registrarse en la red GSM. Para la red UMTS se definió una SIM mejorada: el módulo universal de identidad de suscriptor (USIM).

1.4.3.1.1. Identidad internacional del equipo de estación móvil (IMEI)

Cada equipo móvil, generalmente un teléfono, tiene un único identificador llamado IMEI, el cual identifica solamente al equipo, no al suscriptor. El uso más común de esta identidad es la protección contra el robo. Los operadores telefónicos podrían utilizar este identificador para mantener una lista de teléfonos robados.

1.4.3.1.2. Identidad internacional del suscriptor móvil (IMSI)

Es un identificador único para un suscriptor GSM en una red, también contiene los datos de usuario en el registro de localización de origen (HLR). Es

utilizada para identificar al suscriptor en varios procesos en la red GSM, los cuales son muy importantes para que el suscriptor pueda utilizar la red:

- Actualización de la ubicación: cuando un usuario se registra en una red, el MS le reporta la IMSI a la red, la cual utiliza la IMSI para conocer el título global (GT) del HLR asociado con el suscriptor.
- Entrega de la llamada: cuando la red GSM entrega una llamada al suscriptor, el HLR utiliza el IMSI para identificar el suscriptor en la MSC, para realizar el proceso de entrega de una llamada.
- Cargos de *roaming*: cuando el suscriptor está en una red visitante, la IMSI se utiliza para enviar los registros de tarificación a la red de casa del abonado.

El formato de la IMSI se compone de tres campos:

- Código de país móvil (MCC): identifica el país.
- Código de red móvil (MNC): identifica la red dentro del país.
- Número de identificación de suscriptor móvil (MSIN): identifica al suscriptor.

1.4.3.1.3. Número de estación móvil de la red digital de servicios integrados (MSISDN)

Este número es usado para identificar al suscriptor de la forma como se conoce entre el usuario común, sirve para efectos de enrutamiento de la llamada. Su estructura es la siguiente:

- Código de país: identifica al país.
- Código de destino nacional: es usado para enrutar la llamada hacia la red apropiada.
- Número de suscriptor: identificar a un suscriptor en el plan de numeración nacional.

1.4.3.2. Subsistema de estación base

Provee conexión entre la MS y la red GSM vía la interface de aire. Consiste de dos entidades funcionales:

- Estación de radiobase (BTS)
- Controlador de radiobases (BSC)

1.4.3.2.1. Estación de radiobase

La BTS contiene los equipos de radio y antenas que proveen la interfaz de radio que va y viene hacia la estación móvil (MS).

1.4.3.2.2. Controlador de radiobases

Como su nombre lo indica, la BSC monitorea y controla una o más radiobases. El número de BTS controladas por una BSC varía, depende de la tecnología del fabricante.

1.4.3.3. Sistema de conmutación de red

El rol del sistema de conmutación de red es establecer las conexiones de llamada en un ambiente móvil. Esto lo lleva a cabo usando los siguientes nodos o equipos funcionales:

- Central de conmutación móvil (MSC)
- Registro de localización de origen (HLR)
- Registro de ubicación de visitante (VLR)
- Equipo de registro de identidad (EIR)
- Centro de autenticación (AuC)

Además se requiere un centro de servicio de mensajería corto (SMSC) para soportar el servicio de mensajes cortos.

1.4.3.3.1. Central de conmutación móvil

Conocida como MSC, es el componente central del NSS. Sus funciones principales son el establecimiento de llamadas, el enrutamiento de llamadas, la registración, la autenticación, la actualización de ubicación, los traspasos de llamadas y la tarificación.

1.4.3.3.2. Registro de ubicación de origen

Conocido como HLR, guarda la identidad y los datos del suscriptor de todos los usuarios registrados en una red GSM. La información guardada en el HLR incluye datos permanentes como el IMSI, MSISDN, claves de autenticación, servicios suplementarios permitidos, y algunos datos temporales.

1.4.3.3.3. Registro de ubicación visitante

Como en el HLR, el VLR es una base de datos que contiene información selecta administrativa de los suscriptores que se encuentran conectados a una MSC. Por lo general, un VLR tiene los datos que le envía un HLR más unos datos temporales que ya son de uso exclusivo del VLR (como el número de *roaming* temporal o el número de identificación temporal).

La función principal del VLR es ayudar a la MSC durante la autenticación y el establecimiento de la llamada. El HLR actualiza la información del VLR cuando es necesario.

1.4.3.3.4. Centro de autenticación

Muchos de los fabricantes han implementado el centro de autenticación dentro del mismo equipo físico que el HLR. La función del centro de autenticación es calcular y proveer claves para la autenticación y encriptación de los canales de radio, esto hace que la información que viaja en el aire sea más segura.

1.4.3.3.5. Equipo de registro de identidad

Básicamente, es una base de datos que contiene una lista de todos los IMEI de los equipos móviles. Estas listas se pueden clasificar en blancas, negras o grises, y dependiendo de la lista, así puede ser el tratamiento de la llamada, es decir, se puede permitir o denegar la llamada con base en la identidad del móvil.

2. ROAMING Y REDES DE TELEFONÍA CELULAR

2.1. *Roaming* nacional e internacional

Roaming es la habilidad de un suscriptor móvil de poder hacer uso de su teléfono fuera de la cobertura geográfica de la red a la cual está suscrito, que generalmente se conoce como la red de origen. Pueden haber dos tipos de servicio de *roaming*, el nacional, que es poco conocido, y el internacional, que es el más conocido.

El *roaming* nacional se utiliza en países donde, por temas legales o por temas de áreas demasiado grandes para cubrir, no existe una sola red que tenga cobertura geográfica en todo el país. Cuando se da por temas legales, cada empresa tiene un área asignada donde puede ofrecer su servicio y cuando el suscriptor deja esa área y entra en la cobertura de otra red, ya se considera que está usando el servicio de *roaming*. Cuando el territorio de un país es demasiado grande, también se puede dar un *roaming* nacional. En cualquiera de los dos casos, deben existir acuerdos de *roaming* entre las empresas para que el servicio pueda brindarse al suscriptor. Conforme las empresas van expandiendo sus coberturas o las regulaciones internas de un país lo van permitiendo, el *roaming* nacional tiende a desaparecer.

El concepto de *roaming* internacional, como se explicó inicialmente, es básicamente poder brindarle los servicios de telefonía al suscriptor con su mismo número, en un país diferente al del origen del abonado. Naturalmente, deben existir acuerdos de *roaming*. En un mismo país es común que existan varios operadores, por lo que el usuario puede elegir entre varias redes para

usar los servicios. Esto depende mucho del tipo de teléfono que tenga, las frecuencias que pueda utilizar el aparato (llamadas bandas de radiofrecuencia), si existe o no existe un acuerdo comercial, la calidad de la red. También puede dejarse la opción al usuario para que escoja la red con la cual quiere hacer *roaming* (tomando en cuenta que sí existen acuerdos comerciales).

Para lograr hacer que funcione el *roaming* internacional existen acuerdos entre operadores de diferentes países. Luego de cerrar un acuerdo comercial, deben realizarse pruebas técnicas, debe existir un enlace de señalización y ambos operadores deben tener conexión a operadores internacionales que son los que se utilizan para enlazar las llamadas. El servicio de *roaming* internacional es uno de los productos que produce más ganancias a los operadores, ya que sus tarifas son más altas que las llamadas locales e internacionales. Es por eso que todos los operadores ofrecen este servicio.

Para los usuarios que viajan mucho, el *roaming* constituye un gran beneficio, ya que puede recibir llamadas a su número como si estuviera en su país de origen. El usuario que llama a un suscriptor que está de *roaming* en otro país, nunca se da cuenta que el suscriptor está fuera del país. Es una gran facilidad, ya que evita tener que estar dando otros números cuando se sale de viaje, razón por la cual que el servicio de *roaming* goza de gran popularidad entre los viajeros frecuentes.

Inicialmente, el servicio de *roaming* se ofrecía solamente a los suscriptores con contrato, es decir, a los postpago o por contrato. Dados los avances tecnológicos y las mejoras en los protocolos de señalización, actualmente es posible ofrecer el servicio incluso a usuarios prepago, es decir, que no tienen un contrato.

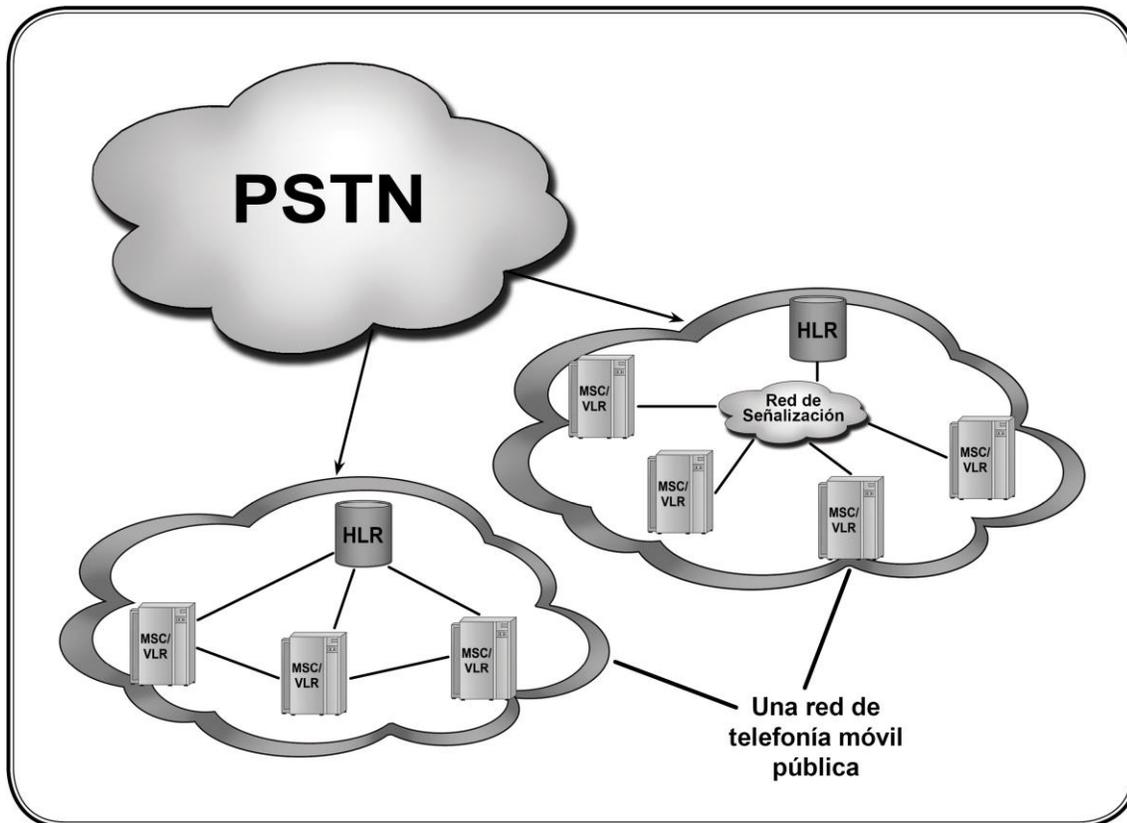
2.2. Concepto de *roaming*

La funcionalidad de *roaming* es un servicio dado al usuario que ha tenido mucho éxito. La facilidad de tener el mismo número telefónico sin importar la red o el país donde se genere la llamada, hace que la cobertura del servicio telefónico se extienda de una forma exponencial sin que el usuario tenga que hacer prácticamente nada. Otra definición es, cuando un proveedor de servicio celular tiene que usar la señal de otro proveedor para mantener a un usuario con servicio de telefonía.

2.2.1. Red de telefonía móvil pública de origen (o de casa)

Por sus siglas en inglés, HPLMN, es la red de GSM de la que un usuario es parte. Eso implica que los datos de la suscripción del usuario de GSM residen en el HLR de esa PLMN (red de telefonía móvil pública). El HLR puede transferir los datos de suscripción al VLR (durante el proceso de registración).

Figura 3. Diagrama simplificado de una PLMN



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

2.2.2. Red de telefonía móvil pública visitada

Por su definición en inglés, VPLMN constituye la red donde el suscriptor se encuentra registrado actualmente. Se entiende por registrado cuando el usuario, es decir el MS/UE, ha realizado el proceso de registro dentro de la red que le está dando cobertura. Es decir, ha habido un proceso de señalización indicándole al HLR en qué MSC está el usuario y el HLR le ha permitido hacer uso de esa red. El suscriptor puede estar registrado en su propio HPLMN o en otra PLMN.

En este último caso, cuando el usuario está registrado en otra PLMN, se dice que el usuario está haciendo *roaming* saliente, visto desde la perspectiva de su HPLMN.

2.2.3. *Roaming saliente*

Se llama así a los usuarios de la red A que están visitando la red B. Desde el punto de vista de la red A, sus usuarios están haciendo uso de la red B.

2.2.4. *Roaming entrante*

Se llama así a los usuarios de la red B que están visitando la red A. Desde el punto de vista de la red A, los usuarios de la B están haciendo uso de su red.

Estos conceptos son muy importantes desde el punto de vista comercial, ya que la empresa A debe de pagar por el *roaming* saliente y debe de cobrar por el *roaming* entrante.

Existen tres servicios básicos de *roaming*: la voz, los datos y los mensajes cortos. El más utilizado es el servicio de la voz, aunque el servicio de datos y los mensajes cortos también son bastante utilizados. De hecho, la popularidad que ha alcanzado el uso de datos en las redes actuales ha ocasionado que este servicio sea bastante utilizado por los clientes que hacen *roaming*. El enfoque de este estudio será principalmente en el servicio de voz, ya que es el servicio básico que ofrece la mayoría de operadores, los servicios de mensajes cortos y datos no necesariamente se ofrecen en todas las redes.

Para el usuario final, el servicio de *roaming* le permite estar siempre conectado. Para el operador es una oportunidad de generar ganancias adicionales (generalmente se cobran tanto las llamadas salientes como las entrantes), lealtad de los clientes y una cobertura adicional sin invertir en la infraestructura, ya que usa la de otros operadores. La cobertura de *roaming* internacional ha crecido tanto en los últimos años que se puede ofrecer *roaming* prácticamente en todos los países del mundo. Lógicamente, hay que realizar acuerdos comerciales y técnicos para que sea una realidad, pero potencialmente es posible tener cobertura a nivel mundial.

2.3. Usuario de prepago y pospago de *roaming*

Existen dos tipos de usuarios basados en la suscripción que tengan. El primero que existió fue el usuario de pospago, este hace uso del servicio y después lo paga. El otro tipo de usuario se llama prepago, la tarificación de este usuario es en tiempo real.

2.3.1. Usuario pospago de *roaming*

Un usuario pospago es aquel que hace uso de los servicios de la red y en una fecha del mes recibe una factura indicando el monto de lo que ha consumido. Para la empresa de telefonía que en determinado momento funciona como una red visitante para el abonado, no es posible facturarle al cliente pospago, ya que para ellos, hasta cierto punto, es desconocido un usuario en cuanto a sus datos de facturación. Esta empresa tiene los datos necesarios para permitirle hacer uso de la red, pero generalmente no tiene los datos administrativos que se manejan en los sistemas de facturación.

El operador de la red de origen es quien facturará posteriormente al usuario pospago cuando la red visitada envíe los datos de los servicios que usó el abonado. Para un usuario pospago, la facturación está basada en los registros de llamadas que generen las centrales de telefonía en las cuales utilizó el servicio. Estos registros se llaman *call detail records* (CDR) y contienen la información necesaria para facturar una llamada, por ejemplo, el número de origen de la llamada, el número de destino, duración de la llamada, central telefónica en la que se originó y otros datos utilizados por el departamento de facturación. Los registros de llamadas son compartidos entre las empresas periódicamente.

La red visitada tiene el control de la llamada y también es responsable de generar los registros de llamadas, utilizados posteriormente. Técnicamente, para implementar el *roaming* de pospago, se necesita un enlace de señalización entre los operadores, el cual lleva señalización MAP. Esta señalización se utiliza para los procedimientos estándar de localización de registro, entre otros.

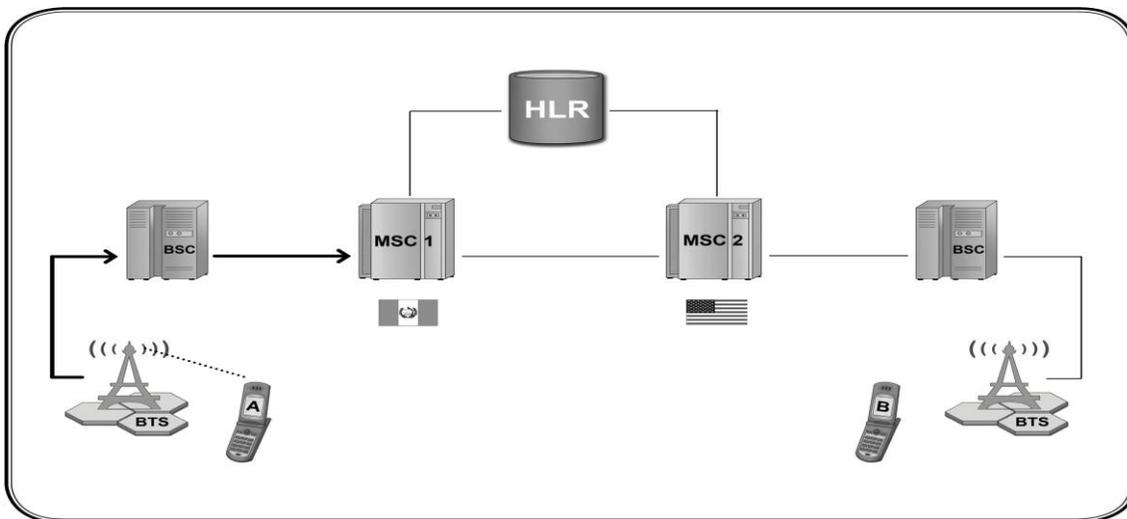
Hay un número clave que se utiliza para poder realizar el *roaming* entre operadores, el cual se define como el número de *roaming* de la estación móvil (MSRN, por sus siglas en inglés). Este número es clave para poder direccionar una llamada desde la red de origen hasta la red visitada, se compone de los siguientes campos:

MSRN= CC + NDC + SN
CC = código de país.
NDC = código de destino nacional (utilizado en países donde existen códigos por zonas geográficas).
SN = número de suscriptor.

En realidad, el MSRN tiene la misma estructura que el MSISDN, visto anteriormente. El formato utilizado es una recomendación de la ITU-T, que define el plan de numeración a nivel mundial para las PSTN y otras redes de datos, y se llama E.164. Cada central tiene un rango definido de MSRN y este rango es único a nivel mundial y es lo que permite identificar hacia donde enviar la llamada terminante para que logre completarse. El procedimiento para recibir una llamada cuando un usuario está de *roaming* en una red visitada es el siguiente:

- El suscriptor A llama al suscriptor B que se encuentra de *roaming* (figura 4). Debe notarse que el suscriptor A no conoce la ubicación del suscriptor B, por lo que realiza una llamada como normalmente lo hace, no le agrega ningún prefijo internacional.

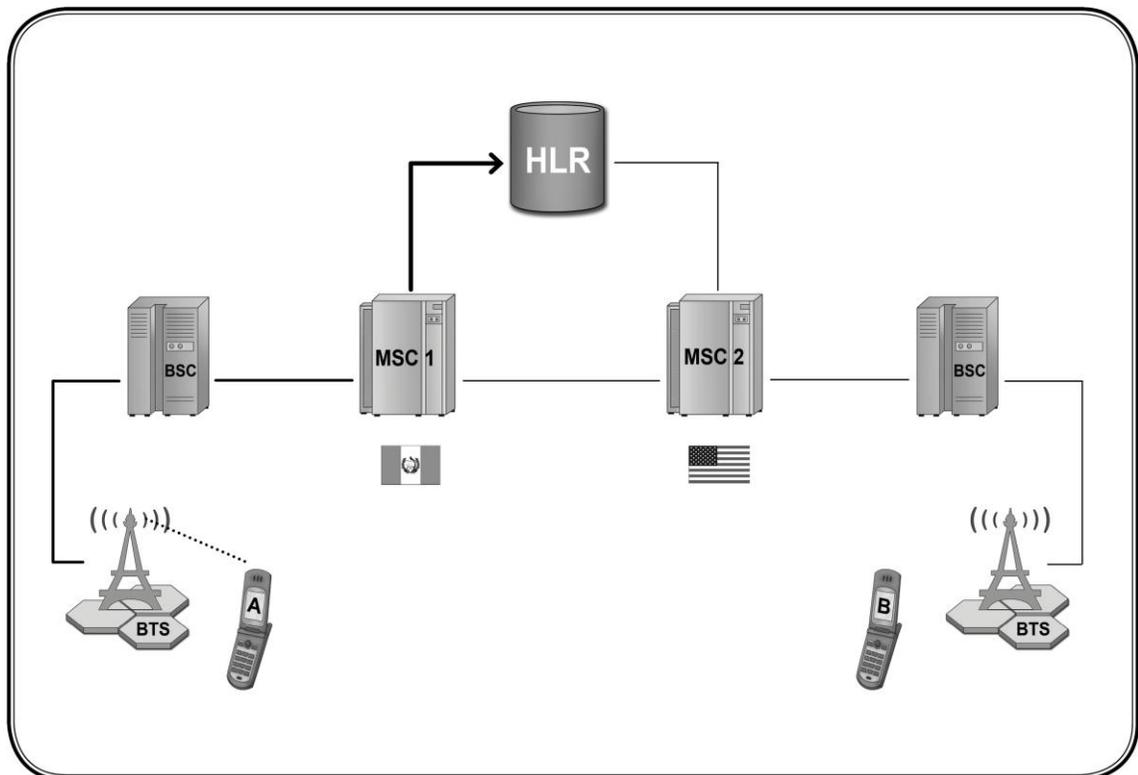
Figura 4. **Abonado A origina una llamada a un usuario que está de *roaming* en otro país**



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

- El siguiente paso es que la MSC donde el abonado origina la llamada consulta al HLR de origen del abonado B su ubicación (figura 5).

Figura 5. **Consulta hacia el HLR**

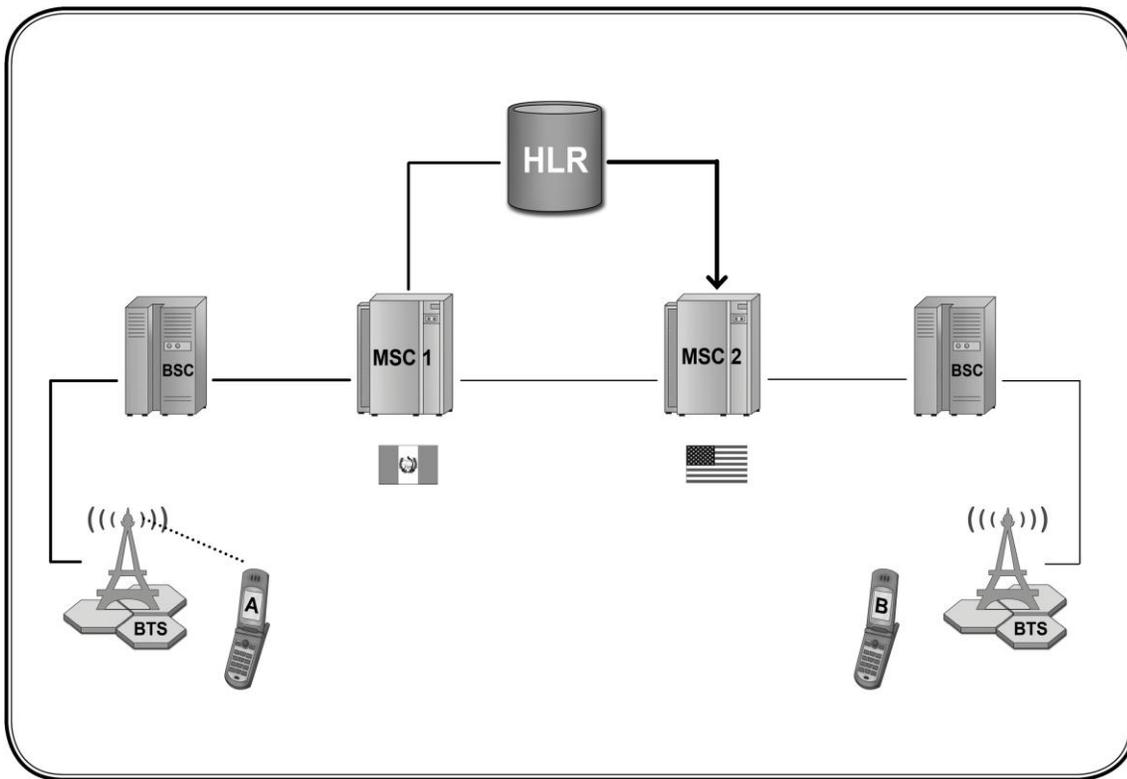


Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

- Anteriormente, el abonado B ya había hecho una actualización de su localización en su HLR de origen, por lo que el HLR sabe en qué MSC se encuentra.

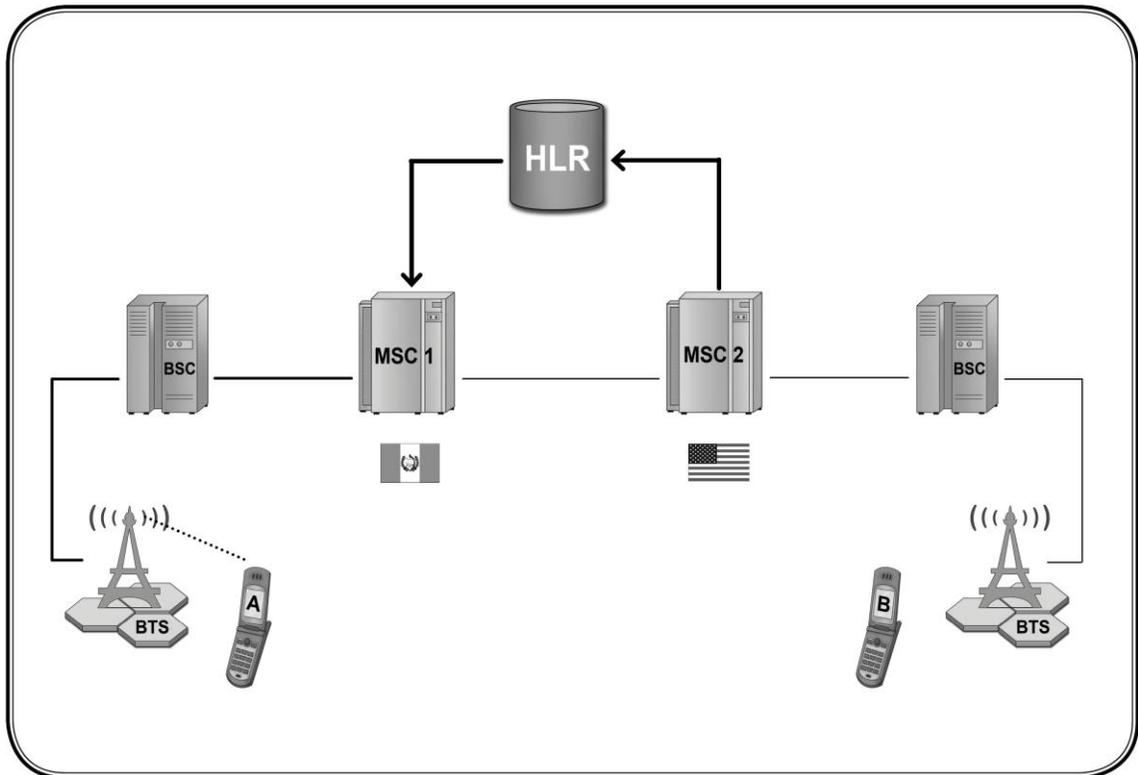
- Cuando se consulta al HLR, este solicita a la red visitada que le provea un MSRN para poder enviárselo a la MSC donde está el abonado A (Figura 6).

Figura 6. **Solicitud de MSRN**



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

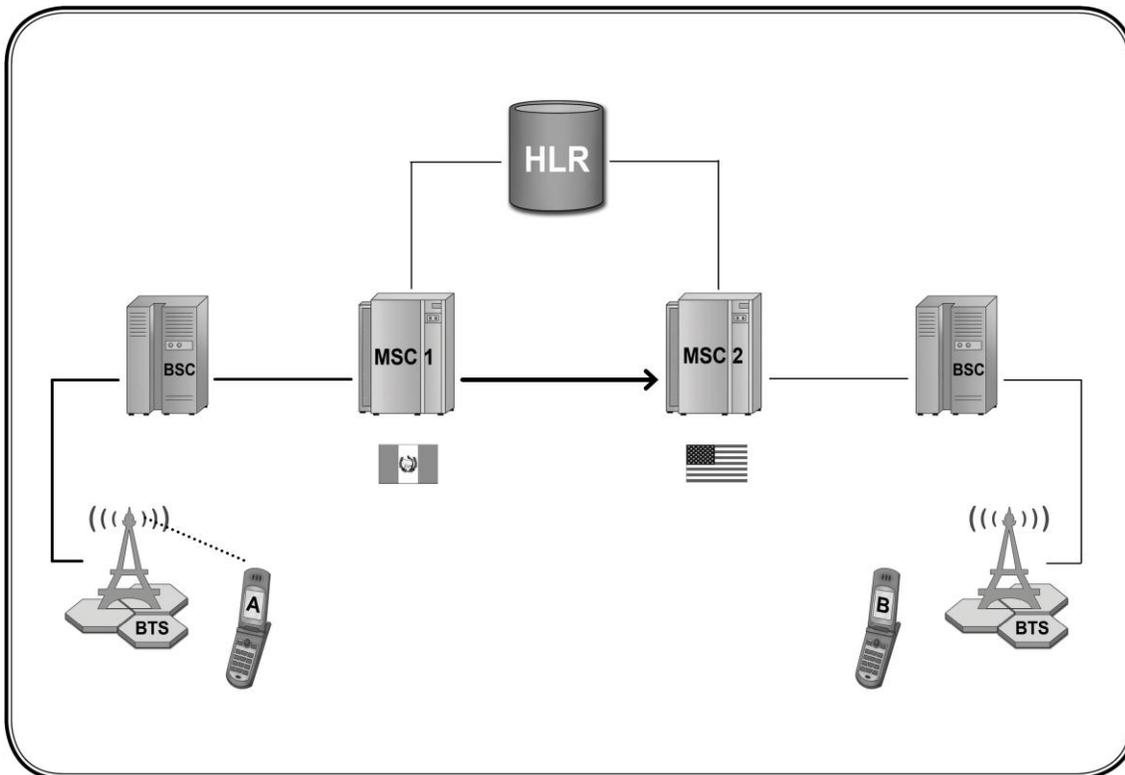
Figura 7. Envío del MSRN hacia la MSC del abonado A



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

- Cuando la MSC donde está el abonado A recibe el MSRN, utiliza este número para hacer una llamada, generalmente internacional, hacia la red visitada.

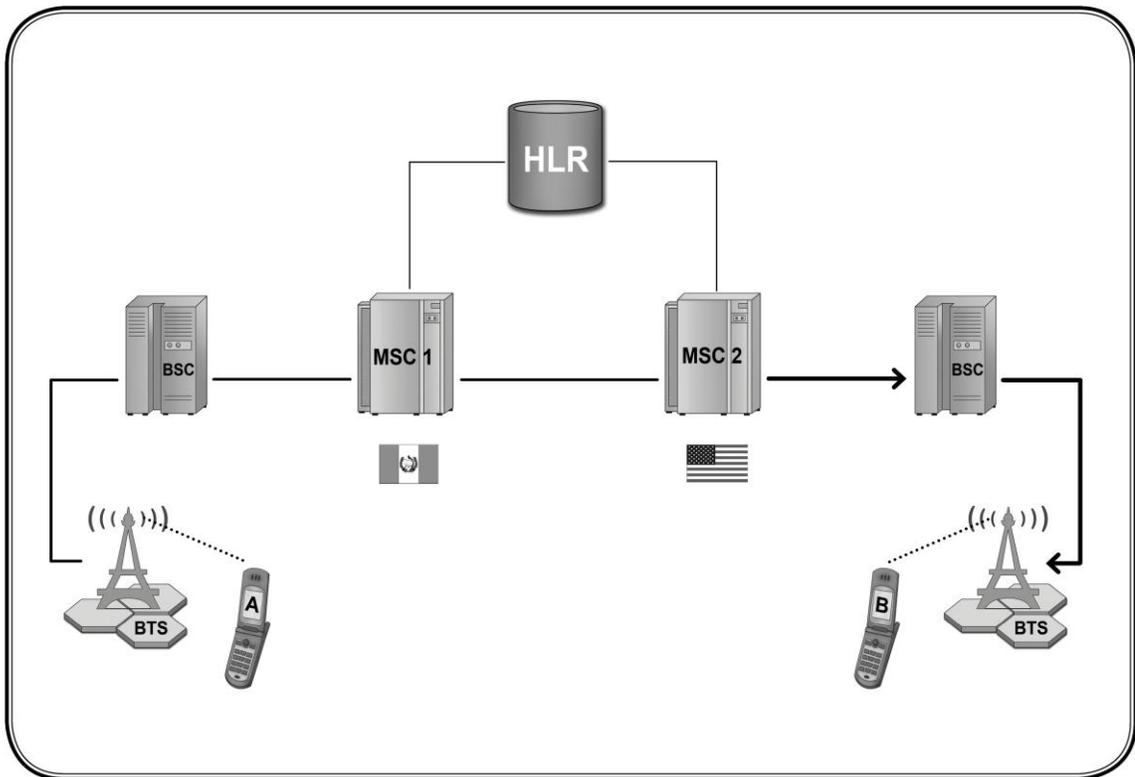
Figura 8. Llamada internacional realizada con el MSRN



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

- Cuando la llamada es recibida por la red visitada, la MSC de destino sabe a qué número le asignó el MSRN y termina la llamada con el suscriptor B.
- Finalmente se enlaza el suscriptor A que está llamando de la MSC de origen, hacia la MSC visitada.

Figura 9. La llamada termina en el suscriptor que está de *roaming*



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

El procedimiento suena complejo, pero es el más óptimo que se ha encontrado para la recepción de llamadas de números que están de *roaming*. El HLR es el encargado de guardar el registro de donde se encuentran sus suscriptores y es una de sus tareas principales. Por lo tanto, el proceso se basa en estar interrogando al HLR las localizaciones de sus suscriptores y en el número MSRN, que tiene una estructura de un plan de numeración internacional, la cual permite poder enviar la llamada como si fuera una llamada internacional común para encontrar al suscriptor B.

2.3.2. Usuario prepago de *roaming*

Para un usuario prepago, el tema de facturación es diferente, ya que este paga por adelantado su servicio y cuando lo utiliza, el cobro se le hace en tiempo real. En este caso, la red visitada no puede hacer el cobro en tiempo real de la llamada, la red de origen debe tomar el control de la llamada y realizar el proceso de tarificación en tiempo real, por lo tanto la implementación del *roaming* de prepago es diferente a la implementación del *roaming* de pospago. La mayoría de las implementaciones de *roaming* de prepago están basadas en el protocolo CAMEL, además se necesita un enlace de señalización, el cual, adicional a la señalización MAP, también debe de llevar señalización CAMEL. La señalización MAP se utiliza igual que para los usuarios de pospago, sin embargo, debe haber señalización adicional que controle la tarificación en tiempo real de los abonados, de esto se encarga la señalización CAMEL.

El protocolo CAMEL, cuando es implementado en el HPLMN y la VPLMN, les ofrece a ambos operadores un poderoso conjunto de herramientas, entre ellas la posibilidad de ofrecer *roaming*. CAMEL es una función de la red y no un servicio suplementario.

Los nodos principales para poder constituir una red basada en CAMEL son:

- SCP: punto de control de servicio, es la entidad principal a través de la cual se tiene el control de la llamada.
- SSF: función de conmutación de servicio. La parte de la MSC que maneja CAMEL se denomina la función de conmutación de servicio. El SSF pasa el control de la llamada de la central hacia el SCP y recibe

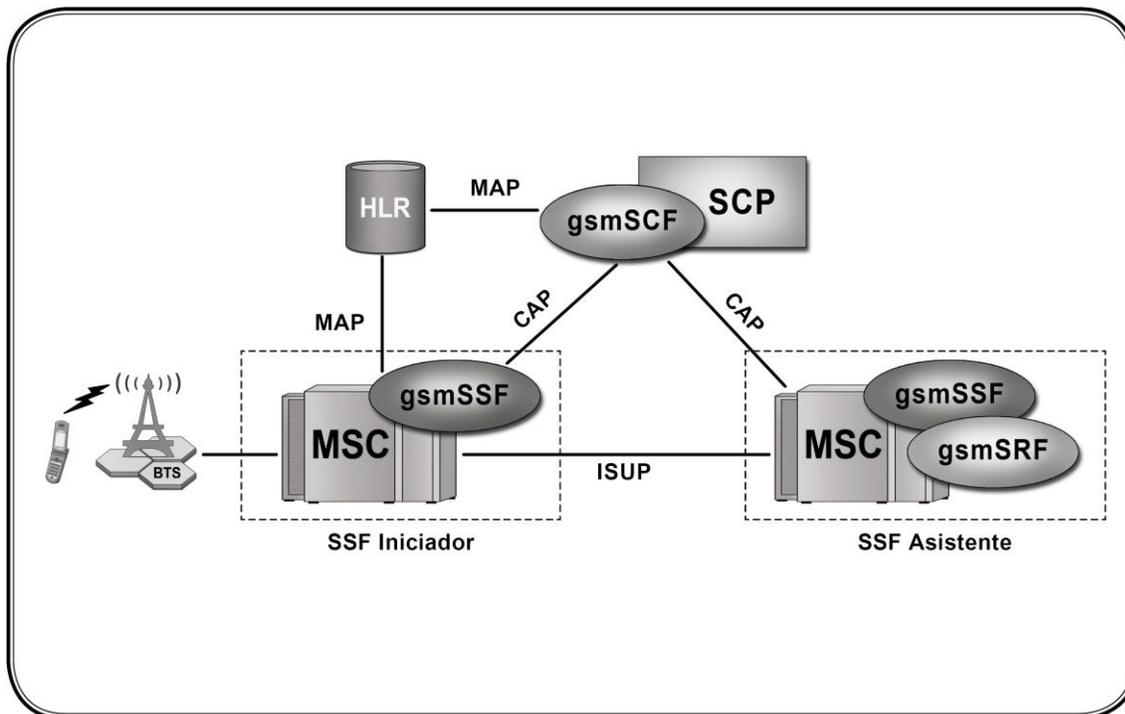
instrucciones del SCP que envía internamente hacia la central. En una red GSM, cada MSC puede estar equipado con un SSF.

- SCF: función de control de servicio, es la entidad funcional que reside en el SCP. Constituye una aplicación que facilita la ejecución de los servicios CAMEL. El SCP es un nodo con una dirección en la red SS7, otros nodos se pueden comunicar con el SCP a través de protocolo de señalización SS7.

Cuando un suscriptor que tiene el servicio CAMEL en su perfil realiza una llamada, el MSC de origen realiza una invocación del servicio hacia el SCP, lo cual implica el establecimiento de un diálogo CAMEL entre la MSC y el SCP. Es a través de este diálogo que la SCP tiene el control de la llamada. Por ejemplo, en una llamada normal se observan tres procesos básicos:

- Timbrado: cuando el suscriptor A recibe una indicación de que el teléfono del abonado B está timbrando, manda una notificación al SCP.
- Respuesta: cuando el abonado recibe una indicación de que el teléfono del abonado B ha contestado, manda una notificación al SCP.
- Desconexión: cuando el abonado A o el abonado B cuelgan la llamada, se envía una notificación hacia el SCP y se da por terminado el diálogo CAMEL. Cuando se cierra el diálogo CAMEL, también tiene el efecto de terminar el servicio de CAMEL para una llamada.

Figura 10. Diagrama básico de una red con CAMEL



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

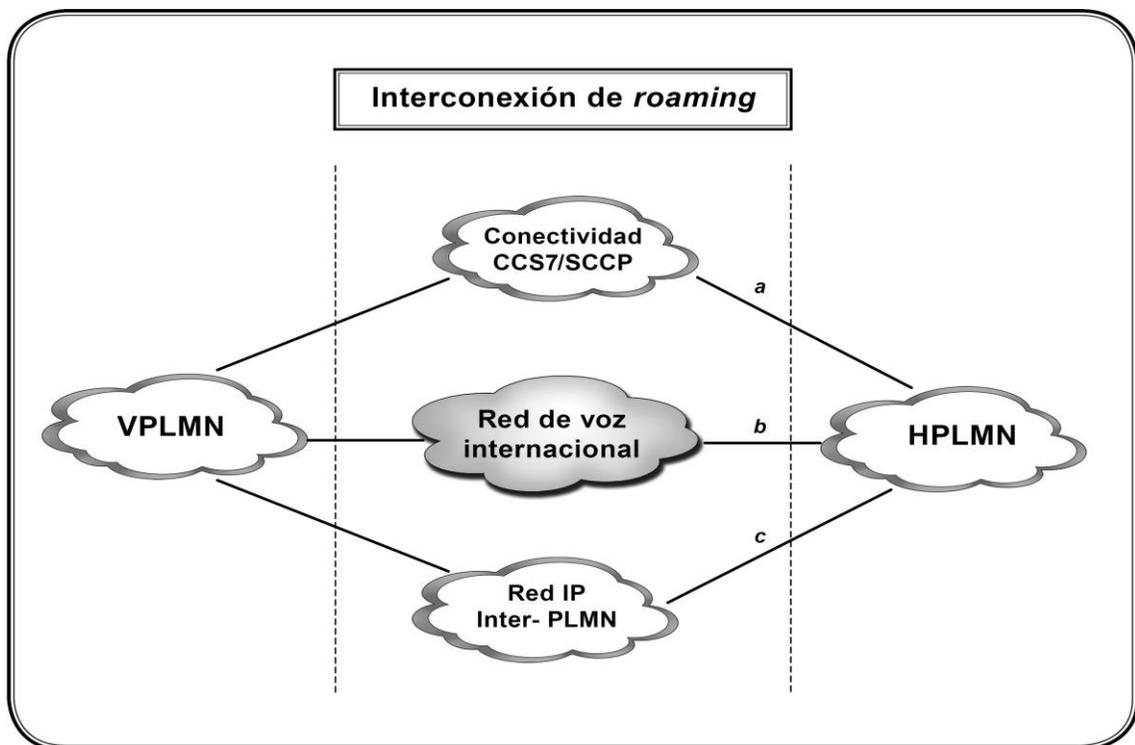
2.4. Estructura básica del servicio de *roaming*

Para que funcione el *roaming*, debe existir la siguiente estructura básica:

- Una conexión Inter-PLMN, la cual consiste en (figura 11):
 - Enlaces de señalización CCS7 (para el tráfico de MAP) entre la VPLMN y el HPLMN. Estos *links* son requeridos para el intercambio de información entre el HLR de la red de origen y el VLR de la red visitada.

- Enlaces de interconexión para transportar la voz entre el HPLMN y la VPLMN.
- Interconexión a nivel de IP para transportar datos de navegación entre el HPLMN y el VPLMN.
- El *roaming* en las redes de GSM requieren los primeros dos tipos de interconexión. El *roaming* de datos requiere el último tipo de interconexión. Para las redes 3G, se requieren los tres tipos de interconexión.

Figura 11. Interconexión de entre VPLMN y HPLMN



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

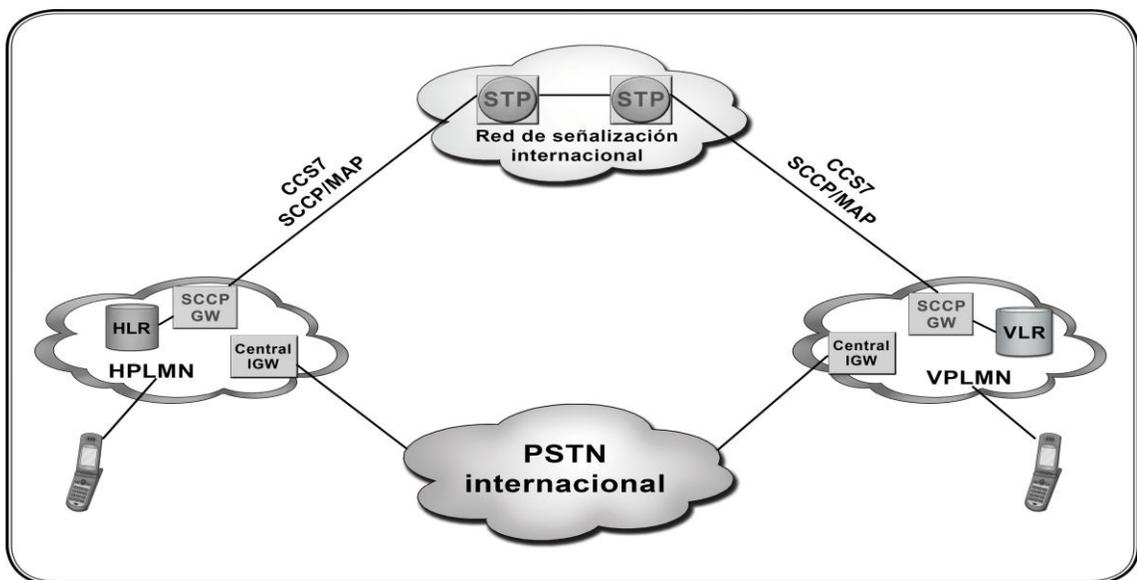
- Acuerdos: para permitir a un suscriptor hacer *roaming* y usar los servicios en una VPLMN, las dos redes (el HPLMN y el VPLMN) deben de haber llenado un acuerdo de *roaming*, estos pueden ser acuerdos bilaterales entre dos empresas o bien puede haber una relación indirecta. El acuerdo de *roaming* cubre varios aspectos operacionales así como administrativos incluyendo interconexión, resolución de problemas, tarifas, precios, formatos de usos de datos y mecanismos de intercambio de información.
- Tarificación: la VPLMN genera registros de uso para todos los servicios de *roaming* utilizados por el visitante en la red. Luego procesa los registros generados y envía una factura a la HPLMN del suscriptor, con base en los términos y condiciones ya pactadas en el acuerdo de *roaming*. La VPLMN también debe de transferir el detalle de los registros individuales de cada suscriptor a la HPLMN, en un formato ya especificado. La HPLMN establece la factura con la VPLMN y carga a su propio suscriptor por el uso del servicio. La tarificación y el proceso que conlleva puede hacerse directamente entre los dos operadores o a través de una empresa dedicada al tema.
- Pruebas: antes de que el servicio de *roaming* sea lanzado en determinados operadores, es necesario realizar pruebas. Esto se requiere para asegurar que el suscriptor puede utilizar todos los servicios especificados en el acuerdo de *roaming*. Pruebas bajo demanda y periódicas también pueden llevarse a cabo debido a los cambios continuos que se hacen en las redes, por ejemplo nuevas centrales que se agreguen, nuevas coberturas o nuevos servicios solicitados.

3. ROAMING EN UNA RED GSM

Un prerequisite para el *roaming* internacional es la conectividad entre una HPLMN y una VPLMN para la señalización, la voz y los datos, aunque no necesariamente en un mismo enlace. De hecho, generalmente van por enlaces separados, por cuestión de costos.

La figura 12 muestra como la HPLMN se conecta con la VPLMN a través de la red internacional de telefonía pública (PSTN, por sus siglas en inglés). Esto puede ser a través de circuitos normales de 64 Kbps para transmitir voz. Actualmente, también se utilizan las redes de voz sobre IP.

Figura 12. Conexión de una HPLMN y una VPLMN



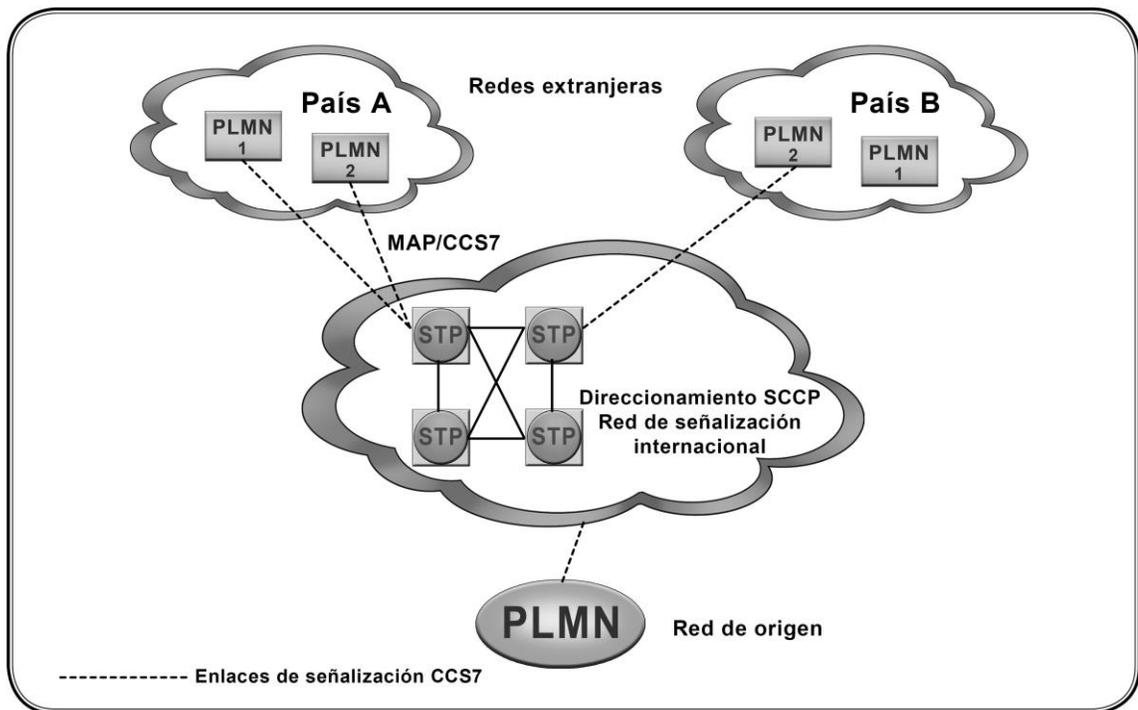
Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator.

La red de señalización transporta los mensajes MAP. Una HPLMN y una VPLMN pueden estar conectadas directamente o a través de una red de señalización internacional, de nuevo, es una cuestión de costos lo que decide la forma de conexión. Los operadores de GSM normalmente utilizan un centro internacional para evitar las costosas conexiones punto a punto. Sin embargo, los operadores también se conectan directamente a otras redes cuando la cantidad de tráfico es bastante alta, por ejemplo entre países vecinos. Los operadores de GSM generalmente tienen acuerdos con más de un operador en un país para garantizar la fiabilidad del servicio.

Las redes de señalización internacional consisten por lo general de puntos de señalización de transferencia (STP, por sus siglas en inglés) y de puertas de enlace SCCP. Dichas redes transportan la señalización MAP entre las PLMN, debe de existir un acuerdo de asociación entre las PLMN cooperantes.

La figura 13 muestra las conexiones entre la red de origen y dos países. Como se puede ver, existen enlaces de señalización con tres operadores, por lo tanto con esos operadores sí se puede tener *roaming*, no así con el cuarto operador, con el cual no existe ningún enlace de señalización. Precisamente a este esquema se le llama red de señalización Inter-PLMN.

Figura 13. **Conexión entre tres países**



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Para el *roaming* internacional, los nodos de la red VPLMN necesitan comunicarse con los nodos de la red de origen del suscriptor. Por ejemplo, la red visitada necesita verificar que el suscriptor extranjero que se trata de registrar en su red está autorizado y ha firmado acuerdos de *roaming*.

3.1. Red de señalización Inter-PLMN

Una red de señalización SS7 consiste de varios elementos funcionales, donde la parte de transferencia de mensajes (MTP) es la plataforma común. La MTP sirve a diferentes partes de usuario como la parte de usuario de telefonía (TUP), la parte de usuario de la red digital de servicios integrados (ISUP) y otros

elementos funcionales como la parte de control de conexión de señalización (SCCP, por sus siglas en inglés).

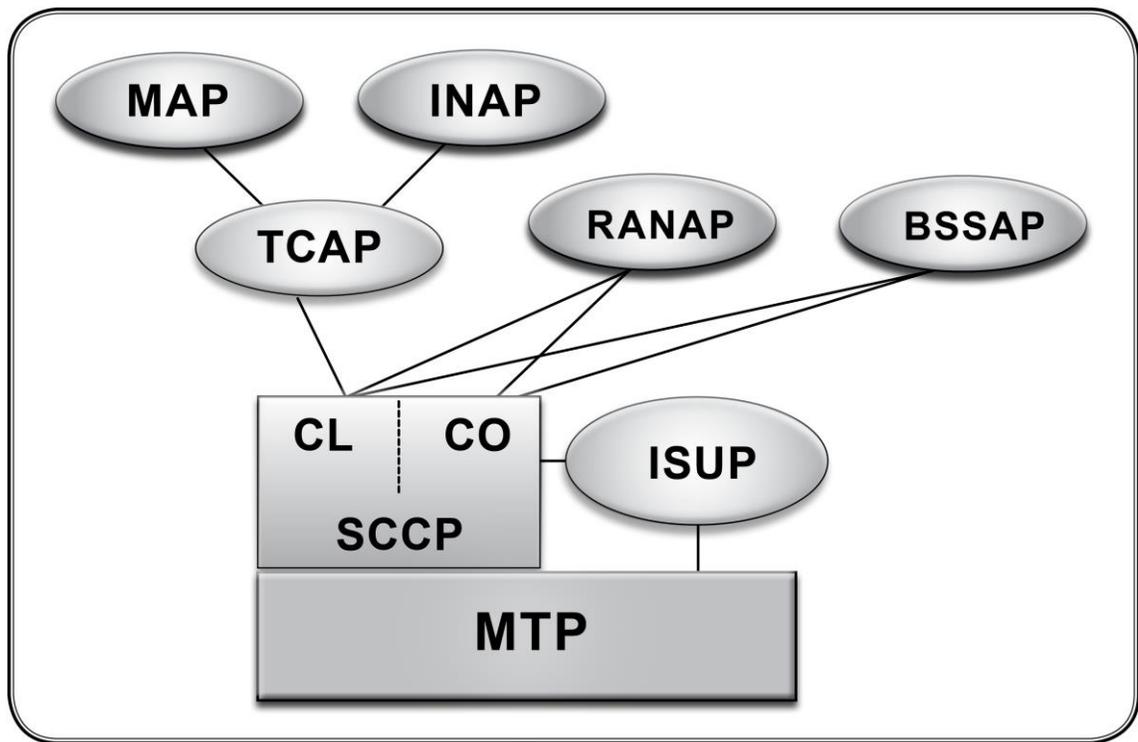
La capa SCCP provee funcionalidades adicionales para cumplir con la necesidad de servicios extendidos en ciertas aplicaciones. Como ejemplo de un servicio extendido se encuentra la comunicación entre las bases de datos, el registro de ubicación de origen (HLR) y el registro de ubicación visitante (VLR), sin ninguna conexión para voz para comunicación durante una actualización de ubicación.

La combinación de la MTP y la SCCP se llama parte de servicio de red (NSP).

La SCCP soporta dos servicios de red:

- Orientada a conexión (CO)
- Sin conexión (CL)

Figura 14. La capa SCCP y otros protocolos



Fuente: elaboración propia con programa Adobe Illustrator.

El servicio CO transfiere mucha señalización entre dos nodos. En este caso, establece una conexión lógica entre el que envía y el que recibe.

El servicio CL transfiere mensajes cortos, incluyendo información de direccionamiento, a su destino.

Aunque la capa SCCP realiza tareas similares a la MTP (por ejemplo, direccionamiento), la SCCP solamente permite direccionamiento de mensajes MAP, RANAP (parte de aplicación de la red de acceso de radio). La MTP y la SCCP deben ser consideradas como dos redes diferentes que trabajan juntas.

3.1.1. Direccionamiento SCCP

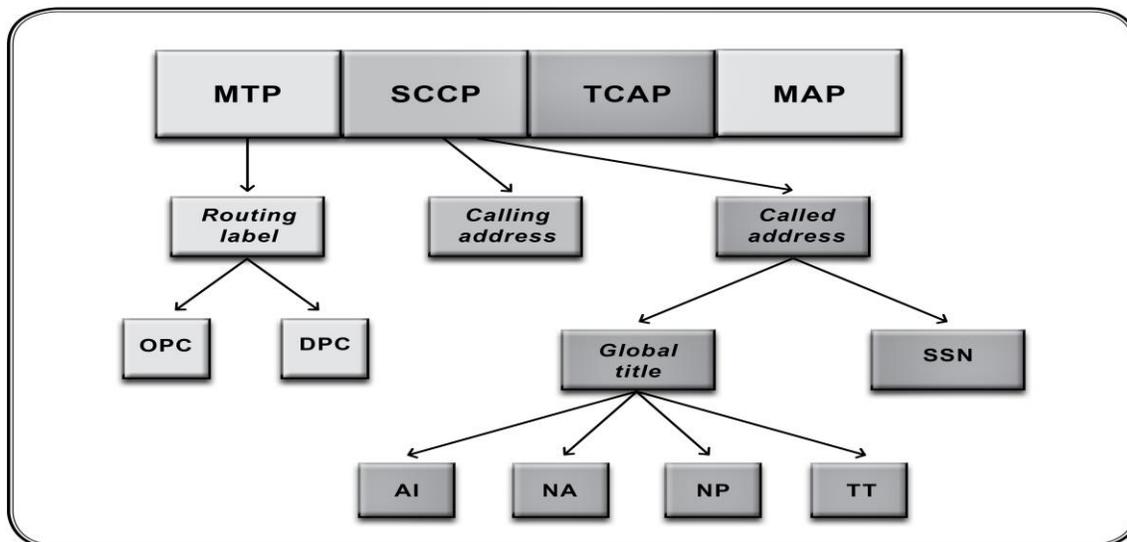
La capa SCCP permite a una red SS7 direccionar mensajes MAP. El direccionamiento está basado en direcciones, las que usa la SCCP son:

- Dirección del abonado que llama
- Dirección del abonado llamado

El direccionamiento SCCP es muy flexible y hace uso de tres partes separadas:

- Código de punto de destino (DPC)
- Título global (GT)
- Número de subsistema (SSN)

Figura 15. Direccionamiento SCCP



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Uno, dos o tres elementos pueden estar presentes en la dirección del abonado llamado y del que llama. La forma de la dirección depende del servicio, de la aplicación y la red subyacente.

3.1.1.1. Título global (GT)

El GT tiene una longitud variable, y puede contener combinaciones específicas de:

- Información de dirección (AI)
- Naturaleza de la dirección (NA)
- Plan de numeración (NP)
- Tipo de traslación (TT)

No contiene información que permite el direccionamiento específico en la red de señalización. Se requiere la función de traslación para realizar esto.

3.1.1.2. Número de subsistema (SSN)

La central telefónica visitada examina el SSN para identificar el nodo. Los subsistemas se enlistan a continuación.

- 3 ISUP
- 6 HLR
- 7 VLR
- 8 GMSC, MSC
- 9 EIR
- 10 AUC
- 12 SC

- 98 SGSM
- 142 RNC
- 146 CAP
- 147 gsmSCF
- 149 GGSN
- 224 HLR-R
- 253 FNR
- 254 BSC

3.1.2. Direccionamiento Inter-PLMN

El protocolo MAP utiliza el direccionamiento SCCP para poder encaminar los mensajes de señalización entre la VPLMN y el HPLMN, a través de la red internacional.

Las direcciones SCCP de la parte llamada y la parte llamante contienen la información necesaria para que el SCCP encamine los mensajes entre las PLMN. El direccionamiento de mensajes de SCCP es realizado usando el título global (GT) o código de punto de destino (DPC) y el número de subsistema (SSN). El formato y codificación de la parte llamante y llamada cumplen con las directrices especificadas en la recomendación ITU-T Q.713.

3.1.3. Formato de la dirección

El formato de la dirección de los campos del número de A y el de B, a nivel de SCCP para el direccionamiento de mensajes Inter-PLMN, está constituido por:

- Dirección SCCP del número de B: es un parámetro de longitud variable

que contiene los siguientes campos:

- Indicador del código de punto
 - Indicador del subsistema
 - Indicador de título global
 - Indicador de direccionamiento
 - Número de subsistema
 - Tipo de traducción
- Dirección SCCP del número de A: también es un parámetro de longitud variable, su estructura es la misma que el número de B.

3.2. Comunicación entre un VLR VPLMN y un HLR HPLMN

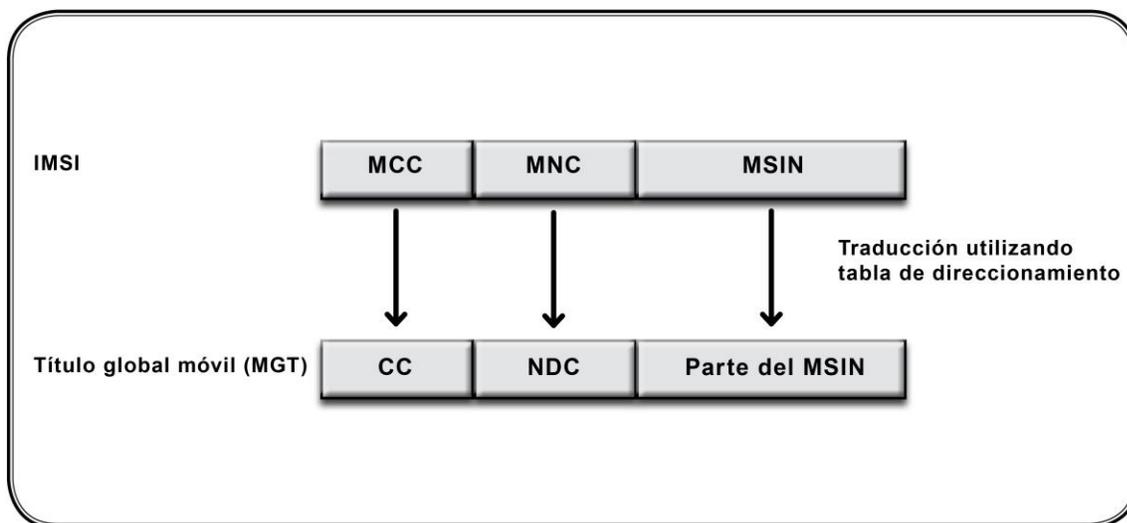
Cuando un suscriptor que está de *roaming* enciende su estación móvil (MS) por primera vez en una VPLMN, el VLR inicia el procedimiento de actualización de la ubicación con el HLR de origen del suscriptor. La única información que tiene el VLR VPLMN en ese momento es la IMSI del suscriptor. El VLR VPLMN utiliza esto para deducir la información de direccionamiento que necesita para comunicarse con el HPLMN HLR. La dirección obtenida se conoce como el título global del móvil (MGT, por sus siglas en inglés) o bien la dirección E.214.

Cuando el HLR le responde al VLR, inserta su propia dirección E.164 en el mensaje de SCCP CgPA. La parte E.164, como es definida en la recomendación ITU-T, es usada para identificar el país y la PLMN del HLR donde el suscriptor tiene su registro.

Al recibir la respuesta inicial del HLR, el VLR de la VPLMN obtiene la información para poder establecer la comunicación con el HLR HPLMN de la dirección de la parte llamante en la respuesta recibida. Esto significa que el VLR VPLMN es capaz de encontrar el HPLMN HLR usando el MGT E.214 que ha sido obtenido originalmente de la IMSI del suscriptor y de la dirección E.164 del HLR.

La traducción del MGT E.214 se realiza a nivel de aplicación o a nivel del SCCP, utilizando en el VLR tablas de señalización que contienen la información necesaria para conocer la ruta por donde debe viajar la señalización.

Figura 16. Traducción de IMSI a MGT



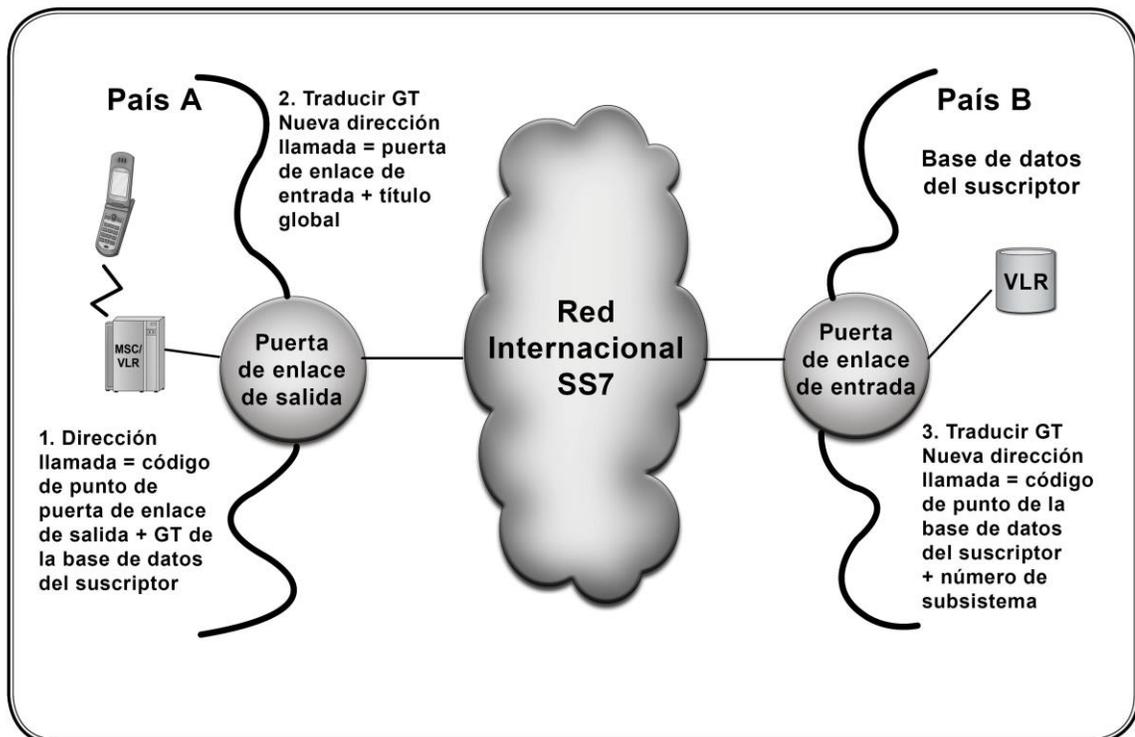
Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Como se muestra en la figura 16, el MGT es de longitud variable. Dentro del MGT, el código de país (CC) es obtenido del código de país móvil (MCC). El código de destino nacional es obtenido del código de red móvil (MNC), o del

MNC más algunos dígitos iniciales del número de identificación de la estación móvil (MSIN).

Cada PLMN consiste de un HLR lógico, en implementaciones prácticas un HLR físico puede no ser suficiente para una red entera. En muchas implementaciones, existe más de un HLR físico, los cuales se agrupan en un HLR lógico. El GMSC en la entrada de la red decide direccionar el mensaje recibido por una VPLMN al HLR correcto con base en el MGT en la dirección de la parte llamada.

Figura 17. **Uso de GT en *roaming***



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

3.3. Procedimientos de *roaming*

En el primer registro de un suscriptor en un VPLMN, el VLR de destino actualiza el HPLMN HLR con la nueva ubicación de la estación móvil (en otras palabras la dirección del nuevo VLR), utilizando el procedimiento de actualización de la ubicación.

El HLR usa el procedimiento de cancelación de ubicación con el primer VPLMN cuando el suscriptor aparece en una diferente PLMN o regresa a su HPLMN. Un VLR puede usar el procedimiento de purgar para informar a un HLR sobre la eliminación de los datos de un suscriptor que no ha establecido contacto de radio por un periodo específico. En caso de una falla crítica del HLR, los procedimientos de restauración y recuperación pueden ser invocados por el HLR.

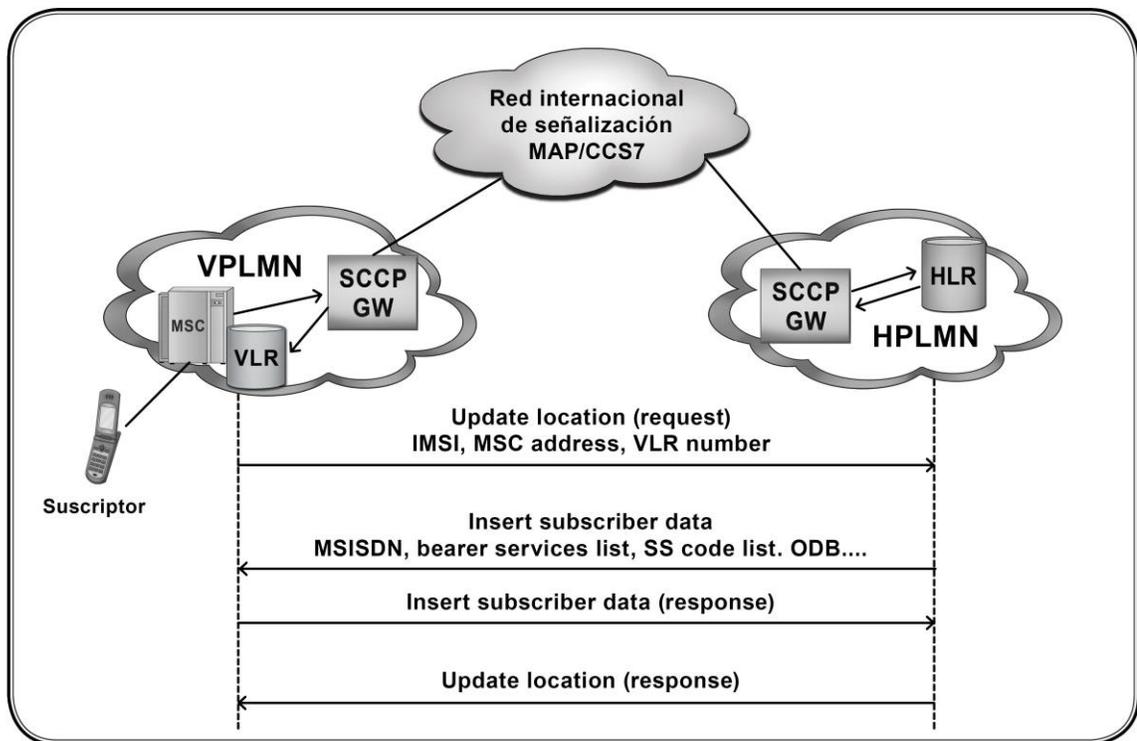
3.3.1. Actualización de localización en una red visitada

El procedimiento de actualización de la ubicación es iniciado por la VPLMN VLR cuando:

- Un suscriptor enciende su estación móvil (MS) por primera vez en una red extranjera, para engancharse o registrarse en una red.
- Un suscriptor se mueve a una nueva área de ubicación (LA, por sus siglas en inglés).
- El VLR recibe instrucciones como consecuencia de una restauración de un HLR o VLR, generalmente cuando ha habido una falla crítica en la red. Este procedimiento es menos común.

- El VLR también inicia el procedimiento de actualización de ubicación periódicamente para asegurarse que el móvil no ha sido desenganchado accidentalmente del sistema.

Figura 18. **Procedimiento de actualización de ubicación (*update location*)**



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

La figura 18 ilustra el procedimiento de actualización de ubicación. Los siguientes parámetros y campos son enviados de la MSC/VLR de la red visitada al HLR en el país del suscriptor:

- IMSI

- Dirección de la MSC
- Número del VLR

El HLR HPLMN usa la IMSI como parámetro clave para extraer la información del suscriptor de su base de datos. La dirección de la MSC es la dirección E.164 de la MSC de destino, la cual es almacenada en la base de datos del HLR y es sumamente importante para que el suscriptor pueda recibir llamadas. El número del VLR es el número E.164 del VLR, el HPLMN HLR lo usa junto a la dirección de la MSC en los procedimientos subsecuentes y manejo de la llamada.

En caso de una actualización no exitosa, el HPLMN HLR responde con un mensaje de error, además una causa de error es incluida para informar al VPLMN VLR de la razón de la falla.

Las razones de la falla pueden ser:

- Suscriptor desconocido: el suscriptor no existe en la base datos.
- *Roaming* no permitido: el código de diagnóstico provee información adicional, como:
 - PLMN no permitido.
 - Bloqueo determinado por el operador.
- Valor de dato no esperado: el tipo de dato es formalmente correcto pero su valor o presencia no se espera en el contexto actual.
- Falla del sistema: la tarea no pudo ser ejecutada debido a una falla en el nodo remoto.

- Datos faltantes: un parámetro opcional requerido por el contexto hace falta.

3.3.2. Autenticación en una red visitada

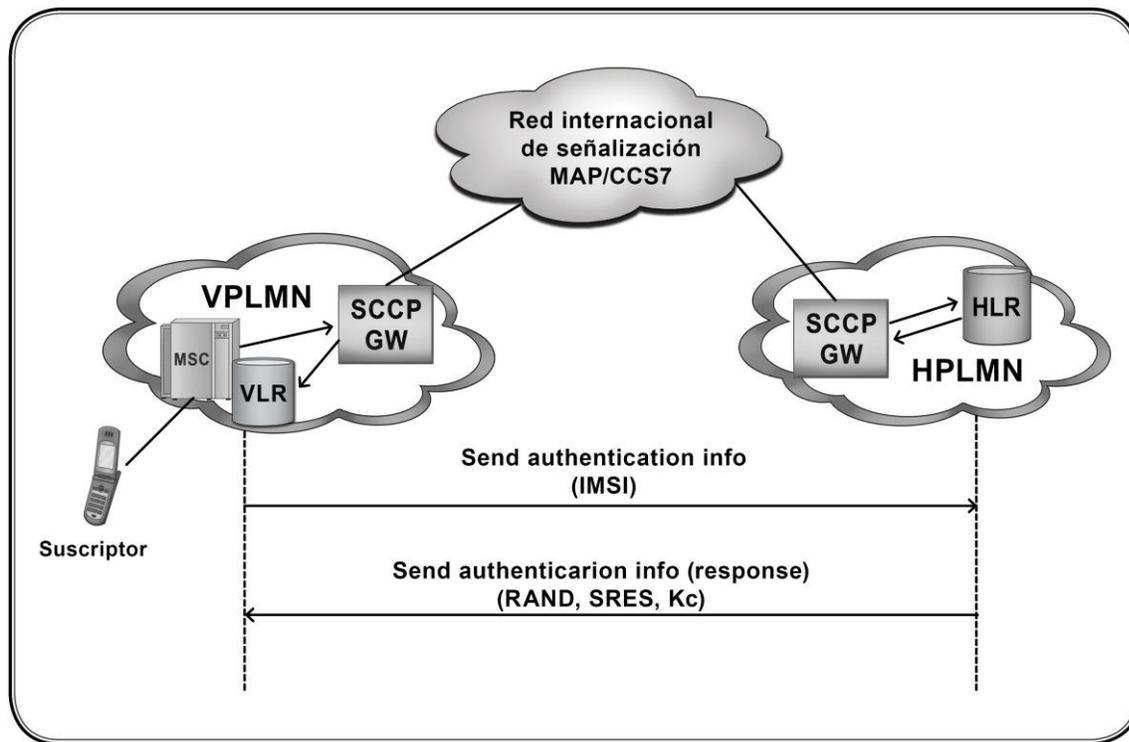
Para asegurar la seguridad y denegar los servicios a un visitante no autorizado, el VPLMN tiene que validar un suscriptor como un usuario autorizado antes de permitir su acceso. La VPLMN puede también autenticar los suscriptores periódicamente en actividades posteriores que realice la estación móvil.

El VPLMN VLR inicia el procedimiento de autenticación para recuperar la información de autenticación del HPLMN HLR. La respuesta del HPLMN HLR contiene el conjunto parámetros de autenticación.

Si el VLR recibe una respuesta de información de autenticación conteniendo un parámetro de error como parte del manejo del procedimiento de autenticación, el procedimiento de autenticación fallará en el VLR.

La IMSI del suscriptor es enviada como un parámetro para identificar al usuario dentro del mensaje MAP, para requerir información de autenticación del VPLMN MSC/VLR al HPLMN HLR.

Figura 19. Procedimiento de autenticación



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

En caso de una falla, uno de los siguientes errores puede ser enviado a través de la señalización:

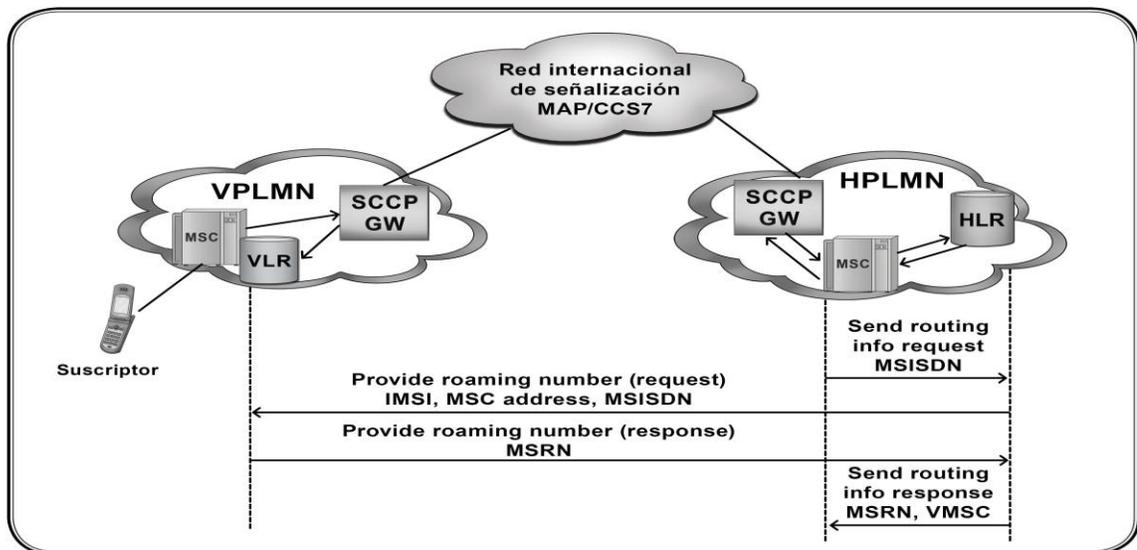
- Suscriptor desconocido: el suscriptor no existe en la base datos.
- Valor de dato no esperado: el tipo de dato es formalmente correcto pero su valor o presencia no se espera en el contexto actual.
- Falla del sistema: la tarea no pudo ser ejecutada debido a una falla en el nodo remoto.

- Datos faltantes: un parámetro opcional requerido por el contexto hace falta.

3.3.3. Provisión del número de *roaming*

Este procedimiento es necesario para que un suscriptor pueda recibir llamadas. El primer paso para la HPLMN MSC responsable de direccionar una llamada es obtener la información necesaria del HLR local. Esto se hace a través del procedimiento de envío de información de dirección (SRI, por sus siglas en inglés) que toma lugar entre la MSC y el HLR. El HLR, cuando recibe una solicitud de SRI, verifica el estado del suscriptor y, si determina que está en una red extranjera, invoca el procedimiento de provisión de número de *roaming* a la VPLMN VLR para obtener un número de *roaming* de suscriptor móvil (MSRN, por sus siglas en inglés) al suscriptor.

Figura 20. Provisión del número de *roaming*



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Los pasos detallados son los siguientes:

- La MSC responsable de direccionar una llamada terminante invoca el mensaje MAP de envío de información de dirección al HLR con el MSISDN del número llamado como parámetro clave.
- El HLR busca en su base de datos y, luego de encontrar que el suscriptor se encuentra en una red extranjera, invoca el procedimiento MAP de provisión del número de *roaming* a la VPLMN VLR con el IMSI del suscriptor, el MSISDN y el número E.164 de la MSC de destino donde se encuentra la estación móvil.
- El VPLMN VLR destino chequea si el suscriptor todavía se encuentra en su red y asigna un número temporal para uso de direccionamiento, o sea el MSRN. Si la VPLMN VLR no puede asignar un MSRN al suscriptor, el procedimiento falla. El VPLMN VLR responde con un código de error apropiado. Si el procedimiento es exitoso, el VPLMN VLR envía el MSRN solicitado.
- Cuando se recibe la respuesta, el HLR de origen responde el mensaje a la MSC donde se inició la llamada, con el dato del MSRN y la dirección de la MSC visitada.
- La MSC entonces invoca un procedimiento ISUP normal de llamada hacia la VPLMN para dirección la llamada entrante al suscriptor.

Los errores asociados con el procedimiento de provisión del número de *roaming* son los siguientes:

- Suscriptor ausente: esto indica que la ubicación del suscriptor es desconocida, generalmente, porque el suscriptor no se ha registrado y no ha enviado la información necesaria para conocer su ubicación al HLR.
- Sin número de *roaming* disponible: un número de *roaming* no pudo ser asignado debido a que todos los MSRN en una VMSC están en uso.
- Facilidad no soportada.
- Valor de dato no esperado: el tipo de dato es formalmente correcto pero su valor o presencia no se espera en el contexto actual.
- Falla del sistema: la tarea no pudo ser ejecutada debido a una falla en el nodo remoto.
- Datos faltantes: un parámetro opcional requerido por el contexto hace falta.

3.3.4. Cancelación de la localización

Cuando un suscriptor que está de *roaming* se mueve de un área de un VLR hacia otra, dentro de una PLMN donde estaba inicialmente, o bien cambia de PLMN; el HPLMN HLR usa el procedimiento de cancelación de ubicación para informarle al viejo VLR. Cuando recibe el mensaje, el viejo VLR borra al suscriptor de su base de datos.

El procedimiento MAP de cancelación de la ubicación lleva la IMSI del suscriptor como parámetro principal.

3.4. Escenarios de llamada de *roaming*

Esta sección describe los escenarios de llamadas de voz para un suscriptor de *roaming* en una red visitada, estos son para originar y para recibir llamadas.

3.4.1. Inicio de la llamada

Una vez el usuario ha sido autenticado y el procedimiento de localización de ubicación ha sido completado, la red visitada le permite al suscriptor usar todos los servicios, siempre y cuando no estén restringidos por el HPLMN. Para iniciar una llamada saliente mientras se visita una red extranjera, el suscriptor necesita conocer el formato de marcación internacional que generalmente es aceptado con el siguiente formato: + código de país y número telefónico. Si el suscriptor tiene permitido realizar una llamada saliente, la llamada es procesada y controlada por la red visitada, la cual utiliza sus propios recursos, esto debe tomarse en cuenta a la hora de realizar un chequeo de fallas. La HPLMN ya no tiene ningún rol en el procesamiento de la llamada a menos que sea un usuario prepago.

3.4.2. Recepción de la llamada

Cuando un suscriptor recibe una llamada en una red visitada los escenarios más comunes son los siguientes:

- El número que llama generalmente es un suscriptor que está en la HPLMN.
- El número que llama es del mismo país pero de una PLMN diferente.
- El número que llama es un suscriptor de la propia red visitada, VPLMN.

- El número que llama es un suscriptor de un país diferente de la HPLMN/VPLMN.

El concepto ya ha sido estudiado en el capítulo 2. En principio la secuencia de la llamada y los procedimientos son los mismos.

4. IMPLEMENTACIÓN DE ROAMING PARA PREPAGO USANDO EL PROTOCOLO CAMEL

4.1. Arquitectura CAMEL

El protocolo CAMEL fue introducido por la ETSI para incorporar funcionalidades de red inteligente en las redes GSM. Las capacidades ofrecidas por CAMEL permiten a los operadores GSM implementar servicios muy específicos por operador, basadas en la lógica de servicio de las redes inteligentes que están disponibles a los suscriptores, aún si se encuentran en una red extranjera.

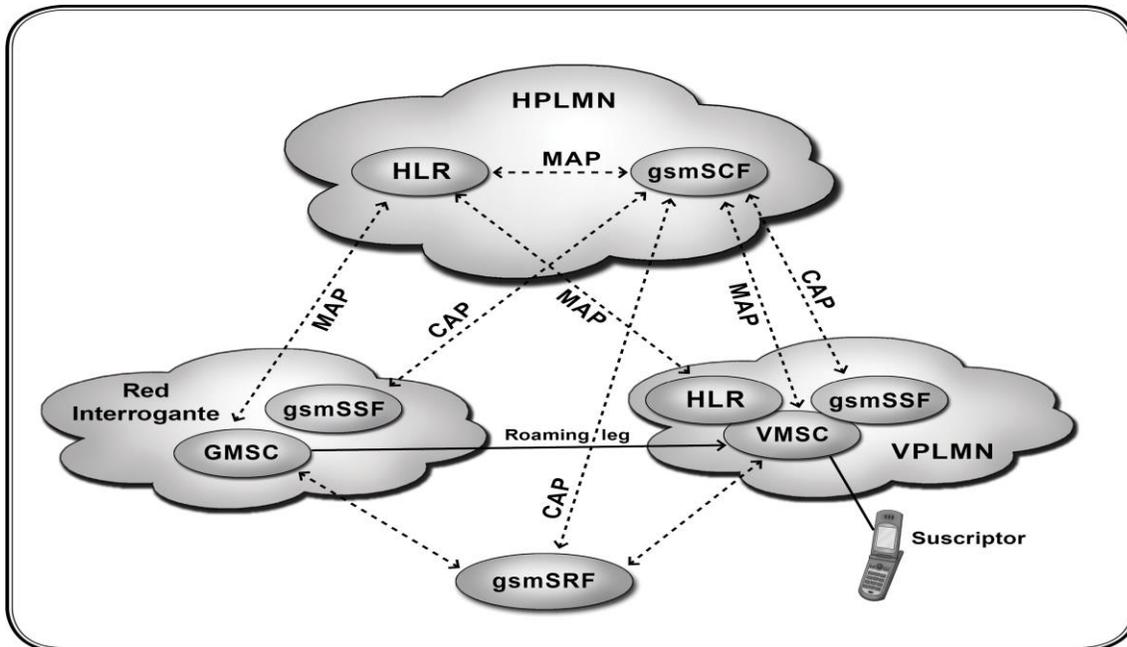
CAMEL está construido en la parte de aplicación de red inteligente (INAP, por sus siglas en inglés), la cual es utilizada en líneas fijas. INAP no soporta movilidad, por lo que no es posible utilizarla para redes móviles. El protocolo CAMEL también ayuda a los operadores móviles a tener un estándar común, debido a que antes existían muchos protocolos propietarios de operadores en el mercado.

El protocolo CAMEL no es un servicio suplementario, más bien es una función de la red. Los proveedores pueden actualizar sus redes para soportar CAMEL y habilitar nuevas funcionalidades. Actualmente, CAMEL está siendo implementado progresivamente en muchas redes. Las especificaciones de CAMEL fueron desarrolladas y liberadas en fases para facilitar una implementación y adopción temprana, cada nueva versión de CAMEL es compatible con la anterior.

La especificación de CAMEL fase 1 fue liberada en 1997, con capacidades limitadas, solamente para poder originar y recibir llamadas.

La especificación de CAMEL fase 2 fue liberada en 1998. Las nuevas funcionalidades incluían soporte para periféricos inteligentes, los cuales proveían capacidades para insertar anuncios y tonos, interacción con el suscriptor utilizando menús de voz y colección de información. También incluía la invocación de ciertos servicios suplementarios, USSD, y la función de tarificación en línea para llamadas tipo prepago. Las fases 3 y 4 de CAMEL que fueron liberadas subsecuentemente, incluyen funciones específicas como manejo de movilidad así como GPRS y UMTS.

Figura 21. **Arquitectura CAMEL**



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

La figura 21 muestra la arquitectura CAMEL basada en una red, este diagrama incluye la red de origen, la red visitada y la red de interrogación.

La red de origen representa la HPLMN de un suscriptor CAMEL o un usuario que tiene habilitada su categoría CAMEL y que está de *roaming* en otra red. En la HPLMN, el HLR y el gsmSCF son dos entidades funcionales envueltas en los procedimientos CAMEL. El HLR guarda la información del suscriptor CAMEL (CSI, por sus siglas en inglés) y la transfiere a la otra entidad que toma parte en habilitar los servicios CAMEL. La lista de los CSI, sus contenidos y sus funciones son descritos más adelante. La función de control de GSM (gsmSCF) es una nueva entidad que consiste de la lógica de servicio para los servicios específicos del operador. El HLR y el gsmSCF se comunican usando el protocolo MAP. La funcionalidad de gsmSSF, que reside en la VPLMN o en la red interrogante, se comunica con el gsmSCF por medio del protocolo de aplicación CAMEL (CAP). El HLR y el gsmSCF son direccionados por otras entidades usando títulos globales (GT).

El PLMN donde el suscriptor CAMEL está de *roaming* es llamado la red visitada, o sea el VPLMN. El VPLMN maneja todos los servicios invocados por el suscriptor que está de *roaming*. El VLR guarda la información de suscripción de CAMEL, recibida de un HLR durante el procedimiento de actualización de ubicación o cuando cambia los datos del usuario. El VLR también provee el estado de suscriptor (de *roaming*) si es interrogado por otras entidades. La función de conmutación del servicio de GSM (gsmSSF), que reside dentro de la MSC, actúa como una interface entre la MSC y el gsmSCF. El gsmSSF inicia el diálogo y obtiene instrucciones del gsmSCF para manejar el servicio CAMEL invocado por un suscriptor en su área de cobertura. El gsmSSF y gsmSCF se comunican a través del protocolo de aplicación CAMEL (CAP).

La PLMN que interroga el HPLMN para obtener información y manejar la llamada terminante del móvil se denomina la red interrogante (IPLMN). El GMSC y el gsmSSF son las entidades IPLMN, las cuales interactúan con el HLR HPLMN y el gsmSCF para obtener más instrucciones sobre cómo manejar la llamada terminante. El protocolo MAP es usado entre la interfaz GMSC-HLR. La interfaz es usada para intercambiar información de direccionamiento de rutas, estados del suscriptor, información de ubicación, información de suscripción y supresión de anuncios. Adicionalmente, los datos del suscriptor de CAMEL, que son pasados a la IPLMN, se envían sobre esta interfaz.

Existe también el nodo llamado función de recurso especializado de GSM (gsmSRF), el cual provee un conjunto de recursos especializados tales como tonos y anuncios. Por ejemplo, si el suscriptor tiene una llamada activa y se le acaba el saldo, el gsmSRF puede ser usado bajo los comandos del gsmSCF para reproducir un anuncio indicando que ya casi no tiene saldo. El componente gsmSRF fue agregado en la fase 2 de CAMEL y puede estar en la red de origen, en la red visitada o en la red interrogante. El gsmSCF utiliza el protocolo CAP para comunicarse con el gsmSRF.

El HPLMN, VPLMN y la red interrogante deben soportar el protocolo CAMEL para proveer servicios específicos del operador (OSS, por sus siglas en inglés) al suscriptor que está haciendo *roaming*.

Los PIC proveen una vista de un estado o un evento en el cual el procesamiento lógico de la llamada dentro de la MSC, VLR o SGSN puede iniciar una acción apropiada.

Los puntos de detección (DP) representan un evento transicional que ocurre entre los PIC. El gsmSSF hace estos DP visibles al gsmSCF cuando los encuentra y le permite controlar el manejo de la llamada. La lógica de servicio, que está cargada en los nodos de la red, para llevar a cabo el procesamiento de la llamada, cuando encuentra los puntos de detección se denomina un disparador. El DP puede ser armado o desarmado, armar un DP significa que el gsmSSF debe notificar al gsmSCF cuando lo encuentre. Si el DP no es armado, la MSC/VLR continúa procesando la llamada por sí misma, sin la participación del gsmSCF. El DP puede ser armado estáticamente o dinámicamente.

El protocolo CAMEL identifica tres tipos diferentes de DP:

- Solicitud de punto de detección de disparo (TDP-R): el DP se arma estáticamente. El procesamiento es suspendido cuando aparece el TDP.
- Solicitud de punto de detección de evento (EDP-R): el DP es armado dinámicamente dentro del contexto de una conexión que es controlada por CAMEL. El procesamiento es suspendido cuando aparece el EDP. El gsmSSF entonces controla la llamada de acuerdo a las instrucciones del gsmSCF.
- Notificación de punto de detección de evento (EDP-N): como el EDP-R, este DP es armado dinámicamente dentro del contexto de una conexión

que es controlada por CAMEL. Sin embargo, el procesamiento de la llamada continúa sin suspenderla cuando encuentra un EDP-N.

4.3. Información del abonado CAMEL

El HLR guarda la siguiente información de suscripción de CAMEL (CSI):

- El soporte CAMEL es requerido para el suscriptor
- Las identidades específicas de CAMEL a ser utilizadas para ese soporte

A continuación se listan los CSI relevantes para las llamadas de voz.

- O-CSI: es recibido como parte de los datos de suscriptor móvil del HLR. Indica que los servicios CAMEL pueden ser aplicados a la llamada originada y llamada transferida. El contenido del O-CSI varía dependiendo de la fase de CAMEL que tenga el suscriptor en su base de datos. El HPLMN-HLR envía el O-CSI al VPLMN VLR/MSC en la operación de insertar datos de suscriptor durante el procedimiento de actualización de localización. También se incluye en el procedimiento de enviar información de dirección cuando se llama a un usuario que está de *roaming* y el suscriptor recibe una llamada.
- T-CSI: es recibido como parte de los datos de suscriptor móvil del HLR. Indica que los servicios CAMEL deben ser aplicados para una llamada móvil recibida en la red interrogante (IPLMN).
- D-CSI: Indica que el suscriptor tiene el servicio de marcación de CAMEL. Esta es una función de la fase 3 de CAMEL que permite a los usuarios de *roaming* tener acceso a marcaciones de servicios o de funciones como si

estuvieran en su red de origen. Es decir, no tienen que marcar códigos especiales de la red visitada.

- VT-CSI: indica que el servicio de CAMEL debe ser aplicado a las llamadas terminantes en una red visitada (VPLMN).
- TIF-CSI: es usado en el HLR para registrar números de marcación corta.
- N-CSI: identifica los servicios ofrecidas en base a la red en la que se encuentra el suscriptor.

Cada CSI contiene un conjunto de elementos de información, mostrados en la tabla I:

Tabla I. **Contenido del CSI para llamadas de voz**

Contenido	O-CSI	D-CSI	T-CSI	VT-CSI	TIF-CSI	N-CSI
Lista de TDP	X		X	X	X	
Dirección de gsmSCF	X	X	X	X		
Clave de servicio (SK)	X	X	X	X		
Criterio de DP	X	X	X	X		
Manejo de llamada predeterminado	X	X	X	X		
Manejo de capacidad de CAMEL	X	X	X	X		
Estado del CSI	X	X	X	X		
Bandera de notificación	X	X	X	X	X	
Bandera de traducción de información					X	
Lista de servicios						X

Fuente: elaboración propia.

La lista de TDP indica en que punto de detección debe darse el disparo. La lista de todos los puntos de detección en los cuales el disparo se ejecuta son los siguientes:

- Para O-CSI, los puntos de detección son:
 - DP información recogida
 - DP falla de selección de ruta

- Para T-CSI, los puntos de detección son:
 - DP intento terminante autorizado
 - DP T ocupado
 - DP T no contesta

- Para VT-CSI, los puntos de detección son:
 - DP intento terminante autorizado
 - DP T ocupado
 - DP no contesta

La dirección gsmSCF indica la dirección a ser utilizada para que un suscriptor particular acceda al gsmSCF. La dirección está basada en el direccionamiento E.164. Puede haber más de un gsmSCF asociado con un TDP.

La llave de servicio identifica la lógica de servicio a ser utilizada. Una llave de servicio está asociada con cada criterio de DP.

El criterio de DP indica si el gsmSSF necesita solicitar instrucciones del gsmSCF.

El manejo de llamada predeterminado indica si la llamada debe de ser liberada o continuar como se solicita, en caso de haber un error entre el diálogo del gsmSSF y el gsmSCF o si la llamada está sujeta a un manejo de carga por parte del gsmSSF. Un manejo de llamada predeterminado está asociado con cada llave de servicio.

El manejo de capacidad CAMEL indica la fase de CAMEL que es solicitada por el gsmSCF para el servicio. El HLR no incluye en un CSI que envía a un GMSC ningún dato de la fase de CAMEL superior que el manejo de capacidad CAMEL indica, puede tener diferentes CSI. Por ejemplo, O-CSI puede tener un manejo de capacidad CAMEL con valor para indicar que es CAMEL fase 3, mientras que el T-CSI puede contener un valor indicando que soporta CAMEL fase 2.

Para permitir la interoperabilidad entre redes que soportan diferentes fases de CAMEL, el HLR decide con base en el suscriptor, aplicar un bloqueo determinado por el operador, ejecutar un manejo normal de la llamada o ejecutar un manejo específico del operador.

El estado del CSI indica si el CSI está activo o no.

La bandera de notificación indica si existe un cambio en el CSI debe disparar una notificación o no.

La bandera de información de traducción el TIF-CSI en el suscriptor CAMEL indica que:

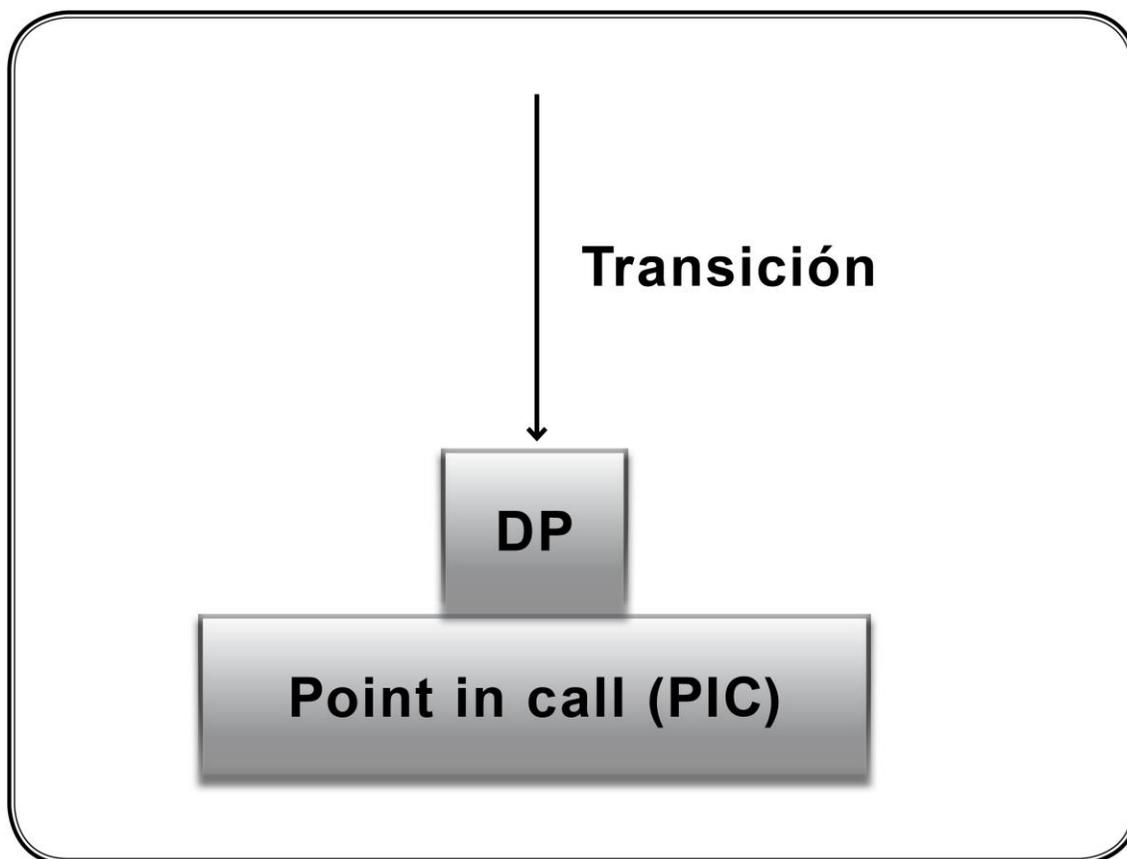
- Cuando el suscriptor registra un servicio suplementario de desvío a un número, el HLR no debe intentar realizar ninguna traducción de número.
- Cuando el suscriptor invoca el servicio suplementario de desvío de llamada, el VLR no debe de intentar ejecutar ninguna traducción de número.

La lista de servicios en el N-CSI identifica los servicios ofrecidos con base en la red de la PLMN que está sirviendo.

4.4. Modelo básico del estado de la llamada

El modelo básico del estado de la llamada (BCSM, por sus siglas en inglés) es usado para describir las acciones y las diferentes fases del procesamiento de la llamada. El BCSM consiste de dos conjuntos de lógica de procesamiento de llamada, la llamada originadora (O-BCSM) y la llamada terminante (T-BCSM). El DP y puntos en una llamada son los dos componentes principales de un BCSM. La figura 23 ilustra los componentes del BCSM.

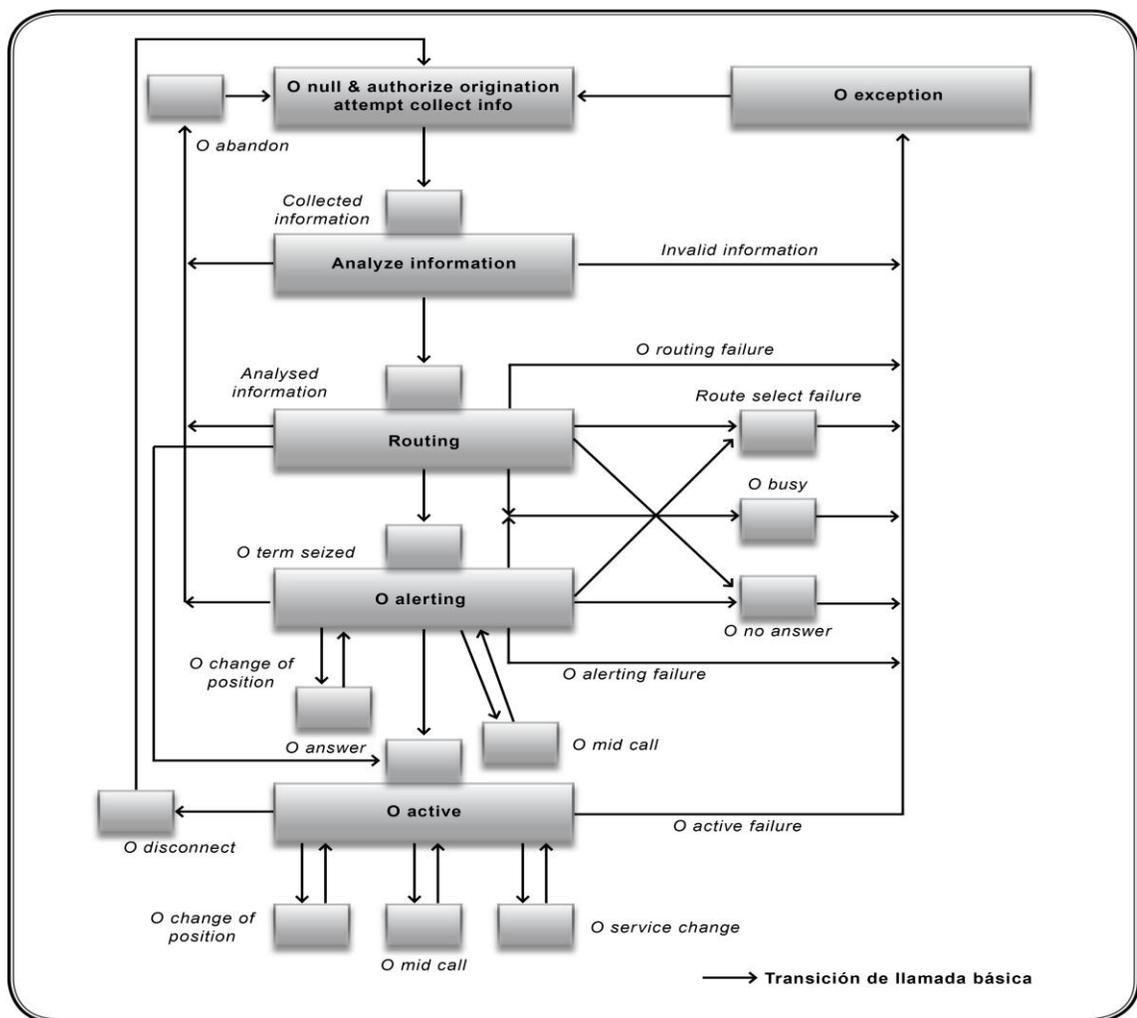
Figura 23. Componentes del BCSM



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

El O-BCSM es usado para describir las acciones tomadas por la MSC servidora para manejar una llamada invocada por un suscriptor con O-CSI activo. Esto también puede ser usado para describir acciones del MSC/GMSC para llamadas desviadas. En la figura 24 se muestra PIC y DP en las fases diferentes de una llamada.

Figura 24. Fases diferentes de una llamada



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Cuando se recibe un mensaje de configuración de un MS y la MSC/VMSC servidora encuentra una información de suscripción a CAMEL (CSI) en su VLR, la MSC suspende la llamada e inicia el diálogo con el gsmSCF en el HPLMN del abonado. Este diálogo contiene un mensaje inicial de DP indicando que un DP2 armado estáticamente, es decir, que recolecta la información, ha sido encontrado.

El gsmSCF solicita a la MSC servidora que monitoree los puntos de detección DP7, *O answer*, y DP9, *O disconnect*. El gsmSCF luego instruye a la MSC para continuar el procesamiento de la llamada.

En el caso de un escenario de llamada exitosa, cuando el abonado B contesta la llamada, la MSC envía una notificación, es decir, DP7, *O answer*. La MSC continúa procesando y monitoreando la llamada bajo instrucciones del gsmSCF. Cuando el abonado A o el abonado B terminan la llamada, la MSC le reporta el evento al gsmSCF, indicando que un DP9, *O disconnect*, ha sido encontrado.

Los puntos de detección para un BCSM originante están descritos a continuación.

- *Collected info*: este DP indica que el O-CSI está activo y ha sido analizado. El número marcado ha sido recibido en el mensaje de configuración enviado por el abonado A pero todavía no ha sido analizado.
- *Analyze information*: indica que la dirección para enviar y la naturaleza de dirección están disponibles y han sido analizadas.

- *Route select failure*: indica que el establecimiento de la llamada falló por la falla en seleccionar una ruta para la llamada.
- *O busy*: una indicación de ocupado es recibida por el abonado B, se recibe el mensaje ISUP REL por la MSC servidora con el código de causa ocupado.
- *O no answer*: indica que uno de los siguientes eventos ha ocurrido:
 - La MSC servidora ha recibido el mensaje ISUP REL con el código de causa no contesta.
 - Un *timer* de aplicación asociado con *O no answer* ha sido disparado.
- *O term seized*: una indicación de alerta se recibe del abonado B, el mensaje ISUP ACM ha sido recibido por la MSC servidora.
- *O answer*: indica que la llamada es aceptada y contestada por el abonado B, un mensaje ISUP ANM ha sido recibido por la MSC servidora.
- *O midcall*: indica que una solicitud de función de servicio es recibida del abonado A, a través de tonos.
- *O change of position*: indica que el abonado A ha cambiado de posición.
- *O disconnect*: indica que un mensaje de desconexión ha sido recibido del abonado A o un mensaje ISUP REL con el código de causa liberación normal ha sido recibido del abonado B.

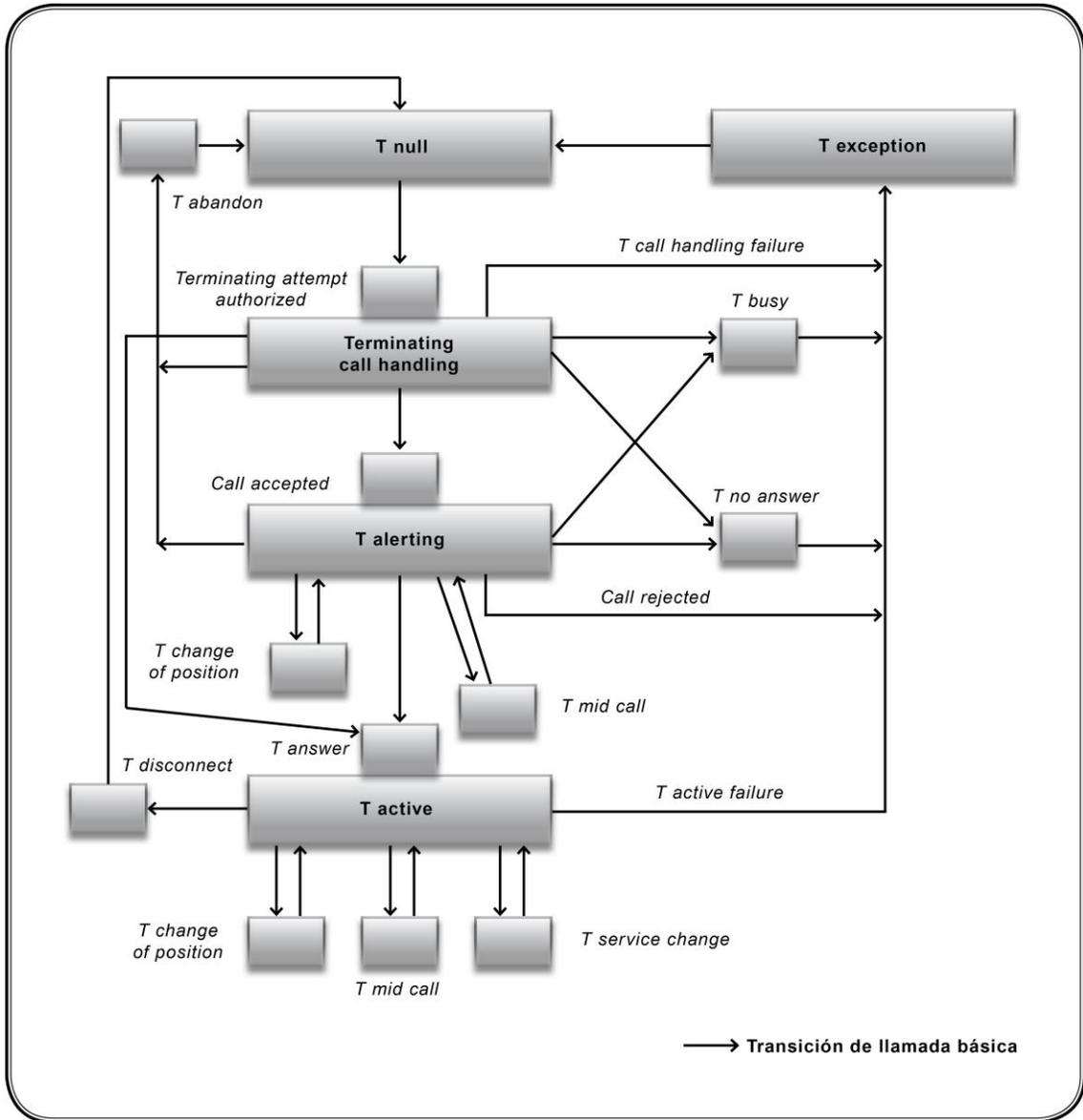
- *O abandon*: indica que un mensaje de desconexión ha sido recibido del abonado A durante la fase de establecimiento de la llamada.

El T-BCSM es usado en el caso de llamada recibida o terminante. El IPLMN GMSC examina el MSISDN del abonado B para identificar su PLMN de origen luego, el GMSC envía una solicitud al HPLMN HLR para obtener información de direccionamiento, usando el procedimiento de envío de información de direccionamiento (SRI). El HLR responde con la información para direccionamiento, incluyendo el CSI del abonado B. La GMSC verifica el CSI recibido y actúa de acuerdo al mensaje.

Si el T-CSI está activo y el criterio de disparo de un DP se cumple, el procesamiento de la llamada se suspende para obtener instrucciones del gsmSCF. Un mensaje inicial de DP es enviado, informando al gsmSCF que un mensaje DP12 se arma estáticamente, es decir, un intento autorizado de llamada recibida fue encontrado en el T-BCSM. El gsmSCF solicita al GMSC monitorear los DP *T answer* y *T disconnect*. El gsmSCF luego solicita al GMSC continuar con el procesamiento de la llamada. Una vez el abonado B contesta, el GMSC envía la notificación al gsmSCF en el mensaje DP *T answer*.

El procesamiento de la llamada continúa de acuerdo con el gsmSCF, y el GMSC continúa monitorear el estado de la llamada y notifica al gsmSCF de la desconexión de la llamada por el abonado A o por el abonado B. La figura 25 describe los posibles PIC y DP en diferentes fases de una llamada, los cuales se explican a continuación.

Figura 25. Posibles PIC y DP en fases de una llamada



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

- *Terminating attempt authorized*: indica que el T-CSI está activo y analizado.

- *T busy*: indica que una señal de ocupado ha sido recibida de la central remota.
- *T no answer*: esto indica que un temporizador de aplicación asociado con el DP *T no answer* ha expirado.
- *Call accepted*: indica que el abonado B está timbrando.
- *T answer*: indica que la llamada ha sido contestada por el abonado B.
- *T midcall*: indica que una solicitud de función de servicio es recibida del abonado B por medio de tonos.
- *T change of position*: indica que el abonado B ha cambiado de posición.
- *T disconnect*: indica que un mensaje de desconexión ha sido recibido del abonado A o del abonado B.
- *T abandon*: indica que un mensaje de desconexión ha sido recibido del abonado A durante la fase de establecimiento de la llamada.

4.5. Flujo de información CAMEL

La siguiente tabla describe el flujo de información CAMEL para soportar las llamadas de voz.

Tabla II. Flujo de información CAMEL

Operación Camel Flujo de información (IF)	Descripción
gsmSSF --> gsmSCF	
<i>Activity test ack</i>	Respuesta de prueba de actividad del IF.
<i>Apply charging report</i>	Respuesta a la solicitud de aplicación de cobro.
<i>Call information report</i>	Información de llamada específica la solicitud de información de llamada.
<i>Disconnect leg ack</i>	Respuesta exitosa a la fase de desconexión.
<i>Entity released</i>	Enviado al gsmSCF para informar la liberación de una entidad lógica causada por una excepción o error.
<i>Event report BSCM</i>	Usado para notificar acerca de un evento relacionado con una llamada después de que ha ocurrido, por ejemplo, eventos como contestar y desconectar.
<i>Initial call attempt ack</i>	Respuesta exitosa al intento de iniciar una llamada
<i>Split leg ack</i>	Respuesta exitosa a la fase de división del IF.
gsmSCF --> gsmSSF	
<i>Activity test</i>	Usado para chequear si hay una relación entre el gsmSCF y el gsmSSF. Se deben de tomar acciones apropiadas de no encontrarse una relación, es decir si no hubo una respuesta a la prueba.
<i>Apply charging</i>	Usado para instruir al fsmSSF para aplicar mecanismos de cobro para controlar la duración de la llamada.
<i>Call gap</i>	Usado para contro el número de requisiciones de servicio enviados al gsmSCF.
<i>Call informatio request</i>	Esto es utilizado para instruir al fsmSSF para registrar información específica acerca de una llamada y generar un reporte.
<i>Cancel</i>	Solicitud para para cancelar todos los eventos de DP y reportar.
<i>Connect</i>	Solicitud al gsmSSF para ejectar las acciones requeridas de procesamiento de llamadas para direccionar una llamada a su destino.
<i>Connect to resource</i>	Solicitud para conectar una llamada a un recurso especializado.
<i>Continue</i>	Solicitud al gsmSSF para continuar una llamada previamente suspendida.
<i>Continue with argument</i>	Solicitud al gsmSSF para continuar una llamada previamente suspendida pero con información de la configuración de la llamada modificada.
<i>Disconnet forward connection</i>	Solicitud para desconectar una conexión con el gsmSRF
<i>Disconnet forward connection with argument</i>	Solicitud para desconectar una conexión con el gsmSRF. Esto es usado explícitamente para desconectar una llamada que fue previamente establecida para conectar un recurso o para elestablecimiento de conexión temporal.
<i>Disconnect leg</i>	Solicitud al gsmSSF para liberar una fase específica de una llamada mientras mantienen las otras fases de esa llamada
<i>Establish temporary conection</i>	Solicitud para crear uan conexión entre un gsmSSF inicial y un gsmSSF asistente como parte de un procedimiento de asistencia. También es usado para establecer una conexión entre un gsmSSF y un gsmSRF.
<i>Furnish charging information</i>	Solicitud al gsmSSF para incluir información relacionada a la llamada en un registro de llamada CAMEL.
<i>Initial call attempt</i>	Request to the gsmSSF para establecer una nueva llamada o agregar un nuevo abonado a una llamada ya establecida.
<i>Move leg</i>	Solicitud al gsmSSF para mover una fase de la llamada a otro segmento.
<i>Play tome</i>	Solicitud para poner un tono o una secuencia de tonos a una fase particular de la llamada.
<i>Release call</i>	Solicitud para terminar una llamada
<i>Request report BCSM event</i>	Solicitud al gsmSSF para monitorear un evento relacionado a una llamada y luego enviar una notificación cuando detecte el evento.
<i>Reset timer</i>	Solicitud para reinicializar un timer específico.
<i>Send charging information</i>	Información de tarificación a ser enviada al MS.
<i>Split leg</i>	Solicitud para mover una fase de la llamada de segmento de la llamada a otro segmento ya existente.

Continuación de la tabla II.

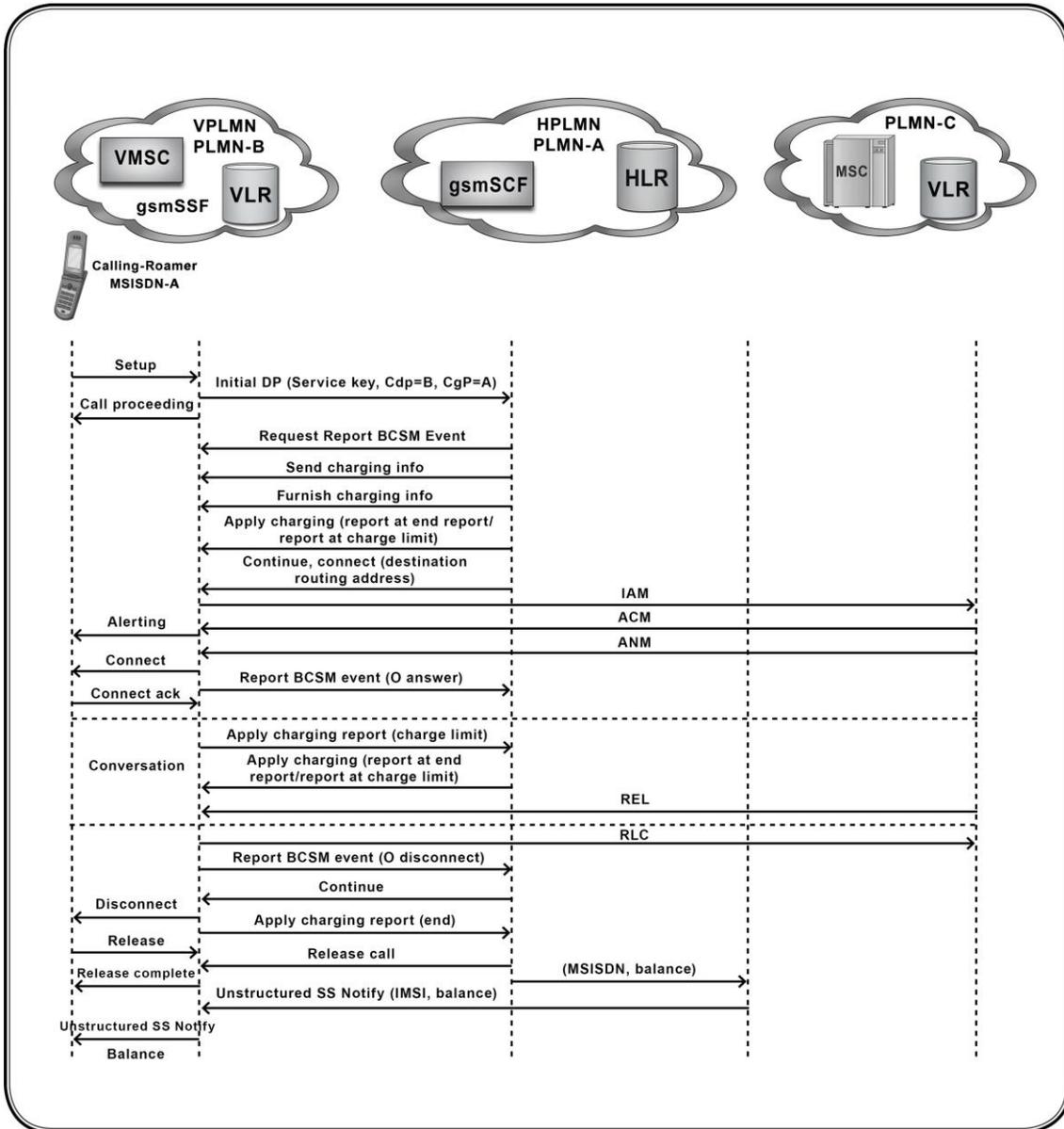
HLR --> VLR	
<i>Delete subscriber data</i>	Usado por el HLR para borrar los datos de suscripción CAMEL de un VLR
<i>Insert subscriber data</i>	El HLR usa esta IF para actualizar al VLR con datos específicos del suscriptor. Información específica del abonado CAMEL como el O-CSI y el T-CSI son transferidos por este procedimiento.
<i>Provide subscriber info</i>	El HLR puede solicitar en cualquier momento información de un suscriptor haciendo roaming en una VPLMN. El VLR envía una respuesta con la información del suscriptor, por ejemplo la localización, el IMEI y la versión de software.
VLR --> HLR	
<i>Insert subscriber data ack</i>	Respuesta al mensaje de insertar datos del suscriptor.
<i>Provide subscriber info ack</i>	Respuesta al mensaje de proveer información del suscriptor.
<i>Update location</i>	Usado por el VLR para proveer información acerca de las fases de CAMEL soportadas al HLR.
<i>Restore</i>	Usado por el VLR para proveer información acerca de las fases de CAMEL soportadas al HLR.
HLR --> GMSC	
<i>Send routing info ack</i>	Respuesta al IF de envío información para direccionamiento. El HLR transfiere la información de direccionamiento para permitir al GMSC direccionar la llamada a la MSC destino.
<i>Send routing info</i>	La GMSC usa esta operación para solicitar información del HLR para poder direccionar una llamada terminante
<i>Resume call handling</i>	Solicitud al GMSC para tomar el control de la llamada.
MSC --> VLR	
<i>Send info for ICA</i>	Usado para solicitar al VLR que provea información para manejar una fase de llamada saliente por el gsmSCF.
<i>Send info for incoming call</i>	Usado para solicitar al VLR que provea información para manejar una llamada entrante
<i>Send info for MT reconnected call</i>	La MSC usa esto para requerir al VLR que provea información para manejar una llamada terminante reconectada
<i>Send info for outgoing call</i>	Usado para solicitar al VLR que provea información para manejar una llamada saliente
<i>Send info for reconnected call</i>	La MSC usa esto para requerir al VLR que provea información para manejar una llamada originante reconectada
VLR --> MSC	
<i>Complete call</i>	Solicitud a la MSC para continuar la conexión de una llamada
<i>Continue CAMEL handling</i>	Solicitud a la MSC para continuar la conexión de una llamada de CAMEL
<i>Process call waiting</i>	Solicitud a la MSC para continuar la conexión de una llamada en espera
<i>Send info for ICA negative response</i>	Respuesta negativa para indicar que la fase de la llamada saliente para la que la MSC solicitó información de suscripción no será conectada.
<i>Send info for incoming call ack</i>	Usado para indicar que la llamada entrante para la cual la MSC solicitó información de suscripción debe de ser desviada.
<i>Send info for incoming call negative response</i>	Usado para indicar que la llamada entrante para la cual la MSC solicitó información de suscripción no debe de ser conectada
<i>Send info for MT reconnected call ack</i>	Usado para indicar a la MSC que continúe la conexión de una llamada terminante reconectada
<i>Send info for MT reconnected call negative response</i>	Usado para indicar la llamada terminante reconectada para la cual la MSC solicitó información de suscripción no debe ser conectada.
<i>Send info for reconnected call ack</i>	Solicitud a la MSC para continuar la conexión de una llamada originante reconectada.
<i>Send info for reconnected call negative ack</i>	Usado para indicar que la llamada reconectada para la cual MSC solicitó información de suscripción no debe ser conectada.
INTERNAL MSC	
<i>Perform Call forwarding ack</i>	Este IF es usado para informar a la MSC que un desvío de llamada está ocurriendo
gsmSCF --> HLR	
<i>Send routing info</i>	Una solicitud de información del HLR para direccionar a una llamada iniciada por un gsmSCF
HLR --> gsmSCF	
<i>Send routing info ack</i>	Respuesta a un IF de solicitud de información de direccionamiento.

Fuente: elaboración propia.

4.6. Escenario de llamada de un usuario prepago de *roaming* CAMEL

Con relación al escenario de llamada de un usuario prepago de *roaming* CAMEL, la figura 26 muestra el flujo de mensajes de señalización de una llamada saliente iniciada por un suscriptor en una red visitada. El número MSISDN-A, que pertenece a la PLMN-A, está visitando la PLMN-B. Se asume que el suscriptor ya está autenticado y registrado en la PLMN-B.

Figura 26. Flujo de mensajes de señalización



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

A continuación se detallan los pasos descritos en la figura 26:

- El suscriptor marca un destino que pertenece a la PLMN-C.
- La VMSC servidora recibe un mensaje de configuración de llamada y chequea los datos de suscripción de A para determinar si tiene activo un O-CSI. El VLR ha actualizado los datos de suscripción previamente, durante un procedimiento de actualización de ubicación con el HPLMN. El O-CSI identifica que el suscriptor tiene servicios de CAMEL para poder originar llamadas.
- Si el O-CSI está presente, la VMSC suspende la llamada y examina el O-CSI para obtener la dirección del gsmSCF y establecer una relación de control de CAMEL.
- La VMSC (gsmSSF) envía un *initial DP* con un evento armado BSCM DP como información recogida para solicitar instrucciones del gsmSCF. Este flujo de información también incluye otros elementos de información obligatorios tales como la clave de servicio y los números de A y de B.
- El gsmSCF instruye al VMSC enviando un *request report BSCM event* (RRBE) para monitorear un evento relacionado con la llamada y notificarlo.
- El gsmSCF envía un *advice of charge* para esa etapa particular de una llamada, usando *send charging info*.
- El gsmSCF luego envía una solicitud para incluir información específica de la llamada en el CDR final generado para esta llamada, usando *furnish charging information*.

- El gsmSCF envía instrucciones al gsmSSF acerca del mecanismo de cobro para esta llamada, usando *apply charging*. Esto incluye información tal como el tiempo máximo de duración de la llamada después del cual debe ser liberada o cortada y el cambio de tarifa hasta que el siguiente cambio de tarifa aplique.
- El gsmSCF luego solicita al gsmSSF que continúe el procesamiento de la llamada y conecte la llamada, usando la información para direccionamiento incluida en el mensaje *connect*.
- La VMSC envía un ISUP IAM a la PLMN destino (PLMN-C en este caso).
- La VMSC envía un mensaje *alerting* al abonado A recibiendo un ISUP ACM de la PLMN-C.
- Cuando se recibe el mensaje ISUP ANM de la PLMN-C, la VMSC envía un mensaje *connect* al MS y establece una conexión para permitir un canal de voz.
- La VMSC contacta al gsmSCF para reportar un evento *O answer* y obtener instrucciones adicionales.
- Durante la llamada, el gsmSSF puede enviar un mensaje de *apply charging report* al gsmSCF. Este puede incluir información si la etapa de la llamada debe ser liberada o cortada porque se expiró el tiempo disponible.
- Si cualquiera de los abonados cuelga la llamada, la VMSC coordina con el PLMN destino y libera todos los recursos empleados, también reporta

al gsmSCF un evento O *disconnect*. Por último, envía un reporte de cobro al gsmSCF, usando *apply charging report*.

- El gsmSCF invoca un procedimiento USSD con el HLR para enviar información del saldo de crédito al suscriptor de *roaming*.

5. MANEJO DEL SERVICIO DE *ROAMING* Y LOCALIZACIÓN DE FALLAS

El servicio de *roaming* trae significantes beneficios a los proveedores de servicio celular, también es uno de los servicios más populares ofrecidos por las empresas. Gestionar el servicio de *roaming*, sin embargo, es un desafío porque hay muy pocos datos disponibles acerca del servicio en los elementos de la red de origen. El monitoreo de los elementos de red y la señalización asociada en los enlaces de datos para ver su estado de disponibilidad y desempeño proveen una buena indicación de la salud de la red, pero revelan muy poco acerca del servicio en sí. En situaciones de la vida real, es muy común que un suscriptor no pueda acceder a un servicio aunque el estado de la red no muestre ninguna falla. Por ejemplo, un centro de monitoreo de red basado en monitoreo de los elementos de red puede que no genere una alerta en caso de un mal direccionamiento a nivel de rutas. Un error de este tipo genera una falla del servicio de *roaming*, los mensajes críticos como actualización de localización no llegarían al HPLMN HLR. Por lo tanto, es necesario evolucionar a una estrategia diferente para el monitoreo de servicios tan complejos como lo es el *roaming*.

Muchas veces, la interrupción o degradación del servicio de *roaming* pasa desapercibida por mucho tiempo, resultando en una pérdida de ingresos, porque los suscriptores no llaman a servicio al cliente de una manera rápida. Los suscriptores entrantes de *roaming*, cuando encuentran un problema, prefieren cambiarse a otra red que esté disponible, dado que ellos tienen esa opción y les es indiferente la red visitada que utilicen.

Los suscriptores salientes de *roaming*, por otra parte, puede que no reporten el problema hasta que estén de vuelta en su red de origen. Por lo tanto, es importante monitorear el servicio de *roaming* proactivamente para detectar degradación o interrupción antes de que el usuario de lo note.

A continuación, se examinarán varios indicadores claves de calidad que caracterizan el servicio de *roaming* y como se pueden monitorear proactivamente para asegurar una interrupción mínima.

5.1. Conceptos generales de calidad de servicio

Un usuario típico no está consciente ni preocupado en como un servicio particular ha sido diseñado e implementado. Generalmente, los usuarios expresan su grado de satisfacción de un servicio en una forma no técnica. La percepción del usuario de la calidad está basada simplemente en su experiencia usando el servicio de extremo a extremo, es decir, nunca tomará en cuenta la red.

El desempeño de la red es un factor crítico, pero la calidad del servicio no es solamente eso. Otros factores externos, tales como el tipo de teléfono móvil, la tarifa del servicio, la atención al cliente, tienen una influencia seria en la percepción del usuario y en su satisfacción. La cuestión es cómo medir la percepción del usuario en la calidad del servicio.

Una de las definiciones más frecuentes usadas para calidad de servicio (QoS) está en la recomendación de la ITU-T E.800, donde se define la QoS desde la perspectiva final del usuario y su relación con el desempeño de la red. La calidad de servicio es el efecto colectivo del desempeño del servicio, el cual determina el grado de satisfacción de un usuario.

El documento ITU-T E.800 define el desempeño de la red como la habilidad de una porción de la red para proveer las funciones relacionadas a la comunicación entre usuarios.

Los proveedores de red miden el desempeño de sus porciones de red o componentes de servicio individual con un indicador de desempeño clave (KPI, por sus siglas en inglés). Por definición, los KPI están enfocados en la red. Los KPI son mediciones muy importantes y útiles para las operaciones de red, ya que indican la salud de un componente de servicio. Sin embargo, ellos solos no pueden ser usados para especificar los requerimientos de usuario a nivel de QoS o representar la experiencia de usuario de extremo a extremo.

Dado que al usuario solamente le interesa el producto final ofrecido por la empresa de telefonía, nuevos indicadores claves de calidad (KQI) son definidos para medir un aspecto específico del desempeño del producto. Los KQI están derivados de los KPI y otras fuentes de datos que pueden influenciar la satisfacción del cliente.

La tabla III ilustra la distinción entre el desempeño de la red y la calidad de los servicios como son descritos en la especificación ETSI ETR 300.

Tabla III. **Comparación entre el desempeño de la red y la calidad de servicio**

Desempeño de la red	Calidad de servicio
Orientado al proveedor, enfocado en la red	Orientada al usuario, enfocada en el servicio
Enfoque en atributos de la conexión, por ejemplo rendimiento	Atributos del servicio, por ejemplo, velocidad
Enfocado en la planeación, diseño y desarrollo, operación y mantenimiento	Enfocada en efectos observados por el usuario
Enfocado en las capacidades de conexión de la red	Toma en cuenta la percepción del usuario

Fuente: elaboración propia.

5.1.1. Indicadores de calidad independientes del servicio

A continuación se presentan los indicadores más importantes que son independientes del servicio. Estos son los que se pueden medir fácilmente a través de estadísticas que generalmente proporcionan los equipos de red.

- **Accesibilidad de red:** cuando un suscriptor de *roaming* trata de acceder una red visitada, esta autentica al usuario con la red de origen y obtiene la información del suscriptor por medio del procedimiento de actualización de localización. El éxito de esta operación depende del desempeño de la red de origen y de la red visitada.

- La red visitada provee acceso de radio y direccionamiento de los mensajes requeridos a la red de origen. La red de origen actualiza el HLR con la nueva localización y provee la información necesaria de suscriptor a la red visitada.
- La tasa de éxito de LU (actualización de ubicación) es un buen indicador de la cobertura de la red y es usada como una medida de la accesibilidad de red para redes GSM y GPRS desde una perspectiva de roaming.

5.1.2. Indicadores de calidad dependientes del servicio

A continuación se describen los indicadores de calidad que son dependientes del servicio.

- **Accesibilidad de servicio:** se refiere a la calidad del acceso a servicio, está determinada por la tasa de éxito de los servicios que el suscriptor trata de acceder, tales como el establecimiento de una llamada de voz, recibir un correo de voz, enviar y recibir SMS. El QoS como lo experimenta un usuario cuando utiliza un servicio se llama integridad del servicio. Por ejemplo, la calidad de voz en una llamada de voz es un indicador de la integridad del servicio.
- **Retención del servicio:** describe la terminación de un servicio (que no fue terminado por el usuario). Por ejemplo, una vez el usuario establece una llamada en la fase de conversación, debería de permanecer establecida hasta que una de las partes cuelgue. Sin embargo, en un escenario de la vida real, hay una posibilidad de que la llamada se corte prematuramente, por ejemplo debido a una mala cobertura.

5.1.3. Indicadores de calidad por servicios

Con relación a los servicios de GSM, en la tabla IV se listan los indicadores de calidad claves para algunos servicios populares utilizados por un suscriptor en una red GSM. La fórmula para calcular cada KQI también está explicada.

Tabla IV. **Servicios GSM y KQI**

Servicios	KQI de acceso a servicio	Fórmula abstracta
Llamadas de voz	Accesibilidad al servicio	Accesibilidad al servicio (%) = $\frac{\text{Número de intentos exitosos de llamadas} * 100}{\text{Número de intentos de llamadas}}$
	Tiempo de establecimiento de la llamada	Tiempo desde que se marca hasta que se escucha el timbrado o una indicación de ocupado
	Tasa de completación de llamada	CCR % = $\frac{\text{números de llamadas terminadas intencionalmente} * 100}{\text{Número de intentos exitosos de llamadas}}$
	Calidad de voz	La calidad de voz es medida de acuerdo a la recomendación ITU-T P.862, y es indicada en términos de puntuación de MOS.

Fuente: elaboración propia.

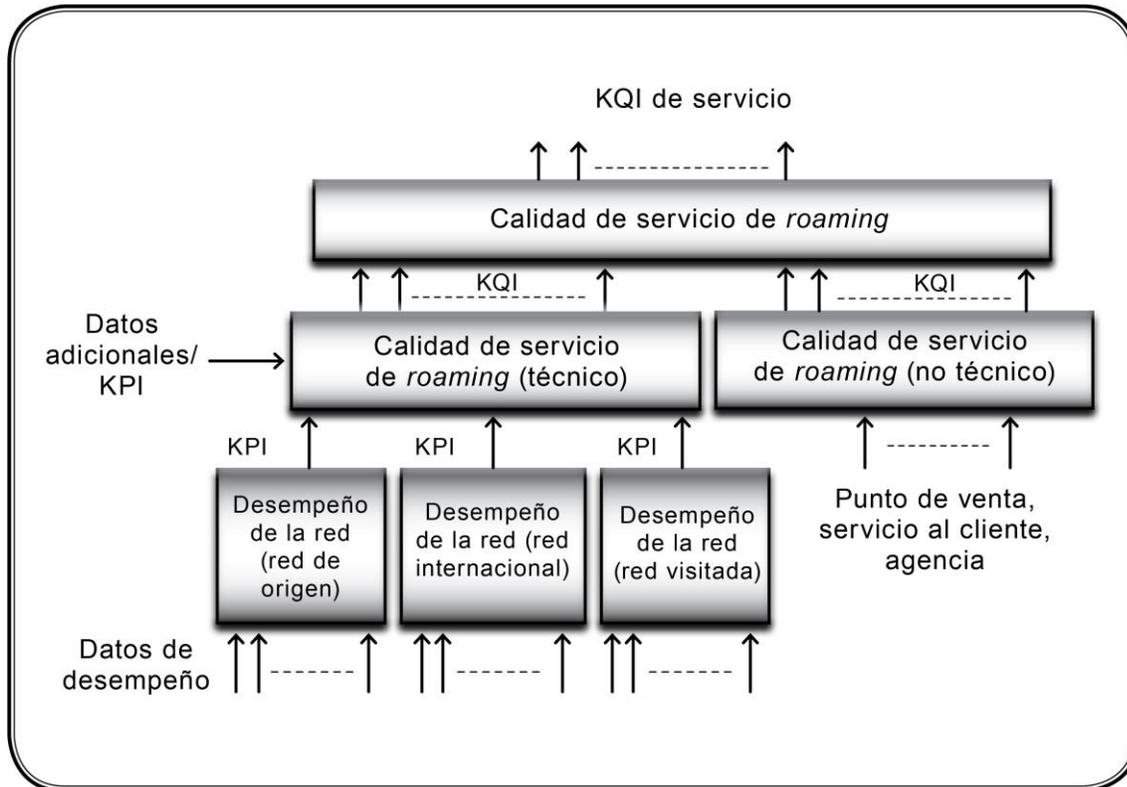
5.2. Calidad de servicio de *roaming*

El servicio de *roaming* es un servicio único en el sentido que el QoS experimentado por un usuario depende de dos redes, la visitada y la de origen. Por ejemplo, un suscriptor llega a una red visitada, el mensaje de actualización de localización es enviado por el VLR en la red visitada al HLR en la red de origen, todo esto a través de un enlace internacional.

Es posible que el procedimiento de actualización de localización falle y el suscriptor no se pueda registrar en la red visitada. Desde la perspectiva del usuario, la accesibilidad es cero. Desde una perspectiva técnica puede pasar, por ejemplo, debido a una mala configuración de tablas de direccionamiento en la MSC servidora (es decir, la red visitada) o en un equipo en el enlace internacional o en la red de origen.

De forma similar, un retraso en el registro en una red visitada puede ser causado por un retraso en el direccionamiento de un mensaje de UL en la red visitada, en el enlace internacional o en la red de origen. Este aspecto debe ser tomado en consideración cuando se determinen los KQI del servicio de *roaming*. La figura 27 muestra un modelo tentativo de los KQI, describe la relación entre el desempeño de la red de origen, la visitada, las redes internacionales con el QoS técnico.

Figura 27. QoS de *roaming*



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

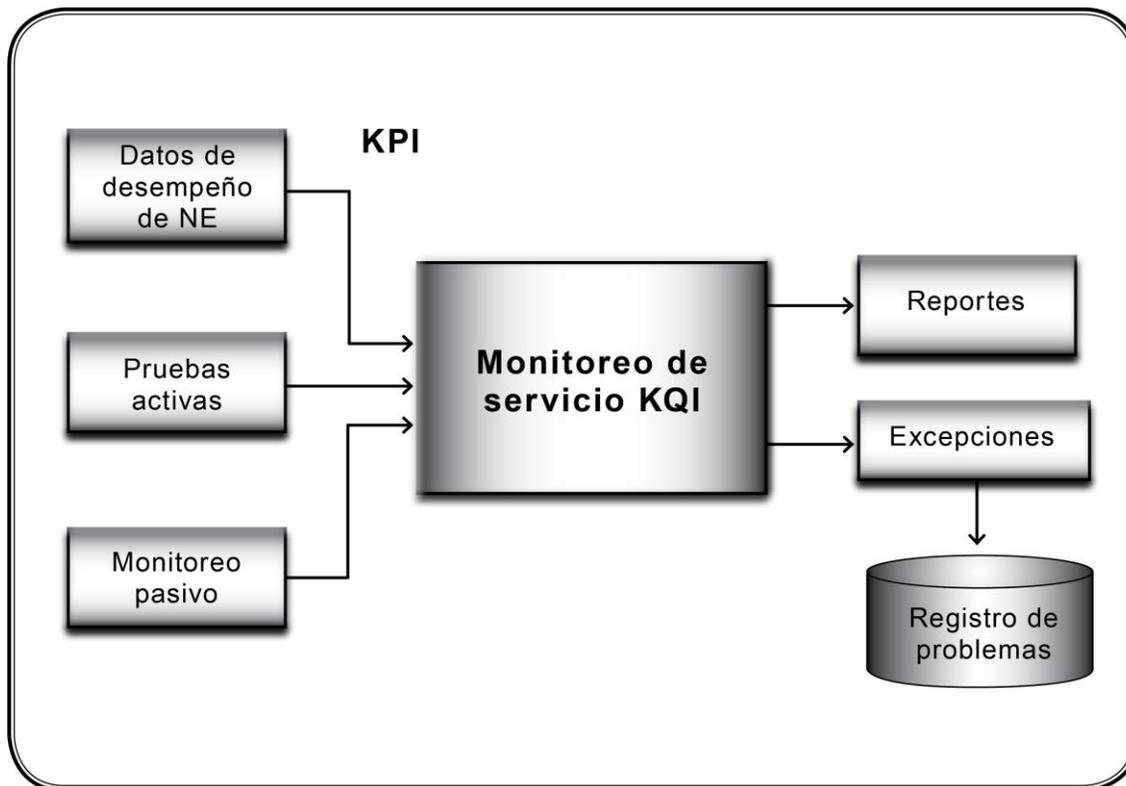
5.3. Monitoreo del servicio en forma proactiva

Hay tres fuentes de datos comunes de desempeño para obtener los KQI de *roaming*: los elementos de red, los resultados de pruebas en tiempo real y los datos del monitoreo pasivo de las transacciones de *roaming*. Los datos de falla y desempeño de los elementos de red envueltas en el servicio, como los HLR, VLR, GMSC, y puerta SCCP, no son específicos del servicio pero se pueden usar como una indicación de la salud del servicio de *roaming*.

Una limitación sería con este tipo de monitoreo es que está limitado a la red de origen. Muchas de las soluciones comunes disponibles en el mercado están basadas en pruebas activas o un monitoreo pasivo. El enfoque activo está basado en simular un suscriptor de *roaming*, realizando las tareas que un usuario haría en un escenario real. Este enfoque permite un monitoreo del servicio de extremo a extremo desde la perspectiva de un usuario final. Los resultados de estas pruebas son usados para obtener los KQI del servicio.

El otro enfoque está basado en el monitoreo pasivo del tráfico de *roaming* entre las redes asociadas. En este caso, el 100 por ciento de las transacciones de *roaming* son tomadas en consideración para determinar los KQI del servicio. Cada enfoque tiene sus pros y sus contras. La figura 28 muestra el concepto del monitoreo proactivo del servicio usando los indicadores de desempeño de las tres fuentes.

Figura 28. **Monitoreo del desempeño**



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

5.3.1. **Monitoreo del servicio de *roaming* utilizando sondas activas**

Simulando la actividad de un suscriptor de *roaming*, este enfoque puede medir el desempeño de varios servicios desde la interface de aire en la red de conmutación y todo el camino a las aplicaciones finales. Los sistemas disponibles generalmente soportan pruebas por demanda y pruebas periódicas. El desempeño del servicio de *roaming* puede ser obtenido consolidando los resultados de las pruebas periódicas.

Una sonda activa se refiere, según el documento GSM MoU PRD IR .41, a los requerimientos para el equipo de medición de QoS. El equipo de pruebas móvil de QoS (MQT, por sus siglas en inglés) emula un cliente típico, usando los servicios ofrecidos por la red que se está evaluando. Para simular las opciones de movilidad del usuario, está instalado en una localización fija o en un vehículo. El MQT soporta los dos escenarios, llamadas originadas y llamadas recibidas. Más de un MQT se requiere para probar escenarios tales como llamadas de móvil a móvil.

Para probar llamadas a líneas fijas se puede requerir equipo adicional, el cual se llama equipo de prueba de QoS fijo (FQT). El FQT también actúa como un cliente para servicios que no son de voz como SMS, MMS y WAP. En muchos casos, las implementaciones del MQT y el FQT están combinadas en el mismo equipo de medición.

Como mínimo, el equipo MQT/FQT debería tener las siguientes características:

- Equipo necesario para simular llamadas móviles: el MQT requiere flexibilidad en términos de control, ejecución e información de protocolo para interpretar los resultados. Generalmente el MQT/FQT soporta más de una interfaz. Usualmente los módems están conectados a la BTS a través de una antena.
- Capacidades de control remotas: se espera que el MQT esté instalado remotamente y sin atención. Se requiere una capacidad para restablecer y reiniciar remotamente el equipo.

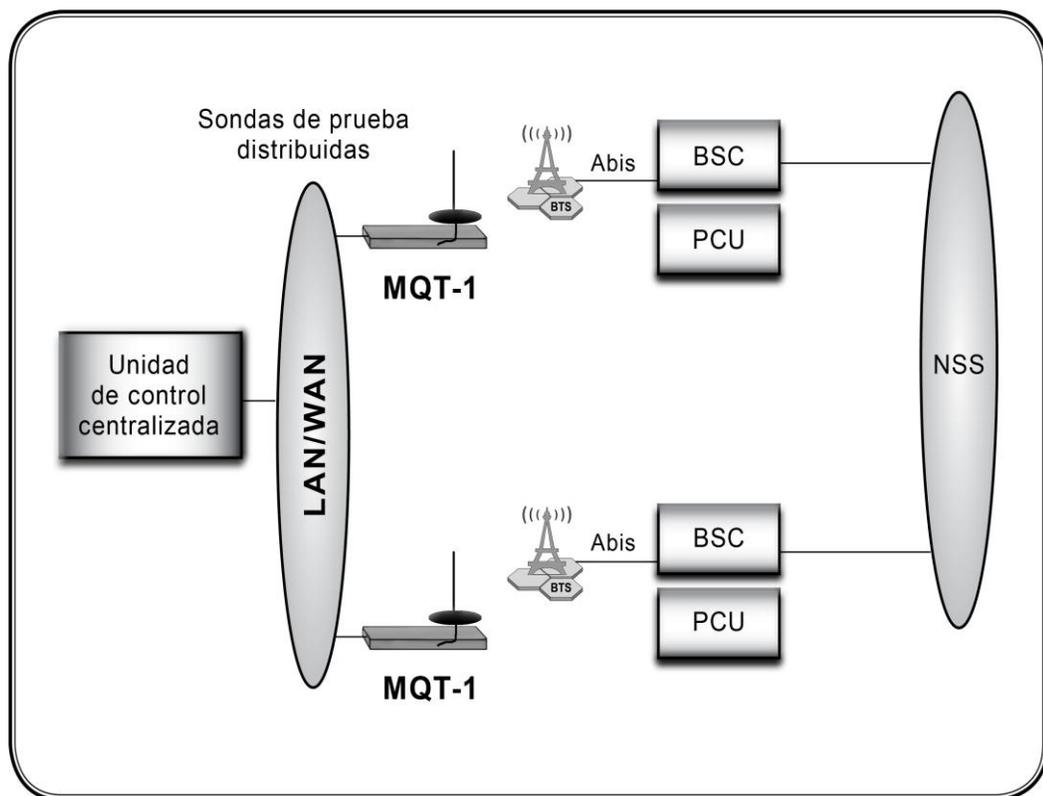
- Temporización y sincronización: para calcular los indicadores de calidad basados en tiempo, los MQT están equipados con una buena fuente de sincronización, generalmente están conectados a un servidor de reloj o a un GPS.
- Funciones de pruebas: el MQT y el FQT soportan mediciones de KQI. Adicionalmente a los muchos servicios comunes utilizados por los suscriptores de *roaming*, el MQT también puede realizar pruebas basadas en IREG 24, IREG 26, IREG 27 e IREG 35 periódicamente.
- Pruebas programadas: debe tener capacidad de realizar pruebas programadas.
- Bitácora de datos: los resultados de las pruebas son grabados en una base de datos dentro de una unidad o exportados a una unidad central.
- Interfaz de conexión: generalmente basada en una interfaz hombre-máquina, consiste de mecanismos para definir y programar las pruebas y para manejar los resultados.

Las pruebas de *roaming* entrante requieren el despliegado de varias sondas activas a través de la red con las SIM de las redes asociadas. El número de las sondas distribuidas geográficamente depende la cobertura requerida. Usualmente, las sondas son desplegadas en áreas consideradas las más importantes para el negocio, donde la concentración de usuarios de *roaming* es bastante alta. Otras posibilidades son los puntos de entrada y salida tales como los aeropuertos.

Muchas de las soluciones comerciales ofrecen un manejo central de SIM donde las SIM permanecen en una localidad central y se utilizan SIMs virtuales que son descargadas para realizar las pruebas necesarias en determinada localidad.

Esta característica es requerida dado que no puede ser posible tener tantas SIM de cada red asociada para ser instalada en cada sonda remota. Dependiendo del tipo de servicio a ser evaluado, una o dos sondas son requeridas para realizar la prueba de extremo a extremo.

Figura 29. **Monitoreo de servicio de *roaming* con sondas activas**



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

La figura 29 muestra una arquitectura típica para el despegado de sondas. El sistema, en general, realiza pruebas periódicas como se definen en PRD IR.24, IR.26, e IR.27 para GSM, las pruebas que requieren intervención manual son excluidas. Los indicadores de calidad son obtenidos de los resultados de las pruebas sobre un periodo de tiempo.

Las pruebas de *roaming* salientes requieren sondas que deben ser colocadas en las redes asociadas. No es factible colocar sondas en todas las redes asociadas por cuestiones técnicas, comerciales y legales. Los proveedores que están operando como parte de una corporación global tienen una ventaja competitiva para implementar las pruebas de *roaming* salientes ya que pueden llegar a acuerdos más fácilmente. Pruebas de *roaming* globales de proveedores independientes también están comercialmente disponibles. En este caso, los proveedores independientes despliegan la infraestructura y las empresas de telefonía alquilan el servicio y pagan de acuerdo a la cantidad de pruebas realizadas. Las sondas están localizadas generalmente en posiciones estratégicas como centros de negocios o puntos turísticos en la red extranjera.

5.3.2. Monitoreo del servicio de *roaming* utilizando sondas pasivas

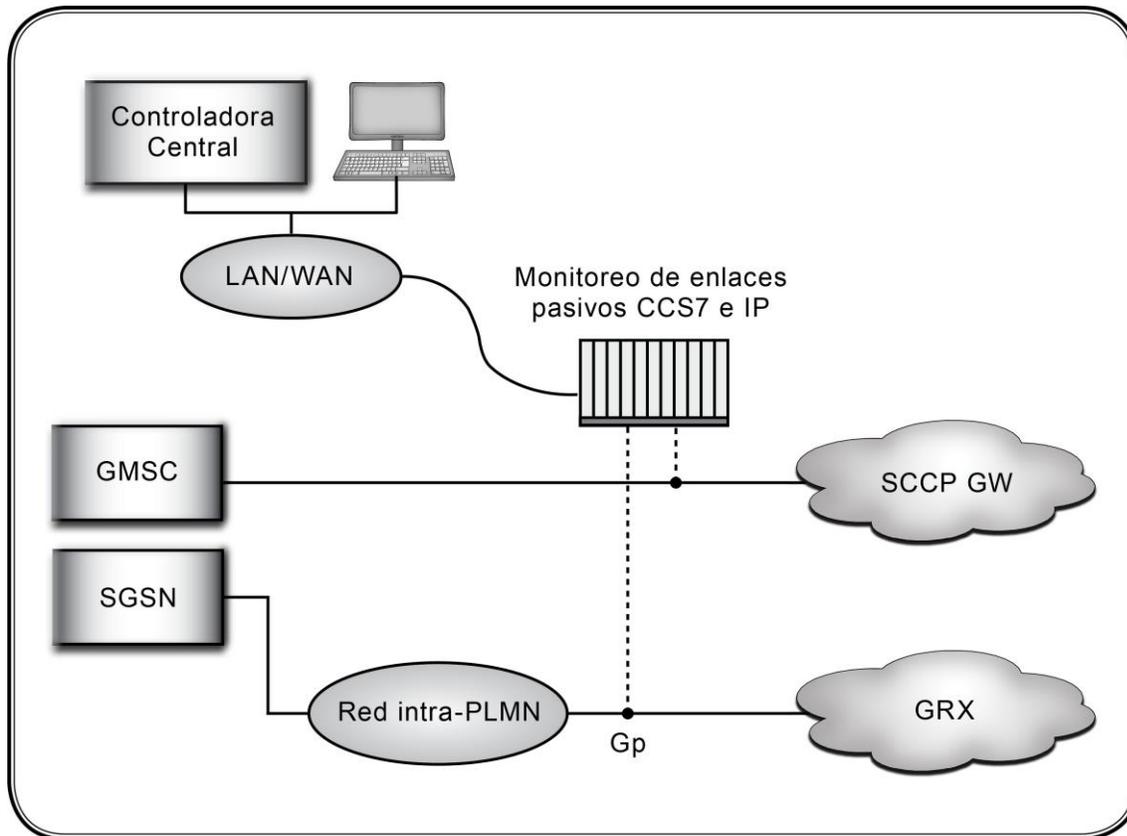
La señalización lleva mucha información acerca de la red, los servicios y los suscriptores. Esta información puede ser extraída por sondas no intrusivas en los enlaces de señalización. Por ejemplo, notando la tasa y los volúmenes de error del procedimiento de actualización de ubicación desde y hacia la red monitoreada, se tiene una buena indicación de la disponibilidad del servicio de *roaming* desde la perspectiva del usuario. Este enfoque ofrece grandes beneficios dado que lo que se monitorea es el 100 por ciento del tráfico, en lugar de solamente una muestra, además no se agrega ninguna carga a la red.

Para poder monitorear los servicios de *roaming*, los enlaces que llevan la información de señalización desde y hacia las redes asociadas son monitoreados. Estos enlaces son:

- Enlaces de CCS7 que llevan señalización SCCP-MAP desde y hacia redes asociadas.
- Enlaces de IP que llevan mensajes de control de sesión desde y hacia redes asociadas.

La figura 30 muestra la arquitectura de un sistema de un monitoreo típico. Consiste en un equipo con tarjetas que se conectan a los enlaces de forma pasiva, generalmente de una conexión en T. El procesador central procesa los datos para medir los KPI.

Figura 30. **Monitoreo de servicio de *roaming* con sondas pasivas**



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Dado que el monitoreo es bidireccional, es posible general KPI para las redes de origen y las redes visitadas. El monitoreo periódico del volumen, error y tiempos de transacción provee datos útiles para indicar la calidad del servicio de *roaming*. La tabla V muestra algunos ejemplos de KPI que pueden ser medidos usando monitoreo pasivo de enlaces de señalización.

Tabla V. **Ejemplo de indicadores de desempeño**

Servicios	KPI
Registración en una red visitada	Tasa de éxito de UL Promedio de tiempo de transacción de UL
Seguridad	Tasa de éxito de envío de autenticación Promedio de tiempo de envío de autenticación
Asignación de número de <i>roaming</i>	Tasa de éxito de PRN Promedio de tiempo de de transacción de PRN

Fuente: elaboración propia.

5.4. Localización de fallas del servicio de *roaming*

El servicio de *roaming* es complejo. La red de origen, la red intermediaria internacional y la red visitada deben funcionar perfectamente bajo condiciones variables, incluyendo la carga de la red y la localización de los suscriptores, para establecer una llamada de *roaming*.

Aunque el proveedor de servicio realiza exhaustivas pruebas antes de lanzar comercialmente un servicio, para asegurar que todas las funciones disponibles para el suscriptor trabajen perfectamente, la estabilidad del servicio es constantemente puesta a prueba debido a los cambios dinámicos que continuamente realizan las empresas en sus operaciones diarias. Las actualizaciones de software, carga de parches, corrección de errores,

reconfiguraciones y cambios de direccionamiento están propensos a errores y puede causar una avería en el servicio de *roaming*.

5.4.1. Problemas comunes de red

Algunos de los problemas más comunes encontrados son los siguientes:

- Error en tablas de direccionamiento
- Error de traducción de E.212 a E.214
- Falla en el enlace de señalización remoto
- Falla en el enlace de señalización local
- Falla en el PLMN HLR remoto
- Escasez de MSRN en la MSC
- GT no actualizado
- Temas de temporizadores
- Problemas de direccionamiento a nivel de SCCP
- Problemas de direccionamiento a nivel de llamada ISUP
- Los datos de suscriptor en el HLR no están correctos
- Cobertura de la señal
- Problema de configuración de la estación móvil

5.4.2. Recopilación de información de los síntomas

El primer paso para resolver cualquier problema de *roaming* es recopilar la información de los síntomas. Es muy probable encontrar algún patrón similar para localizar una falla más fácilmente. Algunas de las preguntas que se deben hacer son las siguientes:

- Generales

- ¿Quiénes están impactados?
- *Roaming* saliente y *roaming* entrante.
- ¿Cuál es el enunciado del problema?
 - No es posible conectarse a la red
 - Toma mucho tiempo conectarse la red
 - No se pueden recibir llamadas entrantes
 - No es posible sacar llamadas locales en la red visitada
 - No es posible sacar llamadas internacionales
- ¿El problema es de un solo suscriptor o afecta a un grupo de suscriptores?
- ¿El problema es de solamente una red asociada o afecta a un grupo de redes asociadas?
- ¿Los síntomas ocurren regularmente o en forma intermitente?
- ¿Se puede reproducir la falla?
- Red de origen
 - ¿Se ha realizado alguna reconfiguración en la red recientemente?
 - ¿Hay alguna migración o expansión de red en proceso?

- ¿Está el síntoma relacionado a ciertos elementos de la red, es decir, solamente un HLR o a un determinado VLR?
- Red visitada
 - ¿Hay alguna información de IR.21 que debe ser actualizada?
 - ¿Están los síntomas relacionados a un VPLMN específico o a todos los VPLMN?

5.4.3. Herramientas de diagnóstico

La señalización lleva información muy valiosa, por lo tanto, el análisis de la misma ofrece pistas muy valiosas para localizar, diagnosticar y resolver fallas. Se pueden usar analizadores de protocolos como una herramienta para resolución de fallas. Existen dos tipos, el analizador independiente o bien soluciones de monitoreo. Algunas de las ventajas de la solución de monitoreo se mencionan a continuación.

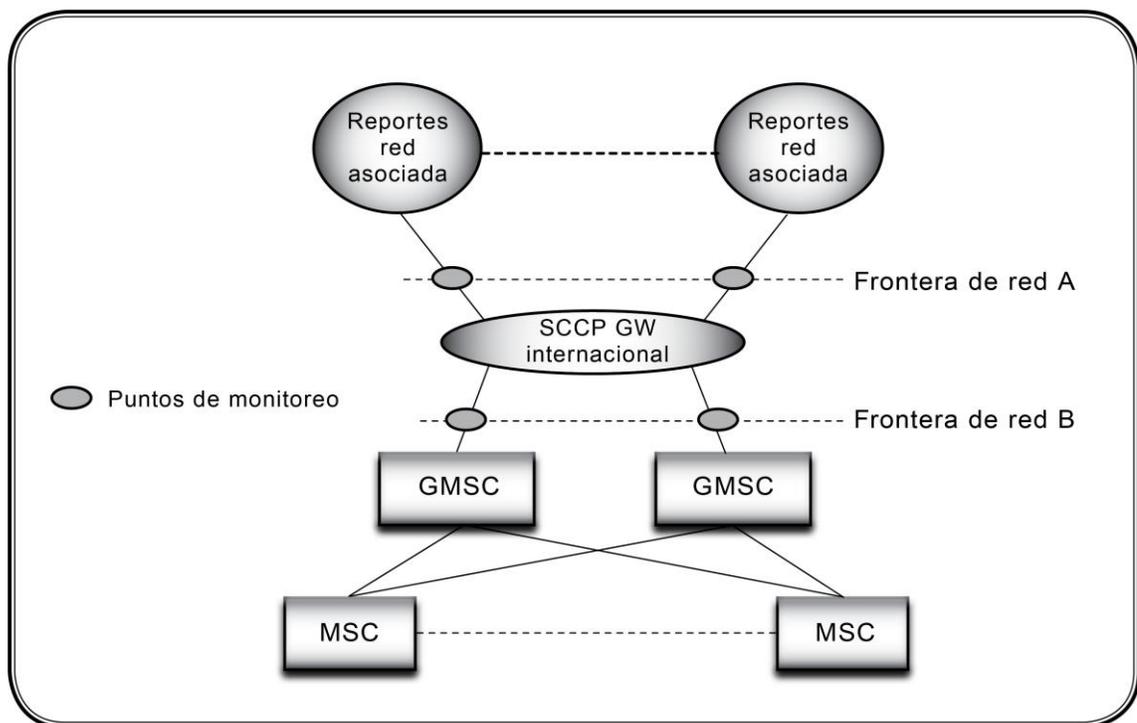
5.4.3.1. Monitoreo centralizado

Es la habilidad para monitorear unos pocos enlaces a cientos de enlaces. Correlación de las diferentes etapas de las llamadas en diferentes etapas de señalización, es decir, correlación entre ISUP y MAP.

El objetivo de monitorear es tener una completa visión del tráfico SCCP internacional hacia las redes asociadas. La decisión de monitorear puntos depende de la configuración de la red. Por ejemplo, si un operador nacional también tiene enlaces internacionales con soporte de direccionamiento SCCP,

los enlaces conectados hacia los operadores internacionales hacia las redes asociadas deben ser monitoreadas.

Figura 31. **Puntos de monitoreo**



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Los enlaces son intervenidos usando sondas no intrusivas, generalmente se utilizan adaptadores Y para no causar ningún disturbio en la red, en caso de falla del equipo de monitoreo.

Los probadores IREG son los equipos más utilizados para probar y verificar el *roaming* entrante. Este equipo está cargado con SIM de las redes asociadas para simular el *roaming* entrante. Las pruebas son hechas desde la perspectiva del usuario final. La información para diagnóstico es muy limitada.

Para las pruebas de *roaming* saliente, un probador requiere su contraparte en la red asociada para realizar las pruebas y enviar los resultados. Los proveedores de servicio celular están obligados a realizar las pruebas periódicamente y sobre demanda.

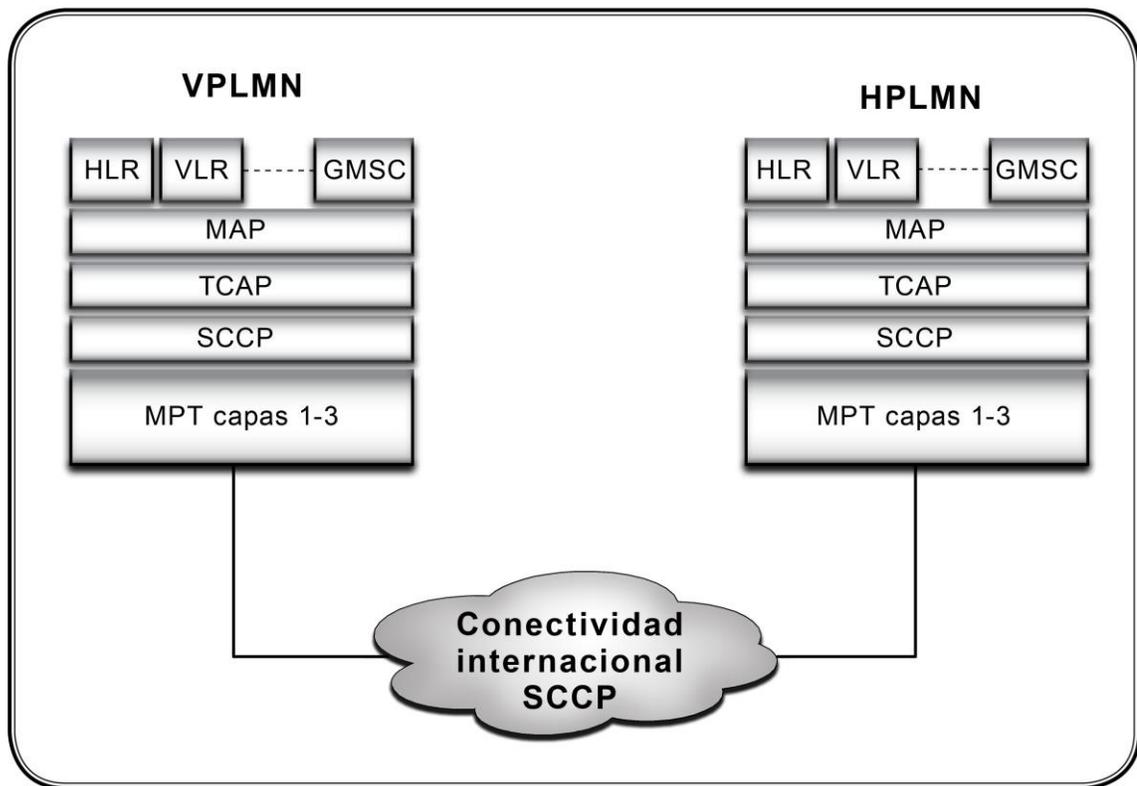
5.4.4. Entendiendo los errores de protocolo

Las entidades HPLMN y VPLMN, es decir, el HLR y el VLR se comunican entre ellas a través del protocolo MAP. El entendimiento de las operaciones MAP, los errores asociados e información de diagnóstico proveen una buena visión y ayudan en el diagnóstico y resolución de las fallas de *roaming*.

La capa de TCAP provee capacidades de transferencia de información no relacionada al circuito a una variedad de aplicaciones como MAP. En las aplicaciones de los procedimientos de MAP, en el VPLMN VLR, la MSC usa los servicios MAP, los cuales a su vez usan TCAP para invocar los procedimientos MAP en el HPLMN HLR y otras entidades. El protocolo MAP está diseñado específicamente para redes móviles. La capa TCAP descansa en la capa SCCP para entregar mensajes de señalización a otras entidades a través de la red. La capa TCAP usa solamente servicios sin conexión de la capa SCCP. Esto significa que los mensajes SCCP-UDT son usados solamente para transportar mensajes TCAP.

La figura 32 muestra la pila del protocolo para la comunicación entre el VPLMN y el HPLMN en ambas direcciones. Cada una de las capas de protocolo maneja errores de sus usuarios o proveedores y toma las acciones apropiadas de acuerdo a las especificaciones en SCCP, TCAP y MAP.

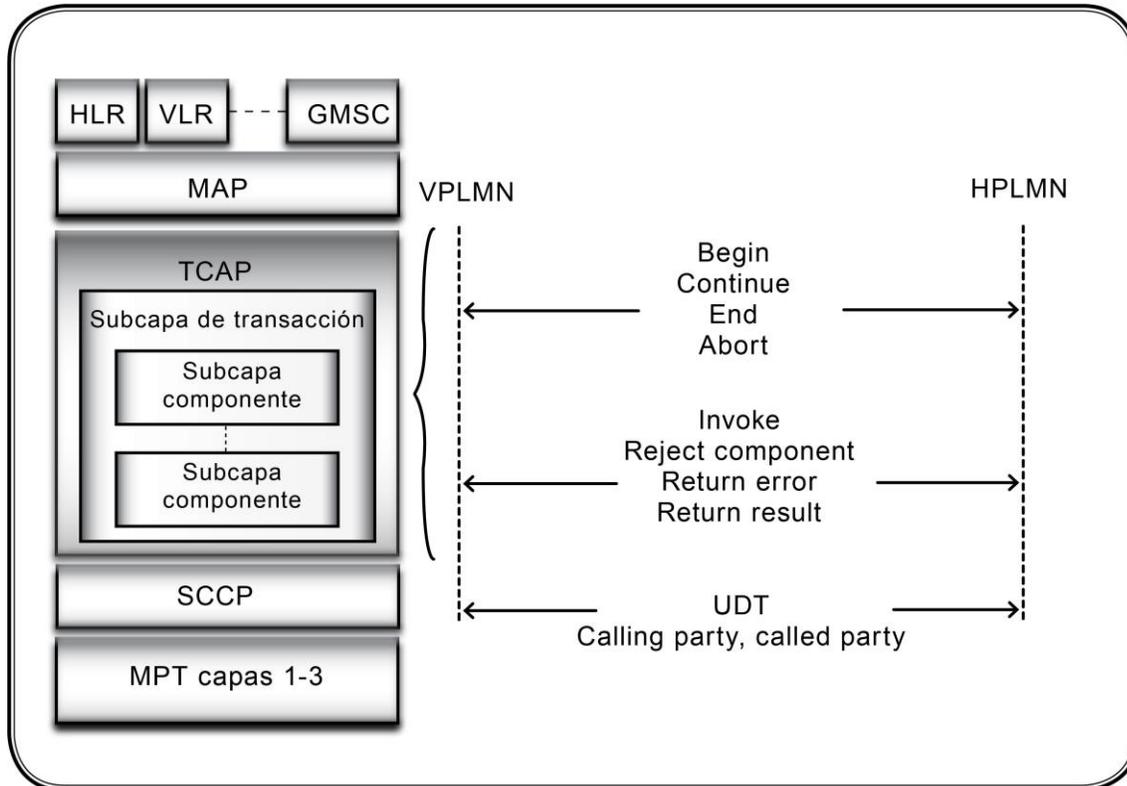
Figura 32. Pila de protocolo



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Un mensaje TCAP consiste en dos partes, la subcapa de transacción y la subcapa de componente. La subcapa de transacción es responsable de manejar el intercambio de mensajes que contienen componentes entre dos entidades TCAP. La subcapa de componente es responsable por el manejo de componentes entre los usuarios TC que originan y terminan llamadas, es decir, HLR, VLR, entre otros. La figura 33 muestra las subcapas de transacción y de componente y los tipos de mensajes asociados.

Figura 33. Subcapa de transacción y de componente



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

La capa de transacción usa el mensaje *abort* para finalizar una transacción. La transacción es abortada debido a una condición anormal detectada por la subcapa de transacción o por una solicitud de subcapa de componente. Una razón para terminar la transacción puede o no puede ser dada. Dos códigos de causa son provistos para identificar la fuente para la finalización.

Los códigos de causa *P-abort* son usados cuando la solicitud de finalización es iniciada por el proveedor del servicio en este caso la capa TCAP.

Los códigos de causa *U-abort* son usados cuando el usuario inicia la solicitud de finalización, en este caso la capa MAP.

La figura 34 muestra un VLR enviando una solicitud de finalización a un HLR con el código de causa *P-abort*. La transacción es identificada con el número hexadecimal 3b00e8. La capa TCAP en la MSC/VLR inicia esto en respuesta a un mensaje de continuar recibido previamente con una transacción no reconocida.

Figura 34. ***Abort* de TCAP con el código de causa de *P-abort***

```
MT: UDT
  Called party address length: 10 octets
    Subsystem number: HLR
    Translation type: 0
    Nature of address indicator: international number
    Address information: 6596xxxxh
  Calling party address length: 13 octets
    Signalling point code: MSCA
    Subsystem number: VLR
    Translation type: 0
    Nature of address indicator: international number
    Address information: 8613xxxxxxh
MT: Abort
  Destination transaction ID tag
    Transaction ID: 3b00e8h
  P-Abort cause tag
    P-Abort cause: unrecognized transaction ID
```

Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Tabla VI. Mensaje de *abort* y códigos de causa

Tipo de mensaje de la porción de transacción	Código de operación (hex)	Causa
<i>Abort</i>	67	<i>P-abort</i>
		■ <i>Unrecognized message type</i>
		■ <i>Unrecognized transaction ID/type</i>
		■ <i>Badly formatted transaction portion</i>
		■ <i>Incorrect transaction portion</i>
		■ <i>Resource limitation</i>
		<i>U-abort</i>
		La razón es enviada dentro de la porción de diálogo. Una causa común de finalización es que el contexto de la aplicación no es soportado. Esto indica errores de compatibilidad entre las versiones de protocolo del origen y del destino.

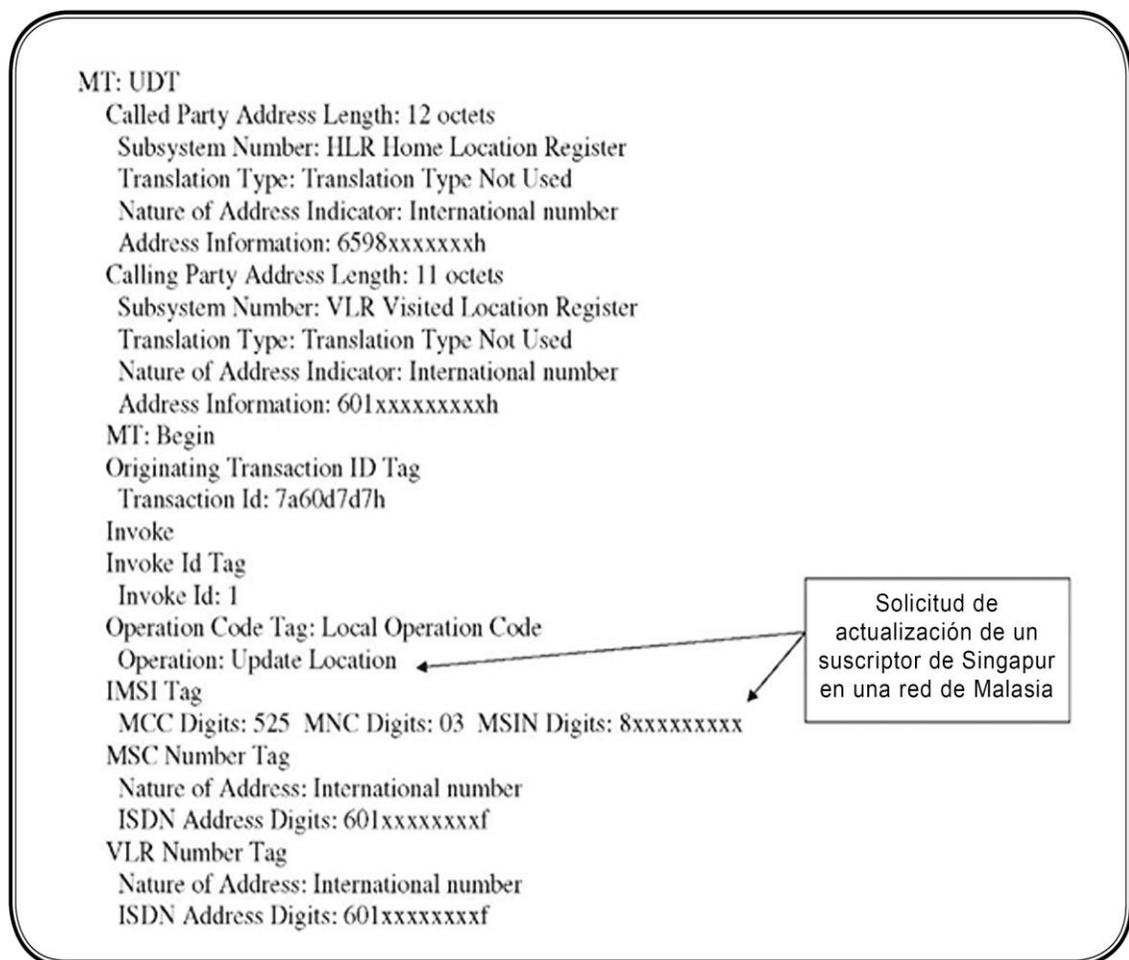
Fuente: elaboración propia.

Un error de retorno es enviado de vuelta si en una operación solicitada el componente de invocación no puede ser completado. Un error de retorno no significa necesariamente un error de protocolo, también incluye otras causas que impiden que una operación se complete.

Por ejemplo, si un suscriptor no tiene las categorías necesarias en su HLR para poder utilizar los servicios de *roaming* pero trata de registrarse en una red

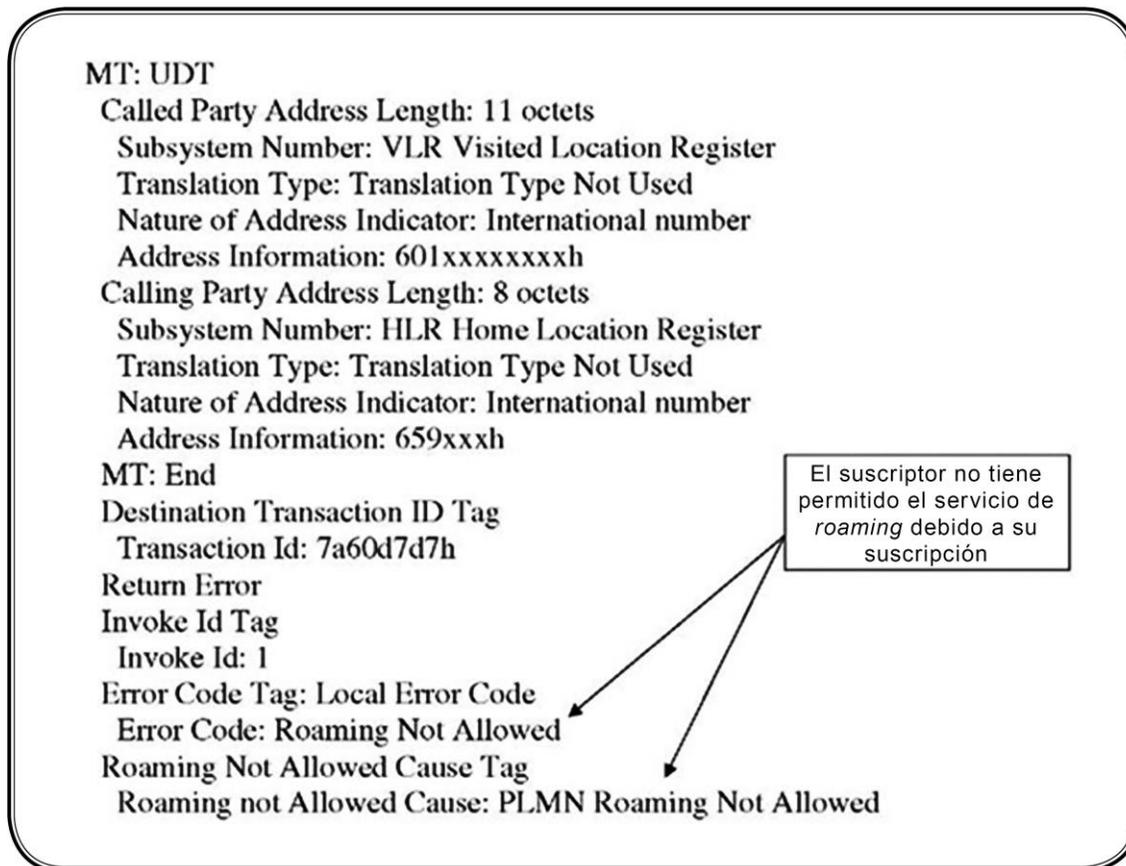
extranjera, entonces el HPLMN HLR va a retornar un error indicando que el servicio de *roaming* no es permitido. La figura 35 muestra un suscriptor de una red de Singapur tratando de usar el servicio en una red de Malasia. Sin embargo, el VPLMN no le va a permitir a este suscriptor el servicio, el HPLM HLR retornó un error con el código de que el *roaming* no está permitido.

Figura 35. **Actualización de localización**



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Figura 36. **Respuesta a la actualización de localización**



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

En general, los errores de retorno están categorizados en los siguientes grupos:

- Errores genéricos: fallas de sistema, falta de datos, valores inesperados, entre otros.
- Errores de números o de identificación: suscriptor desconocido, número de *roaming* sin asignar, entre otros.

- Errores de suscripción: *roaming* no permitido, servicios ilegales, entre otros.

La lista de los posibles errores de retorno de MAP asociada con cada código de operación MAP está listada en la tabla VII. El entendimiento de los códigos de retorno de MAP es de gran ayuda para resolver los temas de *roaming*.

Tabla VII. **Lista los errores de retorno y sus descripciones**

Operación	Código de operación decimal (hexadecimal)	Error de retorno de MAP
<i>Update location</i>	2 (02)	<i>System failure Data missing Unexpected data value Unknown subscriber Roaming not allowed</i>
<i>Cancel location</i>	3 (03)	<i>Data missing Unexpected data value</i>
<i>Purge MS</i>	67 (43)	<i>Data missing Unexpected data value Roaming not allowed</i>
<i>Update GPRS location</i>	23 (17)	<i>System failure Unexpected data value Unknown subscriber Roaming not allowed</i>
<i>Provide subscriber info</i>	70 (46)	<i>Data missing Unexpected data value</i>
<i>Send identification</i>	55 (37)	<i>Data missing Unidentified subscriber</i>

Continuación de la tabla VII.

<i>Send authentication info</i>	56 (38)	<i>Data missing Unexpected data value System failure Unknown subscriber</i>
<i>Insert subscriber data</i>	7 (07)	<i>Data missing Unexpected data value Unidentified subscriber</i>
<i>Restore data</i>	57 (39)	<i>Data missing Unexpected data value Unknown subscriber System failure</i>
<i>Send routing info for GPRS</i>	24 (18)	<i>Absent subscriber Call barred Data missing Unexpected data value Unknown subscriber System failure</i>
<i>Provide roaming number</i>	4 (04)	<i>Absent subscriber Facility not supported/not allowed Data missing Unexpected data value No roaming number available System failure</i>
<i>Register SS</i>	10 (0a)	<i>Absent subscriber Call barred Data missing Unexpected data value Bearer services not provisioned Teleservices not provisioned Illegal SS operation SS error status SS incompatibility</i>

Continuación de la tabla VII.

<i>Erase SS</i>	11 (0b)	<i>Call barred</i> <i>Data missing</i> <i>Unexpected data value</i> <i>Bearer services not provisioned</i> <i>Teleservices not provisioned</i> <i>Illegal SS operation</i> <i>System failure SS error status</i>
<i>Deactivate SS</i>	13 (0d)	<i>System failure</i> <i>Call barred</i> <i>Data missing</i> <i>Unexpected data value</i> <i>Bearer services not provisioned</i> <i>Teleservices not provisioned</i> <i>Illegal SS operation</i> <i>SS error status</i> <i>SS subscription violation</i> <i>Negative password check</i> <i>Number of password attempts violation</i>
<i>Interrogate SS</i>	14 (0e)	<i>System failure</i> <i>Call barred</i> <i>Data missing</i> <i>Unexpected data value</i> <i>Bearer services not provisioned</i> <i>Teleservices not provisioned</i> <i>Illegal SS operation</i> <i>SS not available</i>
<i>Process unstructured SS request</i>	59 (3b)	<i>System failure</i> <i>Call barred</i> <i>Data missing</i> <i>Unexpected data value</i> <i>Unknown alphabet</i> <i>USSD busy</i>

Continuación de la tabla VII.

<i>Unstructured SS request</i>	60 (3c)	<i>System failure</i> <i>Data missing</i> <i>Absent subscriber</i> <i>Unexpected data value</i> <i>Unknown alphabet</i> <i>USSD busy</i> <i>Illegal subscriber</i> <i>Illegal equipment</i>
<i>Unstructured SS notify</i>	61 (3d)	<i>System failure</i> <i>Call barred</i> <i>Absent subscriber</i> <i>Unexpected data value</i> <i>Unknown alphabet</i> <i>USSD busy</i> <i>Illegal subscriber</i> <i>Illegal equipment</i>
<i>Send routing info for SM</i>	45 (2d)	<i>System failure</i> <i>Call barred</i> <i>Data missing</i> <i>Unexpected data value</i> <i>Teleservices not provisioned</i> <i>Facility not supported</i> <i>Unknown subscriber</i> <i>Absent subscriber SM</i>
<i>MO forward SM</i>	46 (2e)	<i>System failure</i> <i>Unexpected data value</i> <i>Facility not supported</i> <i>SM delivery failure</i>

Continuación de la tabla VII.

<i>MT forward SM</i>	44 (2c)	<i>System failure</i> <i>Unidentified subscriber</i> <i>Data missing</i> <i>Unexpected data value</i> <i>Facility not supported</i> <i>Unknown subscriber</i> <i>Absent subscriber</i> <i>SM Illegal subscriber</i> <i>Subscriber busy for MT-SMS</i> <i>SM delivery failure</i>
<i>Report SM delivery status</i>	47 (2f)	<i>Data missing</i> <i>Unexpected data value</i> <i>Unknown subscriber</i> <i>Message waiting list full</i>

Fuente: elaboración propia

Tabla VIII. **Errores de retorno de operaciones MAP**

Errores MAP	Código de error decimal (hexadecimal)	Descripción corta
<i>Unknown subscriber</i>	1 (01)	No existe una suscripción.
<i>Unknown MSC</i>	3 (03)	MSC desconocida.
<i>Unknown location area</i>	4 (04)	Área de localización desconocida.
<i>Unidentified subscriber</i>	5 (05)	La base de datos del HLR/VLR no contiene ningún registro para este suscriptor. No es posible determinar si existe una suscripción.

Continuación de la tabla VIII.

<i>Absent subscriber SM</i>	6 (06)	La transferencia MT-SMS no puede ser completada porca la red no puede contactar al MS.
<i>Unknown equipment</i>	7 (07)	Equipo desconocido.
<i>Roaming not allowed</i>	8 (08)	El usuario no tiene permitido hacer roaming por motivos de suscripción.
<i>Illegal subscriber</i>	9 (09)	El suscriptor no tiene permitido acceder los servicios, la autenticación falló.
<i>Bearer service not provisioned</i>	10 (a)	Servicio de portadora no provisionado.
<i>Teleservices not provisioned</i>	11 (b)	Teleservicio no provisionado.
<i>Illegal equipment</i>	12 (c)	El procedimiento de verificación de IMEI muestra que el MS no está en una lista blanca.
<i>Call barred</i>	13 (d)	Llamada no permitida.
<i>Forwarding violation</i>	14 (e)	Violación a desvío.
<i>CUG reject</i>	15 (f)	Rechazo de CUG.
<i>Illegal SS operation</i>	16 (10)	Operación SS ilegal.
<i>SS error status</i>	17 (11)	Estado de error en SS.
<i>SS not available</i>	18 (12)	SS no disponible.
<i>SS subscription violation</i>	19 (13)	Violación a la suscripción de SS.
<i>SS incompatibility</i>	20 (14)	Incompatibilidad de SS.
<i>Facility not supported</i>	21 (15)	La PLMN no soporta la facilidad solicitada.
<i>Invalid target base station</i>	23 (17)	Estación base inválida.

Continuación de la tabla VIII.

<i>No radio resources available</i>	24 (18)	No hay recurso de radio disponible.
<i>No handover number available</i>	25 (19)	No hay número para un traspaso.
<i>Subsequent handover failure</i>	26 (1a)	Falla de traspaso subsecuente.
<i>Absent subscriber</i>	27 (1b)	Suscriptor ausente.
<i>Incompatible terminal</i>	28 (1c)	Terminal incompatible.
<i>Short-term denial</i>	29 (1d)	Denegación de terminación corta.
<i>Long-term denial</i>	30 (1e)	Denegación de terminación larga.
<i>Subscriber busy for MT-SMS</i>	31 (1f)	La transferencia de MT-SMS no puede ser completada porque otra transferencia MT-SMS está en proceso.
<i>SM delivery failure</i>	32 (20)	Falla de entrega de SM.
<i>Message waiting list full</i>	33 (21)	Lista llena de mensajes en espera.
<i>System failure</i>	34 (22)	La tarea solicitada no puede ser completada por un problema en otra entidad. El tipo entidad o recurso puede ser dado en un parámetro.
<i>Data missing</i>	35 (23)	Falta un parámetro opcional requerido por el contexto.
<i>Unexpected Data Value</i>	36 (24)	El tipo de dato es válido, pero su valor o presencia no es esperado en contexto en curso.
<i>PW registration failure</i>	37 (25)	Falla de registración de PW.
<i>Negative PW check</i>	38 (26)	Chequeo negativo de PW.

Continuación de la tabla VIII.

<i>No roaming number available</i>	39 (27)	Un número de roaming no puede ser dado porque todos los numeros están en uso.
<i>Tracing buffer full</i>	40 (28)	Registro lleno para traceo.
	41 (29)	
<i>Target cell outside group area</i>	42 (2a)	Celda objetivo fuera del grupo de área.
<i>Number of PW attempt violations</i>	43 (2b)	Número de intento PW.
<i>Number changed</i>	44 (2c)	Ya no existe suscripción para ese número.
<i>Busy subscriber</i>	45 (2d)	Suscriptor ocupado.
<i>No subscriber reply</i>	46 (2e)	Suscriptor no contesta.
<i>Forwarding failed</i>	47 (2f)	Desvío fallado.
<i>OR not allowed</i>	48 (30)	OR no permitido.
<i>ATI not allowed</i>	49 (31)	Interrogación en cualquier tiempo no permitida.
<i>No group call number available</i>	50 (32)	Número para llamada en grupo no disponible.
<i>Resource limitation</i>	51 (33)	Limitación de recurso.
<i>Unauthorized requesting network</i>	52 (34)	Red no autorizada.
<i>Unauthorized LCS client</i>	53 (35)	Ciente LCS no autorizado.
<i>Position method failure</i>	54 (36)	Falla en el metodo de posición.
<i>Unknown or unreachable</i>	58 (3a)	Desconocido o no alcanzable.
<i>LCS client</i>		Ciente LCS.
<i>MM event not supported</i>	59 (3b)	Evento no soportado.
<i>ATSI not allowed</i>	60 (3c)	ATSI no permitido.
<i>ATM not allowed</i>	61 (3d)	ATM no permitido.

Continuación de la tabla VIII.

<i>Information not available</i>	62 (3e)	Información no disponible.
<i>Unknown alphabet</i>	71 (47)	Alfabeto desconocido.
<i>User busy</i>	72 (48)	Usuario ocupado.

Fuente: elaboración propia.

5.4.4.1. Escenario de ejemplo

Los usuarios de *roaming* entrantes de una red asociada X, en un distrito de negocios, no pueden recibir llamadas entrantes. Sin embargo, pueden sacar llamadas, enviar y recibir SMS.

Analizando el planteamiento del problema está claro que el procedimiento de proporcionar el número de *roaming* no ha sido exitoso o bien que las llamadas entrantes no están siendo direccionadas correctamente.

Sobre el diagnóstico, el primer paso es aislar la falla entre el procedimiento de *roaming* y el direccionamiento ISUP de la llamada. Un análisis de la sesión de protocolo puede ayudar en este caso. Los pasos recomendados son los siguientes:

- Seleccionar los enlaces de señalización que llevan tráfico de señalización a la red asociada X.
- Seleccionar el filtro apropiado para reducir la cantidad de tráfico capturado. Esto es necesario para fines de eficiencia y de enfoque en el problema.

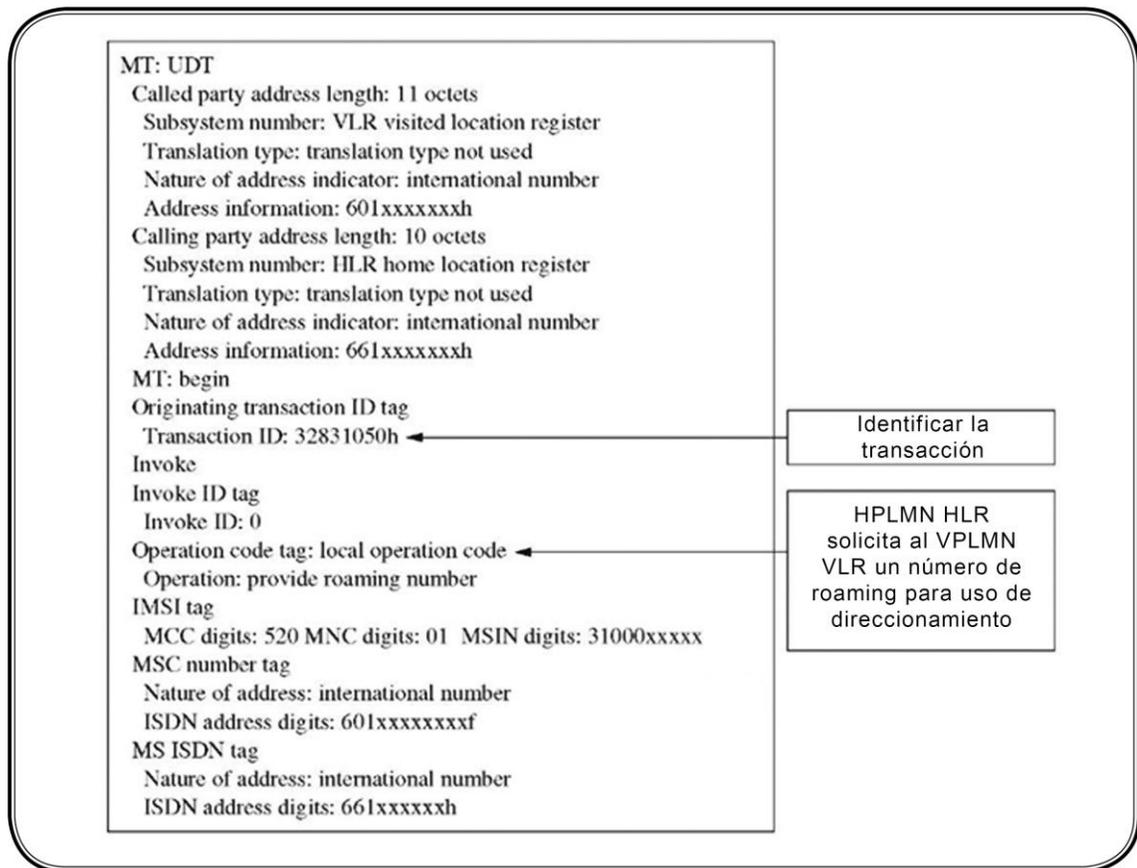
- Solo los MSU SCCP
- Mensajes SCCP donde la dirección del número de A sea de la red asociada X.

Por ejemplo, si el suscriptor es de Vodafone, entonces el filtro puede ponerse a la numeración que empiece con +4412. Esto permitirá capturar toda la señalización donde los MSU con el código de país 44 y el código de red sea 12, el resto de los dígitos no tiene importancia para este análisis. Tomar en cuenta que la forma de poner los filtros varía dependiendo del analizador.

- Mensajes SCCP donde la dirección del número de B sea de la MSC servidora.
- Capturar el tráfico por un periodo substancial, por ejemplo 15 minutos o más.
- Detener el análisis de la sesión de protocolo y verificar los errores de retorno.

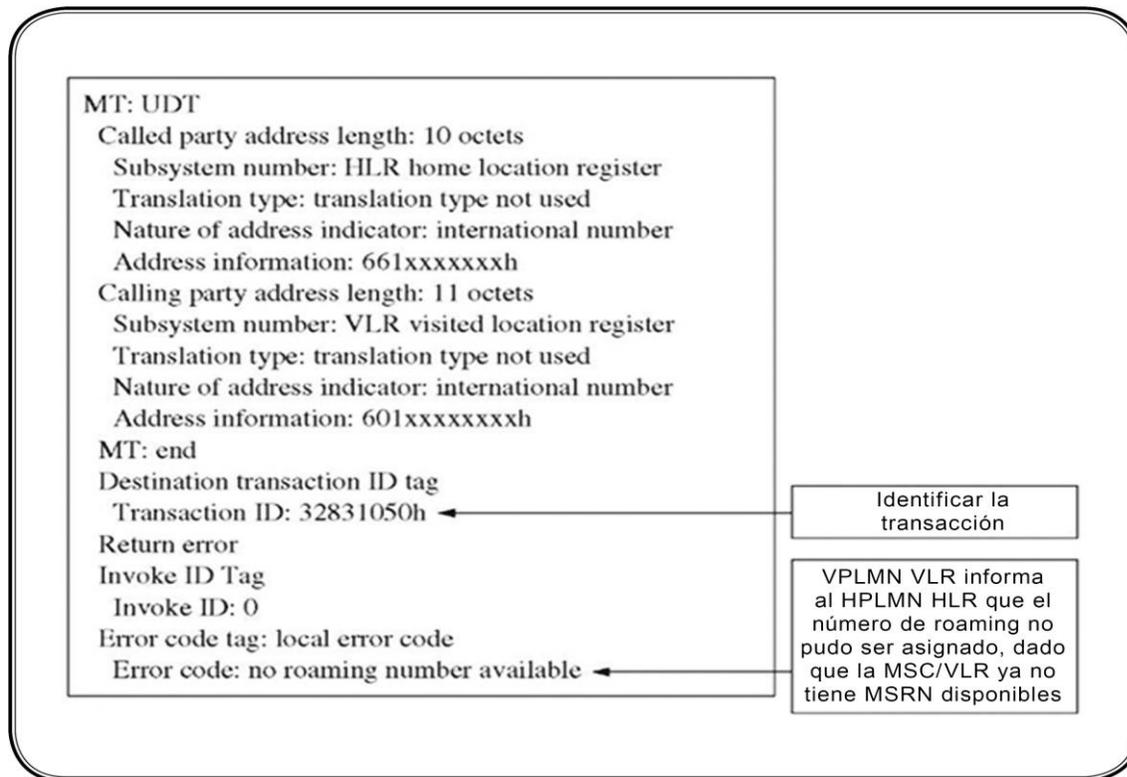
En este ejemplo (ver las figuras 35 y 36), muchas de las transacciones son retornadas con un error. El tipo de error muestra que no hay disponibles números para *roaming*. En un análisis más a fondo del tráfico, es evidente que la MSC ya no tiene números de *roaming* disponibles.

Figura 37. Mensaje de provisión del número de *roaming*



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Figura 38. **Mensaje de respuesta a la solicitud de provisión del número de *roaming***



Fuente: elaboración propia, con programa Adobe Illustrator.

Para la resolución del problema, el paso siguiente consiste en su solución. Se requiere análisis adicional para establecer si este problema ocurre todo el tiempo o solo ocasionalmente. Si ocurre ocasionalmente, se debe investigar, qué días, qué horas, entre otros, para conocer el patrón de la falla. Una vez que los hechos son establecidos, se debe tomar una acción apropiada. Por ejemplo, si el procedimiento de proveer el número de *roaming* falla constantemente con el error de retorno de que no hay número de *roaming* disponible, seguramente hay que ampliar el rango de MSRN asignados a la MSC/VLR.

CONCLUSIONES

1. Los protocolos de telecomunicaciones en la red GSM y UMTS permiten conectar diversos nodos que, a través de los estándares, se comunican y llevan información que es utilizada para realizar tareas complejas en las redes de telecomunicaciones.
2. El servicio de *roaming* se ha vuelto un servicio muy popular, debido a la facilidad que ofrece al usuario de utilizar su número telefónico en otro país.
3. Los procedimientos de *roaming* ya están establecidos en un estándar de telecomunicaciones, por lo que su implementación no debería ser un problema, incluso si se utilizan proveedores diferentes.
4. La implementación es factible si ambas redes sobre las cuales se quiere poner el servicio de *roaming* tienen la facilidad de utilizar el protocolo CAMEL.
5. Se establecieron los procedimientos básicos para el manejo de fallas del servicio de *roaming*.

RECOMENDACIONES

1. Considerar que, dado al mercado actual de telefonía, es necesario para los profesionales del área de ingeniería conocer los conceptos básicos de telecomunicaciones móviles.
2. Los operadores de telefonía deben tener acuerdos de *roaming* con países vecinos para aprovechar esa necesidad de los usuarios.
3. Los profesionales del área de ingeniería que quieran profundizar en el área de telecomunicaciones, deben familiarizarse con los protocolos MAP y CAMEL.
4. Los operadores de telefonía deberían tener las versiones de CAMEL más actualizadas para facilitar su implementación.
5. Para el manejo de fallas, las empresas de telecomunicaciones pueden considerar invertir en un equipo monitoreo de la señalización basado en sondas, ya que esto les ayudará a reducir los tiempos de fallas y a poder visualizarlas en tiempo real, de esta forma se ofrece un mejor servicio al cliente.

BIBLIOGRAFÍA

1. BATES, Regis; GREGORY, Donald. *Voice and data communications handbook*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 1998. 902 p.
2. BLACK, Uyles. *Data link protocols*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 1993. 271 p.
3. GALLAGHER, Michael; SNYDER, Randall. *Mobile telecommunications networking with IS-41*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 1997. 429 p.
4. NAUGLE, Matthew. *Network protocols*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 1999. 953 p.
5. SIDDIQUI, Shahid. *Roaming in wireless networks*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2006. 324 p.

