

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



**FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:

**MAGÍSTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN CON
MENCIÓN EN REDES DE COMUNICACIONES**

“Estudio de factibilidad técnica para la disminución del Roaming Nacional Automático en la red móvil de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, empleando la tecnología de VoLTE sobre una arquitectura virtualizada”.

AUTOR: MONCAYO FLORES TATIANA JADIRA, Ing.

DIRECTOR: ING. JUAN FRANCISCO CHAFLA ALTAMIRANO, MSc.

Quito, Noviembre – 2020

DECLARACIÓN

Yo, Tatiana Jadira Moncayo Flores, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador – PUCE, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Tatiana Jadira Moncayo Flores

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Tatiana Jadira Moncayo Flores, bajo mi supervisión.

Ing. Juan Francisco Chafra Altamirano, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

“LA FELICIDAD SE ENCUENTRA EN LA ALEGRÍA DEL LOGRO Y LA EMOCIÓN EN EL
ESFUERZO”

Franklin D. Roosevelt.

Este trabajo de titulación realizado y este triunfo alcanzado no es solamente mío, es el resultado del trabajo silencioso que día a día han venido realizando personajes de gran valía.

DIOS, ese ser supremo que ilumina todos mis días, es el autor principal de esta alegría. A Él le doy las gracias por permitirme existir, por darme unos padres maravillosos Paty y Benito, que son mi norte, mi antorcha y mi eterna guía.

A mi madre, quien me dio la vida y jamás se rindió ante las adversidades, que sin escatimar recursos, tiempo y sacrificio me supo encaminar cariñosamente por la senda del bien, la verdad, la justicia y por lo cual me siento tan orgullosa de ser su hija.

A mi papi y querido amigo Benito, que ha sido un gran ejemplo de paciencia, que me ha sabido acompañar en mis logros de la vida y que no me ha desamparado, sabiendo darme fuerza y estímulo para seguir adelante.

A mis queridos hermanos: Javi, Sele y Mire, quienes me han ayudado con muy buenos consejos y me han apoyado siempre en las decisiones que he tomado.

A mis queridos y adorados sobrinos Panchi y Yenniel, dos angelitos que alegran mi corazón con tan solo verlos, pues lucharé siempre por ser un ejemplo para ellos.

Y cómo olvidarme de mi eterno amor Marquito, un hombre ejemplar, honesto, humilde y de un gran corazón, quien me ha brindado apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida y me ha abierto las puertas de su corazón.

Jaty

AGRADECIMIENTO

“SIEMPRE HAY QUE ENCONTRAR EL TIEMPO PARA AGRADECER A LAS PERSONAS
QUE HACEN UNA DIFERENCIA EN NUESTRAS VIDAS”

John F. Kennedy

Me complace de sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi sincero agradecimiento a Dios, quien es el autor de mi vida, de mi salud sin lo cual no podría estar presente, Él es mi compañero inseparable que guía mis pasos con infinita bondad.

A mis padres Paty y Benito por ser el pilar fundamental en mi vida y por haber confiado siempre en mí.

A mi novio Marquito, gracias de todo corazón por hacerme la mujer más feliz del mundo, por estar siempre a mi lado brindándome todo tu amor, entrega, dedicación y comprensión.

A toda mi familia maravillosa porque de alguna manera y a pesar de la distancia siempre me apoyaron.

Quiero dar un sincero agradecimiento a mi Director de trabajo de titulación de maestría Ingeniero Juan Francisco Chafra Altamirano, que con profesionalismo y ética ha sido mi guía idónea durante el proceso que ha llevado realizar este trabajo de titulación.

Finalmente, agradezco a la CNT EP, por el apoyo prestado en la realización de este trabajo de titulación de maestría.

Jaty

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
JUSTIFICACIÓN.....	XXI
OBJETIVOS	XXIII
i. Objetivo General	XXIII
ii. Objetivos Específicos.....	XXIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XXIV
CAPÍTULO I.....	1
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	1
1.1 Tipos de compartición de redes.....	1
1.1.1 Uso compartido pasivo (Passive Sharing)	1
1.1.2 Uso compartido activo (Active Sharing)	3
1.1.3 Uso compartido basado en Itinerancia (Roaming)	7
1.1.4 Virtualización de funciones de red	8
1.2 Regulación para el intercambio de redes en Ecuador Aplicable al Estudio	8
1.2.1 Ley Orgánica de Telecomunicaciones	8
1.2.2 Reglamento General a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones	12
1.2.3 Reglamento de Roaming Nacional Automático en Ecuador.....	16
1.3 EVOLUCIÓN DE LA REDES MÓVILES	22
1.3.1 Primera Generación (1G)	23
1.3.2 Segunda Generación (2G).....	23
1.3.3 Tercera Generación (3G).....	24
1.3.4 Cuarta Generación (4G)	24
1.3.5 Quinta Generación (5G)	24
1.4 EVOLUCIÓN DEL SERVICIO DE VOZ.....	25
1.4.1 Arquitectura de la Solución VoLTE sobre IMS	26
1.4.2 Requerimientos para VoLTE.....	30

1.4.3	Servicios y Beneficios.....	35
CAPÍTULO II.....		39
2.	ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA CNT EP SOBRE ACUERDOS DE ROAMING NACIONAL AUTOMÁTICO.....	39
2.1	Introducción.....	39
2.2	Condiciones Generales	39
2.3	Arquitectura de red RNA entre CNT EP – OTRO OPERADOR.....	42
2.3.1	Red de Conmutación de Circuitos (CS)	43
2.3.2	Red de Conmutación de Paquetes (PS)	46
2.4	Servicios Contemplados	47
2.4.1	Iniciación y Terminación de voz.....	47
2.4.2	Envío y recepción de SMS.....	47
2.4.3	Servicio de datos Móviles	48
2.4.4	Locuciones o Anuncios.....	48
2.5	Mecanismos de Operación Técnica.....	48
2.5.1	Medición	48
2.5.2	Verificación y Control.....	48
2.5.3	Tasación/Facturación	48
2.6	Acuerdo de RNA entre CNT EP y OTECEL S.A.	49
2.6.1	Antecedentes.....	49
2.6.2	Objeto del Acuerdo.....	51
2.6.3	Cargos de acceso a Roaming Nacional Automático	51
2.6.4	Cobertura Actual en RNA con OTECEL S.A.	52
2.6.5	Ventajas	54
2.6.6	Desventajas.....	55
2.7	Acuerdo de RNA entre CNT EP y CONECEL S.A.	57
2.7.1	Antecedentes.....	57
2.7.2	Objeto del Acuerdo.....	57
2.7.3	Cargos de acceso a Roaming Nacional Automático	57

2.7.4	Cobertura Actual en RNA con CONECEL S.A.	58
2.7.5	Ventajas	61
2.7.6	Desventajas.....	62
2.8	Resumen Acuerdos de RNA que mantiene la CNT EP.....	63
CAPÍTULO III.....		67
3.	LLAMADAS DE VOZ SOBRE LA RED 4G UTILIZANDO CSFB Y VOLTE.....	67
3.1	Situación Actual.....	67
3.2	Descripción solución CSFB (Circuit Switched Fallback).....	68
3.2.1	Arquitectura de la solución de CS Fallback.....	68
3.2.2	Llamada de voz utilizando CSFB	69
3.3	Descripción solución para Voz sobre LTE (VoLTE)	73
3.3.1	Arquitectura de la solución VoLTE sobre IMS.....	74
3.3.2	Llamada de voz utilizando VoLTE.....	76
3.4	Realización de pruebas y mediciones para comparar el tiempo de establecimiento de llamada de voz en diferentes escenarios	99
3.4.1	Detalle de las Pruebas.....	100
3.4.2	Resultados obtenidos	107
CAPÍTULO IV		109
4.	IDENTIFICACIÓN DE ZONAS GEOGRÁFICAS CON USO EXCESIVO DE RNA..	109
4.1	Antecedentes.....	109
4.2	Análisis técnico para la identificación de las zonas geográficas donde existe un uso excesivo del RNA.....	109
CAPÍTULO V		170
5.	Propuesta de apagado de LACs con los otros operadores que brindan los servicios móviles bajo la modalidad de RNA	170
5.1	Premisas de análisis.....	171
5.1.1	Premisas	171
5.1.2	Información requerida para el análisis	172
5.1.3	Análisis realizado y resultados obtenidos	173

5.1.4 Plan Apagado de LAC's en RNA OTECEL/CONECEL	178
CAPÍTULO VI	182
CONCLUSIONES	182
RECOMENDACIONES	184
BIBLIOGRAFÍA	185

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1: Compartición de sitio (GSM Association, 2012, p. 12)</i>	<i>2</i>
<i>Figura 1.2: Compartición de torre (GSM Association, 2012, p. 13)</i>	<i>3</i>
<i>Figura 1.3: Diagrama esquemático para compartir RNC (Meddour et al., 2015, p. 6)</i>	<i>4</i>
<i>Figura 1.4: Diagrama esquemático de MORAN (Huawei, 2018, p. 77)</i>	<i>5</i>
<i>Figura 1.5: Diagrama esquemático de MOCN (Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, 2017, p. 5).....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 1.6: Diagrama esquemático de compartición de la red central (Meddour et al., 2015, p. 7)..</i>	<i>6</i>
<i>Figura 1.7: Compartición de red activa y pasiva (Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, 2017, p. 3)..</i>	<i>7</i>
<i>Figura 1.8: Evolución de las redes móviles (Brito Gomez, 2019, p. 4)</i>	<i>23</i>
<i>Figura 1.9 Evolución de los servicios de voz y datos en LTE (Edgar, 2016, p. 53).....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 1.10: Arquitectura de solución VoLTE (GSMA, 2014, p. 26)</i>	<i>27</i>
<i>Figura 1.11: Arquitectura de referencia de IMS (3GPP, 2020c, p. 27)</i>	<i>29</i>
<i>Figura 1.12: Arquitectura VoLTE QoS (Huawei Technologies Co., 2017c, p. 5).....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 1.13: SRVCC para handover (Huawei Technologies Co., 2017e, p. 3)</i>	<i>36</i>
<i>Figura 1.14: eSRVCC para handover (Huawei Technologies Co., 2017e, p. 4)</i>	<i>36</i>
<i>Figura 1.15: Funcionalidad SRVCC para Handover (Huawei Technologies Co., 2017e, p. 13)</i>	<i>37</i>
<i>Figura 1.16 Ancho de banda para la solución de Voz en HD (Edgar, 2016, p. 91).....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 2.1: Arquitectura de red utilizada para el RNA 2G/3G que mantiene CNT EP (ARCOTEL, 2016)</i>	<i>43</i>
<i>Figura 2.2: Cobertura nacional 2G – OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)</i>	<i>52</i>
<i>Figura 2.3: Cobertura nacional 3G – OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)</i>	<i>53</i>
<i>Figura 2.4: Cobertura de Red Móvil RNA 2G OTECEL S.A. Elaborado por Autor.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 2.5: Cobertura de Red Móvil RNA 3G OTECEL S.A. Elaborado por Autor.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 2.6: Cobertura nacional 2G – CONECEL S.A. (CLARO, 2020)</i>	<i>59</i>
<i>Figura 2.7: Cobertura nacional 3G – CONECEL S.A. (CLARO, 2020)</i>	<i>59</i>
<i>Figura 2.8: Cobertura de Red Móvil RNA 2G CONECEL. Elaborado por Autor.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 2.9: Cobertura de Red Móvil RNA 3G CONECEL S.A. Elaborado por Autor.....</i>	<i>60</i>

<i>Figura 2.10: Cobertura de Red Móvil RNA 2G (OTECEL S.A./CONECEL S.A.). Elaborado por Autor.</i>	64
<i>Figura 2.11: Cobertura de Red Móvil RNA 3G (OTECEL S.A./CONECEL S.A.). Elaborado por Autor.</i>	65
<i>Figura 3.1: Arquitectura EPS para CSFB (3GPP, 2020d, p. 11)</i>	69
<i>Figura 3.2: CS fallback para llamadas originadas MO (Huawei Technologies Co., 2016, p. 9)</i>	69
<i>Figura 3.3: Mensaje de solicitud de servicio SGsAP (Huawei Technologies Co., 2016, p. 10)</i>	70
<i>Figura 3.4: CS fallback para llamadas terminadas MT (Huawei Technologies Co., 2016, p. 11)</i>	71
<i>Figura 3.5: Mensaje SGSAP-PAGING-REQUEST (Huawei Technologies Co., 2016, p. 11)</i>	72
<i>Figura 3.6: Arquitectura de solución VoLTE (Huawei Technologies Co., 2017a, p. 2)</i>	74
<i>Figura 3.7: Arquitectura NFV-MANO de la ETSI GS NFV (ETSI, 2020)</i>	75
<i>Figura 3.8: Proceso de attach a una red EPC (Huawei Technologies Co., 2017d, p. 8)</i>	77
<i>Figura 3.9: Proceso de registro en la red IMS (Huawei Technologies Co., 2017d, p. 8)</i>	77
<i>Figura 3.10: Proceso de registro en la red EPC e IMS para VoLTE (Huawei Technologies Co., 2017d, p. 9)</i>	78
<i>Figura 3.11: Flujo de llamada de VoLTE a VoLTE (Huawei Technologies Co., 2017b)</i>	82
<i>Figura 3.12: Información de T-ADS (Huawei Technologies Co., 2014, p. 17)</i>	83
<i>Figura 3.13: Llamada entre dos usuarios VoLTE locales. Elaborado por Autor.</i>	84
<i>Figura 3.14: Llamada entre dos usuarios VoLTE en diferentes ciudades. Elaborado por Autor.</i>	84
<i>Figura 3.15: Flujo de llamada de VoLTE a CS (Huawei Technologies Co., 2017b)</i>	85
<i>Figura 3.16: Llamada entre usuario VoLTE hacia un usuario móvil CS. Elaborado por Autor.</i>	86
<i>Figura 3.17: Llamada desde un usuario CS y un usuario VoLTE. Elaborado por Autor.</i>	86
<i>Figura 3.18: Arquitectura básica SRVCC. Elaborado por Autor.</i>	86
<i>Figura 3.19: Flujo de llamadas para SRVCC (Huawei Technologies Co., 2017e, p. 13)</i>	87
<i>Figura 3.20: Flujo de handover eSRVCC de una sesión activa (Huawei Technologies Co., 2017e)</i>	89
<i>Figura 3.21: Mensaje SRVCC PS to CS Response. Elaborado por Autor.</i>	91
<i>Figura 3.22: Mensaje INVITE al ATCF/SBC. Elaborado por Autor.</i>	92
<i>Figura 3.23: Mensaje 200 OK al SRVCC IWF. Elaborado por Autor.</i>	93
<i>Figura 3.24: Mensaje ACK al ATCF/SBC. Elaborado por Autor.</i>	93
<i>Figura 3.25: Mensaje SRVCC PS to CS Complete Notification. Elaborado por Autor.</i>	94
<i>Figura 3.26: Mensaje INVITE al I-CSCF. Elaborado por Autor.</i>	95
<i>Figura 3.27: Mensaje INVITE al SCC AS. Elaborado por Autor.</i>	95
<i>Figura 3.28: Mensaje 200 al I-CSCF. Elaborado por Autor.</i>	96
<i>Figura 3.29: Mensaje ACK al servidor SCC AS. Elaborado por Autor.</i>	97
<i>Figura 3.30: Mensaje BYE al UE_A. Elaborado por Autor.</i>	97
<i>Figura 3.31: Flujo antes del handover. Elaborado por Autor.</i>	98
<i>Figura 3.32: Flujo después del handover. Elaborado por Autor.</i>	98
<i>Figura 3.33: Llamada de VoLTE eSRVCC hacia VoLTE estándar. Elaborado por Autor.</i>	98
<i>Figura 3.34: Llamada de VoLTE estándar hacia VoLTE eSRVCC. Elaborado por Autor.</i>	98

<i>Figura 3.35: Llamada VoLTE eSRVCC hacia móviles red CS. Elaborado por Autor.</i>	99
<i>Figura 3.36: Llamada móviles red CS hacia VoLTE eSRVCC. Elaborado por Autor.</i>	99
<i>Figura 3.37: Sistema de medición Nemo Outdoor (Technologies, 2018, p. 1)</i>	100
<i>Figura 3.38: Parámetros establecidos en Nemo Outdoor antes de medición. Elaborado por Autor.</i>	101
<i>Figura 3.39: Escenario 1 y 2 para llamada de voz en RNA 2G OTECEL/CONECCEL. Elaborado por Autor.</i>	101
<i>Figura 3.40: Escenario 3 y 4 para llamada de voz en RNA 3G OTECEL/CONECCEL. Elaborado por Autor.</i>	102
<i>Figura 3.41: Escenario 5 y 6 para llamada de voz en CNT EP 3G/LTE (CS Fallback - 3G CNT EP) Elaborado por Autor.</i>	102
<i>Figura 3.42: Realización de post-procesamiento de logs .nmf obtenidos de las mediciones. Elaborado por Autor.</i>	103
<i>Figura 3.43: Realización de post-procesamiento de logs .nmf obtenidos de las mediciones. Elaborado por Autor.</i>	103
<i>Figura 3.44: Trazado en CSCF para llamada de voz VoLTE - *611 (Ejemplo 1). Elaborado por Autor.</i>	104
<i>Figura 3.45: Escenario 7: Llamada de voz VoLTE - *611 (Ejemplo 2). Elaborado por Autor.</i>	105
<i>Figura 3.46: Escenario 7: Llamada de voz VoLTE - VoLTE (Ejemplo 1). Elaborado por Autor.</i>	106
<i>Figura 3.47: Escenario 7: Llamada de voz VoLTE - VoLTE (Ejemplo 2). Elaborado por Autor.</i>	107
<i>Figura 4.1: Área de servicio de telecomunicaciones en redes móviles (Huawei Technologies Co., 2020)</i>	110
<i>Figura 4.2: Componentes del PLMN ID. Elaborado por Autor.</i>	111
<i>Figura 4.3: Componentes del LAI. Elaborado por Autor.</i>	111
<i>Figura 4.4: Componentes del SAI. Elaborado por Autor.</i>	112
<i>Figura 4.5: Conversor numérico Hexadecimal a Decimal (Calcuworld, 2020)</i>	114
<i>Figura 4.6: Ubicación de la primera coordenada (Parroquia Colonche) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	118
<i>Figura 4.7: Ubicación de la primera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	119
<i>Figura 4.8: Cobertura móvil 3G RNA de la primera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	119
<i>Figura 4.9: Cobertura móvil 4G CNT de la primera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	120
<i>Figura 4.10: Ubicación de la segunda coordenada (Parroquia Colonche) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	120
<i>Figura 4.11: Ubicación de la segunda coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	121
<i>Figura 4.12: Cobertura móvil 3G RNA de la primera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	121

<i>Figura 4.13: Cobertura móvil 4G CNT de la primera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	122
<i>Figura 4.14: Ubicación de la tercera coordenada (Parroquia Colonche) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	122
<i>Figura 4.15: Ubicación de la tercera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	123
<i>Figura 4.16: Cobertura móvil 3G RNA de la tercera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	123
<i>Figura 4.17: Cobertura móvil 2G RNA de la tercera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	124
<i>Figura 4.18: Cobertura móvil 4G CNT de la tercera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	124
<i>Figura 4.19: Ubicación de la cuarta coordenada (Parroquia Colonche) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	125
<i>Figura 4.20: Ubicación de la cuarta coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	125
<i>Figura 4.21: Cobertura móvil 3G RNA de la cuarta coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	126
<i>Figura 4.22: Cobertura móvil 2G RNA de la cuarta coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	126
<i>Figura 4.23: Cobertura móvil 3G CNT de la cuarta coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	127
<i>Figura 4.24: Cobertura móvil 4G CNT de la cuarta coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	127
<i>Figura 4.25: Ubicación de coordenadas (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	129
<i>Figura 4.26: Ubicación de la primera coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	129
<i>Figura 4.27: Ubicación de la primera coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	130
<i>Figura 4.28: Ubicación de la primera coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en Google Earth (Google, 2020)</i>	130
<i>Figura 4.29: Cobertura móvil 3G CNT de la primera coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	131
<i>Figura 4.30: Cobertura móvil 3G RNA de la primera coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	131
<i>Figura 4.31: Ubicación de la segunda coordenada (Provincia Colonche) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	132
<i>Figura 4.32: Ubicación de la segunda coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	132

<i>Figura 4.33: Cobertura móvil 3G CNT de la segunda coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	133
<i>Figura 4.34: Cobertura móvil 4G CNT de la segunda coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	133
<i>Figura 4.35: Ubicación de coordenadas (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	134
<i>Figura 4.36: Ubicación de coordenadas (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	135
<i>Figura 4.37: Cobertura móvil 3G CNT (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	135
<i>Figura 4.38: Cobertura móvil 4G CNT (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	136
<i>Figura 4.39: Cobertura móvil 2G RNA (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	136
<i>Figura 4.40: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	137
<i>Figura 4.41: Ubicación de coordenadas (Parroquia Tiputini) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	138
<i>Figura 4.42: Ubicación de coordenadas (Parroquia Tiputini) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	138
<i>Figura 4.43: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Tiputini) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	139
<i>Figura 4.44: Cobertura móvil 3G CNT (Parroquia Tiputini) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	139
<i>Figura 4.45: Ubicación de coordenadas (Parroquia Balzar) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	140
<i>Figura 4.46: Ubicación de coordenadas (Parroquia Balzar) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	141
<i>Figura 4.47: Cobertura móvil 2G RNA (Parroquia Balzar) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	141
<i>Figura 4.48: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Balzar) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	142
<i>Figura 4.49: Ubicación de coordenadas (Parroquia La Esperanza) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	143
<i>Figura 4.50: Ubicación de coordenadas (Parroquia La Esperanza) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	143
<i>Figura 4.51: Cobertura móvil 4G CNT (Parroquia La Esperanza) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	144
<i>Figura 4.52: Ubicación de coordenadas (Parroquia La Esperanza) en Google Earth (Google, 2020)</i>	144

<i>Figura 4.53: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia La Esperanza) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	145
<i>Figura 4.54: Ubicación de coordenadas (Parroquia Guayaquil) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	148
<i>Figura 4.55: Ubicación de coordenadas (Parroquia Guayaquil) y obtención de Nodos en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	148
<i>Figura 4.56: Ubicación de coordenadas (Parroquia Guayaquil) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	149
<i>Figura 4.57: Cobertura móvil 3G CNT (Parroquia Guayaquil) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	149
<i>Figura 4.58: Cobertura móvil 4G CNT (Parroquia Guayaquil) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	150
<i>Figura 4.59: Cobertura móvil 2G RNA (Parroquia Guayaquil) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	150
<i>Figura 4.60: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Guayaquil) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	151
<i>Figura 4.61: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Guayaquil) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)</i>	151
<i>Figura 4.62: Ubicación de coordenadas (Parroquia Rosa Zarate) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	153
<i>Figura 4.63: Ubicación de primera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	154
<i>Figura 4.64: Cobertura móvil 2G RNA de primera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	154
<i>Figura 4.65: Cobertura móvil 3G RNA de primera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)</i>	155
<i>Figura 4.66: Ubicación de segunda coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	155
<i>Figura 4.67: Cobertura móvil 3G RNA de la segunda coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (CNT, 2020)</i>	156
<i>Figura 4.68: Cobertura móvil 3G RNA de la segunda coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	156
<i>Figura 4.69: Ubicación de la tercera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	157
<i>Figura 4.70: Cobertura móvil 2G RNA de la tercera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	157
<i>Figura 4.71: Cobertura móvil 3G RNA de la tercera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)</i>	158
<i>Figura 4.72: Ubicación de la cuarta coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	159

<i>Figura 4.73: Cobertura móvil 3G RNA de la tercera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)</i>	159
<i>Figura 4.74: Ubicación de coordenadas (Parroquia San Sebastián del Coca) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	160
<i>Figura 4.75: Ubicación de coordenadas (Parroquia San Sebastián del Coca) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)g</i>	161
<i>Figura 4.76: Cobertura móvil 2G RNA (Parroquia San Sebastián del Coca) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	161
<i>Figura 4.77: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia San Sebastián del Coca) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	162
<i>Figura 4.78: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia San Sebastián del Coca) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)</i>	162
<i>Figura 4.79: Ubicación de coordenadas (Parroquia Célica) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	163
<i>Figura 4.80: Ubicación de coordenadas (Parroquia Célica) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	164
<i>Figura 4.81: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Célica) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)</i>	164
<i>Figura 4.82: Cobertura móvil 3G CNT (Provincia Célica) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	165
<i>Figura 4.83: Ubicación de coordenadas (Parroquia Guale) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)</i>	166
<i>Figura 4.84: Ubicación de coordenadas (Parroquia Guale) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	166
<i>Figura 4.85: Cobertura móvil 2G RNA (Parroquia Guale) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	167
<i>Figura 4.86: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Guale) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)</i>	167
<i>Figura 4.87: Cobertura móvil 3G CNT (Provincia Guale) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)</i>	168

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1-1: Valores QCI estándar y de parámetros de calidad de servicio para EPS Bearers</i>	31
<i>Tabla 1-2: Características de terminales para soportar VoLTE.....</i>	33
<i>Tabla 3-1: Parámetros claves en el mensaje de Handover Request.....</i>	90
<i>Tabla 3-2: Parámetros claves en el mensaje PS to CS Request</i>	90
<i>Tabla 3-3: Tiempo de establecimiento de llamada VoLTE - *611.....</i>	104
<i>Tabla 3-4: Tiempo de establecimiento de llamada VoLTE - *611.....</i>	104
<i>Tabla 3-5: Tiempo de establecimiento de llamada para 10 muestras (VoLTE - *611).....</i>	105
<i>Tabla 3-6: Tiempo de establecimiento de llamada VoLTE - VoLTE.....</i>	106
<i>Tabla 3-7: Tiempo de establecimiento de llamada VoLTE - VoLTE.....</i>	106
<i>Tabla 3-8: Tiempo de establecimiento de llamada para 10 muestras (VoLTE - VoLTE)</i>	107
<i>Tabla 3-9: Tiempos de establecimiento de llamada en las diferentes tecnologías de acceso.....</i>	108
<i>Tabla 4-1: Campo userLocationInformation del PGW-CDR.....</i>	110
<i>Tabla 4-2: Parte del listado de Radio bases CONECEL entregado a la CNT EP</i>	114
<i>Tabla 4-3: Campos requeridos de PGW-CDRs en RNA CONECEL.....</i>	114
<i>Tabla 4-4: Campos requeridos de PGW-CDRs en RNA OTECEL.....</i>	115
<i>Tabla 4-5: Resultado de cruce entre PGW-CDRs con listado de Radio bases CONECEL</i>	116
<i>Tabla 4-6: Resultado de cruce entre PGW-CDRs con listado de Radio bases OTECEL</i>	116
<i>Tabla 4-7: TOP 5 de parroquias que tienen uso excesivo de RNA CONECEL.....</i>	117
<i>Tabla 4-8: Primera parroquia con mayor consumo en RNA CONECEL.....</i>	117
<i>Tabla 4-9: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia Colonche</i>	117
<i>Tabla 4-10: Información de la primera coordenada de la provincia de Colonche</i>	118
<i>Tabla 4-11: Información de la segunda coordenada de la provincia de Colonche.....</i>	120
<i>Tabla 4-12: Información de la tercera coordenada de la provincia de Colonche</i>	122
<i>Tabla 4-13: Información de la cuarta coordenada de la provincia de Colonche.....</i>	125
<i>Tabla 4-14: Segunda parroquia con mayor consumo en RNA CONECEL.....</i>	128
<i>Tabla 4-15: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia Colonche</i>	128
<i>Tabla 4-16: Información de la primera coordenada de la provincia Puerto Francisco de Orellana</i>	129
<i>Tabla 4-17: Información de la segunda coordenada de la provincia Puerto Francisco de Orellana</i>	132
<i>Tabla 4-18: Información de coordenadas restantes de la provincia Puerto Francisco de Orellana</i>	134
<i>Tabla 4-19: Tercera parroquia con mayor consumo en RNA CONECEL.....</i>	137
<i>Tabla 4-20: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia Tiputini.....</i>	137
<i>Tabla 4-21: Cuarta parroquia con mayor consumo en RNA CONECEL</i>	140
<i>Tabla 4-22: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia Balzar</i>	140
<i>Tabla 4-23: Quinta parroquia con mayor consumo en RNA CONECEL.....</i>	142
<i>Tabla 4-24: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia La Esperanza</i>	142
<i>Tabla 4-25: TOP 5 de parroquias que tienen uso excesivo de RNA OTECEL.....</i>	145

<i>Tabla 4-26: Primera parroquia con mayor consumo en RNA OTECEL</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 4-27: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia de Guayaquil</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 4-28: Segunda parroquia con mayor consumo en RNA OTECEL</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 4-29: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia Rosa Zarate</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 4-30: Información de la primera coordenada de la provincia de Rosa Zarate</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 4-31: Información de la segunda coordenada de la provincia de Colonche</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 4-32: Información de la tercera coordenada de la provincia de Rosa Zarate</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 4-33: Información de la cuarta coordenada de la provincia de Rosa Zarate</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 4-34: Tercera parroquia con mayor consumo en RNA OTECEL</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 4-35: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia San Sebastián del Coca</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 4-36: Cuarta parroquia con mayor consumo en RNA OTECEL</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 4-37: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia Célica</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 4-38: Quinta parroquia con mayor consumo en RNA OTECEL</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 4-39: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia de Guale</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 4-40: TOP 10 de usuarios considerados HeavyUsers RNA y soportan VoLTE</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 5-1: Niveles de Señal en Cobertura 3G y 4G de la CNT EP</i>	<i>172</i>
<i>Tabla 5-2: Listado de LAC's sugeridos para ser apagados en RNA CONECEL</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 5-3: Listado de LAC's sugeridos para ser apagados en RNA OTECEL</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 5-4: Listado de LAC's sugeridos para ser apagados en RNA CONECEL (Quito y Guayaquil)</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 5-5: Listado de LAC's sugeridos para ser apagados en RNA OTECEL (Quito y Guayaquil)</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 5-6: Listado de LAC's sugeridos para ser apagados en RNA CONECEL (provincias restantes).....</i>	<i>180</i>
<i>Tabla 5-7: Listado de LAC's sugeridos para ser apagados en RNA OTECEL (provincias restantes)</i>	<i>180</i>

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se realiza el estudio de factibilidad técnica para la disminución del uso del Roaming Nacional Automático, empleando la tecnología de Voz sobre LTE en la red móvil de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, CNT EP; el cual está compuesto de seis capítulos, como se detallan a continuación.

En el primer capítulo se describe de manera general los fundamentos teóricos relacionados al estudio de este trabajo de titulación de maestría, enfocándose en los tipos de compartición de redes y la regulación para el intercambio de éstas en el Ecuador, así como la evolución de las redes móviles y del servicio de voz.

En el segundo capítulo se expone la situación actual, ventajas y desventajas de los Acuerdos que mantiene la CNT EP para el uso de Roaming Nacional Automático, los mismos que han sido suscritos entre la CNT EP y OTECEL S.A./CONECEL S.A., a través de los cuales la CNT proporciona los servicios móviles como: Voz, SMS y Datos a sus usuarios, en lugares en donde no posee cobertura.

En el tercer capítulo, se presenta el análisis del flujo de llamadas en cobertura LTE mediante CSFB y VoLTE, así como también se presenta el detalle de pruebas y mediciones obtenidas para realizar la comparativa del tiempo de establecimiento de llamada entre un usuario VoLTE frente a usuarios en tecnologías 2G/3G en modalidad RNA (OTECEL/CONECEL) y 3G/LTE (CSFB) en red propia de la CNT EP, logrando evidenciar las mejoras que se presentarán con el servicio de VoLTE.

En el cuarto capítulo se desarrolla el análisis técnico para obtener e identificar las zonas geográficas donde existe un uso excesivo del Roaming Nacional Automático, en base a diversa información obtenida de la red, con la finalidad de un futuro despliegue del servicio VoLTE en estos sitios.

En el quinto capítulo se enfoca en la elaboración de un plan de apagado de LAC's con los operadores (OTECEL y CONECEL) que brindan los servicios móviles bajo la modalidad de RNA, en base a premisas e información consideradas para el análisis. Esto, con la finalidad de recomendar a la CNT EP el futuro apagado de LAC's, en base a la conveniencia de la corporación, desde el punto de vista técnico, económico y comercial.

Finalmente, en el sexto capítulo se exponen las conclusiones que se obtiene tras la realización y desarrollo de este trabajo de titulación de maestría y se proponen algunas recomendaciones para trabajos futuros.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector de las telecomunicaciones está sufriendo cambios por la convergencia de las infraestructuras en torno a IP, la gran cantidad de terminales inteligentes y el ancho de banda que estos usan actualmente. La tecnología de banda ancha móvil Long Term Evolution (LTE), proporciona una mayor velocidad de datos para satisfacer las nuevas necesidades del usuario; una de las ventajas principales que LTE brinda, es la estructura de su Core de Paquetes Evolucionado (EPC) como una auténtica red “All-IP” y que permite transportar todo tipo de tráfico de datos. Sin embargo, los servicios tradicionales de voz sobre conmutación de circuitos no son soportados nativamente en el Core EPC de LTE, dichos servicios de voz continúan siendo una de las fuentes de ingresos más significativas para la industria de las telecomunicaciones y es necesario que se considere su despliegue en la red LTE.

Existen diferentes enfoques para proveer servicios de voz en LTE, inicialmente se presentaron soluciones en las que los servicios de datos son provistos por LTE y los servicios de voz por la red de CS, tales como Simultaneous Voice and LTE (SVLTE) y Circuit Switched Fallback (CSFB); posteriormente se desarrollaron soluciones en las que los servicios de voz y datos son provistos por la red LTE de manera nativa tal como soluciones de VoLTE sobre IMS y las aplicaciones Over The Top (OTT).

En la tendencia actual del mercado e industria de las telecomunicaciones se destaca la solución de Voz sobre LTE (VoLTE); dicha solución está basada en IP Multimedia Subsystem (IMS) y permite proporcionar los servicios de llamadas de voz para los suscriptores de la red LTE de manera nativa. La solución de VoLTE proporciona servicios de voz de banda ancha incluyendo características de valor agregado como calidad de servicio, alta definición de voz, así como un conjunto de funcionalidades multimedia que solamente se consiguen sobre un core de conmutación de paquetes.

Actualmente, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP cuenta con dos tecnologías de acceso inalámbrico para el Servicio Móvil Avanzado: 3G (WCDMA) y 4G (LTE), donde la red 3G es capaz de proveer servicios de Voz y Datos, mientras que la red 4G, actualmente funciona exclusivamente para el servicio de Datos de alta velocidad. Cuando un usuario se encuentra registrado en la red 4G e inicia o recibe la petición de un servicio de llamada de Voz, el terminal realiza un procedimiento conocido como “CS FallBack”, mediante el cual, el terminal reselecciona la red 3G propia, permitiendo así que el servicio de Voz sea provisto. Para que el CSFB sea realizado sin inconvenientes, es necesario que el terminal se encuentre en zonas donde cuente con cobertura de red

propia tanto en 3G como 4G. Sin embargo, con el despliegue realizado en la red propia de la CNT EP de eNodos B LTE APT, debido a la frecuencia a la cual opera, su propagación es superior y tomando en cuenta que su penetración es mejor a la que se cuenta con los Nodos B (3G) y eNodos B (LTE) en banda AWS, ha provocado que existan zonas en las que se cuente con cobertura 4G y no 3G. Ese escenario no permite la realización de servicios de voz a través de CSFB ya que en los Acuerdos suscritos entre la CNT EP con los otros operadores no cuenta con un RNA 4G, ni tampoco contempla CSFB hacia las redes 3G externas.

Además, la CNT EP ofrece los servicios de voz, SMS y datos en las tecnologías 2G y 3G bajo la modalidad de Roaming Nacional Automático (adicionalmente al uso de su propia red), utilizando la red de OTECEL S.A. desde el año 2007 y desde el año 2018 utilizando adicionalmente la red de CONECEL S.A., servicios que se encuentran normados por el *“Acuerdo de Acceso, en la modalidad de Roaming Nacional Automático (RNA), entre OTECEL S.A. y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.”* y por el *“Acuerdo de Roaming Nacional Automático entre el Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones S.A. y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.”*, respectivamente.

Por lo que, la CNT EP ha adquirido una solución de Voz sobre LTE (VoLTE) que se encuentra en etapa de implementación, lo que permitirá incluir en los planes actualmente comercializados y vigentes de voz y datos de los usuarios móviles, la funcionalidad de voz en alta definición (VoLTE) sobre una arquitectura virtualizada de referencia ETSI NFV MANO, y además permitirá a los usuarios finales tener una mejor experiencia en el servicio de voz, garantizando la continuidad del servicio de telefonía móvil, así como también permitirá disminuir el consumo de Roaming Nacional Automático (estudio de factibilidad de esta disertación) y mantener a la CNT EP a la vanguardia tecnológica como uno de los operadores convergentes pioneros en el mercado de las telecomunicaciones.

JUSTIFICACIÓN

La implementación de una solución definitiva para la prestación de servicios de voz sobre LTE y preparar la red para el futuro despliegue de tecnologías innovadoras de última generación como 5G y IOT, constituye una mejora tecnológica para la red de la CNT EP. Con el despliegue de VoLTE se tendrá muchos beneficios, entre ellos: voz en alta definición, calidad de la voz, entre otras características que convierten a VoLTE en la solución definitiva para la prestación de servicios de voz en LTE. Es importante considerar que uno de los principales beneficios de esta nueva implementación es la disminución del uso del Roaming Nacional Automático, el cual requiere de un estudio de factibilidad técnica que permita utilizar las inversiones destinadas para RNA, en la red propia de la CNT EP.

Actualmente, las operadoras en el Ecuador buscan que sus abonados puedan estar siempre conectados, para ello se requiere mantener Acuerdos de Roaming Nacional Automático entre operadoras, que permitan brindar los servicios de voz, datos y SMS en cada rincón del país, es por eso que la CNT EP cuenta con dos acuerdos suscritos con las operadoras de OTECEL S.A y CONECEL S.A. para el uso de RNA, a través de los cuales la CNT EP proporciona los servicios móviles a sus usuarios, los mismos que serán analizados para conocer sus ventajas y desventajas permitiendo profundizar el estudio propuesto en este trabajo de titulación de maestría, y motivar el posible plan de mejora y nuevas estrategias empresariales para la CNT EP, considerando las implementaciones de nuevas tecnologías como es el despliegue del servicio VoLTE.

Por otra parte, con el despliegue del servicio de VoLTE, los usuarios finales tendrán una mejor percepción del servicio de voz, al evitar el retorno a la red 3G y por ende eliminando el retardo que existe actualmente en las conexiones de voz al establecer una llamada en cobertura LTE (CSFB), al reducir el tiempo de establecimiento de llamadas, al reducir el índice de caídas de llamadas e interferencias cuando no se tiene buenos niveles de cobertura 2G y 3G en carreteras, zonas rurales, zonas con perfil topográfico irregular, etc. Además, con el despliegue de Radio Bases LTE en banda 700 MHz (mayor penetración y propagación) en todo el país y con la implementación de la solución VoLTE, permitirá captar el tráfico tanto de voz como datos que actualmente se va al Roaming Nacional Automático.

Adicionalmente, la empresa de Telecomunicaciones CNT EP como organización prestadora de servicios, se ve en la necesidad de obtener un análisis e identificación de las zonas geográficas en donde existe un uso excesivo del Roaming Nacional Automático

y los usuarios que provocan que este servicio sea usado inadecuadamente (Heavy Users), con ello se podrá determinar y enfocar los sitios y abonados principales para el despliegue del servicio VoLTE.

Finalmente, con la información del despliegue de nodos de acceso existentes con tecnología VoLTE a nivel nacional en la red de la CNT EP, permitirá elaborar un plan de apagado de LACs (por zonas geográficas) con los otros operadores (OTECEL y CONECEL), el cual permitirá disminuir el consumo de RNA especialmente en las ciudades principales de Quito y Guayaquil, lugares en donde existe más concentración de usuarios móviles de la CNT EP.

OBJETIVOS

i. Objetivo General

Realizar el estudio de factibilidad técnica para la disminución del uso del Roaming Nacional Automático, empleando la tecnología de Voz sobre LTE en la red móvil de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, CNT EP.

ii. Objetivos Específicos

- Analizar y presentar de forma general, los fundamentos teóricos para el presente estudio centrándose en los tipos de compartición de redes y la regulación para el intercambio de éstas, así como la evolución de las redes móviles y del servicio de voz.
- Analizar la situación actual, ventajas y desventajas de los Acuerdos para el uso de Roaming Nacional Automático, suscritos entre las partes (CNT EP y OTECEL S.A./CONECEL S.A.), a través de los cuales la CNT EP proporciona los servicios móviles a sus usuarios.
- Realizar una comparación entre el actual proceso para el establecimiento de llamadas de voz sobre la red 4G (CSFB) y el servicio voz brindado a través de VoLTE, mediante los flujos de señalización de llamadas para los diferentes escenarios que evidencien las posibles mejoras que se presentarán con el servicio de VoLTE.
- Identificar las zonas geográficas donde existe un uso excesivo del Roaming Nacional Automático, en base a las estadísticas obtenidas mediante información que brinda la red, con la finalidad de un futuro despliegue del servicio VoLTE en estos sitios.
- Elaborar un plan de apagado de LACs con los otros operadores (OTECCEL y CONECEL), en base al despliegue realizado por la CNT EP de nodos de acceso existentes con tecnología VoLTE a nivel nacional, para la reducción del consumo del Roaming Nacional Automático.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Considerando el proceso de transformación digital que experimenta la industria de las telecomunicaciones y la tendencia tecnológica hacia esquemas virtualizados y de nueva generación como VoLTE, la CNT EP ha contemplado dentro de su red, la implementación de una solución en esquema virtualizado para brindar servicios convergentes de valor agregado y servicios de VoLTE sobre la red de cuarta generación (4G/LTE). Sin embargo, la CNT EP no cuenta con un análisis técnico que permita determinar como la nueva tecnología VoLTE favorecerá en la disminución del uso del Roaming Nacional Automático, que actualmente se considera uno de los principales problemas dentro de la empresa por el costo muy elevado que este conlleva.

Es importante mencionar que la CNT EP tiene la mayor cobertura en tecnología 4G a nivel nacional para el servicio de datos, sin embargo, en lugares donde no se cuenta con cobertura celular propia, tiene Acuerdos de Roaming Nacional Automático (RNA) con los operadores de OTECEL S.A. y CONECEL S.A. para el uso del servicio de voz, datos y SMS en las redes 2G y 3G, este uso de redes externas tiene como consecuencia un OPEX¹ representativo para la empresa y cuyos valores no son invertidos en el despliegue de la red de acceso LTE de la CNT EP que brinda mejores prestaciones y calidad de servicio a sus usuarios finales. Además, el escenario de RNA no permite la realización de servicios de voz a través de Circuit Switched Fallback (CSFB) ya que en los Acuerdos suscritos entre las partes, no se contempla CSFB desde la red propia 4G hacia las redes 3G de los otros operadores.

Además, la CNT EP proporciona a sus abonados LTE los servicios de llamadas de voz a través del core de conmutación de circuitos 3G, empleando el mecanismo de Circuit Switched Fallback (CSFB), lo que obliga a cerrar todas las sesiones que existan ese momento en 4G y levantarlas automáticamente en la red 3G/HSPA+, este escenario es aplicado en red propia. Sin embargo, en el caso de RNA no se contempla el uso de CSFB desde la red 4G propia hacia las redes 3G de los otros operadores, lo cual implica corte de servicio y un retardo considerable en las conexiones de voz, afectando la experiencia del usuario al establecer una llamada en cobertura LTE. Además, en lugares donde no se dispone de buenos niveles de cobertura en 2G y 3G (carreteras, zonas rurales, zonas con perfil topográfico irregular, etc), se percibe altos tiempos de establecimiento de llamadas,

¹ OPEX: del inglés "Operational expenditures", considerado como el gasto operativo, gasto de funcionamiento o gasto operacional; este costo es permanente para el correcto funcionamiento de un sistema, producto o negocio.

robotización de voz, un alto el índice de caídas de llamadas e interferencias en las llamadas establecidas, lo que conlleva a un alto índice de deserción de usuarios.

Por otra parte, existe una cantidad considerable de usuarios móviles que hacen uso de RNA a nivel nacional, lo cual conlleva a realizar un pago representativo por el uso de este servicio hacia los operadores de OTECEL S.A. y CONECEL S.A. Además, dentro de estos usuarios existen abonados considerados como Heavy Users que hacen mal uso del servicio de voz y datos dentro del RNA, lo que afecta aún más a la economía de la CNT y a las estrategias empresariales y giro del negocio.

Finalmente, los servicios de voz, datos y SMS en las tecnologías 2G y 3G bajo la modalidad de RNA (adicionalmente al uso de su propia red), utilizando la red de OTECEL S.A. y de CONECEL S.A., son brindados a nivel nacional, lo que provoca que incluso en las ciudades principales como Quito y Guayaquil existan abonados enganchados en el RNA a pesar de contar con cobertura propia en estas ciudades.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 Tipos de compartición de redes

Compartir infraestructura móvil en telecomunicaciones es una medida importante para construir una cobertura más rentable, especialmente en áreas rurales y menos pobladas o marginadas. En así que el intercambio de infraestructura debe ser adoptado como un imperativo para el crecimiento sostenido de las telecomunicaciones.

El intercambio de infraestructura móvil también puede provocar la migración a nuevas tecnologías y el despliegue de la banda ancha móvil, que se considera cada vez más como un medio viable para hacer que los servicios de banda ancha sean accesibles para una gran parte de la población mundial. Además, el uso compartido de redes móviles puede desempeñar un papel importante para aumentar el acceso a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), generar crecimiento económico, mejorar la calidad de vida y ayudar a los países en desarrollo y desarrollados.

Existe una variedad de opciones que pueden considerarse al evaluar la viabilidad de compartir infraestructura, estas opciones van desde compartir nodos de acceso de radio y otras instalaciones de infraestructura hasta compartir una red móvil completa.

Entre las soluciones técnicas que se pueden implementar para compartir redes tenemos tres categorías:

- Uso compartido pasivo (Passive Sharing)
- Uso compartido activo (Active Sharing)
- Uso compartido basado en Itinerancia (Roaming)
- Virtualización de funciones de red

1.1.1 Uso compartido pasivo (Passive Sharing)

El uso compartido pasivo se define como el intercambio de espacio o infraestructura de soporte físico que no requiere de una coordinación operativa activa entre los operadores de red. El uso compartido del sitio, mástiles, conductos, suministros de energía, aire acondicionado, cables, armarios, entre otros, se consideran formas de intercambio pasivo. En general, compartir el sitio implica compartir los costos relacionados con el arrendamiento, la adquisición de artículos de propiedad, contratos e instalaciones técnicas y el intercambio de infraestructura pasiva de RAN (Radio Access Network). El intercambio pasivo es la forma de cooperación más utilizada y aceptada entre los operadores móviles.

Las redes básicamente permanecen competitivamente independientes entre sí. En algunos países, esta forma de cooperación incluso es solicitada por ley o regulación (Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, 2017).

Además, el intercambio pasivo de infraestructura puede ser una opción efectiva para actualizar los servicios móviles de segunda generación (2G) a las comunicaciones móviles de tercera generación (3G) y éstas actualizar a los servicios móviles 4G o 5G.

1.1.1.1 *Compartición de sitio*

El intercambio de sitios entre operadores es la forma de compartir más fácil y más comúnmente implementada, ya que comparten el mismo espacio físico, pero se instala mástiles, antenas, gabinetes y backhaul independientes. En la Figura 1.1, se muestra el equipo y los mástiles que los operadores poseerán o arrendarán, cada operador generalmente instala su propia infraestructura por separado de la de otros operadores. Sin embargo, pueden decidir compartir equipos de apoyo, incluidos refugios, suministro de energía y aire acondicionado. Esta forma de compartir a menudo se ve favorecida en áreas urbanas y suburbanas donde hay escasez de sitios disponibles (GSM Association, 2012).

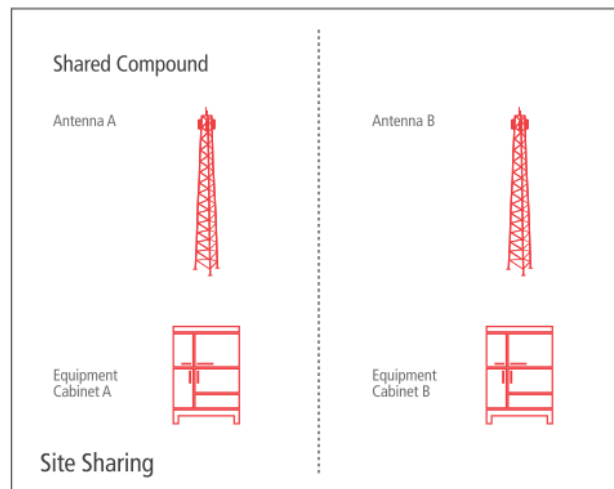


Figura 1.1: Compartición de sitio (GSM Association, 2012, p. 12)

1.1.1.2 *Compartición de torre*

El uso compartido de mástiles o torres va más allá que simplemente compartir el sitio, ya que implica compartir el mismo mástil, marco de antena o techo. La Figura 1.2, muestra un ejemplo típico dentro del cual los operadores instalan su propia infraestructura de acceso. Es decir, cada operador instalará sus propias antenas en un mástil físico compartido u otra estructura, en donde la cobertura del operador permanece completamente separada (GSM Association, 2012).

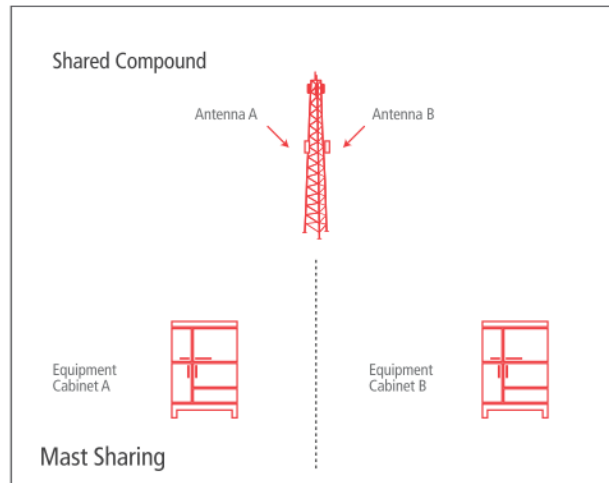


Figura 1.2: Compartición de torre (GSM Association, 2012, p. 13)

1.1.2 Uso compartido activo (Active Sharing)

El intercambio activo entre redes es un modelo técnico avanzado que implica un intercambio mutuo no solo de elementos pasivos, sino también comparten elementos de red que forman parte de la capa activa de una red móvil, como antenas, nodos de radio, controladores de nodos, transmisión de backhaul y backbone, así como elementos de la red central (como conmutadores), es decir, elementos esenciales de la creación de valor en la cadena de actividad económica.

En muchos casos a pesar de compartir toda la red, los operadores móviles aún pueden operar una red separada lógicamente y tener control total sobre esa red. Además, el centro de operación y mantenimiento se puede operar independientemente y la separación lógica de las RAN también requiere que los MNO (Mobile Network Operator) cooperantes utilicen además sus frecuencias exclusivamente.

Muchos países regulan el intercambio de infraestructura activa, por temor a que la práctica promueva comportamientos anticompetitivos, como acuerdos sobre precios u ofertas de servicios. Sin embargo, muchas autoridades reguladoras están adoptando un enfoque más indulgente para el intercambio activo, ya que los operadores compiten cada vez más en función de la calidad de sus servicios y no de las características de sus redes (Meddour et al., 2015).

A continuación, se muestran las diversas formas de compartición para que los operadores realicen el intercambio activo de redes móviles:

1.1.2.1 Estación base compartida (Nodo B)

Compartir la estación base (Nodo B) es una forma de compartición activa entre operadores, es el dispositivo colocado junto a una antena cuando se trata de las redes 3G.

La estación base contiene varios dispositivos necesarios para controlar la transmisión y recepción de señales. Para lo cual, cada operador debe mantener el control de la "lógica" del Nodo B para que pueda operar independientemente de las frecuencias del operador asociado que fueron asignadas.

1.1.2.2 Uso compartido del controlador de estación base (RNC)

La RNC (Radio Network Controller), controla los Nodos B de la red 3G, la compartición activa de este elemento de red de acceso es posible cuando se trata de mantener la lógica de control dentro del RNC de cada operador independientemente. La Figura 1.3, ilustra un RNC físicamente dividido en dos o más RNC lógicos, que pertenecen respectivamente a diferentes operadores. El RNC está físicamente separado, pero lógicamente compartido. El operador controla así las funciones y operaciones críticas realizadas por el RNC, que incluyen: asignación y optimización de recursos de radio (control de acceso, asignación de códigos de difusión, control de potencia, celdas de control de carga, gestión de calidad del servicio) y gestión de movilidad y control de las configuraciones de entrega (Meddour et al., 2015).

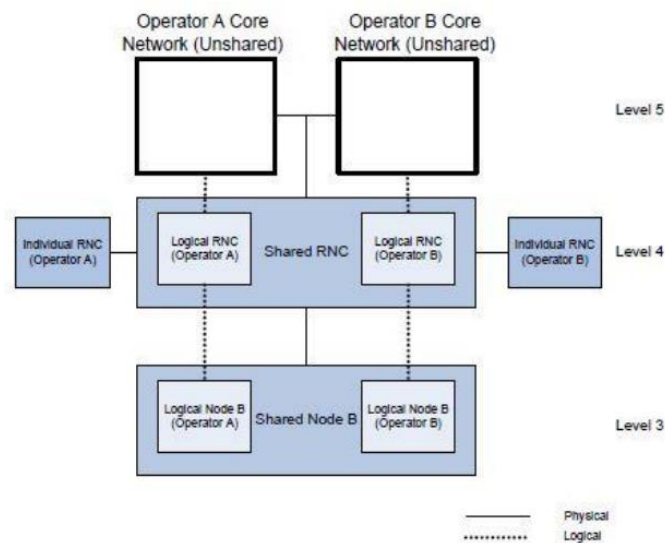


Figura 1.3: Diagrama esquemático para compartir RNC (Meddour et al., 2015, p. 6)

Existen dos conceptos de compartición de red activa a nivel de la red de acceso:

- MORAN (Multi-Operator RAN), es una solución técnica en la que se implementan múltiples instancias de red de acceso de radio virtual al dividir el BTS, BSC, Nodo B y RNC en unidades lógicamente independientes realizadas por una sola instancia física. Estas redes de acceso de radio virtual se conectan a la red central del operador respectivo: el centro de conmutación móvil (MSC) para el tráfico de circuitos y el nodo de soporte GPRS (SGSN) para el tráfico de paquetes de datos. En esta solución técnica, los operadores comparten el mismo hardware a nivel de

la red de accesos, pero continúan usando los rangos de frecuencia dedicados que fueron otorgados por los organismos de control y transmiten sus propios identificadores de red individuales de modo que mantienen total independencia en sus acuerdos de roaming y el intercambio no es visible para sus suscriptores.

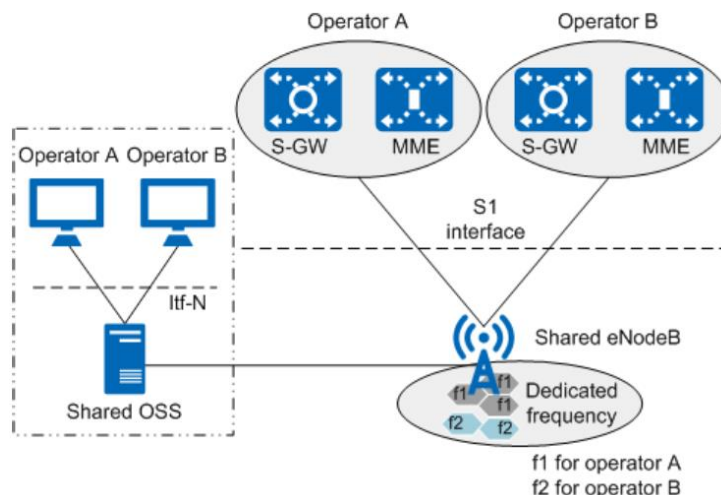


Figura 1.4: Diagrama esquemático de MORAN (Huawei, 2018, p. 77)

- MOCN (Multi-Operator Core Network) es otra solución activa para compartir RAN que se ha definido en 3GPP Release 6 para redes 3G, donde el Nodo B y RNC se comparten entre múltiples operadores y las frecuencias se agrupan, es decir comparten los recursos de espectro agrupados entre ellos o con otros que no poseen recursos de espectro. En este esquema, los operadores deben renunciar a su control independiente sobre la calidad del tráfico y capacidad en gran medida.

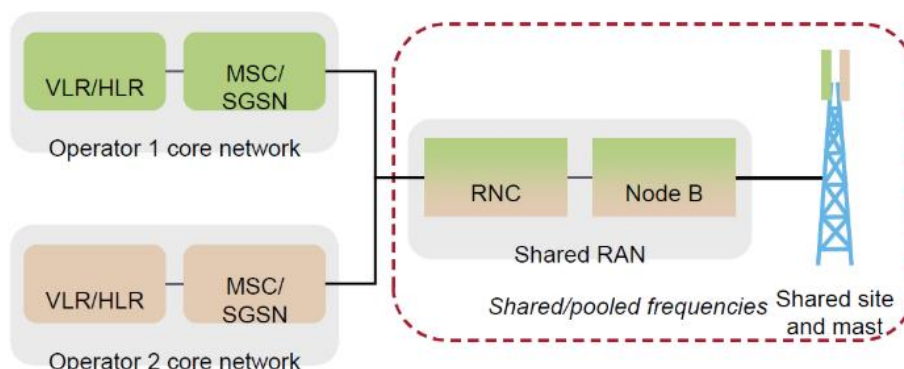


Figura 1.5: Diagrama esquemático de MOCN (Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, 2017, p. 5)

1.1.2.3 Uso compartido de la red principal (Core Network)

El intercambio de entidades lógicas de la red central representa una forma mucho más avanzada de compartir infraestructura y se refiere a permitir que un operador asociado acceda a ciertas o todas las partes de la red central, además del equipo de radio. Sin embargo, la red central realiza varias funcionalidades que son esenciales para el

desempeño del servicio de un operador y contiene una gran cantidad de información confidencial relacionada con el negocio del operador. En consecuencia, puede ser complicado para los operadores competidores compartir una red central. Sin embargo, existen otras variedades de uso compartido según las cuales los operadores pueden usar la misma red central para proporcionar sus servicios, como Roaming Nacional o mediante una construcción MVNO (Mobile virtual Network Operator). En la Figura 1.6, se muestra un diagrama esquemático del uso compartido de la red central.

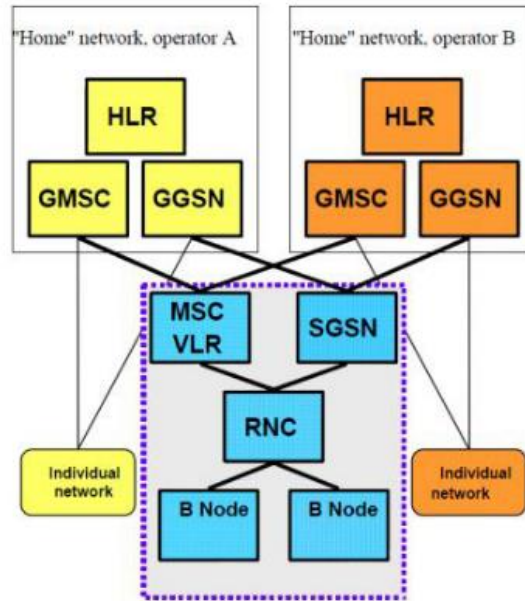


Figura 1.6: Diagrama esquemático de compartición de la red central (Meddour et al., 2015, p. 7)

Es importante mencionar que los beneficios de compartir elementos básicos de la red no están tan claramente definidos como los de compartir la red de acceso. Por lo que, el enfoque de los operadores para compartir redes hasta la fecha se ha concentrado en los elementos de la red de acceso, ya que los ahorros en costos en esta área suelen ser más significativos y mejor entendidos (GSM Association, 2012).

La Figura 1.7, muestra esquemáticamente los elementos de la red que se utilizan conjuntamente en las diversas formas de compartición activa y pasiva y cuáles son operados exclusivamente por los operadores.

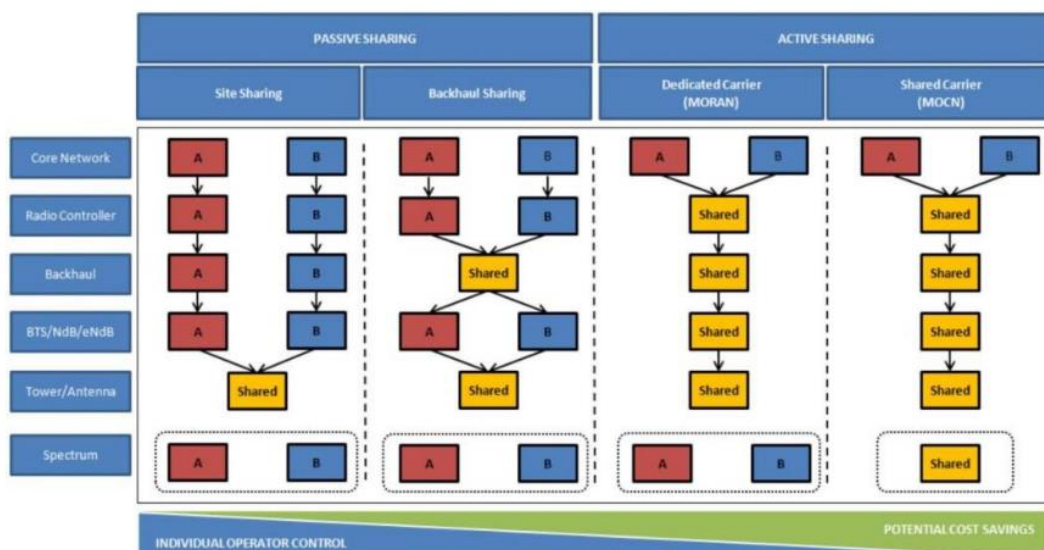


Figura 1.7: Compartición de red activa y pasiva (Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, 2017, p. 3)

1.1.3 Uso compartido basado en Itinerancia (Roaming)

El uso compartido basado en itinerancia (conocida también como roaming) significa que un operador depende de la cobertura de otro operador para una determinada zona, en donde no se disponga de cobertura propia, es decir, el tráfico del suscriptor de un operador se está transportando y enrutando en la red de otro operador.

El roaming se puede dividir en las siguientes categorías:

- **Roaming Nacional:** El roaming nacional ocurre entre operadores dentro del mismo país (que generalmente son competidores directos) y brindan servicio dentro de la misma región geográfica o dentro de diferentes regiones geográficas. Si los acuerdos lo permiten, los usuarios pueden acceder a una red visitada si la red origen no está presente en una ubicación en particular, es otras palabras, un usuario de una red denominada “red de origen”, puede mantener la conectividad de su terminal de usuario para acceder a uno o varios servicios móviles avanzados (siendo estos: voz, SMS, MMS y datos), a través de otra red denominada “red visitada”, cuando se encuentra fuera del área de cobertura de su red de origen (CONATEL, 2014).
- **Roaming Internacional:** Sus características son similares al roaming nacional, pero ocurre entre operadores dentro de diferentes códigos de país. Los usuarios pueden continuar usando sus teléfonos en el extranjero y recibir el mismo servicio de voz, datos y cualquier servicio de valor agregado al que se suscriban (siempre que la red visitada sea capaz de soportar esto). A nivel internacional, los acuerdos de roaming son un poco más complicados por el hecho de que los reguladores

dedicaron diferentes bandas de frecuencia a la misma tecnología en diferentes jurisdicciones, por lo tanto, los teléfonos móviles deben ser capaces de operar en diferentes bandas.

1.1.4 Virtualización de funciones de red

La virtualización de las funciones de red es una nueva tendencia para las redes de telecomunicaciones y si los proveedores de TI ofrecen funciones de red virtual a diferentes operadores, esto se convierte en una forma de compartir elementos de la red virtualizados. Además, permite la adopción de nuevas características o requisitos de red, por ejemplo, una red definida por software (SDN) o virtualización de funciones de red (NFV) que permitan una definición de servicios más rápida y flexible. NFV está conceptualmente disponible hoy y se va a estandarizar en el contexto 5G.

1.2 Regulación para el intercambio de redes en Ecuador Aplicable al Estudio

Para los Acuerdos de Roaming Nacional Automático realizados dentro del territorio ecuatoriano, se sujetan entre otras a las siguientes normas vigentes en la actualidad:

- Ley Orgánica de Telecomunicaciones
- Reglamento General a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones
- Reglamento para la Prestación de Roaming Nacional Automático en Ecuador para Fomentar la Sana y Leal Competencia en la Prestación de Servicios de Telecomunicaciones.

1.2.1 Ley Orgánica de Telecomunicaciones

La Ley Orgánica de Telecomunicaciones publicada en el Tercer Suplemento del Registro Oficial N° 439, con fecha 18 de febrero de 2015, contiene varios artículos a los cuales se sujeta la implementación del Roaming Nacional Automático, además del procedimiento para la compartición de infraestructura y asignación de costos.

A continuación, se citarán algunos de estos artículos que sustentan la implementación del Roaming Nacional Automático en el Ecuador:

Los artículos 67, 68 y 69 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones dentro de TÍTULO VII, INTERCONEXIÓN Y ACCESO, CAPÍTULO I Disposiciones comunes, menciona:

“Artículo 67.- Interconexión.

A los efectos de esta Ley, se entiende por interconexión a la conexión o unión de dos o más redes públicas de telecomunicaciones, a través de medios físicos o radioeléctricos, mediante equipos o instalaciones que proveen líneas o enlaces de telecomunicaciones para el intercambio, tránsito o terminación de tráfico entre dos prestadores de servicios de telecomunicaciones, que permiten comunicaciones entre usuarios de distintos prestadores de forma continua o discreta.

Artículo 68.- Acceso.

A los efectos de esta Ley, se entiende por acceso, a la puesta a disposición de otro prestador, en condiciones definidas, no discriminatorias y transparentes, de recursos de red o servicios con fines de prestación de servicios de telecomunicaciones, incluyendo cuando se utilicen para servicios de radiodifusión, sujetos a la normativa que emita la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, la misma que podría incluir entre otros los siguientes aspectos: el acceso a elementos y recursos de redes, así como a otros recursos y sistemas necesarios; las interfaces técnicas, protocolos u otras tecnologías que sean indispensables para la interoperabilidad de los servicios o redes.

Artículo 69.- Obligatoriedad.

Los prestadores de servicios de telecomunicaciones que operen o controlen redes públicas de telecomunicaciones tienen la obligación de interconectarse con otras redes públicas de telecomunicaciones y permitir el acceso a otros prestadores de servicios de telecomunicaciones, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley, su Reglamento General y las regulaciones correspondientes. A tal efecto, deberán poseer diseños de arquitectura de red abierta que permitan la interconexión y la interoperabilidad de sus redes y el acceso a las mismas.” (Asamblea Nacional, 2015, p. 21)

Para la regulación económica de la interconexión y el acceso, la Ley Orgánica de Telecomunicaciones dentro del TÍTULO VII, INTERCONEXIÓN Y ACCESO, CAPÍTULO II Procedimiento, en el artículo 71, faculta a la ARCOTEL a imponer condiciones económicas por cargos de interconexión o acceso, en el caso en que las operadoras del Servicio Móvil Avanzado no lleguen a un acuerdo entre las partes, como se indica:

“Artículo 71.- Regulación económica de la interconexión y el acceso.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones está facultada para imponer, entre otras, obligaciones en materia de separación de cuentas en relación con la interconexión o el acceso.

De igual manera está facultada para imponer condiciones económicas, incluyendo cargos de interconexión o precios mayoristas en relación con la interconexión o acceso. La Agencia podrá establecer un valor cero (0) como cargo de interconexión, en aplicación del artículo 32 de esta Ley.

Los cargos y precios mayoristas que se acuerden o impongan para la interconexión y el acceso deberán servir para fomentar la eficiencia y la competencia sostenible y potenciar al máximo los beneficios para los usuarios. La carga de la prueba respecto de los costos de la interconexión o el acceso corresponde al prestador que los aplique o que los alegue.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones podrá utilizar métodos o modelos de cálculo de costos distintos de los utilizados por la empresa o tomar en cuenta los costos de otros mercados comparables y podrá exigir a un prestador que justifique plenamente los cargos o precios que aplica y, cuando proceda, ordenarle que los modifique.” (Asamblea Nacional, 2015, p. 21)

Además, dentro de los artículos 72, 73, 74 y 75 dentro del mismo CAPÍTULO II Procedimiento de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones citados a continuación, se explica el proceso de negociación del acuerdo entre las partes, su proceso de aprobación, modificación y prohibiciones:

“Artículo 72.- Negociación y acuerdo.

Cualquier prestador de servicios de telecomunicaciones podrá solicitar a otro la interconexión o el acceso según el caso. Las y los interesados podrán negociar libremente las condiciones de interconexión o acceso, dentro de lo establecido en esta Ley, su Reglamento General y las regulaciones respectivas.

No obstante, podrán requerir la intervención de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones con carácter de observador en la negociación.

La solicitud de interconexión o acceso deberá realizarse de forma escrita, con indicación de los aspectos técnicos, económicos y jurídicos requeridos. El interesado deberá remitir copia de la solicitud a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. El acuerdo deberá suscribirse dentro de los sesenta (60) días hábiles siguientes a la fecha de la solicitud de interconexión o acceso.

Artículo 73.- Disposiciones de interconexión o acceso.

Cumplido el plazo señalado en el artículo anterior sin que se haya suscrito el acuerdo respectivo, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones intervendrá, de oficio o a instancia de parte, a fin ordenar la interconexión o el acceso solicitado y establecer sus condiciones técnicas, económicas y jurídicas. La decisión de la Agencia Regulación y Control de las Telecomunicaciones deberá expedirse en un plazo de cuarenta y cinco (45) días hábiles contados desde la solicitud de uno o ambos interesados, cuando intervenga a instancia de parte o desde que notifique el inicio del procedimiento de emisión de la disposición de interconexión o acceso cuando actúe de oficio.

Sin perjuicio de lo señalado en el párrafo anterior, cuando lo solicite un prestador y en aras de garantizar la prestación de los servicios de telecomunicaciones, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, antes de expedir la disposición de

interconexión o acceso, podrá ordenar la interconexión o el acceso en forma inmediata, mientras se tramita la disposición respectiva.

Artículo 74.- Aprobación y modificación.

Los acuerdos de interconexión o acceso deberán presentarse, luego de su suscripción, ante la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones para su aprobación y posterior inscripción en el Registro Público de Telecomunicaciones como requisito para su entrada en vigor. La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones aprobará el acuerdo dentro de veinte (20) días hábiles y, en caso de no emitir un pronunciamiento, se entenderá aprobado en todo lo que no resulte contrario al ordenamiento jurídico vigente. Las disposiciones de interconexión o acceso y sus modificaciones también deberán inscribirse en el Registro Público de Telecomunicaciones.

Artículo 75.- Prohibición.

En ningún caso podrá procederse a la desconexión, interrupción, suspensión, bloqueo, degradación de calidad, retiro de equipos o cierre de la interconexión o el acceso, de forma unilateral o de mutuo acuerdo, incluso cuando existan controversias pendientes de resolución entre las partes involucradas, autoridades administrativas o judiciales, sin haber obtenido previamente autorización de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y, siempre que se establezcan las medidas necesarias para proteger los derechos de los abonados o usuarios y la continuidad de los servicios.” (Asamblea Nacional, 2015, pp. 21, 22)

Finalmente, se cita el artículo 89 que se encuentra dentro del TÍTULO X, SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN Y DEL CONOCIMIENTO Y SERVICIO UNIVERSAL, CAPÍTULO ÚNICO Promoción de la Sociedad de la Información y Prestación del Servicio Universal, en donde se indica:

“Artículo 89.- Servicio universal.

El Servicio Universal constituye la obligación de extender un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones, a todos los habitantes del territorio nacional, con condiciones mínimas de accesibilidad, calidad y a precios equitativos, con independencia de las condiciones económicas, sociales o la ubicación geográfica de la población. El Estado promoverá la prestación del Servicio Universal para la reducción de las desigualdades y la accesibilidad de la población a los servicios y a las tecnologías de la información y las comunicaciones, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley, sus reglamentos y el Plan de Servicio Universal.” (Asamblea Nacional, 2015, pp. 24, 25)

1.2.2 Reglamento General a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones

El Reglamento General de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones inscrito en el Registro Oficial Suplemento 676, con fecha 25 de enero de 2016, mediante Decreto Ejecutivo 864, permite reglamentar el régimen de Interconexión y acceso, además incluye algunas normas que forman parte de los acuerdos que se celebran entre operadores, las mismas que permiten fomentar el correcto funcionamiento de la red y la prestación de los servicios de telecomunicaciones en beneficio del usuario final.

A continuación, se citarán los artículos más importantes que facultan el uso de RNA:

En los artículos 70 y 71 del Reglamento General a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones dentro del TITULO X DEL REGIMEN DE INTERCONEXION Y ACCESO, menciona la obligatoriedad que tiene las operadoras para la interconexión y el acceso a las redes de telecomunicaciones, necesaria para permitir la prestación de un servicio de telecomunicaciones por parte de un operador a través de la red de otro:

“Art. 70.- Obligtoriedad. - La interconexión entre redes públicas de telecomunicaciones es obligatoria para los prestadores de servicios de telecomunicaciones que operen redes públicas de telecomunicaciones, en las condiciones y formas que establezca la LOT, el presente Reglamento General, y las regulaciones que emita la ARCOTEL.

La interconexión deberá realizarse en cualquier punto de red en el que sea técnicamente factible.

Art. 71.- Acceso. - El acceso a los recursos de redes o servicios con fines de prestación de servicios del régimen general de telecomunicaciones es obligatorio en las condiciones y formas que establezca la LOT, el presente Reglamento General, y la regulación que emita la ARCOTEL.

Se entenderá por recursos de redes, aquellos elementos que sean indispensables para permitir la prestación de un servicio por parte de un operador a través de la red de otro.

El acceso deberá realizarse en cualquier lugar de la red en el que sea técnicamente factible, denominado punto de acceso.” (Secretaría General Jurídica, 2016, p. 25)

A continuación, se citan los artículos correspondientes al CAPITULO III, NORMAS COMUNES PARA LA INTERCONEXION Y DEL ACCESO, los mismos que aportan y están sujetos en el desarrollo del RNA dentro del territorio ecuatoriano:

“Art. 72.- Cargos. - Por regla general, el uso de la interconexión y del acceso se lo realizará a cambio del pago de cargos económicos, los cuales serán determinados sobre la base de costos.

Sin perjuicio de lo anterior, el establecimiento de cargos por interconexión y acceso de y para los prestadores con poder de mercado o preponderantes, observará lo dispuesto en la Ley, el presente Reglamento General y la regulación que emita la ARCOTEL para este efecto.

Art. 73.- Coubicación.- *Los operadores de redes públicas tendrán la obligación de permitir a terceros el uso de espacio físico y los servicios auxiliares, tales como luz eléctrica, respaldo de generadores, entre otros, que se les solicite para la colocación y funcionamiento de los equipos de interconexión o de acceso; así como, el uso de su infraestructura civil dentro del punto de interconexión o del punto de acceso, que incluye: ductos, postes, pozos, derechos de vía, siempre que sea técnicamente factible.*

Las condiciones técnicas y económicas, que se fijen para la coubicación no podrán ser discriminatorias, es decir, serán las mismas pactadas con todos los operadores.

Art. 74.- Formas de establecer la interconexión y el acceso. - *La interconexión y el acceso se podrán establecer por cualquiera de las siguientes formas:*

- 1. Acuerdo negociado entre las partes.*
- 2. Disposición de interconexión o de acceso emitida por la ARCOTEL.*

Art. 75.- De los acuerdos de interconexión y de acceso. - *Cualquier prestador de servicios de telecomunicaciones podrá solicitar a otro la interconexión; y, cualquier prestador de servicios del régimen general de telecomunicaciones podrá solicitar a otro el acceso; o la renovación del acuerdo ya existente en cualquiera de los casos.*

Los prestadores del servicio podrán negociar libremente las condiciones de interconexión o acceso, según corresponda, dentro de lo establecido en la Ley, el presente Reglamento General y en las regulaciones que emita la ARCOTEL para el efecto.

La solicitud de interconexión y la de acceso, así como la de renovación de las mismas, deberá realizarse de forma escrita, con indicación de los aspectos técnicos, económicos y jurídicos requeridos en la Ley, el presente Reglamento General y en las regulaciones que emita la ARCOTEL para el efecto. El interesado deberá remitir copia de la solicitud a la ARCOTEL, con fines informativos.

Se podrá requerir la intervención de la ARCOTEL con carácter de observadora en la negociación, de conformidad con las regulaciones que dicho organismo emita para el efecto.

El contenido mínimo de los acuerdos de interconexión y acceso será determinado por la ARCOTEL.

Art. 76.- Plazo para suscripción de los acuerdos. - *Los acuerdos de interconexión y los de acceso, y sus renovaciones, según corresponda, deberán suscribirse dentro del término máximo de sesenta (60) días siguientes a la fecha de la solicitud respectiva. Para el caso*

de renovación, la solicitud deberá presentarse con al menos sesenta (60) días hábiles de anticipación a la fecha de la terminación del acuerdo vigente.

Art. 77.- Aprobación y registro de los acuerdos. - Los acuerdos de interconexión y los de acceso, sus modificaciones y renovaciones, luego de su celebración, se someterán a la aprobación de la ARCOTEL, quien deberá pronunciarse en el término de veinte (20) días, contados a partir del día siguiente a la recepción de la solicitud correspondiente.

Si dentro del plazo establecido la ARCOTEL no se pronunciare, se entenderá aprobado el acuerdo en todo lo que no resulte contrario al ordenamiento jurídico vigente. Una vez aprobados los acuerdos se deberán registrar en el Registro Público de Telecomunicaciones.

Art. 78.- Facultad de modificación de los acuerdos de interconexión y de acceso y disposición de interconexión y acceso.- La ARCOTEL, en cualquier momento, podrá intervenir y modificar los acuerdos de interconexión y de acceso ya inscritos, a petición de cualquiera de las partes involucradas o de oficio, de forma debidamente fundamentada, con el objeto de garantizar la interconexión y el acceso, la interoperabilidad de los servicios, la competencia o la consecución de los objetivos establecidos en la Ley, el presente Reglamento General; y, las regulaciones que emita la ARCOTEL para el efecto.

De igual manera, la ARCOTEL intervendrá, de oficio o a petición de parte, a fin de ordenar la interconexión y el acceso, o la continuidad de los mismos, estableciendo las condiciones técnicas, económicas y jurídicas correspondientes, si cumplido el plazo señalado para la suscripción de los acuerdos o su renovación no exista acuerdo entre las partes.

La ARCOTEL para la emisión de las disposiciones partirá de los preacuerdos a los que hubieren llegado las partes, de ser el caso, siempre que los mismos no estén en contra del ordenamiento jurídico vigente.

Art. 79.- Vigencia de la interconexión y del acceso. - Cuando existan acuerdos suscritos de interconexión y de acceso, mientras las partes negocien la renovación de los mismos o por petición de alguna de ellas se solicite la fijación de condiciones a la ARCOTEL a través de una disposición de interconexión y de acceso, las condiciones pactadas entre las partes en el acuerdo que está por renovarse se entenderán vigentes hasta la suscripción de un nuevo acuerdo o hasta la emisión de la respectiva disposición.

Art. 80.- Oferta Básica de Interconexión y de Acceso. - Se entenderá por oferta básica al conjunto de condiciones legales, técnicas, económicas y comerciales que el prestador solicitado pone a disposición del prestador que solicita la interconexión y el acceso y que servirá de base para la negociación de los acuerdos entre los operadores. Las condiciones mínimas de las ofertas básicas tanto para interconexión como para el acceso serán establecidas en las regulaciones que la ARCOTEL dicte para el efecto.” (Secretaría General Jurídica, 2016, pp. 25–27)

En los artículos 96, 97, 98, 99 y 100 del Reglamento General a la LOT dentro del CAPITULO III COMPARTICION DE INFRAESTRUCTURA, menciona las disposiciones generales, cargos, vigencias en la compartición de infraestructura por el uso de las redes de telecomunicaciones de los prestadores, las mismas que mencionan:

“Art. 96.- Compartición de Infraestructura. - Tiene como objetivo la utilización conjunta de las infraestructuras físicas necesarias para la prestación de servicios del régimen general de telecomunicaciones entre prestadores, permitiéndose el acceso a las mismas de conformidad con lo establecido en la Ley, el presente Reglamento General y las regulaciones que emita para el efecto la ARCOTEL.

Art. 97.- Obligatoriedad. - La compartición de infraestructura es obligatoria para los prestadores de servicios del régimen general de telecomunicaciones que operen redes públicas de telecomunicaciones, en las condiciones y formas que establezca la Ley, el presente Reglamento General y las regulaciones que emita la ARCOTEL para el efecto.

La compartición de infraestructura es considerada necesaria y obligatoria para fomentar la sana y leal competencia en la prestación de servicios del régimen general de telecomunicaciones.

Art. 98.- Condiciones de la compartición de infraestructura. - La compartición de infraestructura se permitirá en condiciones de igualdad, no discriminación, neutralidad, fomento, promoción y preservación de la competencia, buena fe, transparencia, publicidad y las demás que determinen las regulaciones que emita la ARCOTEL para el efecto.

Art. 99.- Cargos de compartición de infraestructura. - Por regla general, la compartición de infraestructura se la realizará a cambio del pago de cargos económicos, los cuales serán determinados sobre la base de costos que tengan las operadoras.

Sin perjuicio de lo anterior, para el pago de cargos por compartición de infraestructura por el uso de las redes de telecomunicaciones de los prestadores con poder de mercado o preponderantes, se estará a lo dispuesto en la Ley, el presente Reglamento General y en las regulaciones que emita la ARCOTEL para este efecto.

Las condiciones técnicas y económicas, que se fijen para la compartición de infraestructura, serán las mismas pactadas con todos los operadores.

Art. 100.- Vigencia de la compartición de infraestructura.- Cuando existan acuerdos suscritos de compartición de infraestructura, mientras las partes negocian la renovación de los mismos o, por petición de alguna de las partes, se solicite la fijación de condiciones a la ARCOTEL a través de una disposición de compartición de infraestructura, las condiciones pactadas entre las partes en el acuerdo que está por renovarse se entenderán vigentes hasta la suscripción de un nuevo acuerdo o hasta la emisión de la respectiva disposición.

La vigencia de las disposiciones de compartición de infraestructura, así como su revisión estará a lo dispuesto en las regulaciones que emita la ARCOTEL para el efecto.” (Secretaría General Jurídica, 2016, pp. 31, 31)

Finalmente, se citan los artículos 101 y 102 que se encuentra dentro de la SECCION II DE LOS ACUERDOS Y DISPOSICIONES PARA LA COMPARTICION DE INFRAESTRUCTURA, en donde se menciona:

“Art. 101.- Formas de establecer la compartición de infraestructura. - La compartición de infraestructura se podrá establecer de las siguientes formas:

- 1. Acuerdo negociado entre las partes.*
- 2. Disposición de compartición de infraestructura emitida por la ARCOTEL.*

Art. 102.- De los acuerdos de compartición de infraestructura. - Cualquier prestador de servicios del régimen general de telecomunicaciones podrá solicitar a otro la compartición de infraestructura o la renovación del acuerdo ya existente.

Los prestadores podrán negociar libremente las condiciones de compartición de infraestructura dentro de lo establecido en la Ley, el presente Reglamento General y las regulaciones que emita la ARCOTEL para el efecto.

La solicitud de compartición de infraestructura o de renovación de la misma, deberá realizarse de forma escrita, con indicación de los aspectos técnicos, económicos y jurídicos requeridos en la Ley, en el presente Reglamento General y en las regulaciones que emita la ARCOTEL para el efecto. El interesado deberá remitir copia de la solicitud para conocimiento de la ARCOTEL.

Se podrá requerir la intervención de la ARCOTEL con carácter de observador en la negociación, de conformidad con las regulaciones que emita este organismo para el efecto.

El contenido mínimo de los acuerdos de compartición de infraestructura será establecido por la ARCOTEL.” (Secretaría General Jurídica, 2016, pp. 31, 32)

1.2.3 Reglamento de Roaming Nacional Automático en Ecuador

El Reglamento para la Prestación de Roaming Nacional Automático en Ecuador para Fomentar la Sana y Leal Competencia en la Prestación de Servicios de Telecomunicaciones, fue aprobado mediante resolución del CONATEL 628 y publicado en el Registro Oficial Suplemento 315 de 20 de agosto de 2014 y el cual se encuentra vigente en la actualidad. Los términos establecidos en este reglamento tienen por objeto normar las condiciones generales para la prestación del servicio de Roaming Nacional Automático y es de aplicación obligatoria para todas las operadoras móviles en el todo el territorio ecuatoriano que cuentan con la asignación de espectro radioeléctrico.

A continuación, se citan los artículos más importantes del Reglamento de Roaming Nacional Automático (RNA):

En los artículos 3, 4 y 5 del Reglamento de RNA dentro del CAPITULO I, OBJETO Y DEFINICIONES, se mencionan varios conceptos básicos utilizados en el RNA y la obligación de permitir el acceso al Servicio Móvil Avanzado (SMA) a través de Roaming Nacional Automático y su libertad de contratación:

“Art. 3.- Definiciones. - Sin perjuicio de las definiciones que consten en el Ordenamiento Jurídico Vigente y Legislación Aplicable, para efectos del presente Reglamento, se aplicarán las siguientes definiciones:

3.1 Roaming Nacional Automático. - La itinerancia (conocida también como roaming) es un término que hace referencia a la posibilidad de que un abonado/cliente-usuario de una red denominada -red de origen-, mantenga la conectividad de su terminal de usuario para acceder a uno o varios servicios móviles avanzados (siendo estos: voz, SMS, MMS y datos), a través de otra red denominada -red visitada-, cuando se encuentra fuera del área de cobertura de su red de origen.

El roaming para servicio móvil avanzado extiende la cobertura de utilización de los servicios de voz, SMS, MMS y datos, desde la red de la operadora de origen hasta la red de cualquier otra operadora visitada a nivel nacional.

3.2 Red Origen. Es la red del prestador del SMA sin cobertura nacional.

3.3 Red Visitada. Es la red del prestador del SMA que provee el servicio de Roaming Nacional Automático a la red de origen.

3.4 Prestador de red Origen. Es el prestador del SMA al cual están suscritos los abonados/clientes-usuarios que usan, bajo la modalidad de Roaming Nacional Automático, uno o más servicios móviles avanzados, provistos por el prestador de red visitada.

3.5 Prestador de red visitada. Es el prestador del SMA (red incumbente) que con su propia red presta servicios, bajo la modalidad de Roaming Nacional Automático, a los abonados/clientes-usuarios del prestador de red origen.

3.6 Cargo de acceso de Roaming Nacional Automático. - Se entenderá por cargo de acceso de Roaming Nacional Automático al valor que deberá liquidar y pagar el prestador de red origen al prestador de red visitada por concepto de uso de su red para brindar el servicio móvil avanzado en la modalidad de Roaming Nacional Automático.

3.7 Comité de Implementación y Gestión del Roaming Nacional. Comité conformado y coordinado por delegados tanto del prestador de la red de origen como del prestador de la red visitada.

3.8 Acuerdo de Nivel de Servicio. - (Service Level Agreement) Contrato suscrito entre el prestador de red visitada y el prestador de red de origen con el objeto de fijar el nivel de calidad del servicio.

Art. 4.- *Obligatoriedad.* - Todos los prestadores del Servicio Móvil Avanzado (SMA) que operen redes visitadas tienen la obligación de permitir el acceso al SMA a través de Roaming Nacional Automático, en condiciones equivalentes para todos los prestadores que operen redes de origen que soliciten acceso a una red visitada (red incumbente), en aquellas zonas en las cuales el prestador de la red origen no tenga cobertura.

Art. 5.- *Libertad de contratación.* - Los prestadores del Servicio Móvil Avanzado, podrán convenir libremente las condiciones económicas, técnicas y legales para la prestación del servicio de Roaming Nacional Automático, a través de un Acuerdo suscrito entre las partes y remitido a la SENATEL para su inscripción en el Registro Público de Telecomunicaciones, de conformidad con el presente Reglamento y lo dispuesto en la normativa aplicable. Este acuerdo no deberá contener condiciones técnicas, económicas, jurídicas o de cualquier otra índole que impidan, demoren o dificulten el acceso al servicio de Roaming Nacional Automático.

La SENATEL podrá a petición de parte, intervenir en el proceso de negociación, como observador y en tal calidad podrá tener acceso a la información y documentación que se genere; así también podrá realizar observaciones y sugerencias si así lo requieren las partes, no teniendo dichas observaciones y sugerencias carácter vinculante ni implicarán anticipación de criterio puesto que, se las formulará de ser el caso con ánimo de facilitar la culminación exitosa del procedimiento.” (CONATEL, 2014, p. 4)

Dentro del Capítulo II, DE LOS ACUERDOS DE ROAMING NACIONAL AUTOMÁTICO, se encuentran artículos relacionados al contenido que debe constar dentro de los Acuerdos suscritos entre prestadores del SMA, para su aplicación y ejecución, a continuación, el detalle:

“Art. 7.- *Condiciones generales.* - Los acuerdos de Roaming Nacional deberán contener como mínimo las siguientes condiciones generales:

- a. *Detalle de los tipos de tráfico (fijo, móvil, nacional, internacional, terminación de llamada, tránsito, etc.) que harán uso del acceso de Roaming Nacional Automático, objeto del acuerdo;*
- b. *Duración del acuerdo y procedimiento para su renovación;*
- c. *Procedimientos que serán utilizados para el intercambio, entre las partes, de la información relativa a la provisión de Roaming Nacional Automático.*
- d. *Procedimientos que serán aplicados en caso de contingencia que afecten la provisión de Roaming Nacional Automático;*
- e. *La fecha desde la cual se hará efectiva la provisión de Roaming Nacional Automático;*

- f. *Procedimientos para la realización de modificaciones o ampliaciones de (los) enlace(s) de acceso entre las redes;*
- g. *Confidencialidad de las partes no públicas de los acuerdos;*
- h. *Penalizaciones por incumplimiento de las cláusulas del acuerdo;*
- i. *Procedimientos para la solución de controversias de todo tipo referentes a la provisión de Roaming Nacional Automático; y,*
- j. *Causales para la suspensión o terminación del acuerdo de Roaming Nacional Automático.*

Art. 8.- *Condiciones económicas. - Los acuerdos de Roaming Nacional Automático establecerán, como mínimo, las siguientes condiciones económicas:*

- a. *Los cargos de acceso de Roaming Nacional Automático, especificando la metodología utilizada para su cuantificación, los cuales deberán estar orientados a costos;*
- b. *Mecanismos de reajuste de los cargos de acceso de ser el caso;*
- c. *Formas y plazos de pago, incluyendo procedimientos de liquidación y facturación; además, deberán acordar una forma de garantizar el cumplimiento de las obligaciones económicas derivadas de la provisión de Roaming Nacional Automático (cargo de acceso), señalando el monto y tipo de garantía, su duración, el mecanismo de ajuste, así como cualquier otro aspecto relacionado con el mismo. El monto será calculado sobre la base de la cantidad máxima de tráfico que se pueda cursar por los circuitos de acceso acordados, a razón del valor de los cargos de uso convenidos, hasta cubrir un máximo de dos (2) meses de tráfico;*
- d. *El prestador de la red origen, que solicite el acceso, asumirá los gastos de inversión, operación y mantenimiento de las instalaciones iniciales necesarias para llegar hasta el punto o los puntos de acceso con el prestador de red visitada con el cual se realizará el acceso. Sin embargo, los prestadores podrán acordar procedimientos para compartir los costos en las inversiones antes señaladas.*
- e. *Las cobricaciones acordadas, en las que los cargos de acceso podrán ser libremente negociados entre las partes; y,*
- f. *Mecanismos para medir el tráfico de voz, SMS, MMS y datos, con base al cual se calcularán los pagos.*
- g. *Procedimiento de no pago de facturas dentro de los plazos establecidos en el Acuerdo de Roaming Nacional Automático y los mecanismos de solución.*
- h. *Mecanismos que aseguren el pago de obligaciones, manteniendo la sana y leal competencia, dentro de la normativa vigente.*

Art. 9.- Condiciones técnicas. - Los acuerdos de acceso para Roaming Nacional Automático establecerán, como mínimo, las siguientes condiciones técnicas:

- a. Especificación de los puntos de acceso y su ubicación geográfica;
- b. Características técnicas y operativas de los puntos de acceso;
- c. Diagrama de enlace entre las redes;
- d. Características técnicas de las señales transmitidas;
- e. Requisitos de capacidad;
- f. Índices de calidad de servicio, según la normativa vigente para prestadores de SMA;
- g. Mapas del área geográfica delimitada por la cobertura de las radio bases de la red visitada que darán la provisión de Roaming Nacional a los abonados-clientes/usuarios suscritos al prestador de la red origen.
- h. Lista completa de las radio bases pertenecientes al prestador de la red visitada que darán la provisión de Roaming Nacional a los abonados-clientes/usuarios suscritos al prestador de la red origen. En esta lista deberá constar el código y/o nombre de la radio base, ubicación geográfica, características de equipos y tecnología de transmisión, características de las torres de radio bases, se deberá indicar si están coubicadas o no.
- i. Responsabilidad con respecto a instalación, prueba y mantenimiento del enlace y de todo equipo a conectar con la red que pueda afectar el acceso;
- j. Condiciones y características de instalación, prueba, operación y mantenimiento de equipos a ser usados para el acceso;
- k. Formas y procedimientos para la provisión de otros servicios que las partes acuerden prestarse, tales como: operación, transporte de tráfico, administración, mantenimiento, servicios de emergencia, asistencia de operadora, información automatizada para el usuario, información de guías, tarjetas de llamadas y servicios de red inteligente;
- l. Mecanismos de medición, verificación, control y tasación del tráfico nacional e internacional. En el caso de que la medición de voz sea en unidad de tiempo, ésta no podrá ser superior al segundo y se observará la prohibición de aplicar el redondeo por llamada. En el caso de la medición de mensajes cortos de texto (SMS) y MMS, la medición se hará por evento. En el caso de la medición de datos que se hará por evento, se observará la prohibición de aplicar el redondeo por evento a MB, sino que se deberá realizar la medición por Kb;
- m. Procedimientos para detectar, reportar y reparar averías que afectan a ambas redes de acceso de Roaming Nacional Automático o que ocurran en una y afecten la operación de la otra; así como la estimación de índices promedio aceptables para los tiempos de detección y reparación;

- n. *Forma en la cual se garantizará que, al efectuarse el acceso, se dará cumplimiento a los planes técnicos fundamentales aprobados por el CONATEL y los que se aprobaran en el futuro;*
- o. *Procedimientos para la prevención del fraude en las telecomunicaciones;*
- p. *Medidas previstas para evitar interferencias o daños en las redes de las partes involucradas o de terceros;*
- q. *Forma de aceptación de pruebas y recepción de obras;*
- r. *Programa de ampliaciones necesarias en el sistema de acceso, para satisfacer el crecimiento de la demanda a un (1) año. Este programa será actualizado y presentado anualmente a la Secretaría, por uno o ambos prestadores dentro del cuarto trimestre del año anterior;*
- s. *Métodos que serán empleados para medir parámetros e Índices de calidad, operación y gestión;*
- t. *Medidas tomadas por cada parte para garantizar el secreto del contenido de las comunicaciones de los abonados/clientes-usuarios de ambas redes, cualquiera que sea su naturaleza o forma; y,*
- u. *Procedimientos para intercambiar información referente a cambios en la red que afecten a las partes que tienen acceso, junto con plazos razonables para la notificación y la objeción por la otra parte interesada.” (CONATEL, 2014, pp. 5, 6)*

En el Capítulo III, OBLIGACIONES DE LAS PARTES, se detalla las obligaciones que tienen los prestadores tanto de red origen como red visitada, para la provisión del servicio de Roaming Nacional Automático, según se detalla a continuación:

“Art. 11.- Obligaciones de ambas partes. -

- a. *Es obligación de ambas partes, tanto para el prestador de la red visitada como para el prestador de la red origen, cumplir con los requisitos de calidad de voz y SMS según la normativa vigente establecida para prestadores de SMA. Para datos, se respetarán los mecanismos que aseguren conexiones de calidad, estabilidad y continuidad del servicio. La suscripción de un Acuerdo comercial de Roaming Nacional Automático entre las partes o una la emisión de una disposición no exime a ninguna de ellas de cumplir los parámetros de calidad vigentes para la prestación del SMA.*
- b. *El prestador de la red visitada, garantizará el cumplimiento de los parámetros de calidad de todo el tráfico que curse su red de acceso, objeto del Roaming Nacional Automático suscrito entre las partes, de tal manera, que la misma calidad obtenida para el prestador de la red visitada, se garantice para el prestador de la red origen. Adicionalmente, deberá cumplir los procesos de control y reportes detallados en el presente Reglamento.” (CONATEL, 2014, p. 7)*

Finalmente, se cita el artículo 14 correspondiente a los cargos de acceso de RNA, en el cual se menciona lo siguiente:

“Art. 14.- Cargos de acceso de Roaming Nacional Automático

La provisión del Roaming Nacional Automático para la prestación del Servicio Móvil Avanzado dará origen a un cargo de Roaming Nacional Automático por concepto de utilización de la infraestructura, tecnología y servicios requeridos, a favor del prestador de la red visitada, y que deberá ser cancelada por el prestador de la red origen.

Las metodologías para determinar estos cargos de acceso podrán ser establecidas por libre acuerdo de las Partes, no obstante, el cargo de acceso pactado deberá cumplir las siguientes condiciones o umbrales de valor:

- a. El cargo de acceso de Roaming Nacional Automático de los servicios de voz y SMS, expresado en valores por minuto y valores por SMS, respectivamente, estará orientado a costos más un margen razonable de utilidad. El cálculo del valor del cargo de acceso de Roaming Nacional Automático será de responsabilidad de las partes que intervienen en el Acuerdo. La SENATEL podrá objetar motivadamente el cargo de acceso de Roaming Nacional Automático cuando se presente para la inscripción en el Registro Público, en cuyo caso dispondrá se presente las justificaciones pertinentes.*
- b. La aplicación de los cargos de acceso a Roaming Nacional Automático se realizará de manera discriminada según el prestador de la red visitada.*
- c. El cargo de acceso de Roaming Nacional Automático de los servicios de datos, expresado en valores por Megabyte (MB) no podrá ser superior al valor promedio por Megabyte (MB) que determinen las partes.*
- d. No se aplicarán redondeos, de conformidad con lo dispuesto en el literal l) del Artículo 9 del presente Reglamento.*
- e. El cálculo de los cargos de acceso de Roaming Nacional Automático deberá contemplar todas las variables necesarias de tal manera que, una vez establecido el cargo de acceso de Roaming Nacional Automático, no se le atribuyan costos adicionales que aumenten el valor del mismo.” (CONATEL, 2014, p. 8)*

1.3 EVOLUCIÓN DE LA REDES MÓVILES

Las redes móviles han venido evolucionando dinámicamente en el tiempo desde su invención, brindando al usuario final muchos beneficios y mejoras que han sido producto de los resultados, ante problemas presentados a medida que avanza la tecnología.

Existen diferentes generaciones de la red móvil, las cuales se observan en la Figura 1.8 y se detallan a continuación con una breve explicación de cada una de ellas:

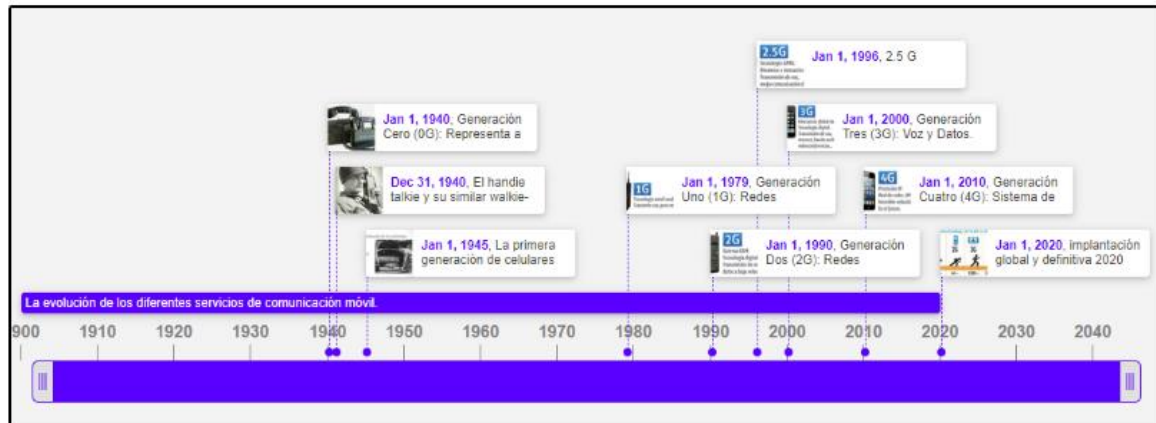


Figura 1.8: Evolución de las redes móviles (Brito Gomez, 2019, p. 4)

1.3.1 Primera Generación (1G)

La primera generación (1G) de la telefonía móvil apareció en 1979, esta generación se caracterizó por ser analógica y brindar solamente servicios de voz. El sistema 1G alcanzaba bajas velocidades (1 Kbps a 2,4 Kbps), mantenía imprecisión en el traspaso entre celdas ya que trabajaba con baja capacidad basada en FDMA (Frequency Division Multiple Access) y además tenía problemas a nivel de seguridad. La tecnología que predominaba en la primera generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System).

1.3.2 Segunda Generación (2G)

La segunda generación (2G) empezó en la década de los 90s y se caracterizó por brindar servicios de voz, datos digitales, SMS, roaming internacional, incluso permitió la utilización de servicios suplementarios como: bloqueo de llamadas, llamada en espera, llamadas de larga distancia. La tecnología celular 2G es utilizada hasta la actualidad, especialmente en zonas rurales y carreteras. Además, la segunda generación utiliza protocolos de codificación un poco más avanzados que soportan mejores velocidades a nivel de voz, pero un poco limitados a nivel de datos. Este sistema de generación 2G es conocida como GSM (Global System for Mobile Communications) y CDMA (Code Division Multiple Access). Los protocolos soportados en la tecnología 2G brindan diferentes niveles de encriptación y cuya velocidad de transmisión alcanza a 9.6 Kbps. Para solventar el problema de ancho de banda, nació la generación 2.5G que brinda mayores capacidades llegando aproximadamente a 80 Kbps de velocidad teórica, las mismas que se conocen como: GPRS (General Packet Radio System), esta tecnología permite realizar llamadas de voz, enviar y recibir mensajes de texto (SMS) y realizar llamadas con navegación muy baja que funciona en pocas aplicaciones que requieren poco uso de ancho de banda como WhatsApp y EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), que se trata de una evolución del GPRS, teniendo como velocidad máxima teórica de 236 kbps, por lo que

algunas aplicaciones más pesadas pueden ser usadas en este tipo de red. (Brito Gomez, 2019, p. 3)

1.3.3 Tercera Generación (3G)

La tercera generación (3G) llegó con la banda ancha móvil, permitiendo manejar datos y contenidos multimedia como: música, videos, comercio electrónico, aplicaciones multimedia, videojuegos, fotografías y audio en tiempo real. La tecnología predominante en 3G es UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), la cual alcanza 384 kbit/s en ambientes abiertos y 2Mbit/s con poca movilidad, soporta conmutación de paquetes y de circuitos manteniendo una convergencia de voz y datos, tiene mayor capacidad y uso eficiente del espectro. Luego surgieron nuevas tecnologías, en primer lugar nació la generación 3,5G con HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) en el Release 5 del 3GPP, este tipo de red permite 14 Mbps como velocidad máxima teórica, mejorando el desempeño de la prestación de banda ancha, en el Release 7 de la 3GPP se conoció a HSPA+ (Evolved HSPA), el tipo de red más rápido entre las antenas UMTS, siendo la más veloz actualmente dentro de su tipo teniendo velocidades teóricas de hasta 84 Mbps de bajada y 22 Mbps de subida, también conocida como 3.9G. (Brito Gomez, 2019, p. 4)

1.3.4 Cuarta Generación (4G)

La tecnología de banda ancha móvil Long Term Evolution (LTE) o 4G, empieza en el año 2010, es actualmente usada a nivel mundial ya que proporciona una mayor velocidad de datos, mayor seguridad y una alta capacidad para satisfacer las necesidades del usuario final. Alcanza una velocidad de datos teórica de 150 Mbps de bajada (DL) y 50 Mbps de subida (UL); una de las ventajas principales que LTE brinda es la estructura de su Core de Paquetes Evolucionado (EPC), como una auténtica red "All-IP" y que permite transportar todo tipo de tráfico de datos.

Sin embargo, los servicios tradicionales de voz sobre conmutación de circuitos no son soportados nativamente en el Core EPC de LTE, por lo que es necesario que se considere su despliegue en la red LTE (VoLTE).

1.3.5 Quinta Generación (5G)

Conforme avanza el tiempo más personas tienen acceso a la red inalámbrica 4G, que está empezando a saturarse debido a que hay demasiados dispositivos conectados en varias partes del mundo. La solución es dar el salto a la red inalámbrica de quinta generación (5G), la misma que se espera sea adoptada por los diferentes operadores en este año 2020, ya que permitirá cubrir las nuevas necesidades del mercado, tales como: mantener una alta velocidad de transmisión de datos (alcanzando de 1 a 10 Gbps), baja latencia,

retardo, capacidad mejorada del sistema con infraestructura virtualizada, bajo consumo de energía, soportará el Internet de las cosas (IoT) y mantendrá conectividad masiva de dispositivos.

Según (GSMA, 2019), indica que la tecnología 4G y 5G coexistirán durante mucho tiempo y se espera que el primer lanzamiento comercial de 5G en la región sea en este año 2020 en los países de México, Uruguay y Brasil, por lo que se prevé que América Latina llegue a una adopción de 5G del 7% para el año 2025.

1.4 EVOLUCIÓN DEL SERVICIO DE VOZ

Las tecnologías móviles 2G y 3G han sido diseñadas exclusivamente para brindar a los usuarios finales el servicio de voz y datos, mientras que la tecnología 4G LTE fue diseñada para proporcionar servicios de datos únicamente; es decir, 4G se consideró una evolución hacia IP de las redes de datos, mientras que los servicios de voz podrían ser implementados degradando la conexión a cualquiera de las tecnologías ya en uso o bien utilizando VoIP en cualquiera de sus formas, por lo que no realiza llamadas de voz en forma nativa, por tal razón ha sido necesaria la creación de nuevas tecnologías y protocolos para el despliegue de este servicio de voz sobre LTE. La Figura 1.9, muestra la evolución de los servicios de voz y datos en LTE.

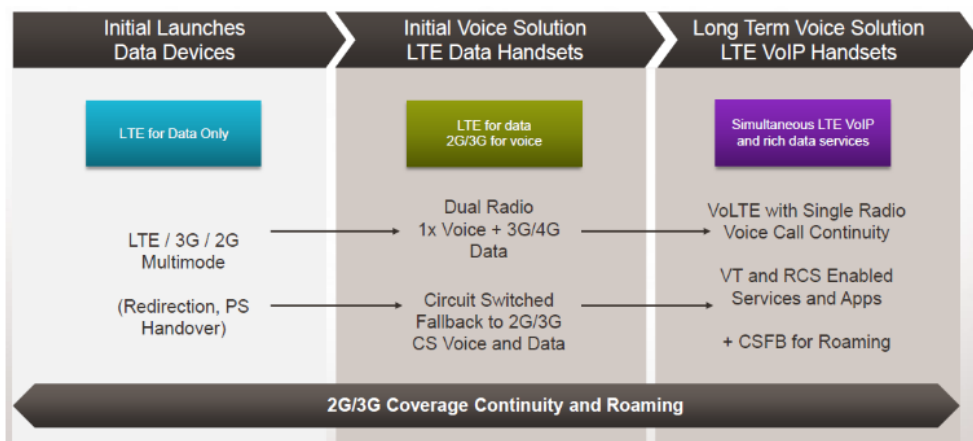


Figura 1.9 Evolución de los servicios de voz y datos en LTE (Edgar, 2016, p. 53)

Actualmente, existen diferentes enfoques para proveer servicios de voz en LTE, considerando los aspectos tecnológicos, estándares y diferentes tendencias comerciales, existen cuatro soluciones de voz sobre LTE dentro del mercado: IMS/SRVCC, OTT, CSFB y SVLTE, los mismos que se describen a continuación:

- **IMS (Ip Multimedia Subsystem) / SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity):** es una solución de voz basada en IMS definido por la 3GPP, mediante el uso de

IMS, VoLTE hereda los servicios tradicionales de voz y SMS, es decir permite voz nativa en LTE y el acceso simultáneo a los servicios de voz y de datos.

- **OTT (Over the Top):** OTT utiliza una aplicación de software de voz para proporcionar servicios de voz para suscriptores LTE. El software de voz se conecta a una red LTE a través de una red móvil y accede a sus servidores localizados en el Internet para proveer los servicios de voz, en donde no se garantiza un QoS para E2E.
- **CSFB (Circuit Switched Fallback):** CSFB reutiliza el dominio CS para proporcionar servicios de voz para suscriptores LTE, mientras los servicios de datos son proporcionados por la red LTE. Cuando un suscriptor LTE accede al servicio de llamada de voz, la conexión de datos del usuario regresa a la red 2G/3G, donde la llamada permanecerá en el dominio de CS hasta que sea completada.

CSFB, es actualmente utilizado para soportar usuarios LTE en “roaming” y en redes donde no tienen capacidades de IMS, por lo que, esta solución seguirá siendo considerada en fases posteriores, hasta que todos los operadores móviles actualicen sus redes hacia servicios de comunicaciones totalmente multimedia.

- **SV-LTE (Simultaneous Voice LTE):** Terminales de voz y LTE simultáneos (SVLTE), son conocidos como terminales Dual Radio, permiten que un usuario se conecte a la red LTE y a las redes 2G/3G al mismo tiempo. El dominio de CS ofrece servicios de voz, y la red LTE proporciona los servicios de datos.

Cada alternativa presenta sus propias ventajas, sin embargo, el servicio de VoLTE sobre IMS/SRVCC se presenta como la solución definitiva para VoLTE. En la solución de VoLTE sobre IMS los servicios de voz se despliegan sobre el core IMS permitiendo que los usuarios de la red LTE puedan acceder de forma nativa a dichos servicios de voz; adicionalmente, al incluir la funcionalidad SRVCC los suscriptores pueden realizar handover entre la red LTE y la red 2G/3G.

1.4.1 Arquitectura de la Solución VoLTE sobre IMS

La arquitectura lógica de red de VoLTE sobre un core IMS, se basa en los principios definidos por la 3GPP para VoLTE UE, Long Term Evolution (LTE), Evolved Packet Core network (EPC) e IP Multimedia Subsystem (IMS) Core Network. Dentro de las principales consideraciones para esta arquitectura se tiene:

1. Los equipos de usuario y dispositivos finales deben tener la capacidad LTE para acceder al EPC a través de la interfaz de radio LTE-Uu. El UE también puede admitir otras tecnologías de acceso.
2. Se considera como parte de la capa de acceso al EPC de la red LTE y al core de CS de las redes 2G/3G.
3. Las funcionalidades de core como control de sesión y de llamadas son asumidas por el core de IMS.
4. La red principal de IMS dentro de la arquitectura VoLTE proporciona la capa de servicio en donde se incorporan: los servidores de aplicación correspondientes al IMS, plataformas de servicios de valor agregado y nodos de servicio de red inteligente correspondientes a las redes legacy.

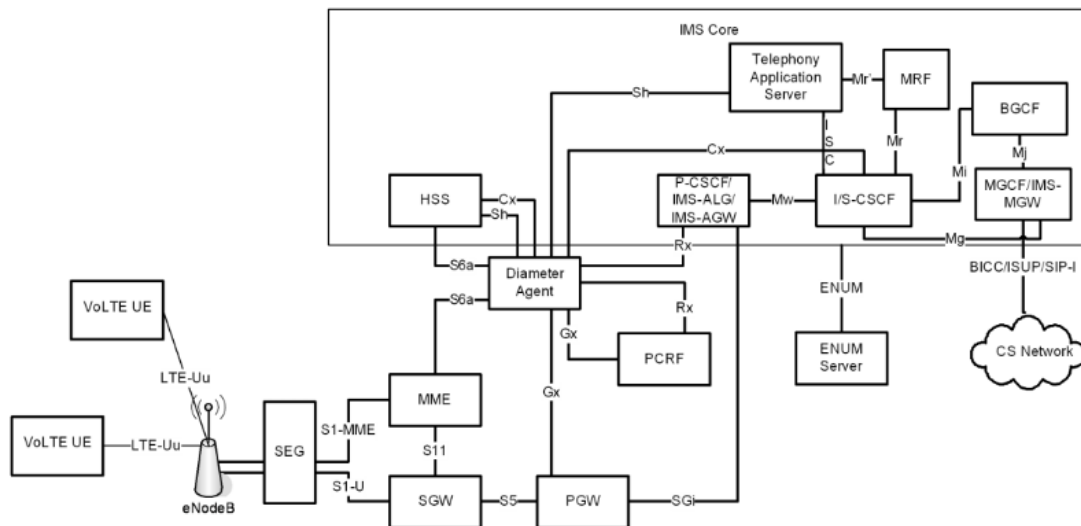


Figura 1.10: Arquitectura de solución VoLTE (GSMA, 2014, p. 26)

1.4.1.1 Descripción de los principales nodos de la arquitectura VoLTE

Los principales elementos de red de la arquitectura VoLTE están definidos por la 3GPP, los cuales se describen a continuación:

1.4.1.1.1 Evolved Universal Terrestrial Access Network (E-UTRAN)

La red de acceso E-UTRAN se compone de eNodeBs (envolved NodeB) que brindan la conectividad con los equipos de usuario (UE). El eNodeB integra toda la funcionalidad que proporciona la red de acceso, por lo que realiza muchas funciones, incluida la gestión de recursos de radio, control de admisión, programación, aplicación de QoS, cifrado/descifrado de datos de usuario y plano de control, etc. Un eNodeB se comunica con los demás elementos de red a través de tres interfaces: Uu, S1 y X2.

1.4.1.1.2 *Evolved Packet Core*

A continuación, se realiza una pequeña descripción de los elementos de red que conforman la arquitectura básica del Core EPC:

MME (Mobility Management Entity): La entidad de gestión de movilidad (MME) es el nodo de control clave para la red de acceso LTE, ya que es el responsable del estado de movilidad en el plano de control y de los procedimientos de localización y rastreo de UE en modo inactivo, autentica al usuario (junto con el HSS).

Está involucrado en el proceso de activación/desactivación de los servicios portadores (EPS Bearer Service) y también es responsable de elegir el SGW para el UE en la conexión inicial y en el momento de la transferencia intra-LTE que implica la reubicación del nodo de la red central.

SGW (Serving Gateway): Realiza el enrutamiento y envío de los paquetes de datos, actúa como punto de aclaje o interconexión con la red de acceso referente al plano de usuario durante la movilidad entre eNodeB (Handover), también se utiliza para manejar la movilidad entre LTE y otras tecnologías 3GPP.

PGW (Packet Data Network Gateway): Realiza la función de Gateway de la red de datos para transmitir los paquetes IP del UE con el exterior para el acceso a los servicios. Controla la asignación de direccionamiento IP a cada UE, aplica el control de UL y DL de acuerdo con las políticas de control configuradas y es el encargado de crear los Bearers.

HSS (Home Subscriber Server): El HSS constituye la base de datos donde se encuentran suscritos todos los abonados, contiene toda la información administrativa y de servicios de cada usuario, por ejemplo: Perfil (prepago/postpago), servicios activos (sms, datos, buzón de voz, etc) y maneja el proceso de autenticación de usuario. Es utilizado para servicios de core de Voz (CS), core de Datos (PS) y core IMS. El HSS proporciona esta información de perfil de usuario al MME e IMS durante la conexión de UE y el registro de IMS.

PCRF (Policy Charging and Rules Function): Es la plataforma encargada de controlar las políticas y el cobro por el uso de la red, realiza el manejo de los servicios en término de la Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service). Garantiza que el mapeo y el tratamiento del tráfico del plano del usuario esté de acuerdo con su perfil.

1.4.1.1.3 *IMS (IP Multimedia Subsystem)*

IMS es la infraestructura de control para soportar servicios multimedia sobre IP. El subsistema multimedia IP (IMS) es un marco arquitectónico que brinda servicios IP Multimedia enriquecidos sobre el acceso de banda ancha.

IMS está diseñado para ser un acceso independiente, proporcionando una red central unificada en accesos fijos y móviles que se encuentra especificado en la 3GPP (3rd Generation Partnership Project). En la figura 1.11, se muestra la arquitectura del subsistema de red IP Multimedia Core.

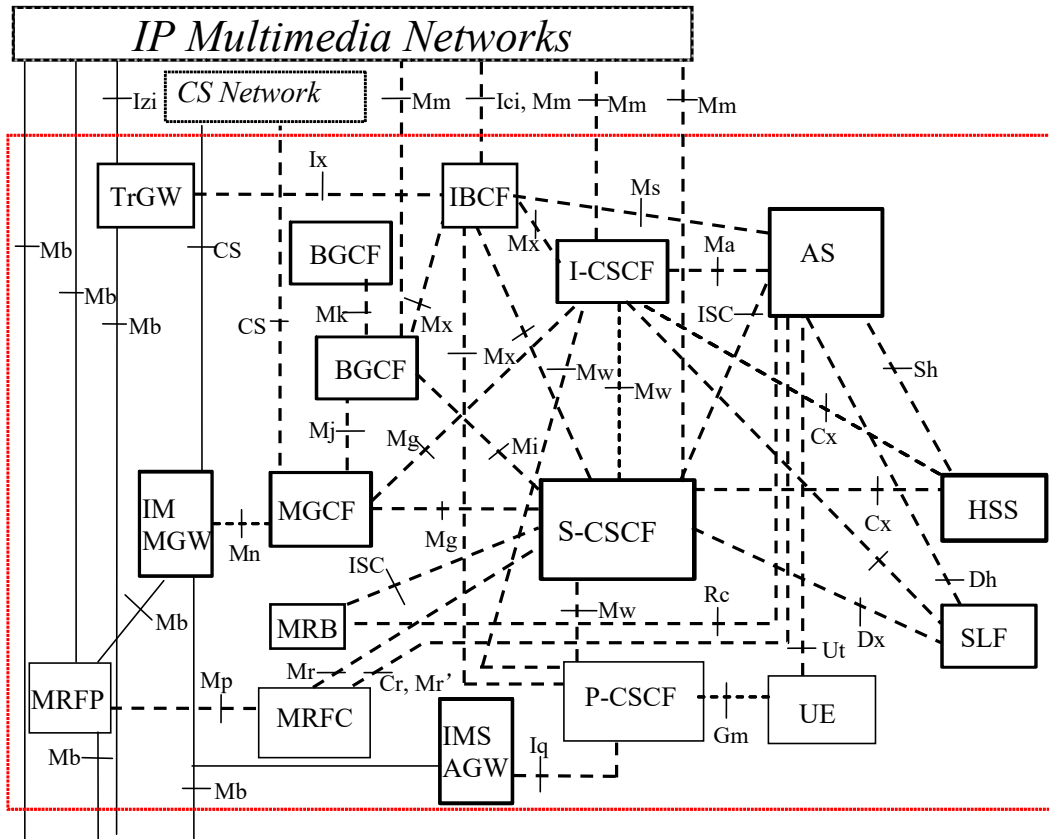


Figura 1.11: Arquitectura de referencia de IMS (3GPP, 2020c, p. 27)

A continuación, se realiza una breve descripción de la arquitectura del core IMS, incluyendo sus principales elementos y funcionalidades:

P-CSCF (Proxy Call Session Control Function): Actúa como un Proxy al reenviar mensajes SIP entre el UE y la red principal de IMS. Garantiza un enlace seguro entre el UE y la red.

I-CSCF (Interrogating Call Session Control Function): Es un elemento clave dentro del core IMS, ya que permite enrutar y ser el punto de contacto para todas las conexiones destinadas a un usuario de esa red. El I-CSCF asigna y consulta el S-CSCF con el que el usuario se registra. Además, es similar a un gateway en las redes de telecomunicación.

S-CSCF (Serving Call Session Control Function): Reside en la red home y es el nodo central del Core IMS. El S-CSCF implementa el registro del usuario, el control de la autenticación, la implementación de la sesión inicializa el control para los servicios y mantiene la información de estado de sesión.

Telephony Application Server (TAS): El TAS es un servidor de aplicaciones IMS que brinda el soporte necesario para un conjunto mínimo de servicios obligatorios de telefonía multimedia (MMTel) según lo definido por la 3GPP, es decir, provee los servicios multimedia de telefonía básicos y complementarios.

MRF (Multimedia Resource Function): Proporciona recursos multimedia, permite reproducir anuncios, mezclar y procesar flujos de medios (por ejemplo, en un bridge de conferencia centralizada), transcodifica entre diferentes códecs, puede obtener estadísticas, y cualquier tipo de análisis de medios.

Se divide en dos: **MRFC** (Multimedia Resource Function Controller), es un nodo que procesa la señalización al pertenecer al plano de control, se encuentra conectado directamente al S-CSCF a través del protocolo SIP y se encarga de controlar todas las actividades de los recursos multimedia que se encuentran en el MRFP mediante mensajes H.248 o MeGaCo, mientras que el **MRFP** (Media Resource Function Processor), es un nodo del plano de usuario que permite realizar el procesamiento de los datos multimedia.

MGCF/IMS-MGW (Media Gateway Control Function / IMS Media Gateway): Es un gateway que sirve para comunicar a los usuarios IMS con los usuarios de las redes de conmutación de circuitos. Hace el cambio de ISUP/BICC a SIP y envía la sesión hacia IMS.

BGCF (Breakout Gateway Control Function): Punto de demarcación entre el dominio IMS y las redes externas PSTN/PLMN. El BGCF es usado para seleccionar la MGCF apropiado durante la interconexión.

ENUM: Convierte la dirección E.164 en el Tel URI al SIP URI que es alcanzable para el Core IMS, habilitando el enrutamiento de mensajes de sesiones IMS.

1.4.2 Requerimientos para VoLTE

Para el acceso a servicios de VoLTE, es necesario que un suscriptor realice un proceso de registro en el EPC y posteriormente se requiere que el suscriptor se registre en el core IMS, en los dos escenarios de registro se utiliza la plataforma HSS (Home Subscriber Server), en donde el suscriptor debe estar provisionado con los features y parámetros necesarios para el correcto funcionamiento de VoLTE.

1.4.2.1 Calidad de Servicio y asignación de recursos

El EPS de LTE permite aplicar calidad de servicio (QoS) entre el UE y el core de datos EPC, para lo cual se utilizan canales lógicos conocidos como EPS beares. De acuerdo con el estándar 3GPP a partir del Release 8, el despliegue de VoLTE requiere determinadas

configuraciones en el EPC, de modo que se puedan asignar las respectivas EPS bearers y su correspondiente QoS para que un suscriptor acceda al servicio de VoLTE.

Los bearers se asignan durante el proceso de registro del terminal y pueden ser de dos tipos basados en la forma de garantizar los recursos de red:

- **Garanted Bit Rate (GBR)**, en la que se reservan recursos fijos para garantizar un mínimo de tasa de bit.
- **Non Garanted Bit Rate (Non-GBR)**, en el cual no se reservan recursos, es decir sin tasa de bit garantizada, constituyendo un servicio de clase “best-effort”, como actualmente se realiza en las redes de datos 2G y 3G.

Adicionalmente se distinguen dos tipos de EPS Bearers de acuerdo con el servicio para el cual se destinan:

- **Default Bearers**, se asigna por defecto en el registro del terminal en el core EPC, estas portadoras por defecto se utilizan para la conectividad entre el UE y la red.
- **Dedicated Bearers**, son portadoras dedicadas que el UE puede solicitar para un servicio en particular, muchas veces dicho servicio puede ser identificado por el APN.

A continuación, se presentan los valores estandarizados según (3GPP, 2019) para definir a las diferentes portadoras y su QoS Class Identifier (QCI).

Tabla 1-1: Valores QCI estándar y de parámetros de calidad de servicio para EPS Bearers

QCI	Resource Type	Priority	Delay	Packet Loss Rate	Example Services
1	GBR	2	100 ms	10 ⁻²	Conversational Voice
2	GBR	4	150 ms	10 ⁻³	Conversational Video (Live Streaming)
3	GBR	3	50 ms	10 ⁻³	Real-Time Gaming
4	GBR	5	300 ms	10 ⁻⁶	Non-Conversational video (buffered streaming)
5	Non-GBR	1	100 ms	10 ⁻⁶	IMS Signalling
6	Non-GBR	6	300 ms	10 ⁻⁶	Video (buffered streaming) TCP-based (e.g., www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive video, etc.)
7	Non-GBR	7	100 ms	10 ⁻³	Voice, Video (Live Streaming),

					Interactive Gaming
8	Non-GBR	8	300 ms	10 ⁻⁶	Video (Buffered Streaming)
9	Non-GBR	9	300 ms		TCP-based (e.g., www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive video, etc.)

Nota: Tomada de (3GPP, 2019, p. 52).

En base a esta especificación de bearers y sus respectivos QCI, el servicio de VoLTE requiere que para un suscriptor se asigne una portadora por default para señalización y una portadora dedicada para transporte de VoIP. Para los streams de señalización de IMS bajo protocolo SIP, generalmente se asigna una EPS Bearer de tipo Non-GBR con un QCI de valor 5; adicionalmente se utiliza una portadora dedicada para el flujo de datos de voz, para la cual generalmente se asigna una EPS Bearer de tipo GBR con QCI de valor 1. En la figura 1.12, se indica como se aplican los QCIs antes mencionados dentro de una arquitectura de red VoLTE.

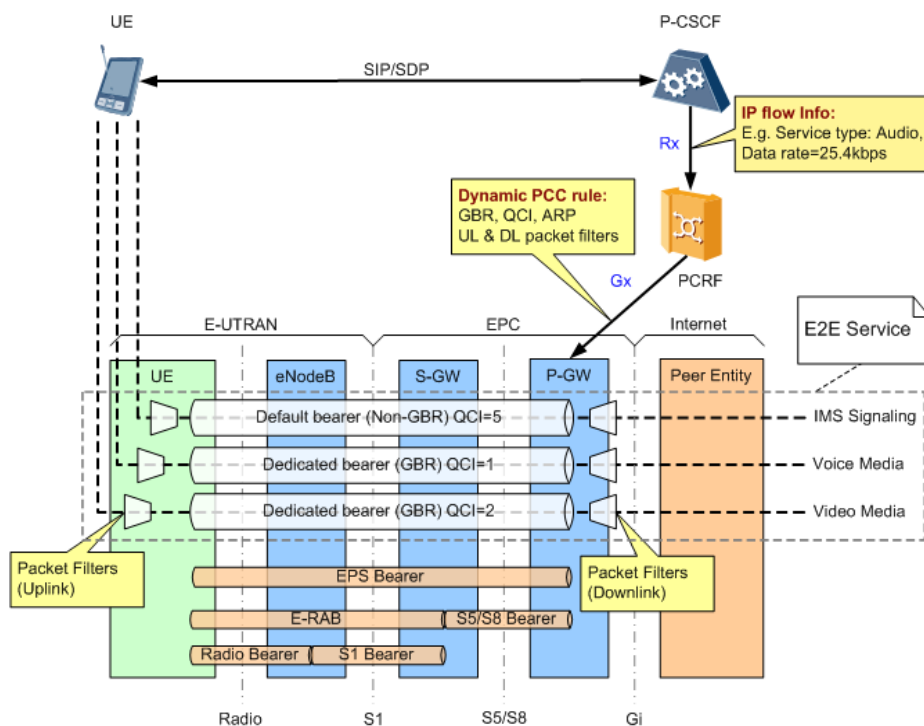


Figura 1.12: Arquitectura VoLTE QoS (Huawei Technologies Co., 2017c, p. 5)

1.4.2.2 Códec de Voz para VoLTE

Según (GSMA, 2015) indica que se requiere el uso de los códecs AMR (Adaptive Multi-Rate) / AMR-WB (Adaptive Multi-Rate Wide Band) dentro de VoLTE, con el objeto de garantizar una buena calidad de voz, facilitar la interoperabilidad y evitar la transcodificación, por lo cual, dichos códecs deberán ser implementados por todos los fabricantes de equipos terminales.

1.4.2.3 Requerimientos de Terminales

Para que un terminal soporte de manera nativa el servicio de VoLTE, son necesarias las siguientes consideraciones:

Tabla 1-2: Características de terminales para soportar VoLTE

Característica	Especificación	Descripción
Provisionamiento	IR.92 TS 23.228 (User Identification) TS 31.103 (ISIM) TS 31.102 (USIM)	ISIM basada en IMPU/IMPI/Domain Name/P-CSCF Address USIM usando URI basada en IMSI
Autenticación	IR.92 TS 24.229 5.1.1/5.4.1 RFC 3310/2617/4169(AKA v2)	IMS-AKA v1/v2, SIP digest
Seguridad SIP	IR.92 TS 33.203	IPSec incluyendo integridad y confidencialidad de datos.
Transporte SIP	IR.92 RFC 3261	UDP/TCP
Direccionamiento	IR.92 RFC 3261(SIP)/3966(TEL)	URI en los campos To/Request en un mensaje INVITE: Tel-URI, SIP-URI
GRUU Globally Rutable UA URI	TS 24.229 5.1.1/5.4.7A RFC 5627	Enrutamiento de URI
Instancia SIP	IR.92 TS 24.229 5.1.1/5.4.7A RFC 5626/5627	Soporte de protocolo SIP en el terminal
Early Media	IR.92 RFC 3960 Chapter 3 TS 23.228 4.2.7	Incluir SDP en mensajes de solicitud (Invite) basados en un modelo tipo Gateway
Compresión de SIP	RFC 3320 (Not in IR.92)	Compresión de mensajes SIP
Servicios Suplementarios	IR.92 TS 24.173	OIP, OIR, CFNR, CFNRc, CFNL, CFU, CFB, Call Hold/Resume, CW
Configuración S.S	IR.92	Interfaz Ut utilizando XCAP
USSD sobre IMS	TS 24.390 (Not in IR.92)	USSD sobre IMS
Conferencia de llamadas	IR.92 TS 24.605 TS 24.147 5.3.1.3.3 (Creation) TS 24.147 5.3.1.5.3 (Invitation)	Conferencia Ad-Hoc en 2 vías - Enviando REFER a los usuarios - Enviando REFER al focus de la conferencia

Característica	Especificación	Descripción
Suscripciones para eventos de conferencia	IR.92 TS 24.605	Suscripción por evento en una conferencia
Precondiciones	IR.92 TS 24.229 / RFC 3321	3GPP
SMS sobre IP	IR.92	Formato 3GPP
		Formato 3GPP2
Descripción de ancho de banda	IR.92 3.2.4 TS 26.114 6.2.5 RFC 4566 5.8	El protocolo SDP debe incluir información del ancho de banda para cada stream de multimedia.
Bearer	IR.92	Múltiple PDN
		VoLTE
		XCAP (Ut Interface)
Descubrimiento de P-CSCF	IR.92 TS 24.229 9.2.1 M II (PCO) TS 24.229 9.2.1 M III (FQDN)	Campo PCO en un mensaje PDN Accept
		FQDN en ISIM
Versión de IP	IR.92	IPv6 and IPv4
E911	IR.92 TS 22.101 10 (Emergency Calls) TS 23.167 (Emergency Session) TS 24.229 4.7/5.1.6/5.2.10/5.4.8 RFC 5031 (URN for Emergency Service)	Llamadas de emergencia sobre LTE
		Localización basada en CP
		Localización basada en UP
Selección de Dominio	IR.92	Preferencia para voz sobre IMS, con voz sobre CS como opción secundaria.
		Voz sobre IMS únicamente.
SRVCC	IR.92 TS 24.237	Transferencia de LTE hacia UMTS únicamente.
		No soporta ICS ni características de mid-call proporcionadas por la MSC.
		Transferencia hacia GSM.
P-Header	IR.92 TS 24.229 (7.2A.4) RFC 3325/3455	P-Access-Network-Info
		P-Associated-URI
		P-Called-Party-ID
		P-Asserted-Identity P-Preferred-Identity
Reintento en caso de falla en el registro	RFC 5626	$W = \min (\max\text{-time}, (\text{base-time} * (2 ^ \wedge \text{consecutive-failures})))$

Característica	Especificación	Descripción
RTP	IR.92 RFC 3550/3551	RTP/AVP
	IR.94 TS 26.114 RFC 4585	RTP/AVPF
Códec de banda angosta AMR NB	IR.92 TS 26.114	Parámetros de SDP para media
Códec de banda ancha AMR WB	IR.92 TS 26.114	Parámetros de SDP para media
DTMF	IR.92 TS 26.114 RFC 4733	Configuración de SDP para AMR NB/WB y DTMF.
H.264	IR.92	Protocolo para aplicaciones de video y video llamadas. Resolución: QCIF/QVGA/VGA.
Voice/Video upgrade/downgrade	IR.92	Para controlar la mejora y degradación de voz y video mediante los parámetros de media en SDP.

Nota: Información proporcionada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

1.4.3 Servicios y Beneficios

1.4.3.1 Voz Nativa en LTE y SRVCC

Los suscriptores pueden conservar sus números telefónicos de identificación, se mantiene el MSISDN del usuario y se generan nuevos identificadores conocidos como IMPI e IMPU, que son transparentes para el usuario. Esto ahorra recursos en los rangos numéricos asignados al operador y aumenta los ingresos por servicios de la compañía. El servicio de VoLTE permite que se realicen llamadas de voz de manera nativa sobre LTE, por lo cual no se reservan recursos adicionales en la red; sin embargo, al salir de cobertura LTE se puede aprovechar la infraestructura de las redes legacy 2G/3G para realizar handovers y de esta manera evitar la caída de llamadas o pérdida de servicio.

El SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity)/eSRVCC (enhanced SRVCC) permite a los suscriptores de LTE continuar con sus llamadas en curso cuando se trasladan de una red de acceso de radio terrestre universal evolucionado (E-UTRAN) a una red UMTS de acceso de radio terrestre (UTRAN) o GSM/EDGE red de acceso de radio GSM (GERAN).

En la solución SRVCC, la duración de handover a menudo supera los 300 ms debido al nuevo bearer que se debe establecer en el core. Esto se traduce en un retardo al

establecer la llamada que afecta la experiencia del usuario. En la Figura 1.12, muestra la funcionalidad SRVCC para Handover.

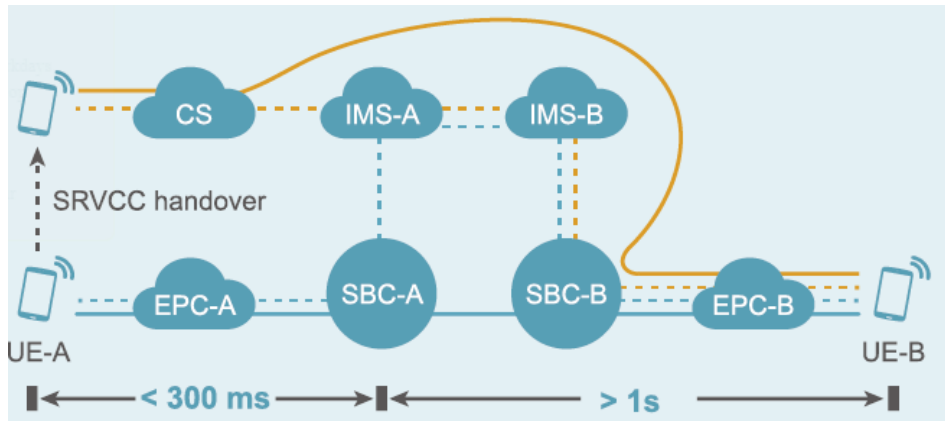


Figura 1.13: SRVCC para handover (Huawei Technologies Co., 2017e, p. 3)

Sin embargo, se introduce eSRVCC para acortar la duración del handover a menos de 300 ms, retardo que los suscriptores difícilmente pueden percibir. En la Figura 1.13, se puede observar la funcionalidad eSRVCC para handover.

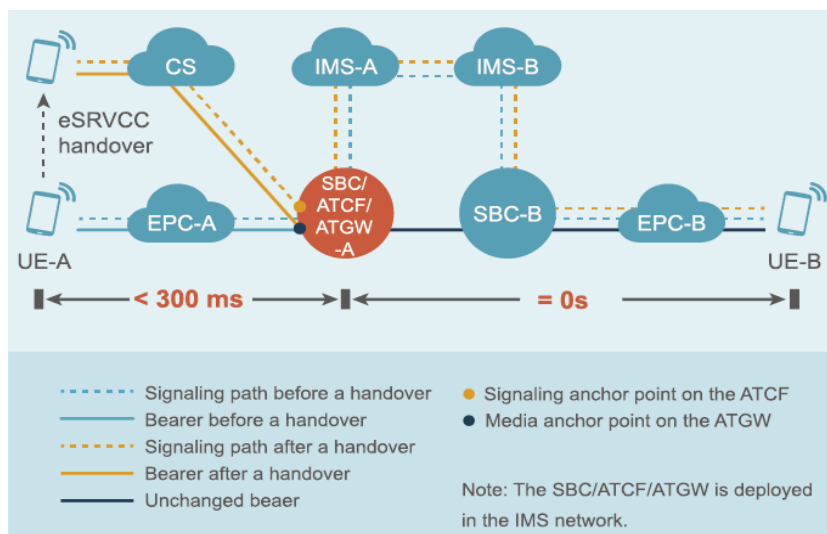


Figura 1.14: eSRVCC para handover (Huawei Technologies Co., 2017e, p. 4)

Finalmente, en la Figura 1.14 se indica una comparación entre los servicios SRVCC y eSRVCC para handover entre redes LTE y redes 2G/3G.

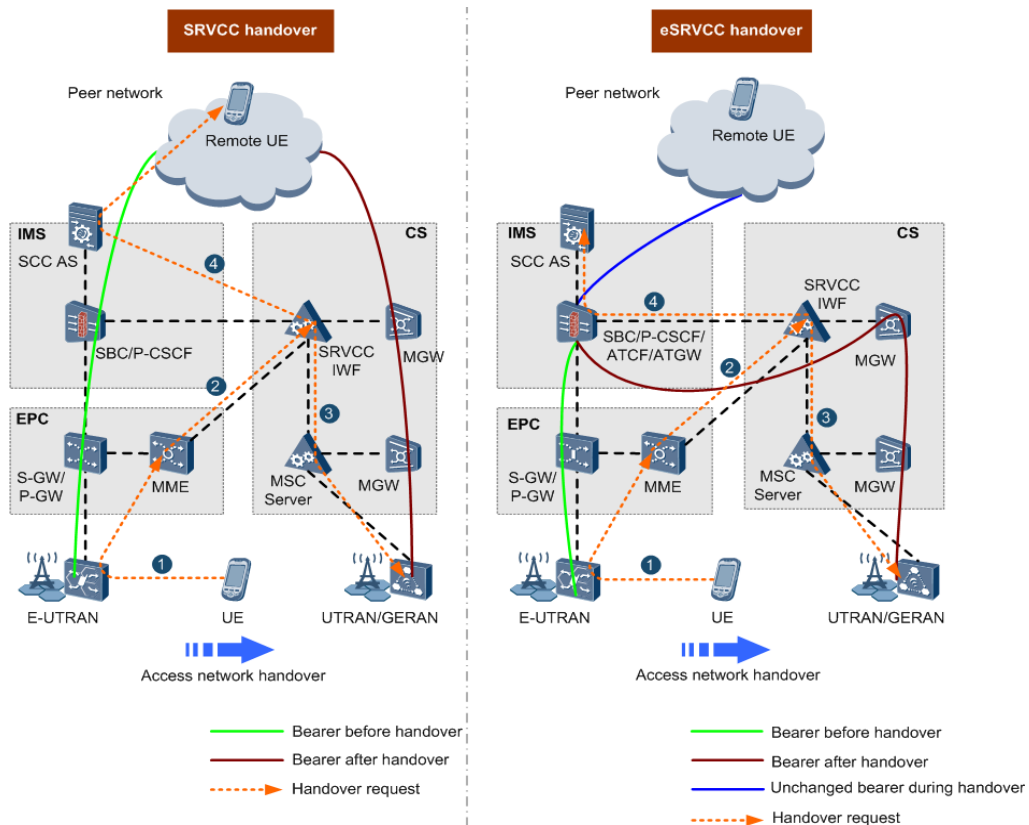


Figura 1.15: Funcionalidad SRVCC para Handover (Huawei Technologies Co., 2017e, p. 13)

1.4.3.2 Voz en Alta Definición

Una de las principales ventajas del despliegue de VoLTE radica en el servicio de voz en alta definición (HD), las características espectrales y las funcionalidades de red de LTE permiten establecer un gran ancho de banda entre el UE y la red.

Para aprovechar la utilización del ancho de banda disponible en LTE, en los servicios de voz en HD se considera una ampliación del rango de espectro usado para codificar la voz. Las llamadas de voz tradicionales en dispositivos móviles capturan el sonido entre las frecuencias de 300 Hz a los 3,4 kHz a 8000 muestras por segundo y un códec de 12,2Kbps.

Con la Voz HD se amplía el espectro de frecuencias, de tal forma que el intervalo de frecuencias pasa a ser de 50 Hz a 7 kHz, esto permite captar una mayor cantidad de componentes frecuenciales de las señales de la voz humana; es decir que es posible utilizar rangos de frecuencia más bajos para conseguir un sonido más natural y por otro lado utilizar los rangos de frecuencia mayores para mejorar el entendimiento y reconocimiento de voz. La Figura 1.15, muestra el ancho de banda para la solución de Voz en alta definición.

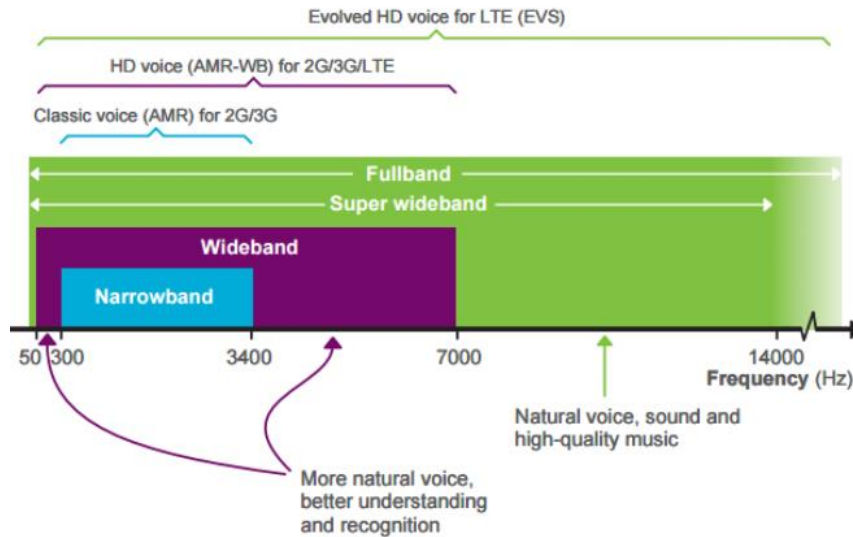


Figura 1.16 Ancho de banda para la solución de Voz en HD (Edgar, 2016, p. 91)

Para la digitalización del audio utilizando el ancho de banda de voz en HD, se requiere la incorporación de códecs de banda ancha que realizan un muestreo a 16.000 muestras por segundo; el códec utilizado generalmente para la voz HD en las redes móviles, es el AMR-WB (Adaptative Multi Rate Wideband) que fue estandarizado en el Release 5 de la 3GPP.

1.4.3.3 Reducción del tiempo de establecimiento de llamadas

El servicio de VoLTE incluye como característica un disminuido retardo para el establecimiento de las llamadas. A diferencia de CSFB, en llamadas VoLTE nativas no se realiza un cambio de dominio entre EPC y CS, evitando la re-sintonización en enlaces de radio y procesos de paging, por lo cual, el retardo es menor en comparación al intercambio de señalización que conlleva CSFB.

Incluso al realizar handovers entre cobertura LTE y redes legacy, el tiempo requerido para ejecutar el servicio de SRVCC es mucho menor a CSFB gracias a las funcionalidades de anclaje y continuidad de servicio.

En (Edgar, 2016), se muestra la realización de una serie de pruebas para comparar los tiempos de establecimiento de llamadas entre las distintas tecnologías de acceso de radio, como resultado se obtuvo que en el caso de VoLTE en promedio se presenta un retardo de 2,12 segundos versus un valor de 5,97 segundos en CSFB, 3,59 segundos en 3G y 6,97 segundos en 2G, es decir el tiempo para establecimiento de llamadas en VoLTE fue mucho más rápido (Edgar, 2016, p. 152).

CAPÍTULO II

2. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA CNT EP SOBRE ACUERDOS DE ROAMING NACIONAL AUTOMÁTICO

2.1 Introducción

En la actualidad, más de la mitad de usuarios utilizan el teléfono móvil como dispositivo principal para realizar cualquier acción online, es por eso que la estrategia de la línea de negocio móvil, busca garantizar conexión permanente del usuario que enfrenta un estilo de vida donde los tiempos libres son limitados y en donde las personas tienden a realizar diversas tareas simultáneas; por ello, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P. (en adelante CNT EP) siempre ha buscado entregar una propuesta de valor, en la cual el cliente se encuentre conectado con sus actividades primordiales de forma permanente.

Sin duda alguna, a fin de cumplir con las expectativas del mercado y ser consecuente con la tendencia, la CNT EP actualmente cuenta con el servicio de Roaming Nacional Automático (en adelante Roaming Nacional Automático o sus siglas RNA) a través de las redes de OTECEL S.A. y CONECEL S.A., orientado a ampliar su cobertura del Servicio Móvil Avanzado de sus abonados/clientes-usuarios, de tráfico de voz, SMS y datos, en las tecnologías 2G y 3G.

La relación con OTECEL S.A. inició en el año 2007, bajo Acuerdos y Disposiciones dadas por el Ente de Regulación y Control de las Telecomunicaciones; actualmente se tiene suscrito el *“Acuerdo de acceso, en la modalidad de Roaming Nacional Automático (RNA), entre OTECEL S.A. y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.”*

Mientras que en el 2018, la CNT EP ha venido utilizando adicionalmente, la red de CONECEL S.A., servicios que se encuentra normados actualmente en el *“Acuerdo de Roaming Nacional Automático entre el Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones S.A. y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.”*

2.2 Condiciones Generales

Para iniciar con el análisis de la situación actual, ventajas y desventajas de los Acuerdos mantenidos por la CNT E.P. para el uso de Roaming Nacional Automático, a través de los cuales proporciona los servicios móviles (voz, datos y sms) a sus usuarios, en las áreas geográficas que no posee cobertura propia, se describirán las condiciones generales que se mantienen en los Acuerdos suscritos entre las partes (CNT EP y OTECEL S.A./CONECEL S.A.), arquitectura de red utilizada para RNA y elementos que la

conforman; basados en información proporcionada por las Resoluciones públicas emitidas por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL (ARCOTEL, 2015, 2016).

A continuación, se resumen las consideraciones principales y generales que mantienen ambos Acuerdos, para lo cual, se denominará “Otro Operador” al referirnos a OTECEL S.A. o CONECEL S.A.:

- Los Acuerdos de RNA tienen por objeto determinar los derechos y obligaciones de los Prestadores de Servicios de Telecomunicaciones respecto al acceso a Roaming Nacional Automático, a la red del Otro Operador por parte de la CNT EP, en especial se define lo relativo a las condiciones de carácter general, económico y técnico, con el fin de que los abonados y usuarios de la CNT EP puedan contar con el servicio móvil avanzado, en las zonas en las que no disponga de cobertura propia.
- Los Acuerdos de RNA deberán obligarse a cumplir con la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, Reglamento General a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, el Reglamento para la Prestación de Roaming Nacional Automático en Ecuador para Fomentar la Leal Competencia en la Prestación de Servicios de Telecomunicaciones, Norma Técnica de Calidad del Servicio Móvil Avanzado, demás normas de carácter regulatorio y de competencia.
- Toda información de los Prestadores relacionada con la aplicación de los Acuerdos que tengan un valor comercial o tecnológico originado en la experiencia y capacidad creadora de las empresas, que les permita mantener u obtener una ventaja económica competitiva ante terceros será tratada como “confidencial” y no podrá ser divulgada ni distribuida a terceros.
- El Otro Operador está obligado a permitir a la CNT EP, el acceso a Roaming Nacional Automático para los servicios que se especifican en el Acuerdo y sus Anexos.
- Las Partes tienen la obligación y responsabilidad de cumplir con los índices de calidad de los servicios de telecomunicaciones según la normativa vigente establecida para los prestadores del SMA, así como sus respectivas obligaciones basados en el Ordenamiento Jurídico Vigente.
- Además, las Partes deben cumplir con la normativa, planes técnicos y resoluciones de la ARCOTEL, relacionados al acceso a Roaming Nacional Automático.

- La CNT EP, tiene la obligación de pagar al Otro Operador los montos correspondientes por cargos de acceso al Roaming Nacional Automático y entregar las proyecciones de tráfico por RNA, de conformidad a lo establecido en el Acuerdo.
- Los Acuerdos solamente permiten la utilización de las redes 2G y 3G del Otro Operador, por lo que se excluye el uso de la red 4G LTE.
- El Otro Operador debe garantizar la misma calidad de servicio que ofrece a sus usuarios, a los usuarios visitantes a su red en modalidad de RNA de CNT EP.
- El Otro Operador proporcionará todos los datos e información necesaria y requerida por el Ente de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, que no puedan ser obtenidos directamente de las plataformas de la CNT EP.
- La CNT EP debe informar a través de la página web a sus clientes/abonados – usuarios las zonas de cobertura propia y con RNA.
- Durante la vigencia de cada uno de los Acuerdos, la CNT EP podrá realizar solicitudes de desactivación o activación del servicio de RNA de zonas geográficas, en base a sus necesidades técnicas, comerciales y económicas.
- El acceso a RNA no podrá ser interrumpido, desconectado, suspendido, bloqueado de forma unilateral, salvo en los trabajos programados notificados a la CNT EP y a la ARCOTEL; eventos de fuerza mayor o caso fortuito; o, por disposición del ARCOTEL.
- Dentro de los Acuerdos se tiene definido los niveles mínimos de servicio con los que el Otro Operador, prestará el acceso a su red 2G y 3G en la modalidad de RNA a la CNT EP, también conocido como Service Level Agreement (SLA), para los tráficos de voz, SMS y datos. En donde, el Otro Operador aplicará los mismos procedimientos y prioridades que utiliza para resolver un evento de falla que afecte a sus propios clientes, cuando existan fallas que afecten a los clientes del solicitante haciendo uso del servicio de RNA, garantizando atención en horario 7x24.
- Además, el Otro Operador se compromete a solucionar cualquier evento de falla en su red que afecte la prestación del servicio RNA, de acuerdo a los tiempos establecidos en el Acuerdo.
- En el aspecto técnico, las rutas de Interconexión levantadas entre la CNT EP y los Otros Operadores son independientes, con el objeto de discriminar el tráfico

generado por usuarios de la CNT EP en la red de cada operador, registrando dicho tráfico de manera independiente para su futura conciliación.

- Para la integración correspondiente entre los elementos/nodos de la red de la CNT EP con los elementos de red del Otro Operador, existen rutas de señalización independientes por cada Acuerdo.
- No se contempla el Handover entre las redes, lo cual implica corte de servicio cuando un usuario de la CNT EP pasa de la red Home (CNT) a la red Visitada (Otro Operador); sin embargo, cuando un usuario CNT esta haciendo Roaming en la red del Otro Operador y regresa a una zona donde también existe cobertura CNT, la llamada continua siendo servida por la red del Otro Operador, una vez que se realiza la liberación de la llamada, y el terminal se encuentre en estado idle, el UE realiza la re-selección a la red Home (CNT) según el tiempo máximo de seis (6) minutos.
- Para la conexión de RNA entre CNT EP y el Otro Operador se utiliza el esquema HOME ROUTED, es decir que tanto el tráfico de voz como el de datos es enviado a la red Home (CNT EP) para su análisis, enrutamiento y terminación.
- Las condiciones generales, económicas y técnicas para el acceso a Roaming Nacional Automático entran en vigencia a partir de su inscripción en el Registro Público de Telecomunicaciones y la notificación respectiva a las Partes.

2.3 Arquitectura de red RNA entre CNT EP – OTRO OPERADOR

Las redes 2G y 3G del Otro Operador, se utilizarán como redes de acceso para los abonados/clientes–usuarios de la CNT EP, bajo el esquema de Roaming Nacional Automático. De esta manera los terminales de los usuarios de la CNT EP, se conectarán a las estaciones base o nodos B, de las redes 2G y 3G del Otro Operador móvil, desde donde se originarán o recibirán llamadas de Voz y SMS, y datos hacia la red de la CNT E.P. para su conmutación, gestión y control.

En referencia a los dominios de la conmutación de circuitos (CS) y paquetes (PS) para todos los casos, el tráfico será procesado en la red de origen (Home routed traffic) de la CNT EP.

La arquitectura de red utilizada para el RNA entre CNT EP y Otro Operador móvil se muestra a continuación:

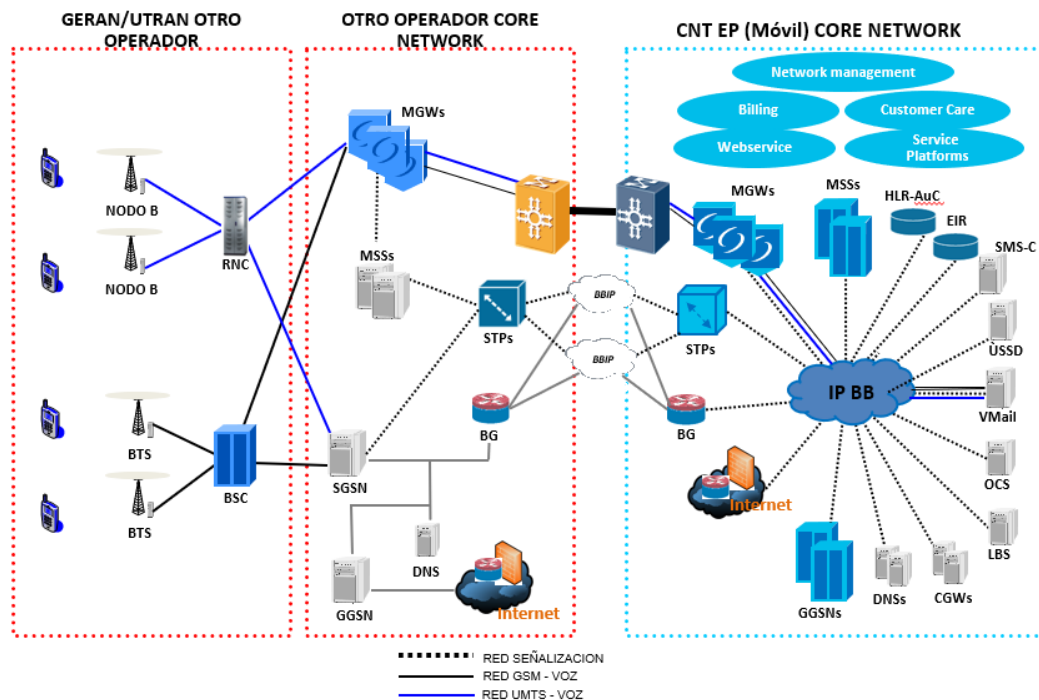


Figura 2.1: Arquitectura de red utilizada para el RNA 2G/3G que mantiene CNT EP (ARCOTEL, 2016)

Para la descripción de los elementos/nodos que forman parte de la arquitectura de red móvil para el Roaming Nacional Automático 2G/3G entre CNT EP y el Otro Operador, se ha utilizado como documento base a la Resolución ARCOTEL-2016-0675 (ARCOTEL, 2016):

2.3.1 Red de Conmutación de Circuitos (CS)

2.3.1.1 Mobile Switching Center Server (MSS) (ARCOTEL, 2016, p. 19)

- Realizará la conmutación de las comunicaciones de voz de usuarios desde la red del Otro Operador hacia y desde la red de CNT EP.
- Proporcionará la gestión de movilidad y servicios de conmutación de circuitos a los terminales móviles que se ubican dentro del área de servicio.
- Generará los CDR's necesarios de voz y SMS, para liquidar cuentas con la CNT EP, al final de cada período de facturación.

2.3.1.2 Home Location Register (HLR) (ARCOTEL, 2016, p. 19)

- Tanto el Otro Operador como la CNT EP contarán con este elemento de manera independiente, el cual almacenará la base de datos y perfil de los usuarios de cada red.

- El HLR de la CNT EP mantendrá actualizada la información de registro de los usuarios de la CNT EP proporcionada por el VLR(s) / SGSN de la red del Otro Operador.
- El HLR de la CNT EP, permitirá la creación, modificación o eliminación de los usuarios de la CNT EP, y sus perfiles a través del sistema de aprovisionamiento de la CNT EP.

2.3.1.3 *Mobile Number Portability (MNP)* (ARCOTEL, 2016, p. 19)

- Tanto el Otro Operador, como la CNT EP, contarán con este elemento de manera independiente, el cual almacenará la base de datos de portabilidad numérica de todos los clientes, abonados o usuarios del Servicio Móvil Avanzado en el Ecuador.
- Cada operador gestionará de manera independiente su conexión con la base de datos centralizada de portabilidad numérica.

2.3.1.4 *Authentication Center (AuC)* (ARCOTEL, 2016, p. 20)

- El AuC de la CNT EP, realizará el proceso de autenticación de SIMs/USIMs/UICCs para los usuarios de la CNT EP, en base a los algoritmos estandarizados por la GSM Association.
- El método de autenticación que utilizarán las SIMs/USIMs/UICCs de los clientes o usuarios de la CNT E.P., será utilizando tripletas/quintupletas.

2.3.1.5 *Equipment Identity Register (EIR)* (ARCOTEL, 2016, p. 20)

- Tanto el Otro Operador, como la CNT EP, contarán con este equipo de manera independiente, el cual almacenará la información de identificación de los terminales usados para el servicio móvil avanzado.
- Contendrá la base de datos con la información sobre la identidad de los equipos móviles (IMEIs) para permitir o no la realización de llamadas de voz o datos desde los terminales empleados por los usuarios de la CNT EP que hagan uso del RNA con el Otro Operador, conforme a los análisis de listas negras.

2.3.1.6 *Visitor Location Register (VLR)* (ARCOTEL, 2016, p. 20)

- Contendrá la base de datos que contiene la ubicación de todos los suscriptores móviles presentes en el área de servicio de una MSS. Este elemento permitirá enrutar una llamada a la ubicación correcta del abonado. La entrada en la base de datos del suscriptor se borra cuando el suscriptor abandona el área de servicio.

2.3.1.7 *Media Gateway (MGW)* (ARCOTEL, 2016, p. 20)

- Convertirá la señal digital de flujo de medios (User Plane Voz) entre las redes de la CNT EP y el Otro Operador.

2.3.1.8 *Radio Network Controller (RNC)* (ARCOTEL, 2016, p. 20)

- Controlará los Nodos B de la red UMTS; tiene conexión a la MSS a través de la interfaz IuCS, para el dominio de conmutación de circuitos, y se conecta al SGSN a través de la interfaz IuPS, para el dominio de conmutación de paquetes.

2.3.1.9 *Base Station Controller (BSC)* (ARCOTEL, 2016, p. 20)

- Controlará las estaciones base (BTS's) de la red GSM; tiene conexión a la MSS a través de la interfaz A, para el dominio de conmutación de circuitos, y se conecta al SGSN a través de la interfaz Gb, para el dominio de conmutación de paquetes.

2.3.1.10 *Base Transceiver Station (BTS)* (ARCOTEL, 2016, p. 20)

- Se encargará de manejar la interfaz radio hacia la estación móvil, con la finalidad de permitir el acceso al servicio de cada celda de la red.
- Facilitará el acceso a la red 2G a los clientes del Otro Operador, y a los clientes de la CNT E.P. que hagan uso del RNA.

2.3.1.11 *Nodo B* (ARCOTEL, 2016, p. 20)

- Es el equivalente en UMTS de la BTS de GSM; se encargará de dar servicio a una determinada área.
- Facilitará el acceso a la red 3G a los abonados del Otro Operador, y a los usuarios de la CNT EP que hagan uso del RNA.

2.3.1.12 *Sistema de Gestión (OSS)* (ARCOTEL, 2016, p. 21)

- El sistema de gestión deberá ser la fuente de información de estadísticas de cada operador de manera independiente.

2.3.1.13 *Online Charging System (OCS)* (ARCOTEL, 2016, p. 21)

- Contendrá la base de datos de sus usuarios prepago de CNT EP.
- Realizará el cobro en línea de los servicios de voz, SMS y datos de los usuarios de la CNT EP.
- Realizará el intercambio de señalización con el MSS del Otro Operador, basado en el protocolo de señalización CAMEL fase 2.

- Permitirá la creación, modificación o eliminación de los usuarios prepago de la CNT EP, a través de su sistema de aprovisionamiento.
- Permitirá a los usuarios de la CNT E.P., la recarga de saldo a través de sus sistemas.

2.3.1.14 *Short Message Service Center (SMSC)* (ARCOTEL, 2016, p. 21)

- El SMSC de la CNT EP, permitirá recibir, almacenar, enviar y generar mensajes de texto desde los terminales de los usuarios de la CNT EP.
- Permitirá enviar y recibir mensajes de texto desde usuarios y aplicaciones que se conectan a través del Gateway de SMS.
- Generará los CDR's necesarios para los procesos internos de mediación y billing de los usuarios de la CNT EP.
- Realizará intercambio de señalización con el MSS del Otro Operador, basado en el protocolo de señalización MAP.

2.3.1.15 *Red de Transporte* (ARCOTEL, 2016, p. 21)

- Los enlaces de transmisión deberán ser redundantes entre los puntos de acceso de RNA y tener la capacidad de soportar el tráfico actual y proyectado por la CNT EP.
- Los enlaces de los puntos de acceso de RNA serán independientes de los enlaces utilizados para la interconexión entre las operadoras.
- Las rutas serán realizadas en las ciudades que sean acordadas entre las Partes.

2.3.1.16 *Signaling Transfer Point (STP)* (ARCOTEL, 2016, p. 21)

- Servirá como punto de transferencia de señalización e interconexión entre los elementos de core del Otro Operador y la CNT EP, para garantizar el servicio de voz, mensajería escrita y datos para los usuarios de CNT EP, bajo la modalidad de RNA.

2.3.2 Red de Conmutación de Paquetes (PS)

2.3.2.1 *Serving GPRS Support Node (SGSN)* (ARCOTEL, 2016, p. 21)

- Realizará la conmutación de los paquetes de datos de los usuarios desde la red del Otro Operador hacia y desde la red de CNT EP.
- Proporcionará la gestión de movilidad y servicios a los terminales móviles que se ubican dentro del área de servicio.

2.3.2.2 *Gateway GPRS Support Node (GGSN)* (ARCOTEL, 2016, p. 22)

- Responsable del enrutamiento y entrega de paquetes de datos desde la red de acceso y el SGSN del Otro Operador, hacia la red de paquetes y servicios de valor agregado de CNT EP.
- Responsable de asignar el direccionamiento IP a los móviles de CNT EP, en la red del Otro Operador.

2.3.2.3 *Charging Gateway* (ARCOTEL, 2016, p. 22)

- Recopilará los CDR's generados por el GGSN de la CNT EP, para procesarlos y pasarlos al sistema de Billing.

2.3.2.4 *Border Gateway* (ARCOTEL, 2016, p. 22)

- Será la puerta de conexión hacia la red de GRX desde la red Gp de CNT EP.
- Permitirá una conexión segura a través del GRX hacia la red del Otro Operador.
- Equipo con funcionalidades de enrutamiento y Firewall.

2.3.2.5 *Enlace Directo* (ARCOTEL, 2016, p. 22)

- La conexión desde el GGSN de CNT EP, hacia el nodo SGSN del Otro Operador se realizará a través de un Enlace Directo y de una Red GRX internacional.
- El enlace directo se utilizará para el transporte de datos empleados por los usuarios de CNT EP, desde la red del Otro Operador hacia la red de CNT EP.

2.4 **Servicios Contemplados**

En base a lo definido en (ARCOTEL, 2016), los servicios contemplados dentro de los Acuerdos se detallan a continuación:

2.4.1 **Iniciación y Terminación de voz**

Incluye la conmutación e información de señalización necesaria e imprescindible para intercambiar tráfico de voz. La iniciación y terminación de voz supone completar las llamadas originadas y terminadas en cualquier usuario de la CNT EP, en roaming nacional en el área de cobertura de la red de acceso del Otro Operador. (ARCOTEL, 2016, p. 29)

2.4.2 **Envío y recepción de SMS**

Incluye información de señalización necesaria e imprescindible para intercambiar tráfico de SMS de los usuarios de la CNT EP en roaming nacional en el área de cobertura de la red de acceso del Otro Operador. Para ello CNT EP empleará su plataforma de mensajería escrita SMS-C. (ARCOTEL, 2016, p. 29)

2.4.3 Servicio de datos Móviles

Incluye la conmutación e información de señalización y datos necesarios para intercambiar tráfico de datos móviles. La iniciación y terminación de datos móviles supone completar los procesos de Mobility Management estándar en cualquier usuario de CNT EP en roaming nacional en el área de cobertura de la red de acceso del Otro Operador. (ARCOTEL, 2016, p. 29)

2.4.4 Locuciones o Anuncios

CNT EP proporcionará en su red las locuciones necesarias para brindar el servicio de roaming nacional. En aquellos casos en que técnicamente no sea posible que CNT EP proporcione la locución en su MSS, el Otro Operador evaluará la factibilidad de entregar la locución en su MSS. (ARCOTEL, 2016, p. 29)

2.5 Mecanismos de Operación Técnica

Para los mecanismos de operación técnica contemplados en los Acuerdos correspondientes y basados en información disponible en (ARCOTEL, 2016) se tiene:

2.5.1 Medición

Las operadoras mantendrán un sistema de medición acorde con los estándares internacionales recomendados por la ITU, para garantizar el correcto desempeño de los indicadores de calidad de la ruta de acceso a roaming nacional. (ARCOTEL, 2016, p. 29)

2.5.2 Verificación y Control

Las Partes deberán mantener un sistema de monitoreo y control independiente que atienda la gestión de la red. (ARCOTEL, 2016, p. 29)

2.5.3 Tasación/Facturación

2.5.3.1 Servicio de Voz (ARCOTEL, 2016, p. 30)

La unidad de tasación para el servicio de voz se hará en segundos.

De acuerdo con las especificaciones técnicas de la señalización No. 7, una comunicación se empieza a tasar en cualquier red que utilice dicha señalización, una vez recibida la señal de respuesta, en este caso es el mensaje de respuesta ANM (o RST) o el mensaje de conexión CON (o COX); con estos mensajes (ANM o CON) la central de origen inicia el proceso de tasación.

El proceso de tasación en la central que controla y tasa la comunicación se detendrá cuando ésta envíe o reciba el mensaje REL (o LIB).

El tiempo de comunicación debe ser el intervalo (expresado en segundos) entre la recepción por parte de la central de origen de cualquiera de los mensajes CON o ANM y el momento en que la central de origen envíe o reciba la señal de "Release" REL (LIB). Se considerarán dentro del tiempo de comunicación los períodos en los cuales se tengan pausas producto del mensaje "Suspend" (SUS). El período de registro y medición de tráfico se hará sobre mes calendario, es decir, desde las 00:00:00 horas del primer día del mes en cuestión hasta las 23:59:59 horas del último día del mismo.

La facturación considerará los diferentes escenarios posibles en que se cursarán llamadas, desde o hacia la red del Otro Operador, así como desde o hacia la red de CNT EP.

Se revisará periódicamente la hora al inicio de cada mes.

La conciliación de tráfico se realizará basada en los CDR's generados en las rutas de acceso de Roaming Nacional Automático.

2.5.3.2 *Servicio de SMS* (ARCOTEL, 2016, p. 30)

La unidad de tasación para el servicio de SMS se realizará por evento.

De acuerdo con las especificaciones de la Norma de Señalización por Canal Común No. 7 — SS7, MAP (Mobile Application Part) basado en la especificación GSM 09.02, los CDR's de servicio de mensajería escrita se registrarán en la central MSS del Otro Operador y en la plataforma SMS-C de CNT EP, a través de los cuales se realizará la liquidación. La conciliación y liquidación se realizarán según lo establecido en el Acuerdo.

2.5.3.3 *Servicio de Datos* (ARCOTEL, 2016, p. 30)

La unidad de tasación para el servicio de datos se realizará por bytes y sus múltiplos; la facturación se realizará de acuerdo con lo que se ha especificado en el Acuerdo.

Los CDR's del servicio serán registrados tanto en los equipos del Otro Operador, como de CNT EP, y serán basados según lo indicado en las normas 3GPP; esta información servirá para realizar la liquidación de cuentas entre las dos Operadoras.

2.6 Acuerdo de RNA entre CNT EP y OTECEL S.A.

2.6.1 Antecedentes

La relación entre CNT EP con OTECEL S.A. inició en el año 2007, sustentado en los siguientes Acuerdos y Disposiciones:

- La prestación del servicio de RNA a la CNT E.P. se inició a través de la ejecución del Contrato Comercial de Uso de Facilidades de Red bajo la Modalidad de Roaming Nacional y Acceso a Espectro radioeléctrico, suscrito entre OTECEL S.A. y CNT E.P. el 14 de septiembre de 2007 y sus sucesivos convenios modificatorios de 30 de octubre de 2012 y de 30 de abril de 2014, con los cuales CNT E.P. ha venido prestando el servicio móvil avanzado a sus usuarios a través del acceso a Roaming Nacional Automático a la red de OTECEL.S.A, para los servicios de voz, SMS y datos (ARCOTEL, 2015).
- El “Contrato Comercial de Uso de facilidades de red, bajo la modalidad de Roaming Nacional y Acceso a Espectro Radioeléctrico” tuvo vigencia hasta el 20 de agosto de 2015, por lo que en esa misma fecha la ARCOTEL emite la Disposición de Acceso a Roaming Nacional Automático (RNA) No. ARCOTEL-01-2015, a través de la Resolución N° ARCOTEL–2015 – 0374 de fecha 20 de agosto de 2015, la cual establece las condiciones técnicas y económicas para la prestación del Servicio de RNA en la red de OTECEL S.A., la cual entró en vigencia a partir del 21 de agosto de 2015.
- Con Resolución No. ARCOTEL-2016-0675 de 07 de septiembre de 2016, la ARCOTEL, emitió la DISPOSICIÓN DE ACCESO A ROAMING NACIONAL AUTOMÁTICO PARA EL SERVICIO MÓVIL AVANZADO ENTRE LAS REDES PÚBLICAS DE TELECOMUNICACIONES DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES - CNT E.P. Y OTECEL S.A., y en la que se dispuso lo siguiente:

"Art. 8- Se derogan las Resoluciones ARCOTEL-2015-0374 de 20 de agosto de 2015 y su Fe de Erratas, ARCOTEL-2015-0889 de 10 de diciembre de 2015 y ARCOTEL-2016-0399 de 14 de abril de 2016." (ARCOTEL, 2016, p. 3)
- Con fecha 27 de agosto de 2018, las Partes suscribieron el “ACUERDO DE ACCESO, EN LA MODALIDAD DE ROAMING NACIONAL AUTOMÁTICO (RNA), ENTRE OTECEL S.A. Y LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT E.P.”, inscrito en el Registro Público de Telecomunicaciones por parte de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones el 06 de septiembre de 2018.
- Luego de mantener comunicación entre las partes mediante oficios y reuniones de trabajo, OTECEL S.A. y CNT EP han convenido la suscripción de un nuevo Acuerdo de Roaming Nacional Automático, en el que se incluyan los nuevos cargos para el servicio de datos y las modificaciones que correspondan en función

de las exigencias de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL); en reemplazo del Acuerdo suscrito el 27 de agosto de 2018.

- La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP y OTECEL S.A., en el 2020 suscribieron el *“ACUERDO DE ACCESO, EN LA MODALIDAD DE ROAMING NACIONAL AUTOMÁTICO (RNA), ENTRE OTECEL S.A. Y LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT E.P.”*, el mismo que entró en vigencia con la inscripción en el Registro Público de Telecomunicaciones realizado por la ARCOTEL, el 15 de junio de 2020.

2.6.2 Objeto del Acuerdo

El objeto del Acuerdo es que OTECEL permita el acceso a su red, en las tecnologías 2G y 3G, que requiere la CNT EP, donde no disponga de cobertura, para prestar el Servicio Móvil Avanzado (SMA) a sus clientes, abonados o usuarios, de conformidad con su título habilitante. Esta modalidad de acceso es conocida como Roaming Nacional Automático (RNA). Por el acceso a la red, OTECEL cobrará a la CNT EP los respectivos cargos de acceso debidamente pactados por las Partes.

2.6.3 Cargos de acceso a Roaming Nacional Automático

Los cargos de acceso a RNA se encuentran establecidos en el Acuerdo suscrito entre las partes, para los siguientes servicios:

- a) Cargos para RNA por tráfico de Voz:** Por llamadas completadas, salientes o entrantes, a y desde terminales de CNT EP que usen la red de OTECEL S.A., en Roaming Nacional Automático.
- b) Cargos para RNA por tráfico de SMS:** Por mensajes cortos de texto, salientes o entrantes, que usen la red de OTECEL S.A., en Roaming Nacional Automático.
- c) Cargos de RNA por tráfico de Datos:** Por concepto de Roaming Nacional Automático de datos, la CNT EP pagará a OTECEL S.A. en función de Megabytes (up link más down link) un valor fijo para 2G y otro valor para 3G cursados mensualmente por la transferencia de datos generados por los dispositivos de los abonados/clientes-usuarios de la red de CNT E.P., que utilizan la red de OTECEL S.A. en Roaming Nacional Automático.

Dentro del Acuerdo vigente a la fecha, se encuentran cargos de acceso para el tráfico cursado en voz, SMS y datos, basados en un cargo fijo de acceso a RNA para cada uno de ellos. Además, al realizar la comparativa de las tarifas entre el Acuerdo vigente y el

Acuerdo suscrito el 27 de agosto de 2018, se observa que para los servicios de voz y SMS se mantienen los cargos, mientras que para los servicios de datos 2G y 3G existe una reducción de cargos, obteniendo mejores condiciones y ahorros para la CNT EP en el servicio de datos en RNA con OTECEL S.A.

2.6.4 Cobertura Actual en RNA con OTECEL S.A.

Actualmente OTECEL S.A. presta el servicio de RNA a CNT EP a través de 1214 estaciones 2G y 1766 estaciones 3G, con una cobertura a nivel nacional a excepción de la zona geográfica correspondiente a la cobertura UMTS de un LAC (Location Area Code) en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas y tres LACs en la ciudad de Quito.

A continuación, se muestran los mapas de cobertura a nivel nacional obtenidos de la página web de OTECEL S.A. para las tecnologías 2G y 3G, y en donde se menciona:

“Los mapas de cobertura mostrados se basan en simulaciones generadas a partir de modelos de propagación utilizados en general por la industria de servicios de telecomunicaciones móviles, aplicadas en bases cartográficas digitales. Las simulaciones generan estimaciones de cobertura en función del tipo de terreno, obstáculos naturales o artificiales (inmuebles, construcciones, etc.), banda de frecuencias, volumen de tráfico o cantidad de comunicaciones concurrentes, sensibilidad de los equipos terminales con los que se accede al servicio, condiciones climáticas, tipo de vegetación o edificaciones cercanas, características en general del equipamiento y de operación en las estaciones base, entre otros aspectos. Los mapas de cobertura han sido generados considerando los niveles de señal dispuestos en el ordenamiento jurídico vigente.” (MOVISTAR, 2020)

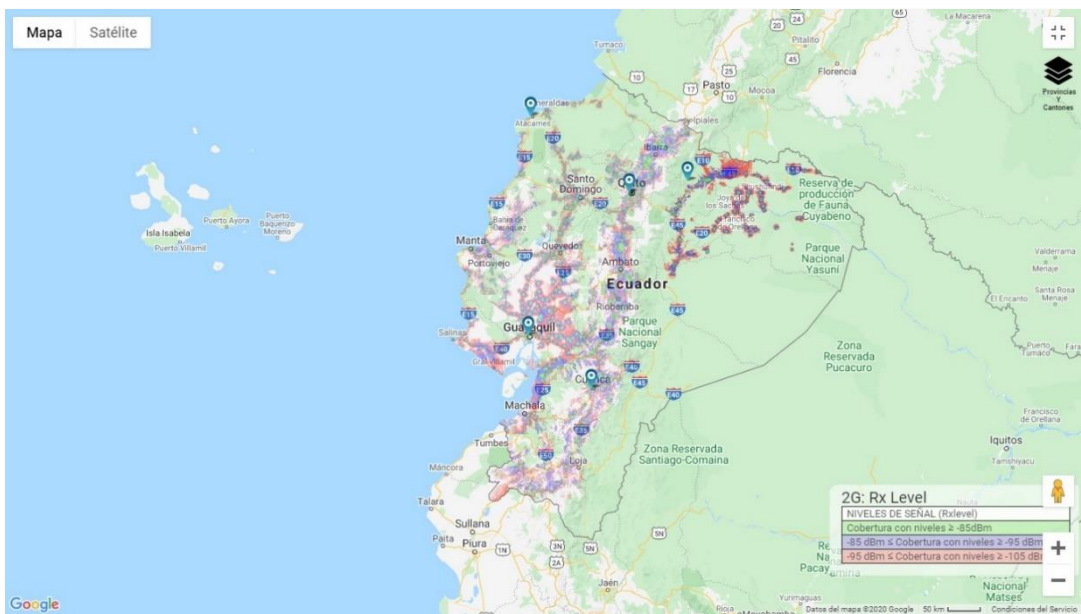


Figura 2.2: Cobertura nacional 2G – OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)

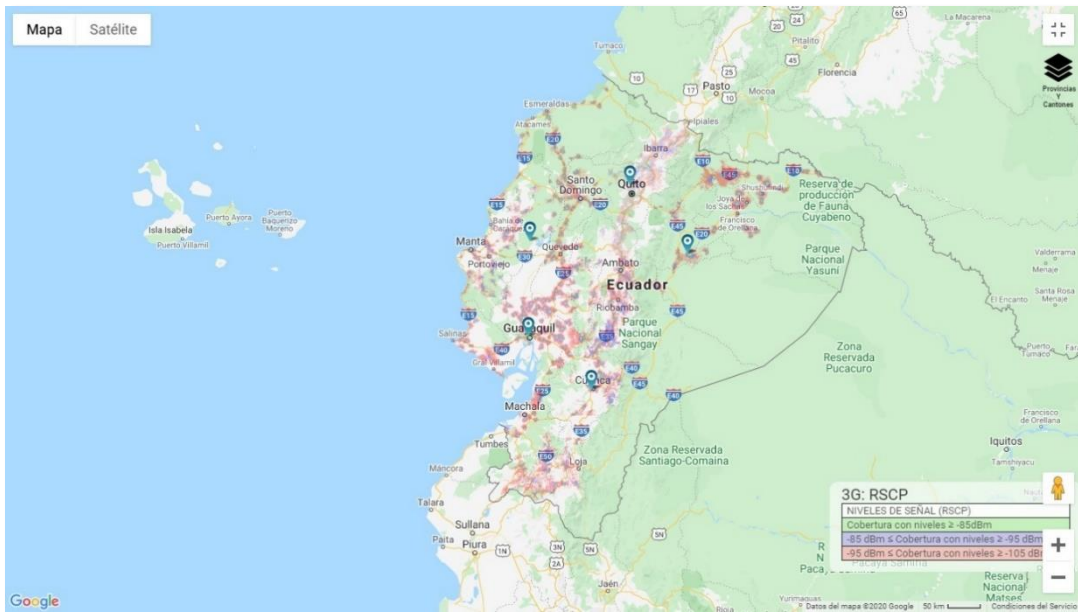


Figura 2.3: Cobertura nacional 3G – OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)

Conforme lo estipulado en el Acuerdo de RNA, OTECEL S.A. debe entregar a la CNT EP la información correspondiente a los mapas de predicciones de cobertura de las áreas geográficas donde OTECEL brinde el servicio de RNA por tipo de tecnología 2G y 3G. Por lo expuesto, en base a la información remitida por la mencionada operadora móvil, a continuación, se muestran los mapas de cobertura móvil RNA 2G y 3G:

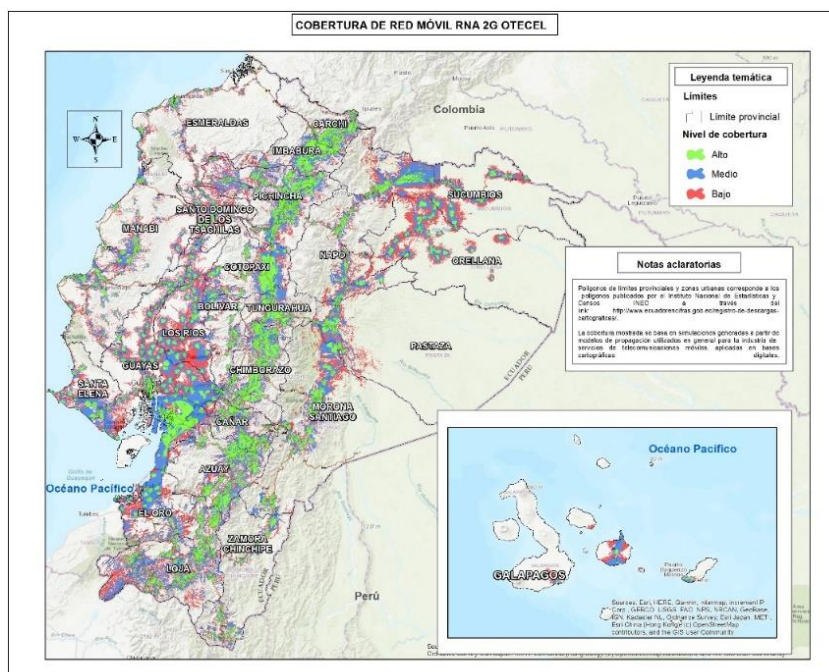


Figura 2.4: Cobertura de Red Móvil RNA 2G OTECEL S.A. Elaborado por Autor.

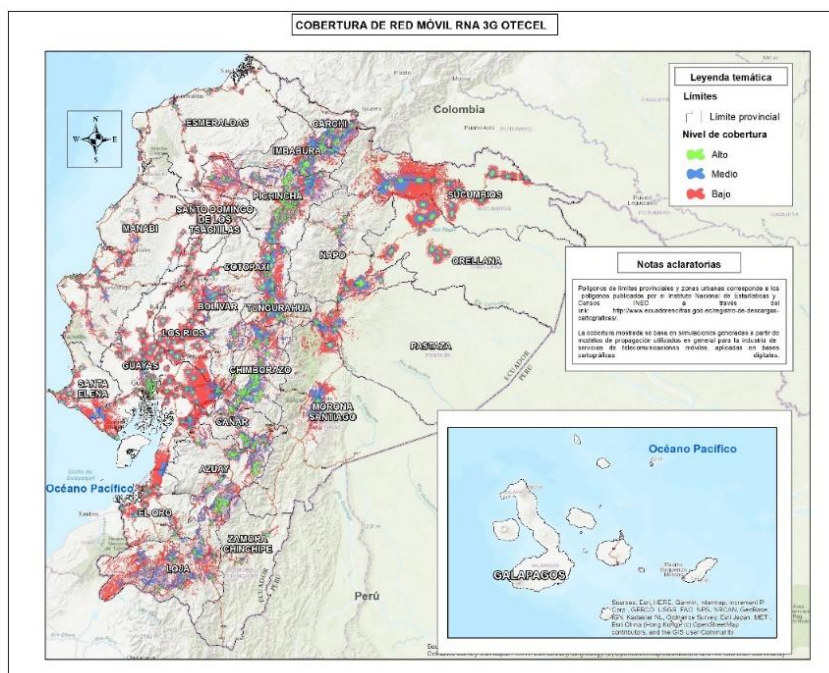


Figura 2.5: Cobertura de Red Móvil RNA 3G OTECEL S.A. Elaborado por Autor.

2.6.5 Ventajas

Con la suscripción del “ACUERDO DE ACCESO, EN LA MODALIDAD DE ROAMING NACIONAL AUTOMÁTICO (RNA), ENTRE OTECEL S.A. Y LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT E.P.” y luego del análisis realizado sobre la situación actual descrito anteriormente, se puede evidenciar las siguientes ventajas:

- ☑ La reducción de cargos para el servicio de datos en RNA bajo las tecnologías 2G y 3G, generará a la CNT EP ahorros económicos debido a la reducción de pagos mensuales a OTECEL S.A. por dicho servicio.
- ☑ Ejecutar acciones necesarias por parte de la CNT EP tendientes a la disminución de la dependencia del Roaming Nacional Automático, sin perjuicio al Acuerdo vigente, como por ejemplo liberar radiobases propias de CNT que permitan disminuir el tráfico de RNA, así como el despliegue a nivel nacional de servicio de Voz sobre LTE (VoLTE).
- ☑ Cumplir las expectativas del mercado con la provisión, continuidad y calidad del servicio móvil en todo el país.
- ☑ Evitar la pérdida de presencia de cobertura en todo el territorio nacional.
- ☑ Evitar multas y sanciones por parte del ente regulador debido a posibles quejas de usuarios de la red 2G y 3G afectados por falta de cobertura.
- ☑ Mejorar la posición competitiva de la CNT EP.

- ☑ Los usuarios de la CNT EP que hagan uso de RNA con OTECEL S.A. tendrán la misma calidad de servicio que ofrece dicha operadora móvil a sus usuarios, como cumplimiento a las obligaciones establecidas en el Acuerdo.
- ☑ Durante la vigencia del Acuerdo, la CNT EP podrá realizar solicitudes de desactivación o activación del servicio de RNA de zonas geográficas, en base a sus necesidades técnicas, comerciales y económicas.
- ☑ En caso de que ARCOTEL disponga alguna compensación a los usuarios de la CNT EP, o imponga una sanción, producto de un proceso administrativo sancionador por interrupción del servicio de RNA en la red visitada. OTECEL S.A. realizará dicha compensación, siempre que la Resolución correspondiente se encuentre firme y ejecutoriada, una vez agotadas todas las instancias administrativas y judiciales, y se haya comprobado que la causa es imputable a la red visitada.
- ☑ La mayor cobertura de OTECEL S.A. permitirá de manera controlada ir mejorando la percepción de los usuarios y clientes sobre el servicio que brinda CNT EP, lo cual posibilitará comercializar sus productos y servicios de manera agresiva en todo el país al contar con su propia cobertura más la de OTECEL S.A.
- ☑ Contar con información necesaria para que CNT EP pueda desarrollar su infraestructura de manera óptima, lo cual se logra por la obligatoriedad que tiene OTECEL S.A. de entregar la información en base a las condiciones incluidas en el Acuerdo.
- ☑ Dentro del Acuerdo, se mantiene niveles de severidad y tiempos de atención y solución en caso de fallas que se presenten en la red que afecten la prestación del servicio de RNA, de acuerdo con las obligaciones que se tiene con los entes reguladores en las áreas geográficas que se brinde servicio de RNA a CNT EP.
- ☑ Actualmente, la CNT EP, tiene un porcentaje de cobertura en zonas pobladas a nivel nacional con la tecnología 3G, sin este acuerdo, se verían afectados directamente los usuarios de la red móvil en lugares en los que la CNT EP no tiene desplegada infraestructura propia.

2.6.6 Desventajas

- ☒ Pago por uso de servicios móviles en tecnología 2G y 3G bajo la modalidad de RNA en lugares en los que la CNT EP no tiene desplegada infraestructura propia y en lugares donde los usuarios de CNT tengan forzados sus terminales al RNA.

- ☒ Al considerar que la CNT EP no posee una red 2G que permita brindar servicios a sus usuarios en esta tecnología, deberá mantener siempre un Acuerdo de RNA en los cantones del territorio ecuatoriano en donde sus usuarios estén siendo atendidos a través de la infraestructura de la operadora OTECEL S.A. y evitar que sufran una afectación de servicios de voz y datos en terminales que no soporten otra tecnología diferente a 2G.
- ☒ Incremento en los consumos de tráfico de voz, datos y SMS en RNA con OTECEL S.A., si no se realiza acciones por parte de la CNT EP para optimizar pagos mensuales por consumos inadecuados por parte de determinados usuarios, debido a planes y ofertas ilimitadas, que puedan ser vulneradas.
- ☒ Debido a que los terminales móviles que emplean los usuarios se enganchan de forma aleatoria a las redes de acceso de cualquier RNA, ya que priorizan los niveles de señal disponibles en cada localidad, no es posible direccionar a los usuarios a un determinado RNA que permita las mejores condiciones económicas para la CNT EP.
- ☒ No se contempla el Handover entre las redes, lo cual implica corte de servicio cuando un usuario de la CNT EP pasa de la red Home (CNT) a la red Visitada (Otro Operador); sin embargo, cuando un usuario CNT esta haciendo Roaming en la red del Otro Operador y regresa a una zona donde también existe cobertura CNT, la llamada continua siendo servida por la red del Otro Operador, una vez que se realiza la liberación de la llamada, y el terminal se encuentre en estado idle, el UE realiza la re-selección a la red Home (CNT) según el tiempo máximo de seis (6) minutos.
- ☒ Al momento no se han levantado las interfaces de red que permitan realizar los procesos de CSFB desde la red 4G LTE de la CNT EP hacia la red 2G/3G de OTECEL S.A.; lo que significa, que en los lugares donde la CNT E.P. tenga únicamente cobertura LTE especialmente en banda 700 MHz (mayor penetración y propagación) en todo el país, y el complemento para esta red sea tan solo la red 2G/3G de RNA; las llamadas de voz, entrantes o salientes, no serán completadas, sino hasta que se tenga cobertura de la red propietaria de la CNT EP.
- ☒ En caso de no liberar las radiobases según lo planificado por la CNT EP y el no despliegue del servicio de VoLTE a nivel nacional, los pagos futuros del RNA podrían verse afectados.

2.7 Acuerdo de RNA entre CNT EP y CONECEL S.A.

2.7.1 Antecedentes

La relación entre CNT EP con CONECEL S.A. inició en el año 2017, sustentado en Acuerdos y Adendas entre las partes:

- La prestación del servicio de RNA a la CNT EP se inició a través de la ejecución del “ACUERDO DE ROAMING NACIONAL AUTOMÁTICO ENTRE EL CONSORCIO ECUATORIANO DE TELECOMUNICACIONES S.A. Y LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT E.P.”, inscrito en el Registro Público de Telecomunicaciones el 29 de diciembre de 2017.
- Actualmente, el Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones S.A. (CONECEL S.A.) y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, suscribieron un nuevo “ACUERDO DE ROAMING NACIONAL AUTOMÁTICO ENTRE EL CONSORCIO ECUATORIANO DE TELECOMUNICACIONES S.A. Y LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT E.P.”, el mismo que fue inscrito en el Registro Público de Telecomunicaciones realizado por la ARCOTEL, el cual se encuentra vigente.

2.7.2 Objeto del Acuerdo

El Acuerdo tiene por objeto determinar los derechos y obligaciones de los Prestadores de Servicios de Telecomunicaciones respecto al acceso a RNA, es decir a la red de CONECEL S.A. por parte de la CNT EP, para los servicios de tráfico de voz, mensajes de texto y datos en las tecnología 2G y 3G, con el fin de que los abonados/clientes-usuarios de CNT EP, puedan contar con el Servicio Móvil Avanzado, en las áreas geográficas en las que CNT EP no tenga cobertura, de acuerdo con lo establecido en el Acuerdo y los términos establecidos en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y el Reglamento para la Prestación de Roaming Nacional Automático en Ecuador para Fomentar la Sana y Leal Competencia en la Prestación de Servicios de Telecomunicaciones y en donde la CNT EP se obliga con CONECEL S.A. a pagar los montos definidos en el Acuerdo por la prestación del servicio antes mencionado.

2.7.3 Cargos de acceso a Roaming Nacional Automático

Los cargos de acceso a Roaming Nacional Automático se encuentran establecidos en el Acuerdo, para los siguientes servicios:

- d) **Cargos por Roaming Nacional Automático de Voz:** Cargos por llamadas completadas, salientes o entrantes, a y desde terminales de CNT EP que usen la red de CONECEL S.A., en Roaming Nacional Automático.
- e) **Cargos por Roaming Nacional Automático de SMS:** Cargos por mensajes cortos de texto, salientes o entrantes de Terminales que usen la red de CONECEL S.A., en Roaming Nacional Automático.
- f) **Cargos por Roaming Nacional Automático de Datos:** Cargos por el total de Megabytes (up link más down link) en 2G y 3G cursados mensualmente por la transferencia de datos generados por los dispositivos de los abonados/clientes-usuarios de la red de CNT EP, que utilizan la red de CONECEL S.A. en Roaming Nacional Automático.

Dentro de este Acuerdo, se encuentra un cargo fijo de acceso a RNA establecido para mensajes cortos de texto, es decir un valor fijo por cada SMS cursado, mientras que para el tráfico cursado en voz y datos se basa en umbrales de tráfico, los cuales determinan que el umbral más alto mantendrá el cargo más bajo, lo que conlleva a la CNT EP alcanzar los umbrales más altos, para conseguir los precios más bajos y convenientes para la Corporación.

2.7.4 Cobertura Actual en RNA con CONECEL S.A.

Actualmente CONECEL S.A. presta el servicio de RNA a CNT EP a través de 2538 estaciones 2G (GSM 850 Y GSM 1900) y 2179 estaciones 3G (UMTS 850 y UMTS 1900), con una cobertura nacional a excepción de la zona geográfica correspondiente a la cobertura UMTS de un LAC en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas y dos LACs en la ciudad de Quito.

A continuación, se muestran los mapas de cobertura a nivel nacional obtenidos de la página web de CONECEL S.A. para las tecnologías 2G y 3G, y en donde se indica:

“Los mapas de cobertura mostrados se basan en simulaciones generadas a partir de modelos de propagación utilizados en general por la industria de servicios de telecomunicaciones móviles, aplicadas en bases cartográficas digitales. Las simulaciones generan estimaciones de cobertura en función del tipo de terreno, obstáculos naturales o artificiales (inmuebles, construcciones, etc.), banda de frecuencias, volumen de tráfico o cantidad de comunicaciones concurrentes, sensibilidad de los equipos terminales con los que se accede al servicio, condiciones climáticas, tipo de vegetación o edificaciones cercanas, características en general del equipamiento y de operación en las estaciones base, entre otros aspectos. Los mapas de cobertura han sido generados considerando los niveles de señal dispuestos en el ordenamiento jurídico vigente.” (CLARO, 2020)

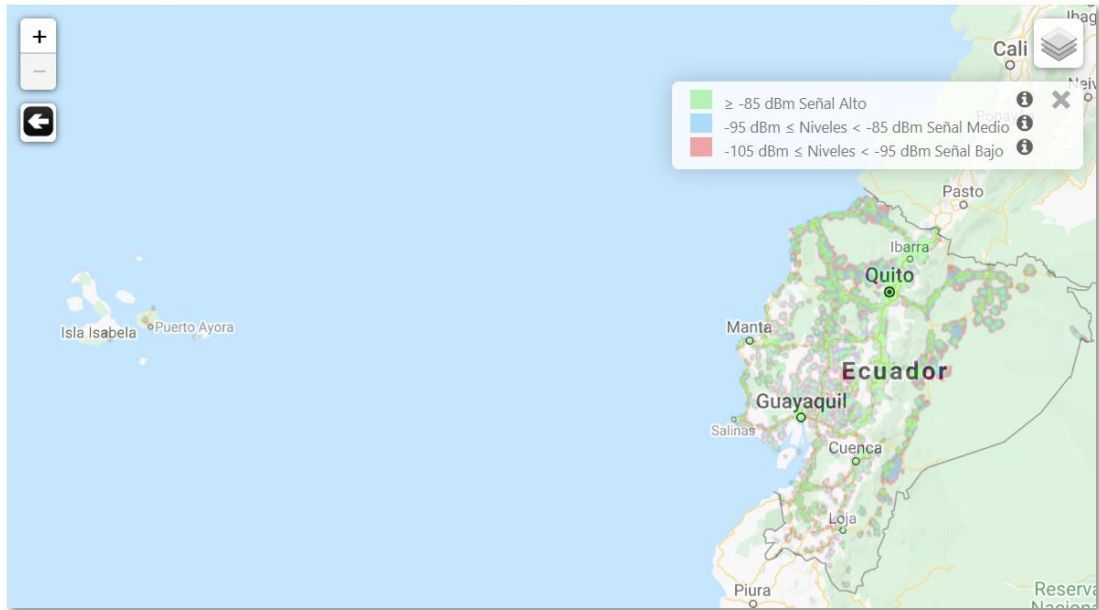


Figura 2.6: Cobertura nacional 2G – CONECEL S.A. (CLARO, 2020)

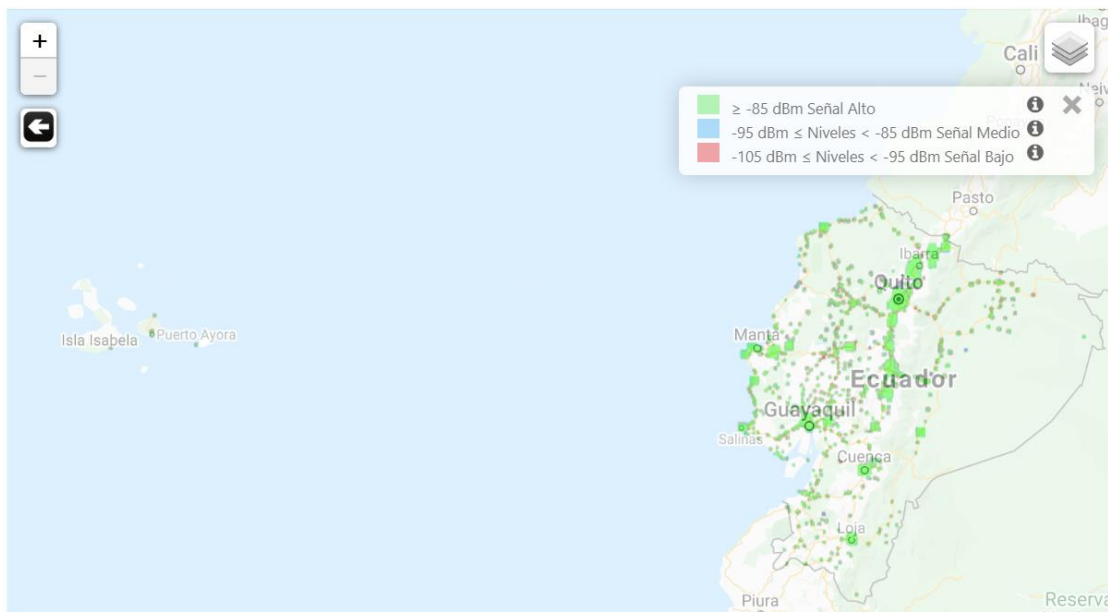


Figura 2.7: Cobertura nacional 3G – CONECEL S.A. (CLARO, 2020)

Conforme lo estipulado en el Acuerdo de RNA, CONECEL S.A. debe entregar a la CNT EP la información correspondiente a los mapas de predicciones de cobertura de las áreas geográficas donde CONECEL brinde el servicio de RNA por tipo de tecnología 2G y 3G. Por lo expuesto, en base a la información remitida por la mencionada operadora móvil, a continuación, se muestran los mapas de cobertura móvil RNA 2G y 3G:

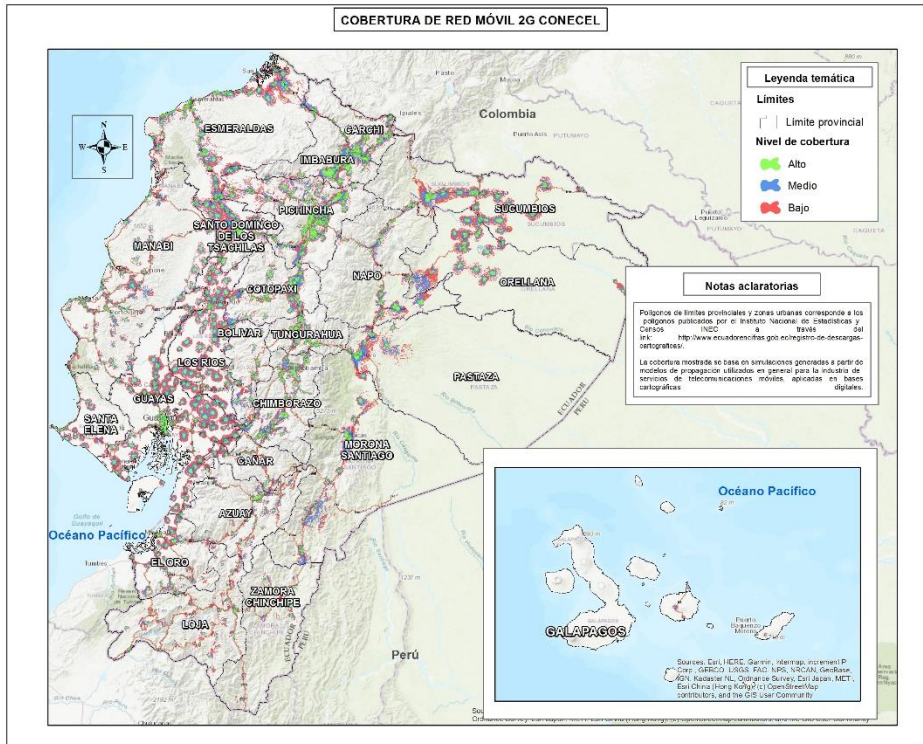


Figura 2.8: Cobertura de Red Móvil RNA 2G CONECEL. Elaborado por Autor.

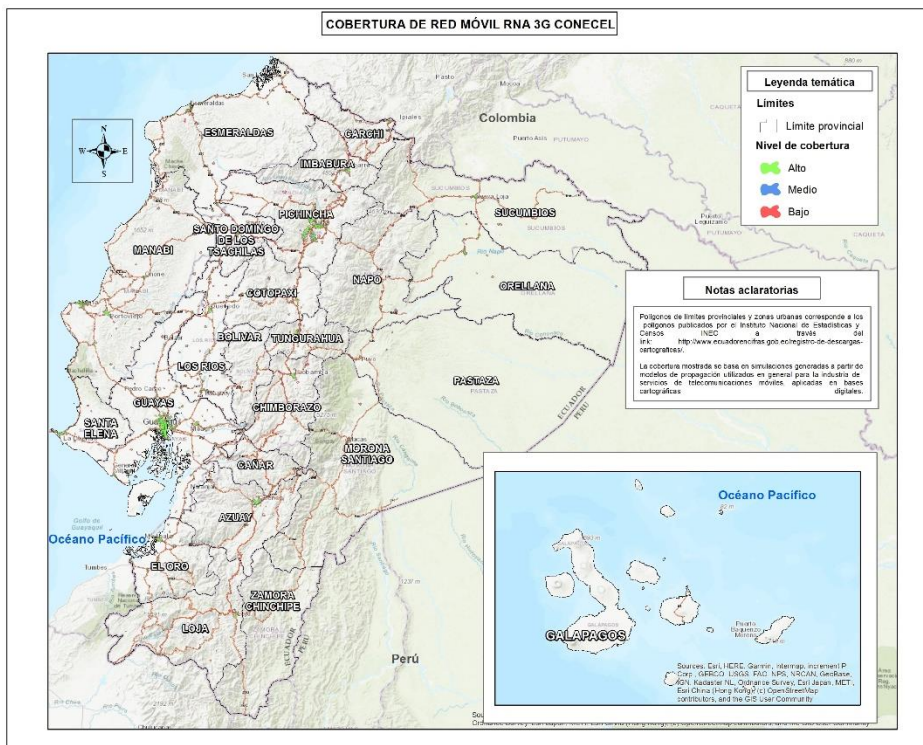


Figura 2.9: Cobertura de Red Móvil RNA 3G CONECEL S.A. Elaborado por Autor.

2.7.5 Ventajas

Luego del análisis respectivo del “ACUERDO DE ROAMING NACIONAL AUTOMÁTICO ENTRE EL CONSORCIO ECUATORIANO DE TELECOMUNICACIONES S.A. Y LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT E.P.”, se describe a continuación las principales ventajas para la CNT EP:

- ☑ La mayor cobertura de CONECEL S.A. a nivel nacional permitirá de manera controlada ir mejorando la percepción de los usuarios y clientes sobre el servicio que brinda la CNT EP, lo cual posibilitará un crecimiento agresivo de usuarios y clientes para la Corporación.
- ☑ Cumplir las expectativas del mercado con la provisión, continuidad y calidad del servicio móvil en todo el país.
- ☑ Evitar la pérdida de presencia de cobertura en todo el territorio nacional.
- ☑ Evitar multas y sanciones por parte del ente regulador debido a posibles quejas de usuarios de la red 2G y 3G afectados por falta de cobertura.
- ☑ Mejorar la posición competitiva de la CNT EP.
- ☑ Durante la vigencia del Acuerdo, la CNT EP podrá realizar solicitudes de desactivación o activación del servicio de RNA de zonas geográficas, en base a sus necesidades técnicas, comerciales y económicas.
- ☑ Ejecutar acciones necesarias por parte de la CNT EP tendientes a la disminución de la dependencia del Roaming Nacional Automático, sin perjuicio al Acuerdo vigente, como por ejemplo liberar radiobases propias de CNT que permitan disminuir el tráfico de RNA, así como el despliegue a nivel nacional de servicio de Voz sobre LTE (VoLTE).
- ☑ Los niveles de servicio que CONECEL S.A. entregará a CNT EP para Voz, Datos y SMS serán iguales a los niveles de servicios que CONECEL S.A. entrega a sus propios usuarios.
- ☑ En caso de que ARCOTEL disponga alguna compensación a los usuarios de la CNT EP, o imponga una sanción, producto de un proceso administrativo sancionador por interrupción del servicio de RNA en la red visitada. CONECEL S.A. realizará dicha compensación, siempre que la Resolución correspondiente se encuentre firme y ejecutoriada, una vez agotadas todas las instancias administrativas y judiciales, y se haya comprobado que la causa es imputable a la red visitada.

- ☑ Dentro del Acuerdo, se mantiene niveles de severidad y tiempos de atención y solución en caso de fallas que se presenten en la red que afecten la prestación del servicio de RNA, de acuerdo con las obligaciones que se tiene con los entes reguladores en las áreas geográficas que se brinde servicio de RNA a CNT EP.
- ☑ Contar con información necesaria para que CNT EP pueda desarrollar su infraestructura de manera óptima, lo cual se logra por la obligatoriedad que tiene CONECEL S.A. de entregar la información en base a las condiciones incluidas en el Acuerdo.
- ☑ Actualmente, la CNT EP, tiene un porcentaje de cobertura en zonas pobladas a nivel nacional con la tecnología 3G, sin este acuerdo, se verían afectados directamente los usuarios de la red móvil en lugares en los que la CNT EP no tiene desplegada infraestructura propia.

2.7.6 Desventajas

- ☒ No se puede optimizar los costos por el uso de RNA, ya que, de acuerdo con lo analizado en este acuerdo, se encuentran valores fijados en base a umbrales de tráfico tanto para voz como datos, en donde para conseguir los precios más bajos, la CNT EP debe cursar tráfico por el umbral más alto acordado en el presente Acuerdo.
- ☒ Pago por uso de servicios móviles en tecnología 2G y 3G bajo la modalidad de RNA en lugares en los que la CNT EP no tiene desplegada infraestructura propia y en lugares donde los usuarios de CNT tengan forzados sus terminales al RNA.
- ☒ Al considerar que la CNT EP no posee una red 2G que permita brindar servicios a sus usuarios en esta tecnología, deberá mantener siempre un Acuerdo de RNA en los cantones del territorio ecuatoriano en donde sus usuarios estén siendo atendidos a través de la infraestructura de la operadora CONECEL S.A. y evitar que sufran una afectación de servicios de voz y datos en terminales que no soporten otra tecnología diferente a 2G.
- ☒ Incremento en los consumos de tráfico de voz, datos y sms en RNA con CONECEL S.A., si no se realiza acciones por parte de la CNT EP para optimizar pagos mensuales por consumos inadecuados por parte de determinados usuarios, debido a planes y ofertas ilimitadas, que puedan ser vulneradas.
- ☒ Debido a que los terminales móviles que emplean los usuarios se enganchan de forma aleatoria a las redes de acceso de cualquier RNA, ya que priorizan los niveles de señal disponibles en cada localidad, no es posible direccionar a los

usuarios a un determinado RNA que permita las mejores condiciones económicas para la CNT EP.

- ☒ No se contempla el Handover entre las redes, lo cual implica corte de servicio cuando un usuario de la CNT EP pasa de la red Home (CNT) a la red Visitada (Otro Operador); sin embargo, cuando un usuario CNT esta haciendo Roaming en la red del Otro Operador y regresa a una zona donde también existe cobertura CNT, la llamada continua siendo servida por la red del Otro Operador, una vez que se realiza la liberación de la llamada, y el terminal se encuentre en estado idle, el UE realiza la re-selección a la red Home (CNT) según el tiempo máximo de seis (6) minutos.
- ☒ El Acuerdo no contempla levantar las interfaces de red que permitan realizar los procesos de CSFB desde la red 4G LTE de CNT EP hacia la red 2G/3G de CONECEL S.A.; lo que significa, que en los lugares donde la CNT EP tenga únicamente cobertura LTE especialmente en banda 700 MHz (mayor penetración y propagación) en todo el país, y el complemento para esta red sea tan solo la red 2G/3G de RNA; las llamadas de voz, entrantes o salientes, no serán completadas, sino hasta que se tenga cobertura de la red propietaria de la CNT EP.
- ☒ En caso de no liberar las radiobases según lo planificado por la CNT EP y el no despliegue del servicio de VoLTE a nivel nacional, los pagos futuros del RNA podrían verse afectados.

2.8 Resumen Acuerdos de RNA que mantiene la CNT EP

Luego de analizar la situación actual de cada uno de los Acuerdo de RNA que mantiene la CNT EP, a pesar de tener sus ventajas (descritas anteriormente), se observa que tiene una dependencia muy grande de RNA para brindar mayor cobertura a nivel nacional, especialmente en lo que respecta a tráfico de voz, datos y SMS en cobertura 2G, como se muestra a continuación:

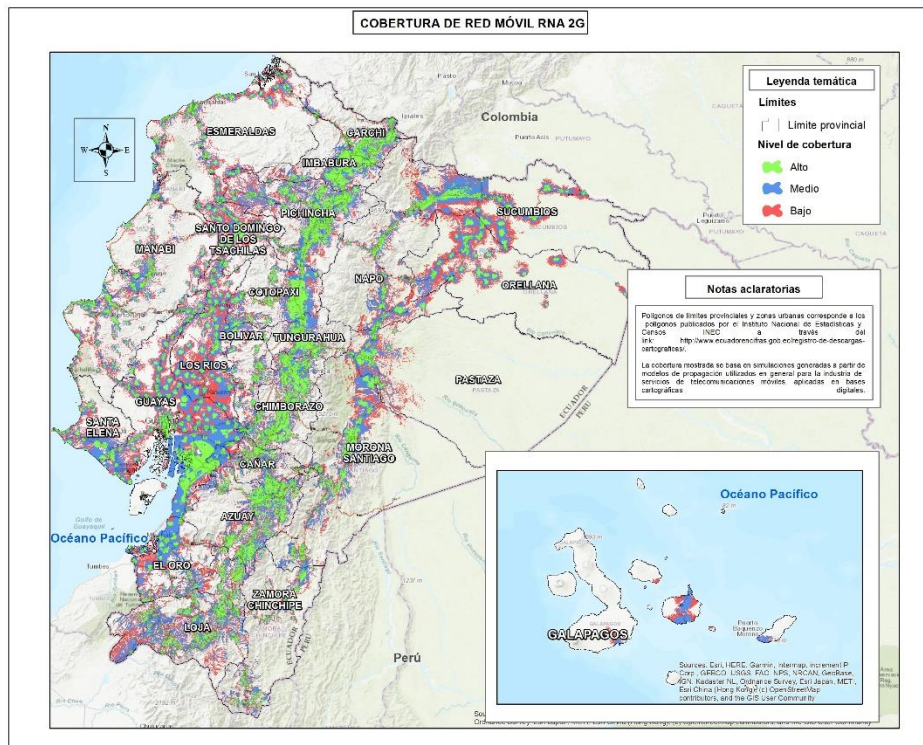


Figura 2.10: Cobertura de Red Móvil RNA 2G (OTECEL S.A./CONECEL S.A.). Elaborado por Autor.

En relación a la tecnología 3G bajo la modalidad de Roaming Nacional Automático, es importante considerar un análisis adecuado que permita realizar acciones importantes por parte de la CNT EP, con el objeto de reducir la dependencia y uso de RNA con las diferentes operadoras móviles, como por ejemplo, el realizar solicitudes de desactivación del servicio de RNA de zonas geográficas en las principales ciudades del país y brindar acceso a RNA por parte del operador de la red visitada solamente en áreas en las que el operador de la red home (CNT) no posea cobertura propia. Así como, el despliegue comercial a nivel nacional del servicio de Voz sobre LTE (VoLTE), especialmente en los lugares donde la CNT EP tenga únicamente cobertura LTE en banda 700 MHz (mayor penetración y propagación) en todo el país, y el complemento para esta red sea tan solo la red 2G/3G de RNA y no se pueda realizar el CSFB a la red del Otro Operador.

Por lo expuesto y en base al análisis realizado de los Acuerdos RNA mantenidos por la CNT EP, no existe la obligación de utilizar la totalidad de la cobertura de la red visitada y en donde se observa que la cobertura de red móvil RNA en tecnología 3G es muy grande:

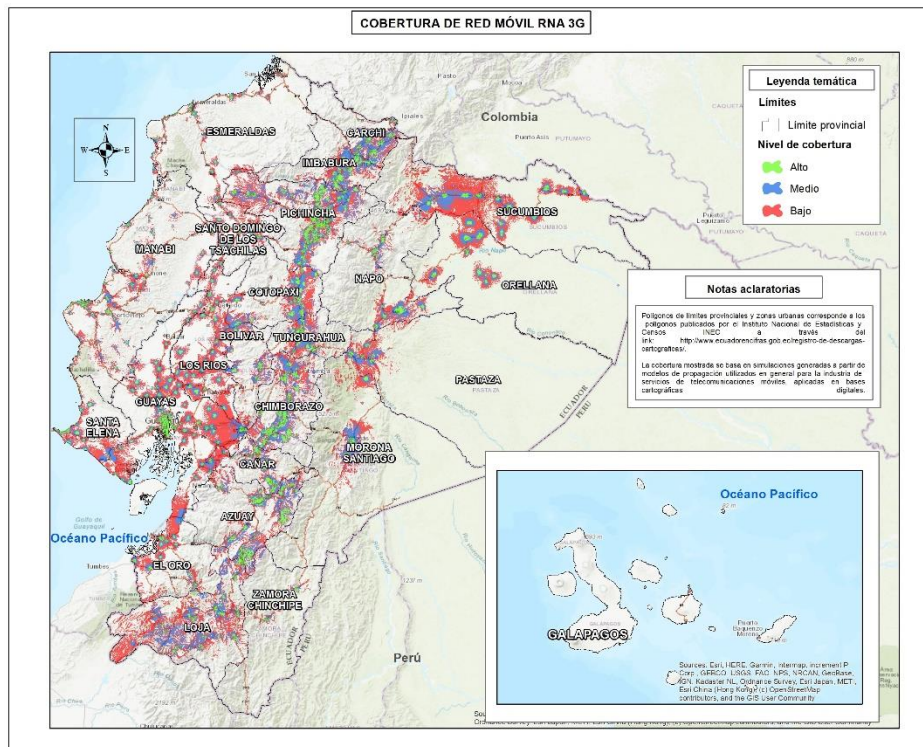


Figura 2.11: Cobertura de Red Móvil RNA 3G (OTECEL S.A./CONECEL S.A.). Elaborado por Autor.

Además, a pesar de que en la red de la CNT EP se ha optimizado de la mejor manera posible el proceso de Circuit Switched Fallback (CSFB), minimizando la latencia del envío de paquetes durante el establecimiento y cierre de las llamadas, evitando cortes en la señal de datos; la reducción de la tasa de transmisión es inevitable durante dicho proceso, lo cual afecta la percepción del usuario. A esto también se suma el hecho, de que para lograr un proceso de CSFB cien por ciento efectivo, la red 3G debe tener mayor cobertura que la red LTE, lo que no sucede con la red de la CNT EP, que aún tiene limitada su cobertura de red 3G.

Finalmente, estos Acuerdos actualmente vigentes, no incluyen el levantamiento de las interfaces de red que permitan realizar los procesos de CSFB desde la red 4G LTE de la CNT EP hacia la red 2G/3G de los otros operadores; lo que significa, que en los lugares donde la CNT EP tenga únicamente cobertura LTE, y bajo esta red exista cobertura 2G/3G RNA; las llamadas de voz, entrantes o salientes no serán completadas, sino hasta que se tenga cobertura de la red propietaria de la CNT EP.

En respuesta a las limitantes antes mencionadas, la CNT EP está en proceso de ejecución e implementación de una arquitectura de red IMS, que le permitirá, no solo proporcionar servicios de voz de alta calidad sobre la red LTE (VoLTE), sin cortes, sin retardos y sin disminución de la tasa de transmisión en las sesiones de datos activas; sino que también, le permitirá implementar servicios convergentes entre sus redes fijas y móviles.

En los siguientes capítulos, se analizará y se presentará de manera general el despliegue del servicio VoLTE nativo sobre la arquitectura de red IMS de la CNT EP, una comparación entre el actual proceso para el establecimiento de llamadas de voz sobre la red 4G (CSFB) y el servicio voz brindado a través de VoLTE, mediante los flujos de señalización de llamadas para los diferentes escenarios que evidencien las posibles mejoras que se presentarán con el servicio de VoLTE, así como un plan de apagado de LACs con los otros operadores (OTECEL y CONECEL), en base al despliegue realizado por la CNT EP de nodos de acceso existentes con tecnología VoLTE a nivel nacional, para la reducción del consumo del Roaming Nacional Automático.

CAPÍTULO III

3. LLAMADAS DE VOZ SOBRE LA RED 4G UTILIZANDO CSFB Y VOLTE

3.1 Situación Actual

Actualmente, la CNT EP proporciona a sus abonados LTE los servicios de llamadas de voz a través del core de conmutación de circuitos, empleando el mecanismo de Circuit Switched Fallback (CSFB), el cual se considera una solución transitoria hacia la prestación de servicios de voz sobre LTE y presenta restricciones relativas al tiempo de establecimiento de llamadas, calidad de voz estándar y principalmente la limitante de obligar al usuario a cerrar todas las sesiones que existan ese momento en 4G y levantarlas automáticamente en la red 3G/HSPA+ de la red de la CNT EP.

Como parte de la evolución tecnológica en los servicios móviles de voz, existe una tendencia masiva de la industria de las telecomunicaciones hacia la implementación de una solución de Voz sobre LTE (VoLTE); dicha solución está basada en IP Multimedia Subsystem (IMS) y permite proporcionar los servicios de llamadas de voz para los suscriptores de la red LTE de manera nativa. La solución de VoLTE proporciona servicios de voz de banda ancha incluyendo características de valor agregado como calidad de servicio, alta definición de voz, reducir el tiempo de establecimiento de llamadas así como un conjunto de funcionalidades multimedia que solamente se consiguen sobre un core de conmutación de paquetes y adicionalmente favorece el despliegue y expansión de la red LTE, evitando la necesidad de inversiones a nivel de la red de acceso 2G y 3G, con lo cual se contribuye al proceso de evolución tecnológica hacia redes de última generación.

Considerando el proceso de transformación digital que experimenta la industria de las telecomunicaciones y la tendencia tecnológica hacia esquemas virtualizados como parte de la evolución tecnológica hacia redes y tecnologías de nueva generación como 5G, IoT, Big data, entre otros; la CNT EP se encuentra en proceso de migración de los elementos de red del core IMS y el core móvil desde una arquitectura tradicional basada en hardware dedicado, hacia una arquitectura virtualizada basada en el estándar de NFV (Network Function Virtualization) para desplegar nuevos servicios como VoLTE y así mantener a la CNT EP a la vanguardia tecnológica como uno de los operadores móviles pioneros en el mercado de las telecomunicaciones.

3.2 Descripción solución CSFB (Circuit Switched Fallback)

El estándar 3GPP aprobó una solución de transición denominada Circuit Switched Fallback (CSFB), que permite realizar llamadas de voz cuando un abonado se encuentra conectado a la red de datos 4G LTE, reutilizando el core de conmutación de circuitos (CS), es decir, cuando un usuario origina una llamada de voz o recibe una llamada de terminación, la red de EPS indica al usuario que vuelva a la red CS para originar una llamada de voz. Además, a través de la especificación técnica 3GPP TS 23.272, se detalla la arquitectura, funcionalidades, operación e interconexión entre los elementos de red que conforman la solución antes mencionada.

La solución de CSFB se encuentra disponible en los casos en que la cobertura 2G/3G sea mejor que la cobertura 4G LTE, además esta solución alternativa ayuda mucho a los operadores que se encuentran en proceso de instalación de las redes LTE.

Dentro de las principales ventajas de la solución CSFB, se pueden mencionar las siguientes:

- Se requiere únicamente actualizaciones en los elementos de red existentes.
- No existe la necesidad de invertir en nueva infraestructura para brindar el servicio de voz a los usuarios LTE, ya que la red de conmutación de circuitos puede ser utilizada también por dichos usuarios.
- Permite maximizar el retorno de las inversiones de la red de voz CS.
- Es una solución fácil de implementar y económica para ofrecer el servicio de voz a usuarios LTE.

Y cuyas desventajas son:

- El principal problema de CSFB son los retardos en el establecimiento de llamadas y por ende mala experiencia del usuario.
- Interrupción de la sesión de datos para establecer la conexión de voz a través de la red 2G/3G.
- Llamadas de voz susceptibles a pérdidas, caídas e interferencias al ser trasladadas a las redes 2G/3G.

3.2.1 Arquitectura de la solución de CS Fallback

La función de CS Fallback se implementa utilizando la interfaz S-Gs, este mecanismo se da entre los elementos de red MME (Mobility Management Entity) y el servidor MSC (Mobile Switching Center) para la gestión de movilidad, los procedimientos de paging entre el

dominio PS y el dominio CS, la señalización de llamadas MO (Mobile Originated)/MT (Mobile Terminated) y la transferencia de mensajes de texto (SMS).

En el caso de SMS, la red de Core PS no requiere que el terminal vuelva al dominio CS tradicional antes de enviar o recibir mensajes de texto, es decir, el terminal transfiere mensajes de texto directamente sobre la red de Core PS, lo que mejora en gran medida la eficiencia de los SMS. Esta solución SMS se denomina SMS sobre SGs.

La siguiente Figura 3.1, muestra la arquitectura general de la solución CSFB:

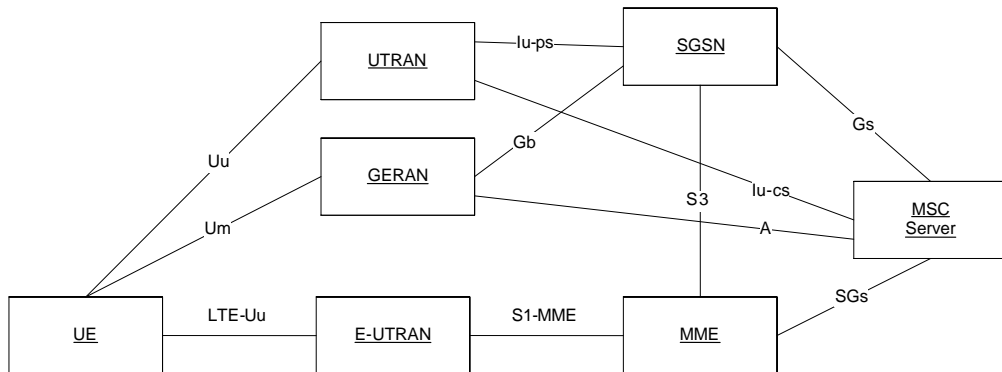


Figura 3.1: Arquitectura EPS para CSFB (3GPP, 2020d, p. 11)

3.2.2 Llamada de voz utilizando CSFB

3.2.2.1 CS fallback para llamadas originadas MO (Mobile Originated)

El proceso de establecimiento de llamada de voz iniciada en un terminal registrado en el dominio de la red 4G, el cual utiliza CSFB es el siguiente:

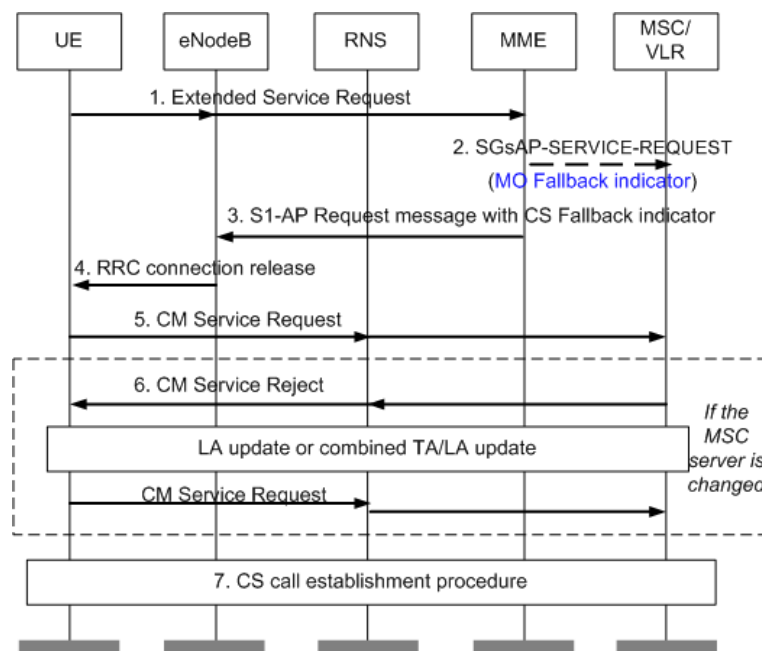


Figura 3.2: CS fallback para llamadas originadas MO (Huawei Technologies Co., 2016, p. 9)

A continuación, se describe paso a paso el flujo de llamada originada empleando CSFB:

1. El UE envía un mensaje de solicitud de servicio extendido (Extended Service Request) al MME.
2. El MME envía un mensaje de SOLICITUD DE SERVICIO SGsAP (SGsAP-SERVICE-REQUEST) al servidor MSC que contiene el indicador MO Fallback, el cual indica que el UE que origina la llamada debe pasar al dominio CS. La Figura 3.3, muestra el mensaje de SOLICITUD DE SERVICIO SGsAP enviado por el MME.

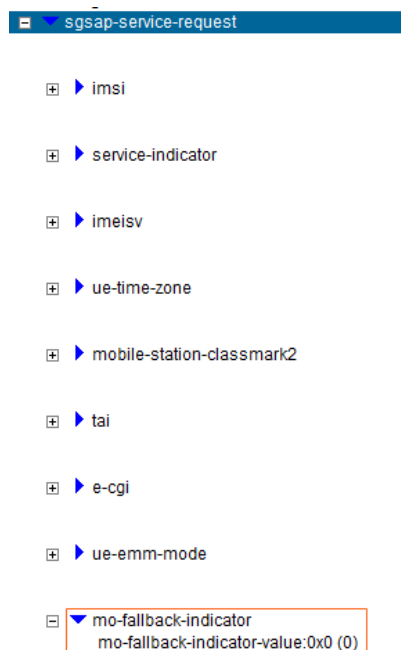


Figura 3.3: Mensaje de solicitud de servicio SGsAP (Huawei Technologies Co., 2016, p. 10)

3. El MME envía un mensaje S1-AP al eNodeB, que contiene el indicador de CS Fallback, este mensaje indica al eNodeB que el UE se moverá a la GERAN/UTRAN.
4. El eNodeB a su vez solicita información al UE para determinar la celda GERAN/UTRAN a la que se moverá. Una vez que se determina la celda destino, el eNodeB envía la información de recursos de radio al UE y envía un mensaje de Liberación de conexión (RRC connection release) para liberar la conexión de radio entre el UE y el eNodeB.
5. El UE se registra en la celda GERAN/UTRAN destino y envía un mensaje de solicitud de servicio de voz (CM Service Request), estableciendo una conexión con el servidor MSC en el dominio CS.
6. Si el UE no está registrado con el servidor MSC que se seleccionó en el flujo de conexión EPS/IMSI, el servidor MSC que actualmente sirve al suscriptor inicia una actualización de ubicación implícita para obtener información del suscriptor. Si el

servidor MSC en servicio no admite una actualización de ubicación implícita, envía un mensaje de rechazo de servicio (CM Service Reject). En este caso, el UE debe iniciar otra actualización de ubicación en el dominio CS antes de enviar un segundo mensaje de solicitud de servicio (CM Service Request) al servidor MSC.

7. La llamada se establece en el dominio CS.

(3GPP, 2020d; Huawei Technologies Co., 2016)

3.2.2.2 CS fallback para llamadas terminadas MT (Mobile Terminated)

El proceso de establecimiento de llamada de voz terminada en un terminal registrado en el dominio de la red 4G, el cual utiliza CSFB es el siguiente:

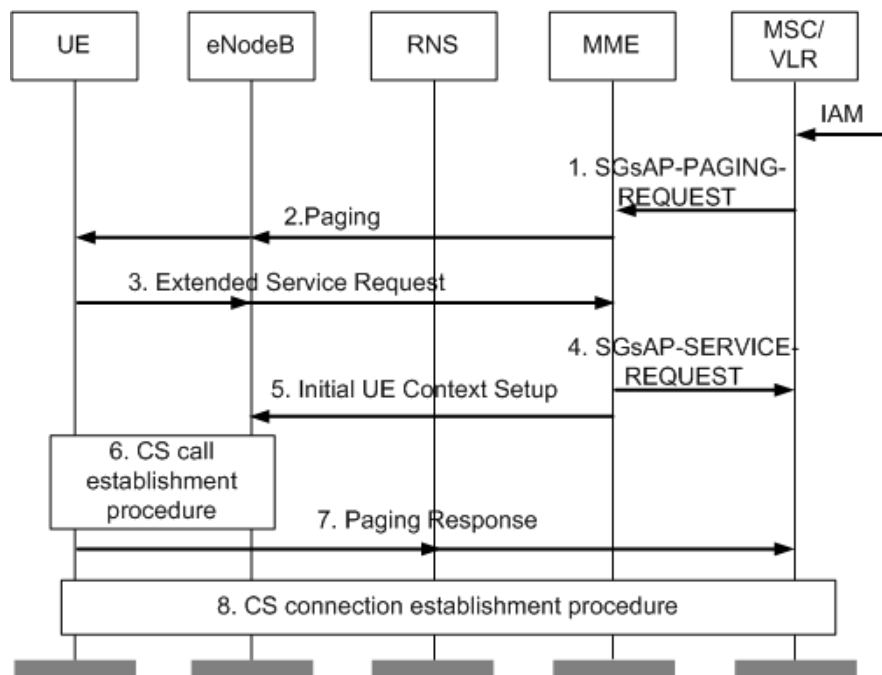


Figura 3.4: CS fallback para llamadas terminadas MT (Huawei Technologies Co., 2016, p. 11)

A continuación, se describe paso a paso el flujo de llamada terminada empleando CSFB:

1. El servidor MSC recibe un mensaje IAM (INITIAL ADDRESS MESSAGE), que corresponde al primer mensaje enviado para informar al MSC que la llamada va a ser establecida y cuyo contenido en el mensaje es:
 - a. Número Llamado y Llamante
 - b. Indicadores de envío de Llamada
 - c. Indicadores de la naturaleza de la conexión
 - d. Categoría del número llamante
 - e. Requerimiento del medio de transmisión.

2. El servidor MSC envía un mensaje SGSAP-PAGING-REQUEST al MME específico que tiene levantada la asociación SGs. El mensaje SGSAP-PAGING-REQUEST lleva parámetros tales como: IMSI (International Mobile Subscriber Identity), TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity), indicador de servicio, LAC (Location Area Code) y el canal necesario, como se muestra en la Figura 3.5.

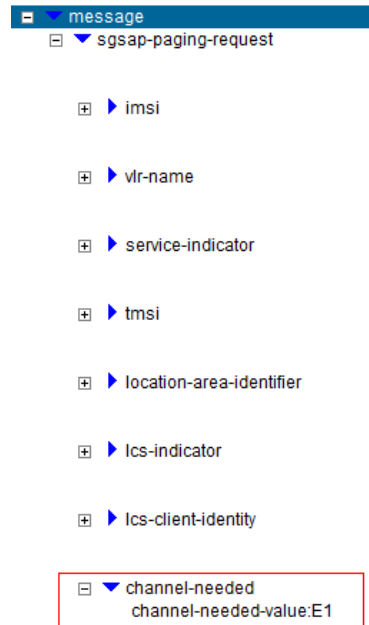


Figura 3.5: Mensaje SGSAP-PAGING-REQUEST (Huawei Technologies Co., 2016, p. 11)

3. El MME envía un mensaje de paging al eNodeB. El eNodeB inicia el procedimiento de búsqueda por la interfaz de radio.
4. El UE establece una conexión de control de recursos de radio (RRC) y envía una solicitud de servicio extendido a la MME (Extended Service Request).
5. El MME envía un mensaje de solicitud de servicio SGSAP (SGsAP-SERVICE-REQUEST) al servidor MSC. Después de recibir este mensaje, el servidor MSC deja de reenviar el mensaje SGSAP-PAGING-REQUEST al MME.
6. El MME envía el mensaje Initial UE Context Setup al eNodeB, el cual contiene el CS Fallback Indicator. Este mensaje indica al eNodeB que el UE se moverá a la GERAN/UTRAN, es decir el UE es revertido a UTRAN/GERAN desde E-UTRAN.
7. El UE establece una conexión de señalización de radio y devuelve un mensaje de Paging Response or Location Update Request al servidor MSC.

Si el UE detecta que el área de ubicación ha cambiado, envía un mensaje de Location Update Request al servidor MSC sin requerir un mensaje de respuesta de Paging Response. Para permitir que el servidor MSC continúe con el servicio, se

establece el bit 7 de P1101 en 1. Después de que el bit 7 de P1101 se establece en 1, el servidor MSC detiene el temporizador de respuesta de paging y establece la llamada CS después de que la actualización de la ubicación es exitosa.

Si el área de ubicación del UE no ha cambiado, el UE devuelve un mensaje de Paging Response al servidor MSC.

La BSC (Base Station Controller)/RNC (Radio Network System) debe estar preparado para recibir un mensaje de Paging Response o Location Update Request, incluso cuando la BSC/RNC no haya enviado la correspondiente solicitud de localización o solicitud de actualización de ubicación (Paging Request o Location Update Request).

8. El servidor MSC detiene el temporizador de respuesta de paging y establece la llamada CS.

(3GPP, 2020d; Huawei Technologies Co., 2016)

3.3 Descripción solución para Voz sobre LTE (VoLTE)

VoLTE es una solución de voz sobre IP basada en IMS (IP Multimedia Subsystem) definido por la 3GPP TS 23.002 (3GPP, 2020a), 3GPP TS 23.228 (3GPP, 2020c). Mediante el uso de IMS, VoLTE hereda los servicios tradicionales de voz y SMS ofrecidos actualmente por el dominio de conmutación de circuitos 2G/3G.

El servicio de VoLTE permite que se realicen llamadas de voz de manera nativa sobre LTE; sin embargo, al salir de cobertura LTE se puede aprovechar la infraestructura de las redes legacy 2G/3G para realizar handovers mediante el uso de SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity)/eSRVCC (enhanced SRVCC) y de esta manera evitar la caída de llamadas o pérdida de servicio, es decir, los suscriptores de LTE pueden continuar con sus llamadas en curso cuando se trasladan de una red de acceso E-UTRAN a una red UTRAN o GERAN.

La solución VoLTE presenta en su mayoría grandes ventajas, tales como:

- VoLTE hereda todos los servicios provistos por la red CS tradicional.
- Permite voz nativa en LTE y el acceso simultáneo a los servicios de voz y datos.
- La introducción del códec de voz y video de alta definición (HD) mejora significativamente la calidad de las llamadas.
- La solución VoLTE puede implementar el control E2E QoS y garantizar la calidad de las llamadas de voz.

- VoLTE puede reducir significativamente el tiempo de establecimiento de llamadas, proporcionar llamadas de audio y video de alta definición, mejorar en gran medida la experiencia del usuario.
- La arquitectura IMS, sobre la cual se brinda el servicio de VoLTE, es respaldada por estándares y especificaciones 3GPP maduras, por lo que es considerada como la red central de próxima generación por la industria de las telecomunicaciones.

Si embargo, como desventaja se puede mencionar:

- Los operadores móviles tienen que realizar inversiones en infraestructura, que les permita desplegar o actualizar varios elementos de la red sobre IMS para brindar este nuevo servicio de Voz sobre LTE.

3.3.1 Arquitectura de la solución VoLTE sobre IMS

La arquitectura lógica de la solución VoLTE se basa en la arquitectura y los principios definidos en los estándares 3GPP de acuerdo con las normas GSMA (GSM Association), 3GPP (3rd Generation Partnership Project), TISPAN (Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks), IETF (Internet Engineering Task Force), OMA (Open Mobile Alliance), en donde se detallan todos los elementos de red, aplicaciones y funcionalidades necesarias.

Dentro de la arquitectura de red VoLTE sobre un core IMS, incluye un modelo basado en capas o niveles para diferenciar las diversas funcionalidades de los respectivos equipos, como se muestra a continuación:

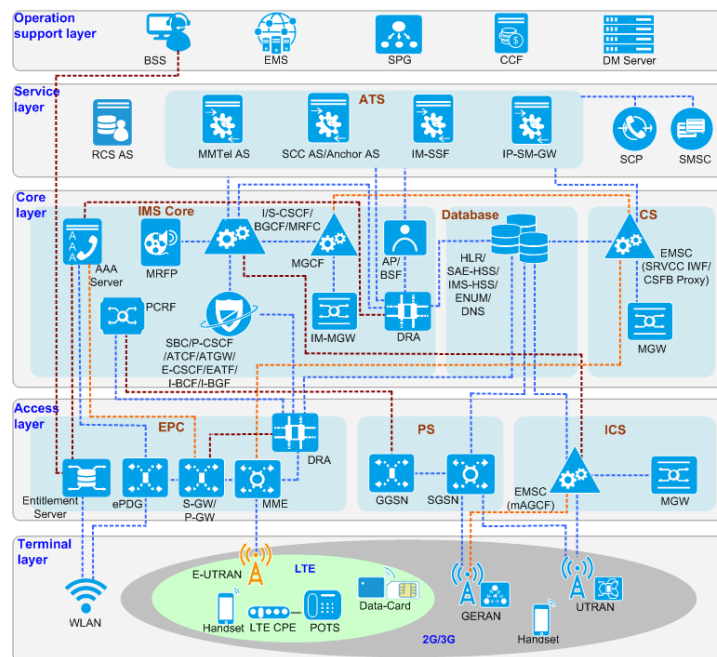


Figura 3.6: Arquitectura de solución VoLTE (Huawei Technologies Co., 2017a, p. 2)

La arquitectura tiene las siguientes consideraciones:

- Los equipos de usuario y dispositivos finales se incluyen dentro de la capa de terminales.
- Se considera como parte de la capa de acceso al EPC de la red LTE, en donde el suscriptor puede acceder a un dominio IMS a través de un dominio EPC y al core de CS de las redes 2G/3G, cuando el suscriptor se encuentra fuera del área de cobertura LTE y necesita acceder a un dominio IMS.
- Las funcionalidades de core como control de sesión y de llamadas, son asumidas por el core de IMS.
- Se incluye una capa de servicios en donde se incorporan: los servidores de aplicación correspondientes al IMS, plataformas de servicios de valor agregado y nodos de servicio de red inteligente correspondientes a las redes legacy.
- A nivel de soporte de operación se incluye el sistema de gestión, servicios de aprovisionamiento y tarificación.

Además, es importante mencionar que para el servicio convergente e innovador VoLTE, la CNT E.P. consideró para los equipos y elementos que conforman la solución del core IMS y el core móvil de datos, la implementación de una solución con arquitectura NFV (Network Function Virtualization) que provee banda ancha móvil basada en una arquitectura de última generación NFV-MANO en todos sus componentes, considerando la madurez en el mercado para virtualizar este tipo de equipos acorde a la siguiente arquitectura de referencia:

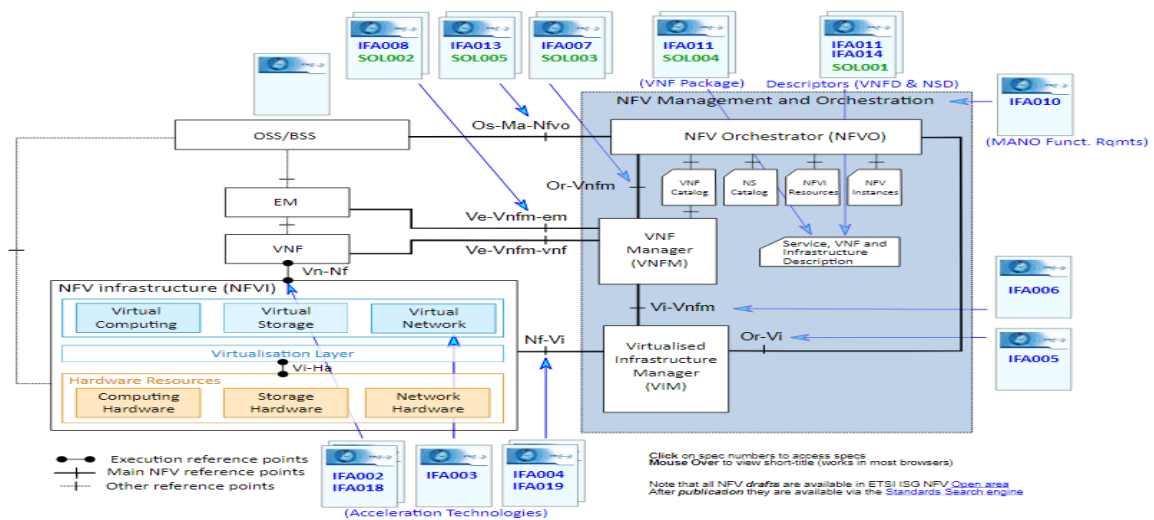


Figura 3.7: Arquitectura NFV-MANO de la ETSI GS NFV (ETSI, 2020)

NFV MANO está constituido por el(los) administrador(es) virtualizado(s) de infraestructura (VIMs), el(los) administrador(es) VNF (VNFMs) y el orquestador virtualizado responsable de la gestión de la red (NFVO):

- El VIM (Virtual Infrastructure Manager) es el sistema de administración del NFVI y administra hardware y recursos comerciales estándar (COTS).
- El VNFM (Virtual Network Function Manager) administra el ciclo de vida de los elementos de red de servicio, proporcionando capacidades de automatización como implementación, consulta, escalado y cierre de sesión.
- El NFVO (Network Function Virtualization Orchestrator) es responsable de la gestión y orquestación de las aplicaciones de servicio, la capa de virtualización y el NFVI (Network Function Virtualized Infrastructure).

3.3.2 Llamada de voz utilizando VoLTE

3.3.2.1 *Flujo de attach en EPC y registro en IMS*

Un usuario VoLTE bajo cobertura LTE, realizará automáticamente un attach en LTE seguido de un registro IMS, esto asegurará que el usuario VoLTE estará disponible para los servicios de llamadas entrantes, llamadas salientes y servicios complementarios sobre LTE, similar a la experiencia de voz en las implementaciones de red CS actuales.

El proceso de registro de VoLTE se divide en los siguientes flujos:

- **Conexión a una red EPC:** como se muestra en la Figura 3.8, el usuario inicia una solicitud de conexión al MME mediante el mensaje attach request. La red EPC autentica al UE. Después de que se realiza la autenticación, la red EPC obtiene los datos de suscripción del usuario desde el HLR/HSS convergente.

Es importante mencionar que en la red EPC, se manejan canales lógicos conocidos como EPS bearers, existen dos tipos de bearers como se describen a continuación:

- Default Bearers, que se asigna por defecto en el registro del terminal en el core EPC, estas portadoras por defecto se utilizan para conectividad del UE con la red.
- Dedicated Bearers, que son portadoras dedicadas que el UE puede solicitar para un servicio en particular, muchas veces dicho servicio puede ser identificado por el APN.

Por lo que, para el registro del usuario a la red EPC se establece un default bearer, después de establecer el default bearer, el UE se conecta a la red EPC.

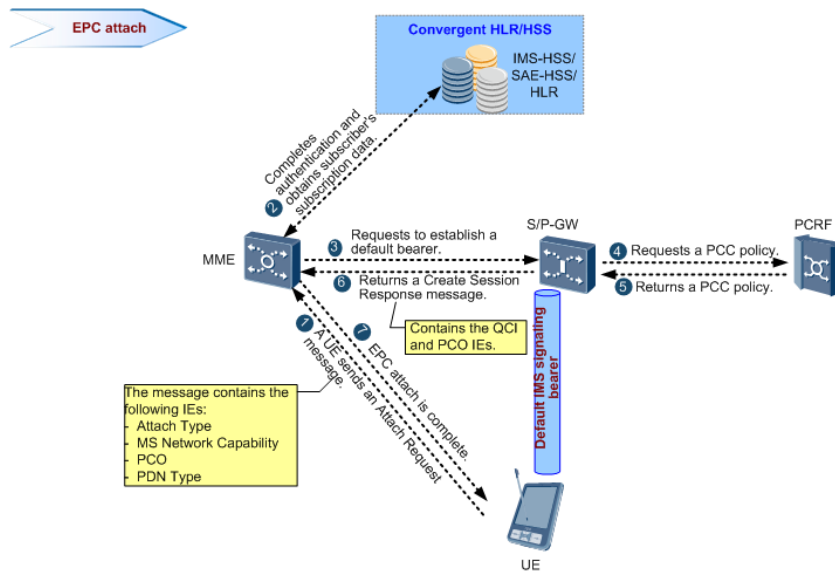


Figura 3.8: Proceso de attach a una red EPC (Huawei Technologies Co., 2017d, p. 8)

- Registro en la red IMS:** como se muestra en la Figura 3.9, el registro consiste en un registro básico y un registro de terceros. Durante el registro básico, el UE y la red IMS se autentican entre sí. Después de realizar la autenticación, el equipo de red S-CSCF (Serving - Call Session Control Function) descarga los datos de suscripción del UE desde el HLR/HSS convergente.

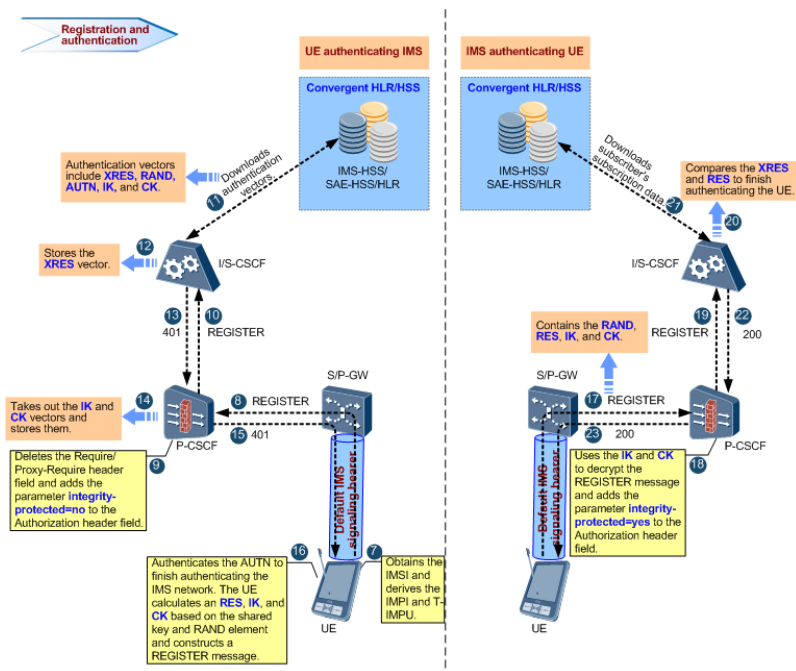


Figura 3.9: Proceso de registro en la red IMS (Huawei Technologies Co., 2017d, p. 8)

El flujo completo de registro básico en la red EPC y el registro en IMS, se muestra en la siguiente figura:

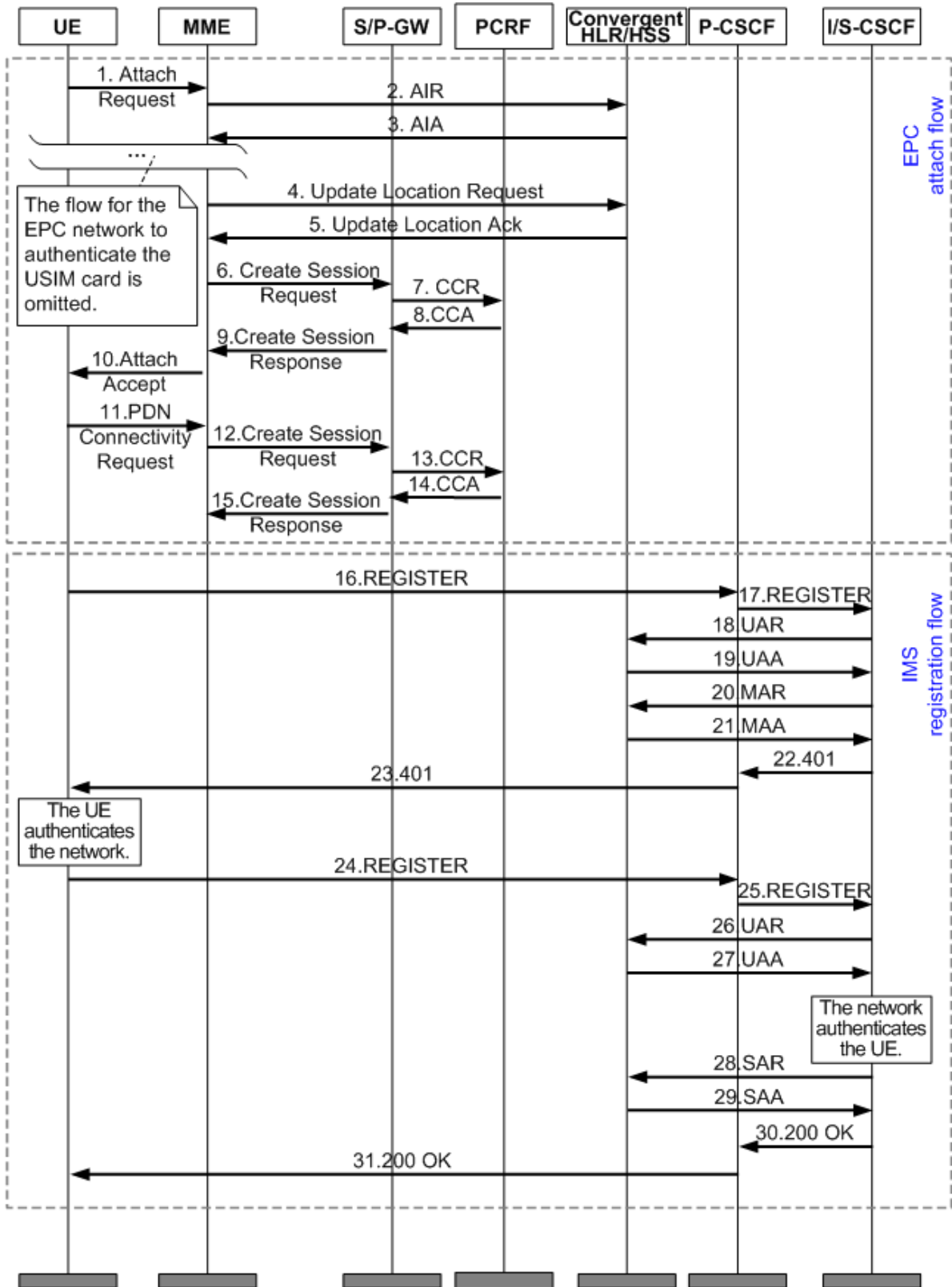


Figura 3.10: Proceso de registro en la red EPC e IMS para VoLTE (Huawei Technologies Co., 2017d, p. 9)

A continuación, se describe paso a paso el flujo de registro básico en la red EPC y el registro en IMS:

Flujo de registro básico en la red EPC:

1. El UE envía un mensaje de solicitud de conexión al MME (Attach Request). El mensaje lleva los siguientes elementos de información relacionados con VoLTE:
 - Attach Type: especifica el tipo de flujo de conexión: EPS attach, combined EPS/IMSI attach o emergency attach.
 - Capacidad de red: indica que el UE admite la funcionalidad de SRVCC para realizar el handover de llamadas de voz desde VoLTE/IMS al dominio de CS.
 - Opciones de configuración de protocolo (PCO): contiene parámetros de configuración que intervienen en la señalización IMS.
 - Tipo de PDN (Public Data Network): especifica el tipo de dirección IP del UE IPv4, IPv6 o IPv4v6.
2. Antes de iniciar el procedimiento de autenticación, el MME verifica localmente la autenticación disponible. Si no se encuentra un conjunto de parámetros para la autenticación, el MME envía un mensaje de AIR (Authentication Information Request) al HLR/HSS para solicitar los datos de autenticación, el mensaje incluye el IMSI del suscriptor.
3. El mensaje de respuesta del HLR/HSS al MME es el AIA (Authentication Information Answer), el mismo que incluye un conjunto de parámetros de autenticación XRES (Expected Response), RAND (Random Challenge), AUTN (Authentication Token), KSIASME.
4. Después de que la red EPC autentique la tarjeta USIM del UE, el MME envía un mensaje de Update Location Request al HLR/HSS, para obtener información del abonado.
5. El HLR/HSS envía un mensaje de Update Location Ack al MME, que contiene la confirmación de ubicación actualizada y datos de suscripción. Los datos de suscripción incluyen el nombre del APN (Access Point Name) y uno o más contextos de PDN.
6. El MME selecciona el S/P-GW según la configuración del APN y la topología de red. A continuación, el MME envía el mensaje Create Session Request al S/P-GW, solicitando el default bearer para el APN de Internet.
7. Cuando el P-GW recibe el mensaje Create Session Request, inicia un flujo IP-CAN (IP Connectivity Access Network). Es decir, el P-GW envía un mensaje CCR al

- PCRF (Policy and Charging Rules Function) para obtener las reglas predeterminadas de control de política y cobro del UE.
8. El PCRF envía el mensaje CCA al P-GW, este mensaje lleva el atributo Default-EPS-Bearer-QoS con QCI=9.
 9. El S/P-GW envía el mensaje Create Session Response que transporta el QCI=9, notificando al MME que se ha establecido el default bearer para el APN de Internet.
 10. El MME envía un mensaje de Attach Accept al UE. El UE obtiene del mensaje la dirección IP asignada, la dirección DNS, la dirección P-CSCF y los parámetros de señalización IMS relacionados.
 11. El UE envía el mensaje PDN Connectivity Request al MME, solicitando establecer un default bearer para el APN IMS.
 12. El MME envía el mensaje Create Session Request al S/P-GW, solicitando establecer el default bearer para el APN IMS.
 13. Cuando el P-GW recibe el mensaje Create Session Request, inicia el procedimiento de establecimiento de sesión IP-CAN. Específicamente, el P-GW envía un mensaje CCR al PCRF para obtener las reglas predeterminadas de control de política y cobro del UE.
 14. El PCRF envía el mensaje CCA al P-GW, este mensaje lleva el AVP (Attribute-Value Pair) Default-EPS-Bearer-QoS con QCI=5 y el AVP Bearer-Usage con el valor establecido en ims_signaling.
 15. El S/P-GW envía el mensaje Create Session Response que lleva el QCI=5, notificando al MME que se ha establecido el default bearer para el APN de IMS.

Flujo de registro en IMS:

16. El UE lee la tarjeta USIM para obtener el IMSI y deriva el IMPI (IP Multimedia Private Identity) y el T-IMPU (Temporary-IP Multimedia Public Identity) desde el IMSI, para luego enviar el mensaje de REGISTRO al P-CSCF (Proxy-Call Session Control Function) en la red IMS.

Es importante considerar que los nombres de dominio de usuario incluyen nombres de dominio IMPI/IMPU que es usado para direccionar el punto de entrada de la red local.

17. El P-CSCF envía el mensaje de REGISTRO al I-CSCF (Interrogating- Call Session Control Function).

18. El I-CSCF recibe el mensaje de REGISTRO del P-CSCF y envía el mensaje UAR (User Authorization Request) al IMS-HSS solicitando la dirección o capacidades del S-CSCF (Serving-Call Session Control Function).
19. Selecciona el S-CSCF apropiado basado en la dirección o capacidades de este, dicha información es remitida por el IMS-HSS a través del mensaje UAA (User Authorization Answer) y reenvía el mensaje de REGISTRO al S-CSCF correspondiente.
20. El S-CSCF envía el mensaje MAR (Multimedia Authentication Request) al IMS-HSS para obtener el vector de autorización (AV) e informar al HSS que el S-CSCF está sirviendo al suscriptor. En el mensaje MAR, el esquema de autenticación está configurado como Early-AKA-Security.
21. El IMS-HSS recibe el mensaje MAR y solicita datos de autenticación, luego éste envía el mensaje MAA (Multimedia Authentication Answer) que transporta la quintupleta de autenticación al S-CSCF que incluye: Expected Response (XRES), Random Challenge (RAND), Authentication Token (AUTN), Integrity Key (IK), and Ciphering Key (CK).
22. El S-CSCF almacena el elemento XRES, que se utiliza para verificar respuestas de autenticación posteriores. Luego, el S-CSCF envía un mensaje 401 que transporta otros elementos al P-CSCF.
23. El P-CSCF recibe el mensaje 401 y dentro del mismo reenvía la información de RAND y AUTN al UE.
24. Cuando el UE recibe el mensaje 401, calcula el valor del AUTN basado en el RAND y su propio KI. Luego compara el AUTN enviado por la red, si éste es el mismo, significa que el UE es autenticado en la red exitosamente. Luego, el UE calcula el valor de XRES basado en el RAND y su propio KI y lo envía a la red. Este mensaje llega al S-CSCF de la misma manera que el mensaje de REGISTRO inicial.
25. El P-CSCF recibe un mensaje de REGISTRO y lo reenvía a S-CSCF. Cuando la S-CSCF recibe el mensaje REGISTER, compara el XRES recibido y el XRES almacenado, si es el mismo, significa que la red autentica exitosamente al UE.
26. Después de que el UE pasa la autenticación, el S-CSCF envía el mensaje SAR (Server-Assignment-Request) al IMS-HSS para descargar los datos de suscripción del abonado.

27. El IMS-HSS envía el mensaje SAA (Server-Assignment-Answer) que transporta los datos de la suscripción al S-CSCF.
28. El S-CSCF envía un mensaje 200 OK al UE. En el mensaje, el campo de encabezado P-Associated-URI lleva el IMPU que está vinculado al T-IMPU, el mismo que contiene TEL URI y SIP URI.
29. El mensaje 200 indica que todos los números en el conjunto de registro implícito se registraron con éxito.

(GSMA, 2014; Huawei Technologies Co., 2017d)

3.3.2.2 VoLTE llama VoLTE

Proceso para el establecimiento de llamadas de voz brindado a través de VoLTE:

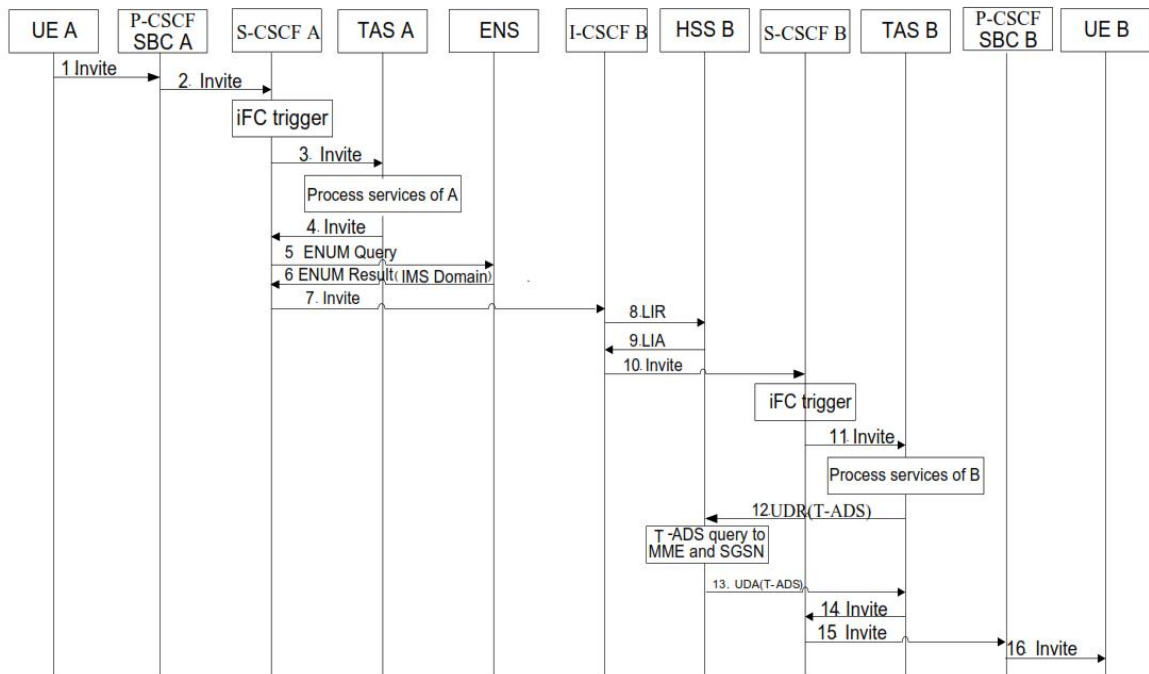


Figura 3.11: Flujo de llamada de VoLTE a VoLTE (Huawei Technologies Co., 2017b)

A continuación, se describe paso a paso el flujo de llamada de VoLTE a VoLTE:

1. El UE inicia una sesión y envía un mensaje INVITE al P-CSCF A en el dominio IMS.
2. Después de recibir el mensaje INVITE, el P-CSCF A borra su dirección IP del campo del encabezado Record-Route. Luego, determina que la dirección restante en el campo del Record-Route es la misma que la del S-CSCF A con la cual la parte llamante se ha registrado y enruta el mensaje al S_CSCF A.
3. Después de recibir el mensaje INVITE, el S-CSCF A determina si el número que llama contenido dentro del campo de encabezado P-Asserted-Identity (se utiliza entre entidades SIP de confianza para llevar la identidad del suscriptor) está registrado. El S-CSCF A se

pone en contacto con el TAS A (Telephony Application Server) en función de la plantilla iFC a la que se ha suscrito la parte llamante.

4. El TAS A proporciona servicios de llamadas al UE A, y luego enruta la devolución de llamada al S-CSCF A.

5-6. El S-CSCF A envía la consulta ENUM al ENS para el dominio IMS llamado, para obtener la dirección del siguiente salto.

7. El S-CSCF A enruta la llamada al dominio IMS de terminación del UE B.

8-9. Después de recibir un mensaje INVITE inicial, el I-CSCF B envía un mensaje LIR (Location Info Request) al HSS B para obtener la dirección del S-CSCF con el que se ha registrado la parte llamada, la respuesta es recibida a través del mensaje LIA (Location Info Answer).

10. El I-CSCF B encamina el mensaje INVITE al S-CSCF B en base a la dirección S-CSCF B devuelta por el HSS.

11. Después de recibir el mensaje INVITE, el S-CSCF B determina que la parte llamada está registrada. Luego, el S-CSCF B se pone en contacto con el TAS B en función de la plantilla iFC a la que se ha suscrito la parte llamada.

12. El TAS B proporciona servicios de llamadas al UE B, luego envía una consulta T-ADS (Terminating Access Domain Selection) al HSS para conocer el dominio de conexión reciente del UE B.

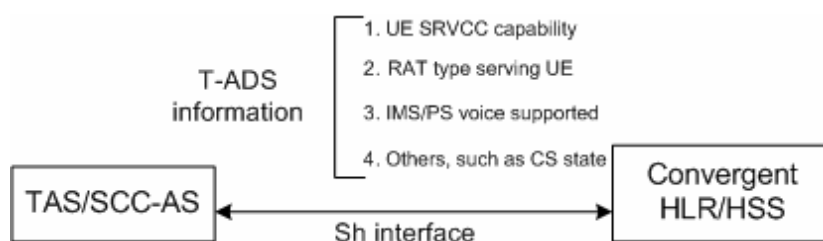


Figura 3.12: Información de T-ADS (Huawei Technologies Co., 2014, p. 17)

13. Después de recibir la consulta T-ADS, HSS recopila la información de dominio de conexión reciente del UE B, y envía la información de T-ADS de vuelta al TAS B.

14. Según la información de T-ADS, el TAS B enruta la devolución de llamada al S-CSCF B.

15. El S-CSCF B consulta la dirección local de la P-CSCF B con la que la parte llamada se ha registrado, y enruta el mensaje al P-CSCF B.

16. Después de recibir el mensaje INVITE, el P-CSCF determina que la parte llamada se ha registrado, consulta la dirección de registro de la parte llamada en el P-CSCF, y enruta el mensaje al UE llamado.

(GSMA, 2014; Huawei Technologies Co., 2017b)

En la Figura 3.13, se muestra una llamada entre dos usuarios VoLTE locales que pertenecen a la misma ciudad, su información reside en el mismo ATS. Mientras que en la Figura 3.14, se indica una llamada en donde los usuarios VoLTE pertenecen a diferentes ciudades, y su información reside en el ATS correspondiente:

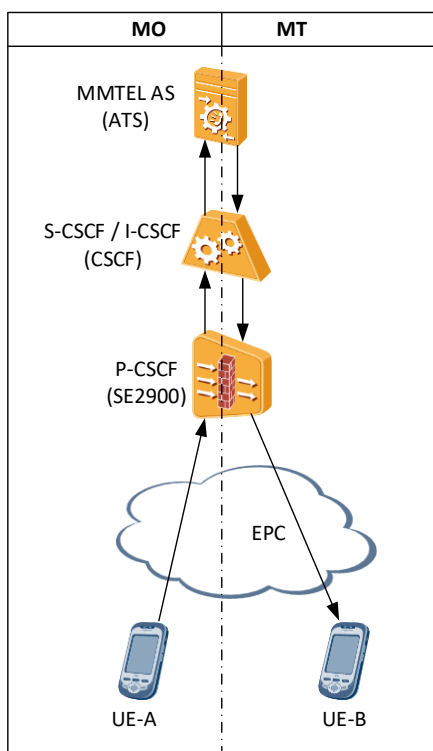


Figura 3.13: Llamada entre dos usuarios VoLTE locales. Elaborado por Autor.

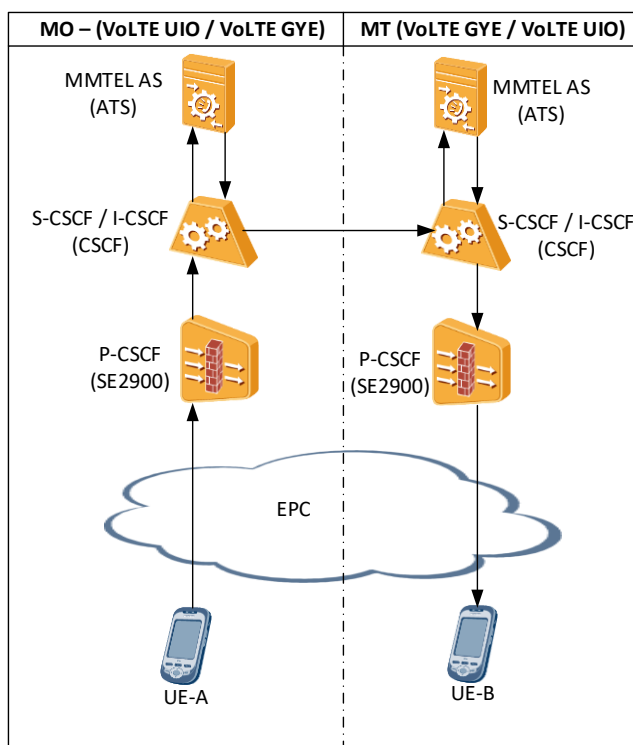


Figura 3.14: Llamada entre dos usuarios VoLTE en diferentes ciudades. Elaborado por Autor.

3.3.2.3 VoLTE llama CS

El proceso para el establecimiento de llamada de voz, en donde un usuario VoLTE realiza una llamada a otro usuario en el dominio de CS, se muestra a continuación:

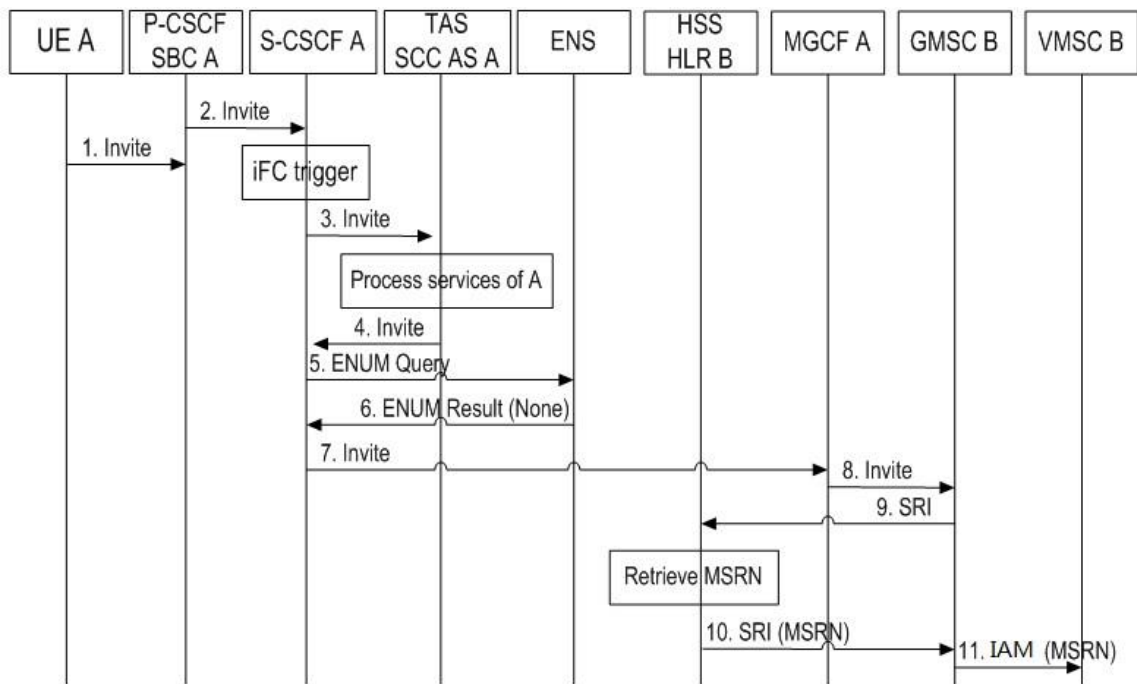


Figura 3.15: Flujo de llamada de VoLTE a CS (Huawei Technologies Co., 2017b)

A continuación, se describe paso a paso el flujo de llamada de VoLTE al dominio CS:

1-5. El procedimiento es el mismo que VoLTE llama VoLTE.

6. El ENS no puede encontrar la información de enrutamiento sobre el UE B, por lo que el resultado ENUM vacío se envía de vuelta al S-CSCF A.

7. El S-CSCF A dirige la llamada al MGCF (Media Gateway Control Function) A, cuando recibe el resultado ENUM vacío.

8. El MGCF A enruta la llamada al GMSC (Gateway Mobile Switching Center) B.

9-11. El GMSC B recupera el MSRN (Mobile Station Roaming Number) que se utiliza para enrutar llamadas telefónicas en una red móvil, luego la llamada se enrutará al VMSC (Visited Mobile Switching center) que el UE B está conectando.

(GSMA, 2014; Huawei Technologies Co., 2017b)

En la Figura 3.16, se muestra de manera más ilustrativa una llamada entre un usuario VoLTE hacia un usuario móvil en dominio CS y en la Figura 3.17, se observa una llamada desde un usuario CS hacia un usuario VoLTE:

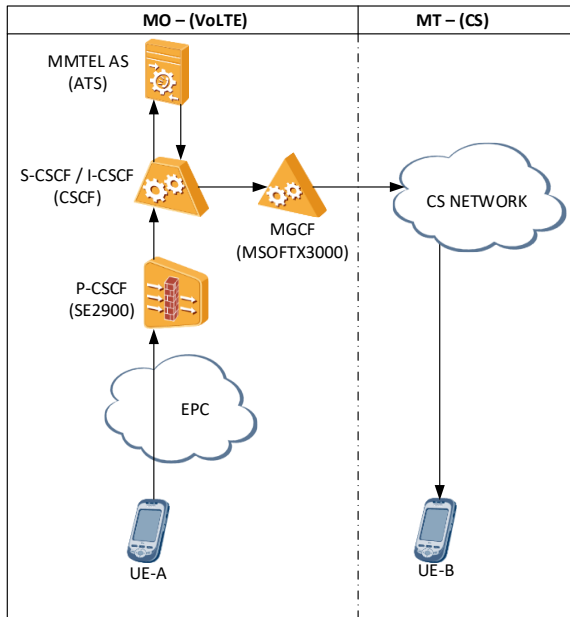


Figura 3.16: Llamada entre usuario VoLTE hacia un usuario móvil CS. Elaborado por Autor.

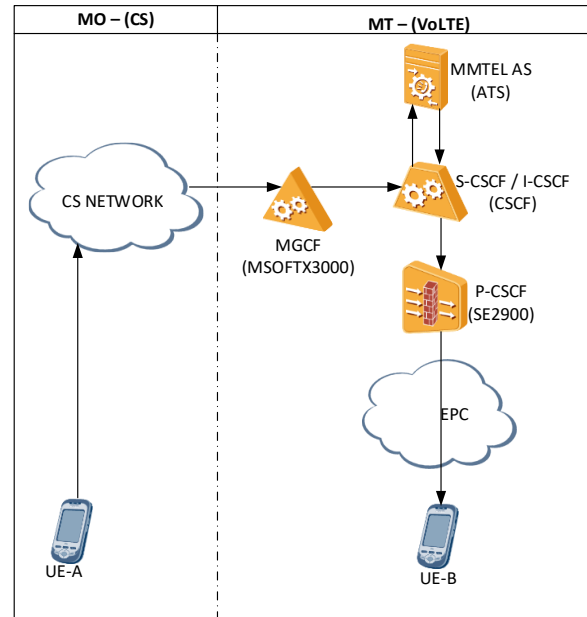


Figura 3.17: Llamada desde un usuario CS y un usuario VoLTE. Elaborado por Autor.

3.3.2.4 VoLTE SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity)

SRVCC es una solución de handover VoLTE basada en IMS definido desde 3GPP R8 (TS 23.216 y TS 23.237). SRVCC está diseñado para implementar la continuidad del servicio de voz mientras un UE se mueve desde la zona de cobertura LTE al área de cobertura 2G/3G, por lo que el servicio de voz pasa a ser manejado por la red de CS.

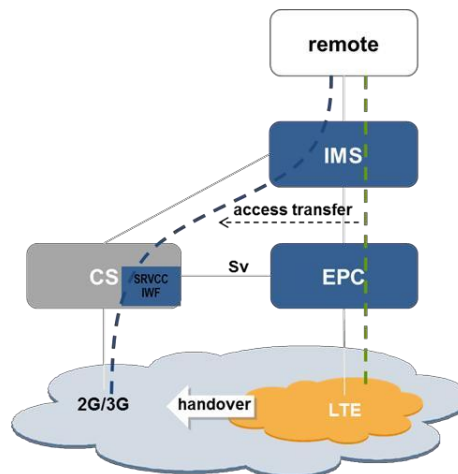


Figura 3.18: Arquitectura básica SRVCC. Elaborado por Autor.

Para soportar SRVCC, el servidor MSC debe soportar la interfaz Sv al MME y SRVCC IWF (Single Radio Voice Call Continuity Interworking Function) para interconectar con el EPC, y, la función SCC AS (Service Centralization and Continuity Application Server) se debe soportar en el dominio IMS.

El procedimiento común de una llamada utilizando handover SRVCC es:

1. Llamada establecida en las redes LTE y IMS.
2. Durante una llamada, cuando un usuario se mueve fuera del área de cobertura LTE, el servicio de voz pasa a ser manejado por la red de CS.
3. El punto de handover de media es el elemento “par” (peer UE), cuando la red de acceso local cambia, el UE local envía la nueva información SDP (Session Description Protocol) al elemento de red “par” para actualizar la ruta de media.
4. Luego se tiene que re-establecer la señalización E2E y las portadoras de media.

Es importante mencionar que el SRVCC no tiene un punto de anclaje de medios, el restablecimiento de la señalización de llamadas y el bearer E2E causan interrupciones inciertas en algunos casos, especialmente para una larga duración de manejo del servicio, o una compleja lógica de servicio y activación en el segmento remoto. Es por ello, que en 3GPP R10, se presenta eSRVCC (enhanced Single Radio Voice Call Continuity).

En la Figura 3.19, se describe cómo se puede continuar una llamada de voz cuando un UE se mueve entre redes LTE y 2G/3G, es decir, cuando un UE cambia una sesión de llamada entre IMS/LTE y CS.

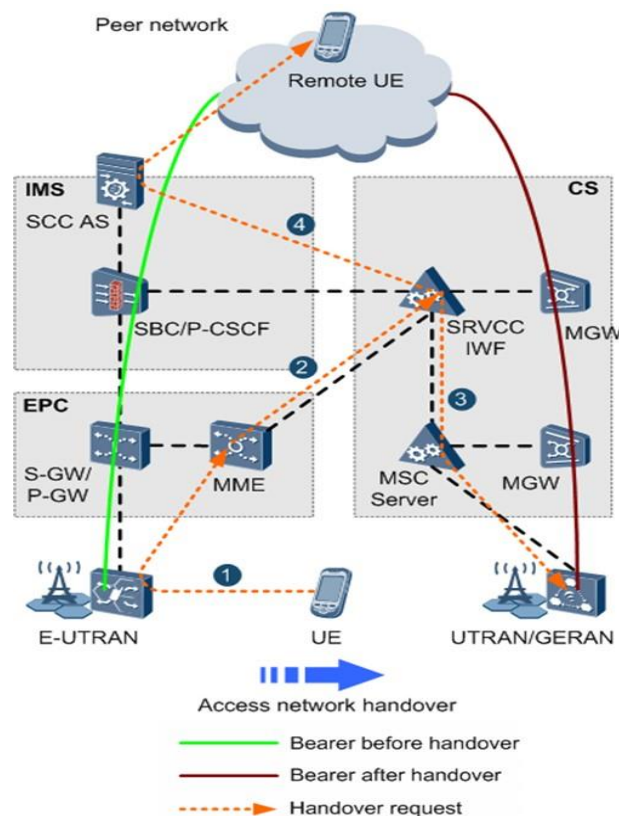


Figura 3.19: Flujo de llamadas para SRVCC (Huawei Technologies Co., 2017e, p. 13)

Para señalización, cuando el SRVCC IWF recibe una solicitud de handover desde el MME, solicita a la red de acceso recursos de portadores. Luego, el SRVCC IWF envía una solicitud de handover al SCC AS. Finalmente, el SCC AS realiza el procedimiento de handover de SRVCC y envía un mensaje de actualización de portadora a un dispositivo equivalente (por ejemplo, un UE) para actualizar la dirección de la portadora.

Para handover de media, el punto es un dispositivo “par” (peer), por ejemplo, el par del UE (peer UE). Una vez que la red de acceso local cambia, el lado local debe enviar la dirección del nuevo dispositivo portador al dispositivo par. Luego, el dispositivo del otro extremo actualiza la dirección del portador.

La duración del handover puede estar entre 500 y 600 ms.

3.3.2.5 VoLTE eSRVCC (*enhanced Single Radio Voice Call Continuity*)

Se introduce el eSRVCC para acortar el intervalo de voz causado por los traspasos de SRVCC. Cuando un suscriptor VoLTE se encuentra en una llamada y se mueve de la red LTE a la red UMTS, se requiere un eSRVCC para cambiar el acceso LTE al acceso UMTS para evitar que la llamada en curso se interrumpa. La solución eSRVCC introduce dos nuevas funciones lógicas: ATCF (Access Transfer Control Function) y ATGW (Access Transfer Gateway), que actúan como señalización y punto de anclaje de medios para evitar la actualización remota, reduciendo la duración del handover que incluso puede ser inferior a 300 ms.

VoLTE incluye los siguientes parámetros dentro del Flujo de handover eSRVCC:

- **STN-SR (Session Transfer Number for SRVCC):** Si la red actual soporta el servicio eSRVCC, el ATCF asigna un STN-SR para reemplazar el STN-SR suscrito en el HSS. El STN-SR asignado por el ATCF se utiliza para correlacionar la sesión de handover y la sesión remota en el ATCF/ATGW.
- **C-MSISDN (Correlation MSISDN):** Si la red actual soporta el servicio eSRVCC, el HSS asigna un C-MSISDN a cada abonado en el momento de la suscripción. El C-MSISDN se correlaciona con un MSISDN de abonado y es utilizado por el ATCF (para el servicio eSRVCC) para coincidir con la sesión que será entregada.
- **ATU-STI (Access Transfer Update - Session Transfer Identifier):** El ATU-STI es asignado por el SCC AS y utilizado por el ATCF para encontrar la dirección SCC AS.

(3GPP, 2020b)

Cuando el ATCF recibe un mensaje INVITE, si el UE soporta la capacidad eSRVCC, la llamada debe ser anclada y el ATCF indica al ATGW que asigne recursos al abonado.

La Figura 3.20, se puede observar el flujo de mensajes y los NEs que intervienen en el procedimiento de handover eSRVCC del UE_A, el cual inició su llamada en VoLTE con el UE_B, y posteriormente realizó la movilidad hacia un nodoB de la red de acceso UTRAN 3G:

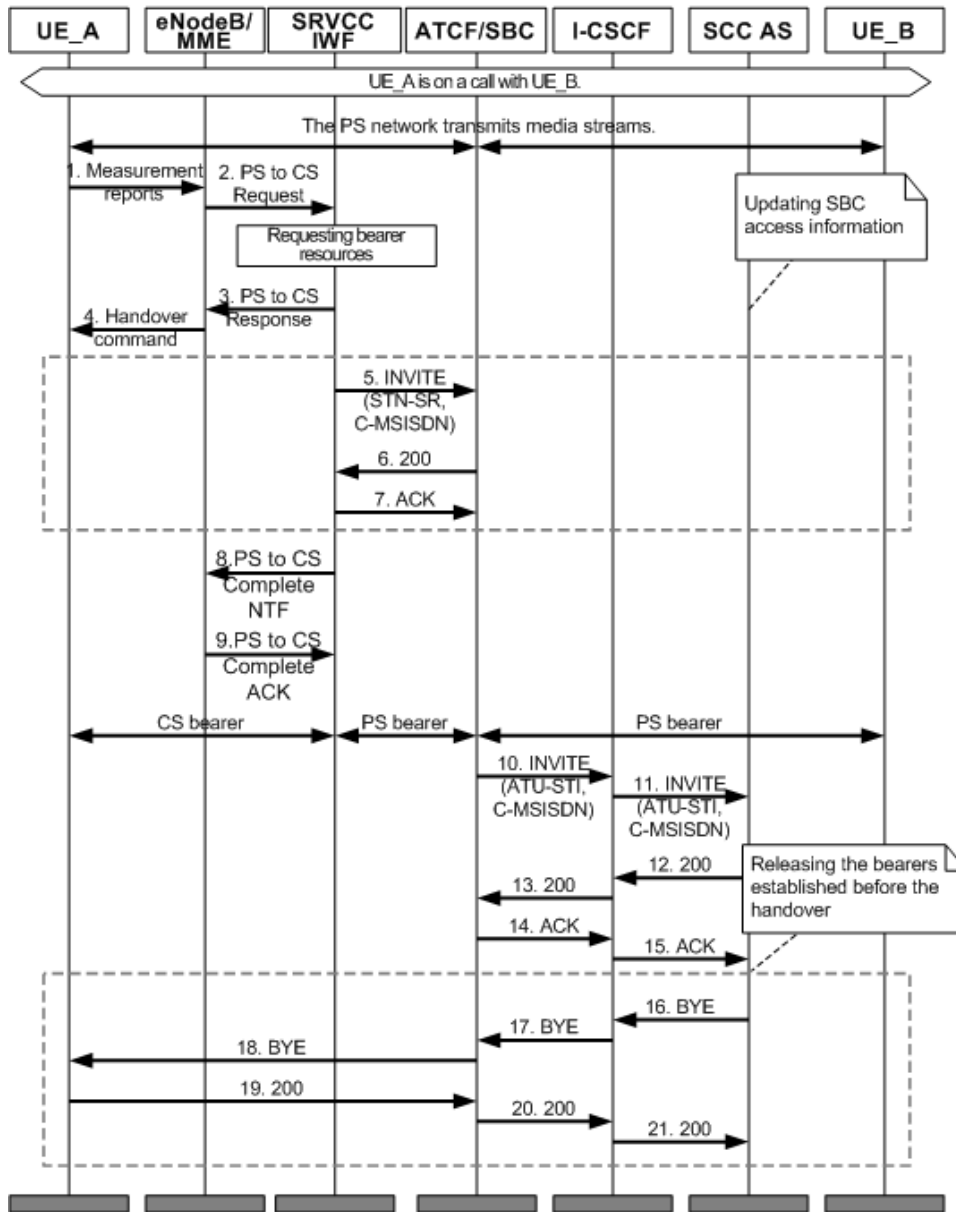


Figura 3.20: Flujo de handover eSRVCC de una sesión activa (Huawei Technologies Co., 2017e)

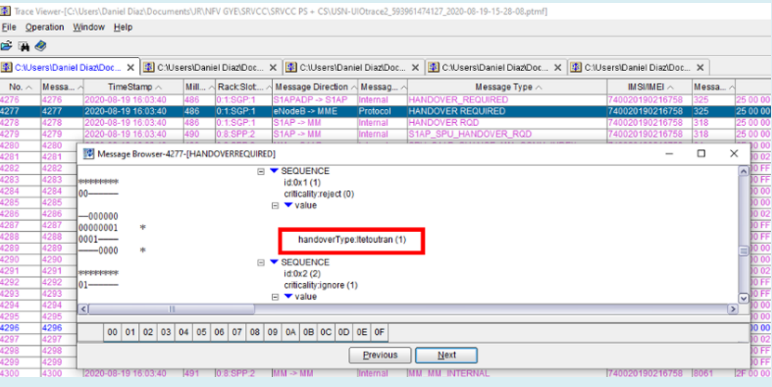
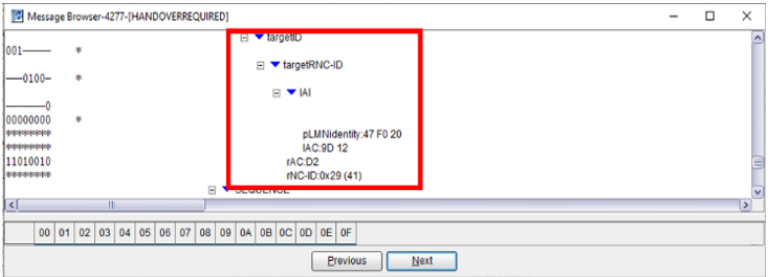
A continuación, se describe paso a paso el flujo de handover eSRVCC de una sesión activa:

1: El UE_A mantiene una sesión activa con el UE_B, y el ATCF/SBC trabaja como punto de anclaje de medios para evitar la actualización remota. El UE_A envía al eNodeB informes de medición de intensidad de la señal del EUTRAN actual y del UTRAN/GERANs cercano. El eNodeB determina si se requiere realizar handover en base a los informes de

medición recibidos. Si se requiere un handover, el eNodeB envía un mensaje Handover Request al MME.

El mensaje de solicitud de handover contiene los siguientes parámetros claves:

Tabla 3-1: Parámetros claves en el mensaje de Handover Request

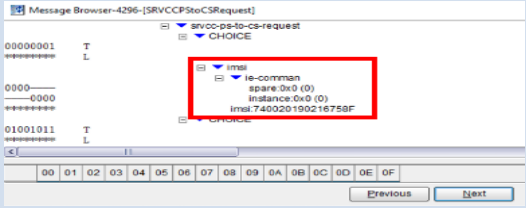
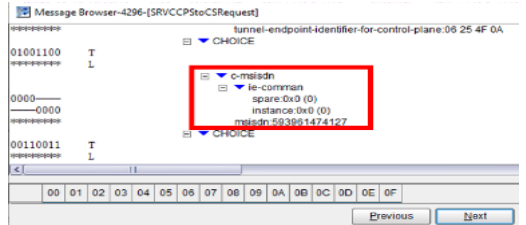
Parámetro	Captura en trazo
handoverType: indica el tipo de handover. El valor Itetoutran indica un handover desde una red LTE a una red 3G, como se muestra en la siguiente captura.	
targetID: indica el SPC (Signaling Point Code) de la RNC a la cual se produce el handover, es decir, el LAI (Location Area Identity).	

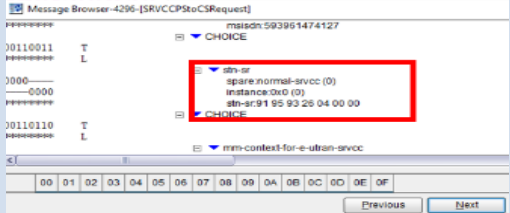
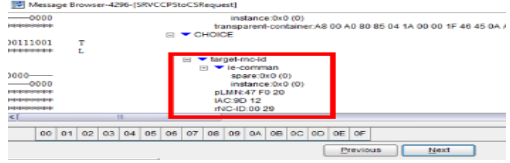
Nota: Elaborado por Autor.

2: El MME envía un mensaje PS to CS Request al SRVCC IWF en la red donde se encuentra el UE_A.

El mensaje PS to CS Request contiene los siguientes parámetros claves:

Tabla 3-2: Parámetros claves en el mensaje PS to CS Request

Parámetro	Captura en trazo
imsi: transporta la IMSI del UE_A.	
c-msisdn: transporta el C-MSISDN suscrito por el UE_A.	

Parámetro	Captura en trazado
<p>stn-sr: transporta el STN-SR que el ATCF asigna al UE_A durante el registro. El STN-SR es utilizado por SRVCC IWF para encontrar la dirección del ATCF.</p>	
<p>targetrncid: indica el SPC (Signaling Point Code) de la RNC a la cual se produce el handover, es decir, el LAI.</p>	

Nota: Elaborado por Autor.

3: El SRVCC IWF retorna el mensaje PS to CS Response al MME.

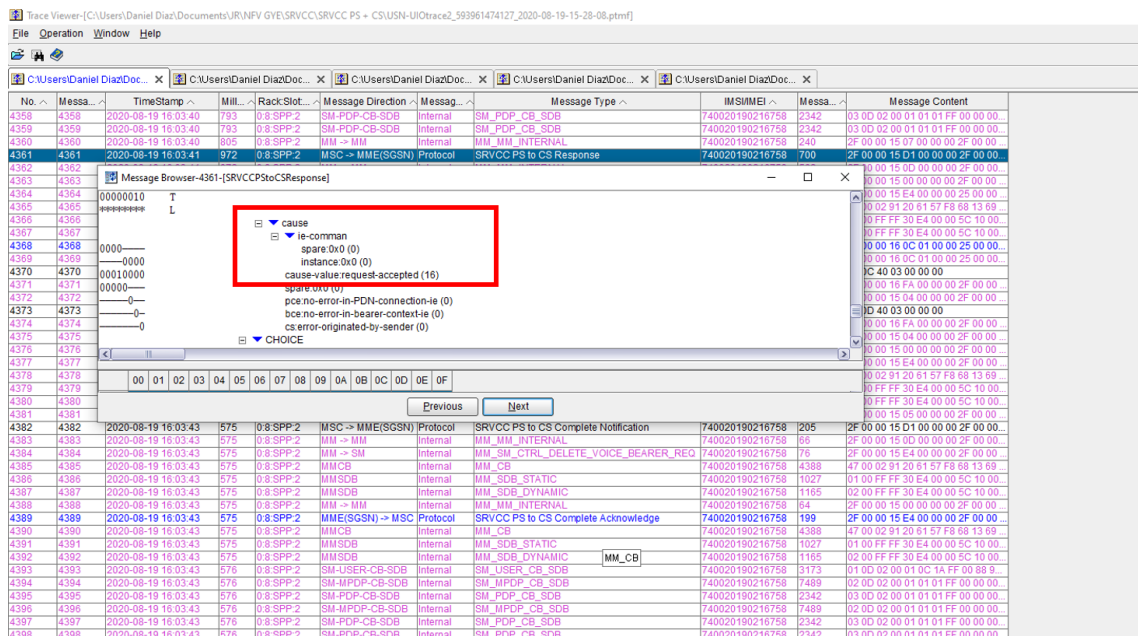


Figura 3.21: Mensaje SRVCC PS to CS Response. Elaborado por Autor.

4: El MME le indica al eNodeB el mensaje de HANDOVER COMMAND, para que así el UE_A inicie un handover hacia la red 3G que tiene el LAC y RNCID Target.

5: El SRVCC IWF solicita recursos de bearer a la red de acceso, de la misma manera que la red de core solicita recursos de bearer para llamadas de usuarios comunes de la red de CS. Basado en el STN-SR, el SRVCC IWF envía un mensaje INVITE que lleva la información SDP del UE_A al ATCF/SBC_A.

El mensaje INVITE contiene los siguientes parámetros claves:

- Request URI: indica el STN-SR.

- Campo de encabezado P-Asserted-Identity: indica la C-MSISDN.

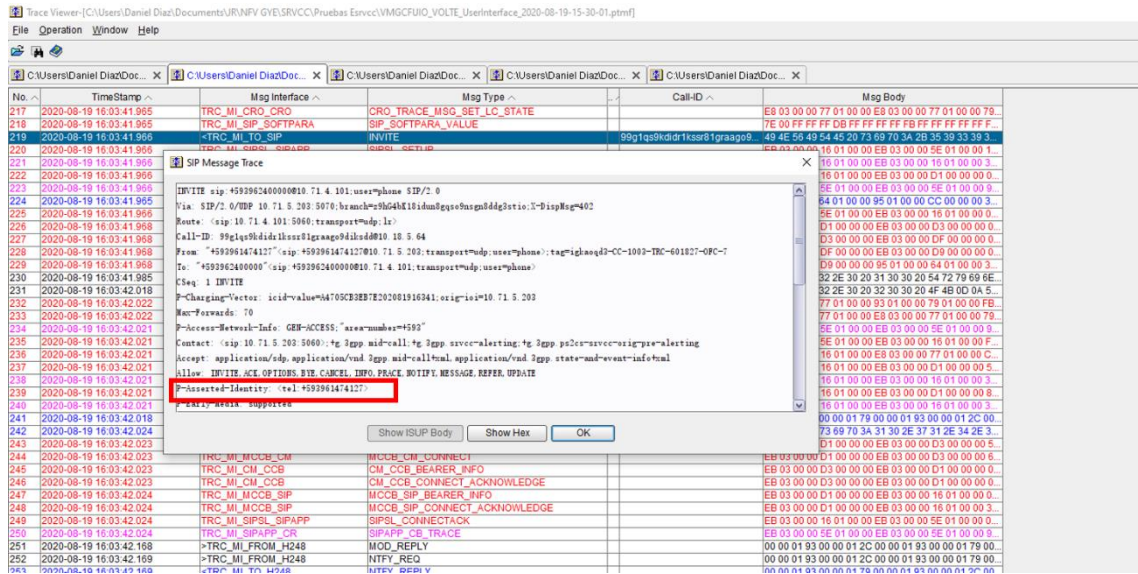


Figura 3.22: Mensaje INVITE al ATCF/SBC. Elaborado por Autor.

6: El ATCF/SBC determina que el mensaje INVITE es una solicitud de handover eSRVCC basada en el STN-SR y luego realiza las siguientes operaciones:

- Obtiene el C-MSISDN del mensaje INVITE e identifica una sesión activa que será entregada por el C-MSISDN, el parámetro +g.3gpp.srvcc, e información de eSRVCC (como ATU-STI).
- Determina si la lista de códecs recibida del SRVCC IWF contiene los códecs seleccionados para la sesión original después de la negociación de códecs.
- En caso afirmativo, el ATCF/SBC concluye que el SRVCC IWF soporta los códecs seleccionados después de la negociación de códecs. El ATCF/SBC devuelve estos códecs al SRVCC IWF.
- De lo contrario, el ATCF/SBC convierte los códecs. El ATCF/SBC sigue el procedimiento de SRVCC para reenviar el mensaje INVITE al SCC AS.
- Lleva a cabo la negociación y modificación de media y establece un bearer para el SRVCC IWF.
- Retorna un mensaje 200 al SRVCC IWF, este mensaje contiene la información del SDP local.

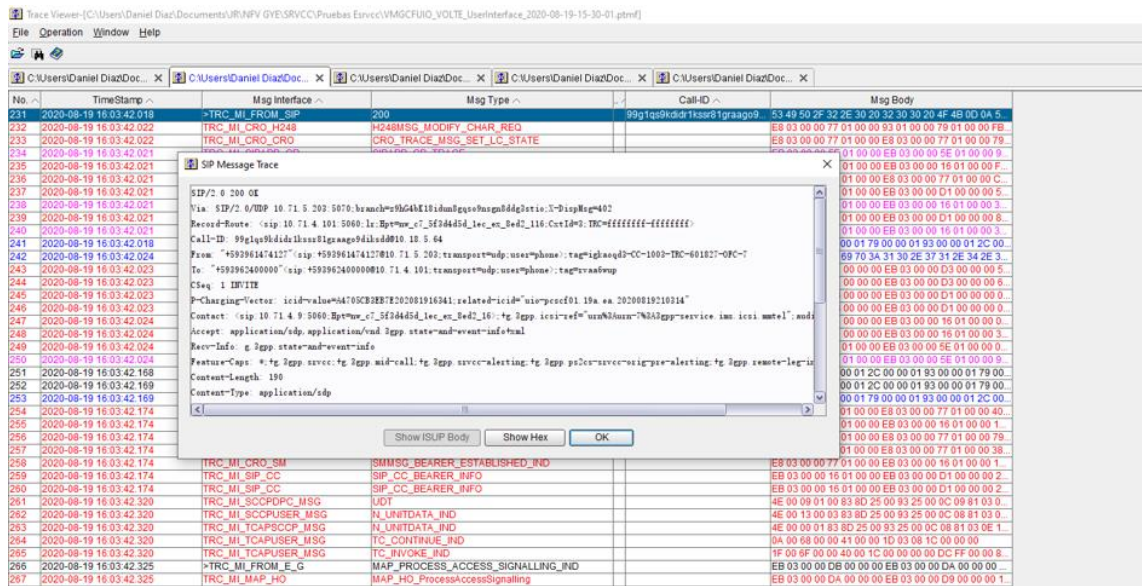


Figura 3.23: Mensaje 200 OK al SRVCC IWF. Elaborado por Autor.

7: El SRVCC IWF devuelve un mensaje ACK al ATCF/SBC para informar que ha recibido el mensaje 200.

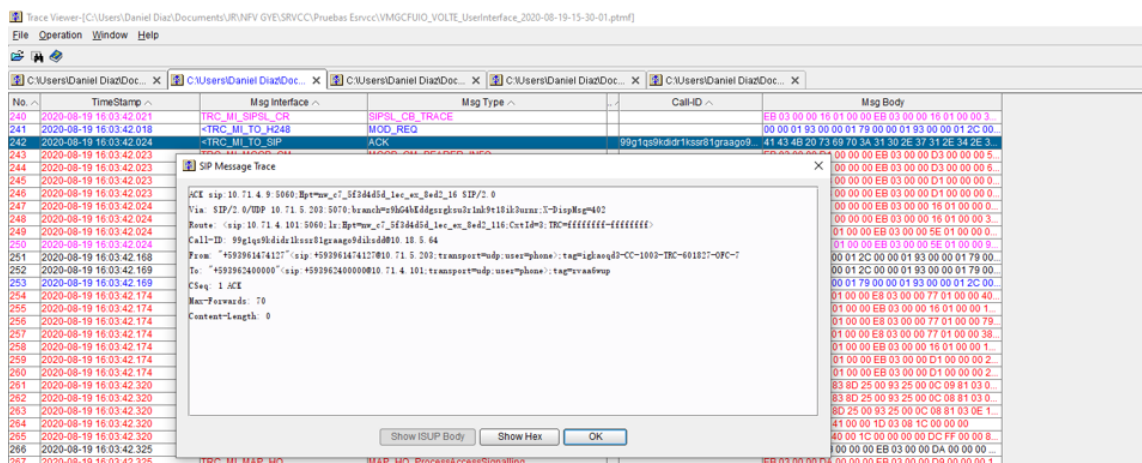


Figura 3.24: Mensaje ACK al ATCF/SBC. Elaborado por Autor.

8-9: El SRVCC IWF devuelve un mensaje PS to CS Complete Notification para notificar al MME que el UE_A se ha conectado correctamente a la red UTRAN/GERAN.

Tanto los bearers de CS y PS se establecen entre el UE_A y el ATCF/SBC.

No.	Messa...	Time Stamp	Mill...	Rack Slot...	Message Direction	Message...	Message Type	MSI/MEI	Messa...	Message Cont
1600	1600	2020-08-19 15:57:24	37	0.3.SPP:0	MM -> MM	Internal	MM_MM_GTPC_REQ	740020190216758	193	04 00 00 15 E4 00 00 00
1601	1601	2020-08-19 15:57:24	37	0.3.SPP:0	MMCB	Internal	MM_CB	740020190216758	4388	47 00 02 91 20 61 57 F8
1602	1602	2020-08-19 15:57:24	37	0.3.SPP:0	MMSDB	Internal	MM_SDB_STATIC	740020190216758	1027	01 00 FF FF 30 E4 00 00
1603	1603	2020-08-19 15:57:24	37	0.3.SPP:0	MMSDB	Internal	MM_SDB_DYNAMIC	740020190216758	1165	02 00 FF FF 30 E4 00 00
1604	1604	2020-08-19 15:57:24	37	0.3.SPP:0	MM -> MM	Internal	MM_MM_INTERNAL	740020190216758	93	04 00 00 15 05 00 00 00
1605	1605	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1606	1606	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1607	1607	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1608	1608	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1609	1609	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1610	1610	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1611	1611	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1612	1612	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1613	1613	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1614	1614	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1615	1615	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1616	1616	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1617	1617	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1618	1618	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1619	1619	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1620	1620	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1621	1621	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1622	1622	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1623	1623	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1624	1624	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1625	1625	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1626	1626	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1627	1627	2020-08-19 15:57:24	132	0.3.SPP:0	MSC -> MME(SGSN)	Protocol	SRVCC PS to CS Complete Notification	740020190216758	205	04 00 00 15 D1 00 00 00
1628	1628	2020-08-19 15:57:24	213	0.3.SPP:0	MMSDB	Internal	MM_SDB_STATIC	740020190216758	1027	01 00 FF FF 30 E4 00 00
1629	1629	2020-08-19 15:57:24	213	0.3.SPP:0	MMSDB	Internal	MM_SDB_DYNAMIC	740020190216758	1165	02 00 FF FF 30 E4 00 00
1630	1630	2020-08-19 15:57:24	213	0.3.SPP:0	MM -> MM	Internal	MM_MM_INTERNAL	740020190216758	76	04 00 00 15 05 00 00 00
1631	1631	2020-08-19 15:57:24	213	0.3.SPP:0	MM -> SM	Internal	MM_SM_CTRL_REDIRECT_BEARER_CMP_REQ	740020190216758	92	04 00 00 15 E4 00 00 00
1632	1632	2020-08-19 15:57:24	213	0.3.SPP:0	MMSDB	Internal	MM_CB	740020190216758	4388	47 00 02 91 20 61 57 F8

Figura 3.25: Mensaje SRVCC PS to CS Complete Notification. Elaborado por Autor.

10: El ATCF/SBC envía un mensaje INVITE al I-CSCF basado en el ATU-STI para solicitar un handover eSRVCC.

El mensaje INVITE contiene los siguientes parámetros claves:

- RequestURI: indica el ATU-STI de la sesión de llamada a entregar.
- P-Asserted-Identity: indica el C-MSISDN del UE_A.
- Require: contiene el parámetro de diálogo, indica que el servidor MSC puede procesar el campo de encabezado Target-Dialog.
- Target-Dialog: indica el identificador de diálogo de la sesión a entregar, incluyendo el Call-ID de la sesión original, el remote-tag y el local-tag.
- SDP: transporta el resultado de la negociación SDP del UE_A en la sesión original, lleva información del códec.

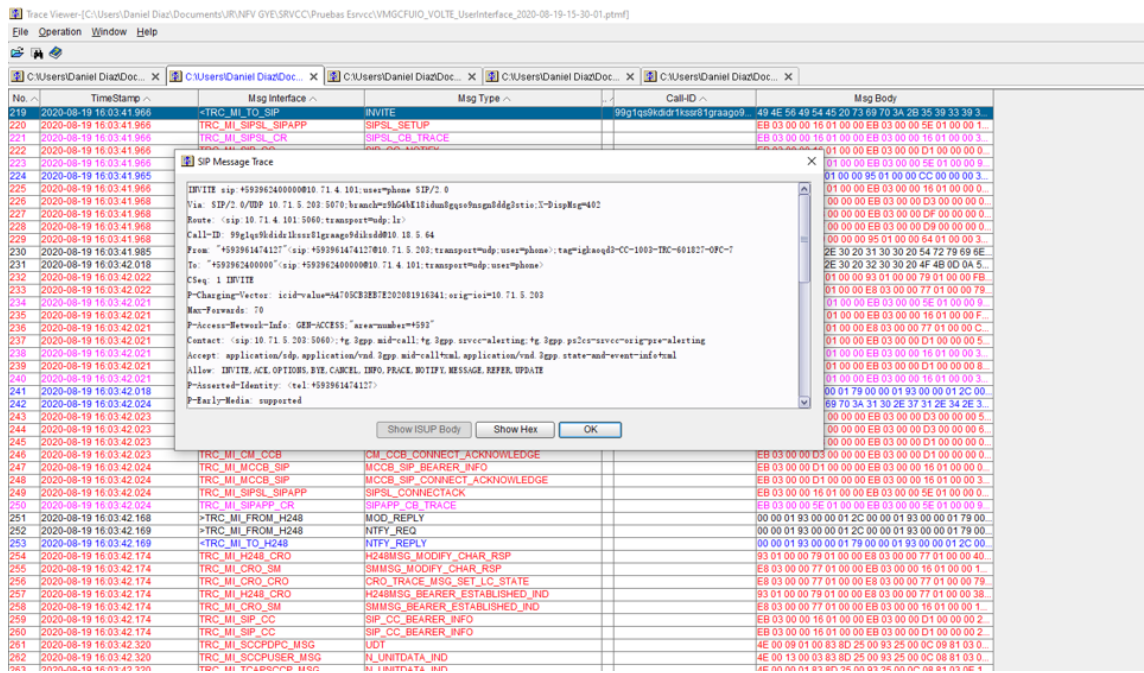


Figura 3.26: Mensaje INVITE al I-CSCF. Elaborado por Autor.

11: El I-CSCF determina si el usuario llamado es un abonado PSI (Public Service Identities) basado en el PSI configurado localmente o consultando el HSS basado en el Request-URI. Si el usuario llamado es un abonado PSI, el I-CSCF envía el mensaje INVITE al SCC AS.

El campo de encabezado Route en el mensaje INVITE contiene la dirección del SCC AS y los parámetros orig y atu-sti.

- orig: indica al SCC AS que procese la llamada para el UE_A.
- atu-sti: informa al SCC AS que el mensaje es una petición de handover eSRVCC.

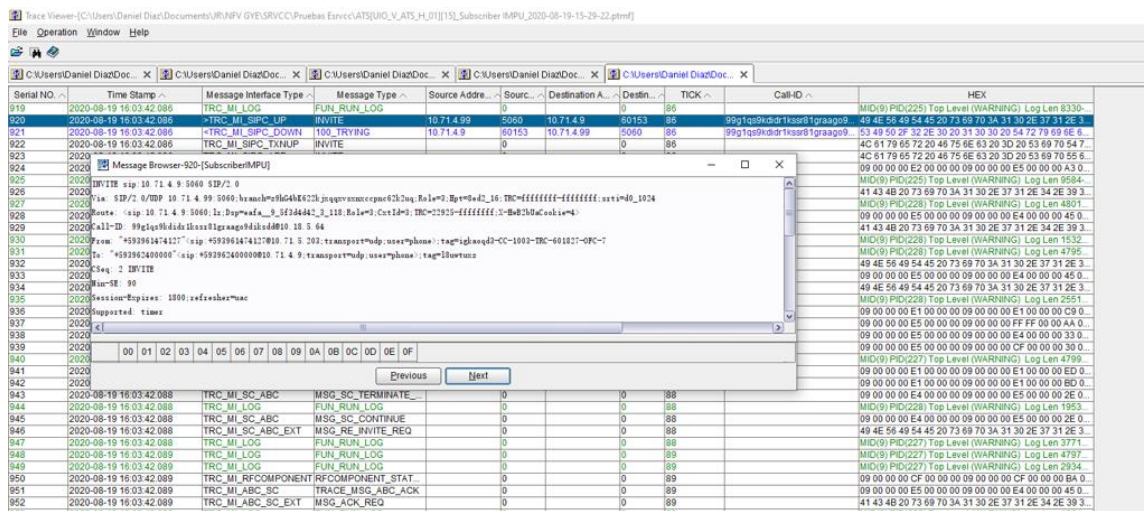


Figura 3.27: Mensaje INVITE al SCC AS. Elaborado por Autor.

12: El SCC AS identifica la sesión a entregar por el Call-ID de la sesión original en el campo de encabezado Target-Dialog y realiza una de las siguientes operaciones:

- Si la sesión (llamada) es una sesión activa con media activa, el SCC AS verifica si el códec del SDP en el mensaje INVITE es el mismo que el códec del SDP después de la negociación en la sesión original.
- Si los códecs son idénticos, el SCC AS implementa un flujo eSRVCC y cambia la información de acceso para indicar que el UE_A ha accedido a una red CS. Esto garantiza que el lado de la red pueda seleccionar un dominio para el UE_A cuando sea necesario. A continuación, el SCC AS devuelve un mensaje 200 al I-CSCF. El servidor SCC AS no actualiza la información del SDP en el dispositivo del otro extremo UE_B, porque el códec no ha cambiado.
- Si los códecs son diferentes, el SCC AS implementa un flujo SRVCC y cambia la información de acceso, devuelve un mensaje 200 al I-CSCF y actualiza la información SDP en el UE_B enviando un mensaje de UPDATE.
- Si el SCC AS no puede encontrar una sesión en base al Dialog ID, la sesión no está en estado activo o la sesión no tiene media activa, el SCC AS devuelve un mensaje 480 para rechazar la solicitud de handover y libera todas las sesiones del UE_A.

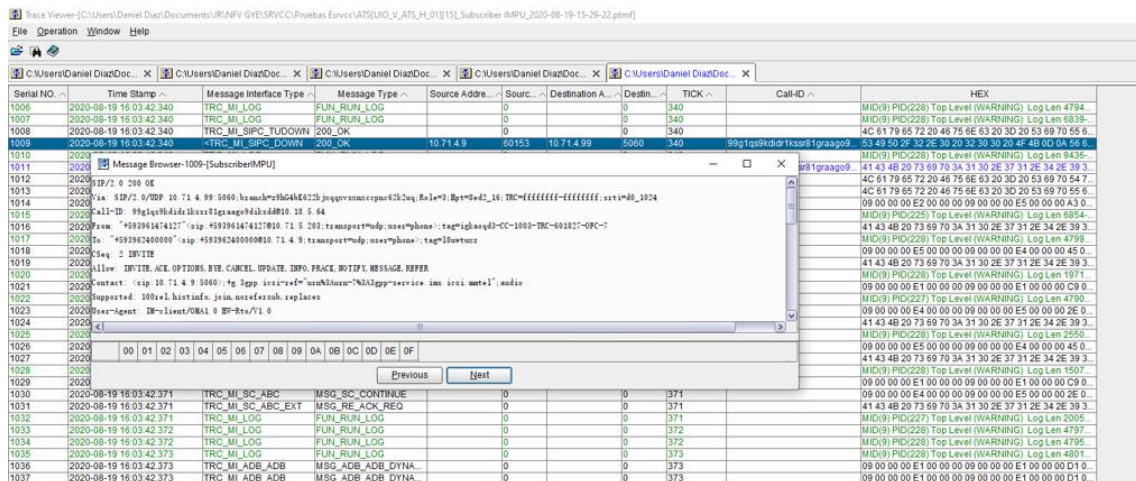


Figura 3.28: Mensaje 200 al I-CSCF. Elaborado por Autor.

13: El I-CSCF reenvía el mensaje 200 al ATCF/SBC.

14: El ATCF/SBC devuelve un mensaje ACK al I-CSCF.

15: El I-CSCF reenvía el mensaje ACK al servidor SCC AS. Una vez restablecida la conexión de media entre el UE_A y el UE_B, la información de media del UE_A se transporta a través de la red CS.

Serial NO.	Time Stamp	Message Interface Type	Source Address	Destination Address	TICK	Call-ID	HEX
1009	2020-08-19 16:03:42.340	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200	OK	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	53 49 50 2F 32 2E 30 20 32 30 20 4F 4B 0D 0A 56 6
1010	2020-08-19 16:03:42.340	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(228) Top Level (WARNING) Log Len 8438
1011	2020-08-19 16:03:42.360	<TRC_MI_SIPC_UP	ACK	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	41 43 4B 20 73 69 70 3A 31 30 2E 37 31 2E 34 2E 39 3
1012	2020-08-19 16:03:42.360	TRC_MI_SIPC_TKNUP	ACK	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	4C 61 79 65 72 20 46 75 6E 63 20 3D 20 53 69 70 54 7
1013	2020-08-19 16:03:42.360	TRC_MI_SIPC_TKNUP	ACK	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	4C 61 79 65 72 20 46 75 6E 63 20 3D 20 53 69 70 56 6
1014	2020-08-19 16:03:42.360	TRC_MI_SIPC_TKNUP	ACK	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 E2 00 00 09 00 00 00 E5 00 00 00 A3 0
1015	2020-08-19 16:03:42.360	TRC_MI_SIPC_TKNUP	ACK	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(225) Top Level (WARNING) Log Len 6854
1016	2020-08-19 16:03:42.360	TRC_MI_SIPC_TKNUP	ACK	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	41 43 4B 20 73 69 70 3A 31 30 2E 37 31 2E 34 2E 39 3
1017	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(228) Top Level (WARNING) Log Len 4789
1018	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 E5 00 00 09 00 00 00 E4 00 00 00 45 0
1019	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	41 43 4B 20 73 69 70 3A 31 30 2E 37 31 2E 34 2E 39 3
1020	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(228) Top Level (WARNING) Log Len 1911
1021	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 E1 00 00 09 00 00 00 E0 00 00 00 C9 0
1022	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(227) Top Level (WARNING) Log Len 4790
1023	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 E4 00 00 09 00 00 00 E5 00 00 00 2E 0
1024	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(228) Top Level (WARNING) Log Len 2899
1025	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(228) Top Level (WARNING) Log Len 2550
1026	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 E5 00 00 09 00 00 00 E4 00 00 00 45 0
1027	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	41 43 4B 20 73 69 70 3A 31 30 2E 37 31 2E 34 2E 39 3
1028	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(228) Top Level (WARNING) Log Len 1507
1029	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 E1 00 00 09 00 00 00 E0 00 00 00 C9 0
1030	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(227) Top Level (WARNING) Log Len 2005
1031	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	41 43 4B 20 73 69 70 3A 31 30 2E 37 31 2E 34 2E 39 3
1032	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(227) Top Level (WARNING) Log Len 4797
1033	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(228) Top Level (WARNING) Log Len 4797
1034	2020-08-19 16:03:42.372	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(228) Top Level (WARNING) Log Len 4795
1035	2020-08-19 16:03:42.373	TRC_MI_LOG	FUN_RUN_LOG	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(228) Top Level (WARNING) Log Len 4801
1036	2020-08-19 16:03:42.373	TRC_MI_ADB_ADD	MSG_ADB_ADD_DYNA	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 E1 00 00 09 00 00 00 E0 00 00 00 D1 0
1037	2020-08-19 16:03:42.373	TRC_MI_ADB_ADD	MSG_ADB_ADD_DYNA	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 E1 00 00 09 00 00 00 E0 00 00 00 D1 0
1038	2020-08-19 16:03:42.373	TRC_MI_ADB_ADD	MSG_ADB_ADD_DYNA	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 E1 00 00 09 00 00 00 E0 00 00 00 D1 0
1039	2020-08-19 16:03:42.373	TRC_MI_ADB_ADD	MSG_ADB_ADD_DYNA	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 E1 00 00 09 00 00 00 E0 00 00 00 D1 0
1040	2020-08-19 16:03:42.373	TRC_MI_ADB_ADD	MSG_ADB_ADD_DYNA	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(228) Top Level (WARNING) Log Len 4794
1041	2020-08-19 16:03:42.373	TRC_MI_ADB_ADD	MSG_ADB_ADD_DYNA	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 E5 00 00 09 00 00 00 CF 00 00 00 B0 0
1042	2020-08-19 16:03:42.373	TRC_MI_ADB_ADD	MSG_ADB_ADD_DYNA	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(228) Top Level (CRITICAL) Log Len 4796
1043	2020-08-19 16:03:42.373	TRC_MI_ADB_ADD	MSG_ADB_ADD_DYNA	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	41 43 4B 20 73 69 70 3A 31 32 37 2E 30 2E 30 2E 31 2
1044	2020-08-19 16:03:42.373	TRC_MI_ADB_ADD	MSG_ADB_ADD_DYNA	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 E5 00 00 09 00 00 00 E2 00 00 00 2D 0
1045	2020-08-19 16:03:42.374	TRC_MI_ADB_ADD	MSG_ADB_ADD_DYNA	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	MID(9) PID(253) Top Level (WARNING) Log Len 4795
1046	2020-08-19 16:03:42.374	TRC_MI_ADB_ADD	MSG_ADB_ADD_DYNA	0	0	99g1qs9kldr1ksr81graag9	09 00 00 00 CF 00 00 09 00 00 00 CF 00 00 00 BA 0

Figura 3.29: Mensaje ACK al servidor SCC AS. Elaborado por Autor.

16-18: Una vez que se completa el handover, el SCC AS envía un mensaje BYE al UE_A para liberar los recursos ocupados por la llamada original.

No.	Time Stamp	Msg Interface	Msg Type	Call-ID	Msg Body
429	2020-08-19 16:04:40.937	TRC_MI_CRO_CRO	CRO_TRACE_MSG_SET_LC_STATE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	E8 03 00 00 77 01 00 00 E3 03 00 00 77 01 00 00 79
430	2020-08-19 16:04:40.935	<TRC_MI_TO_SIP	BYE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	42 59 45 20 73 69 70 3A 31 30 2E 37 31 2E 34 2E 3
431	2020-08-19 16:04:40.933	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	E8 03 00 00 D3 00 00 00 E3 03 00 00 D1 00 00 00 1
432	2020-08-19 16:04:40.933	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	00 00 00 00 EB 03 00 00 DF 00 00 00 00 0
433	2020-08-19 16:04:40.938	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	00 01 79 00 00 01 93 00 00 01 00 2C 00 0
434	2020-08-19 16:04:40.934	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	00 00 00 EB 03 00 00 C1 00 00 00 00 0
435	2020-08-19 16:04:40.934	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	00 00 00 EB 03 00 00 16 01 00 00 01 00 1
436	2020-08-19 16:04:40.934	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	00 00 00 EB 03 00 00 D9 00 00 00 00 00 0
437	2020-08-19 16:04:40.934	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	01 00 00 EB 03 00 00 5E 01 00 00 01 00 1
438	2020-08-19 16:04:40.934	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	01 00 00 EB 03 00 00 01 00 00 00 01 00 0
439	2020-08-19 16:04:40.934	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	01 00 00 EB 03 00 00 D1 00 00 00 01 00 0
440	2020-08-19 16:04:40.934	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	01 00 00 EB 03 00 00 77 01 00 00 02 00 0
441	2020-08-19 16:04:40.934	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	00 00 00 EB 03 00 00 DA 00 00 00 02 00 0
442	2020-08-19 16:04:40.934	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	01 00 00 EB 03 00 00 5E 01 00 00 01 00 0
443	2020-08-19 16:04:40.934	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	00 00 00 EB 03 00 00 DB 00 00 00 00 00 0
444	2020-08-19 16:04:40.934	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	00 00 00 EB 03 00 00 DB 00 00 00 00 00 0
445	2020-08-19 16:04:40.937	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	80 CD 1C 00 00 00 04 74 00 14 00 00 00 0
446	2020-08-19 16:04:40.937	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	01 00 00 91 A3 16 1C 00 00 00 00 00 0
447	2020-08-19 16:04:40.937	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	08 00 00 00 00 00 06 81 03 0E 1 00 00 0
448	2020-08-19 16:04:40.937	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	83 06 00 00 00 00 00 06 81 03 0E 1 00 00 0
449	2020-08-19 16:04:40.938	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	83 83 25 00 8D 25 00 06 89 81 03 0 00 00 0
450	2020-08-19 16:04:40.938	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	8D 25 00 06 89 81 03 0E 19 0B 52 0 00 00 0
451	2020-08-19 16:04:40.938	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	00 00 70 02 10 00 66 00 00 25 8D 00 00 00 0
452	2020-08-19 16:04:41.078	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	00 01 2C 00 00 01 93 00 00 01 79 00 00 00 0
453	2020-08-19 16:04:41.080	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	01 00 00 EB 03 00 00 77 01 00 00 40 00 00 0
454	2020-08-19 16:04:41.080	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	00 00 00 EB 03 00 00 DA 00 00 00 00 00 0
455	2020-08-19 16:04:41.080	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	91 00 00 EB 03 00 00 77 01 00 00 9 00 00 0
456	2020-08-19 16:04:41.080	TRC_MI_CM_CCB	CM_CCB_RELEASE_COMPLETE	99g1qs9kldr1ksr81graag9	E8 03 00 00 77 01 00 00 E3 03 00 00 77 01 00 00 79
457	2020-08-19 16:04:41.135	TRC_MI_FROM_SIP	200	99g1qs9kldr1ksr81graag9	53 49 50 2F 32 2E 30 20 32 30 20 4F 4B 0D 0A 56 6
458	2020-08-19 16:04:41.269	TRC_MI_SCCPDC_MSG	UDT	99g1qs9kldr1ksr81graag9	5A 00 09 01 00 83 8D 25 00 93 25 00 OC 08 81 03 0
459	2020-08-19 16:04:41.269	TRC_MI_SCCPDC_MSG	N_UNITDATA_IND	99g1qs9kldr1ksr81graag9	5A 00 09 01 00 83 8D 25 00 93 25 00 OC 08 81 03 0
460	2020-08-19 16:04:41.269	TRC_MI_SCCPDC_MSG	N_UNITDATA_IND	99g1qs9kldr1ksr81graag9	5A 00 00 01 83 8D 25 00 93 25 00 OC 08 81 03 0E 1
461	2020-08-19 16:04:41.269	TRC_MI_SCCPDC_MSG	TC_CONTINUE_IND	99g1qs9kldr1ksr81graag9	0A 0D 68 00 00 00 00 00 01 03 0E 1C 00 00 00 0
462	2020-08-19 16:04:41.269	TRC_MI_SCCPDC_MSG	TC_INVOKE_IND	99g1qs9kldr1ksr81graag9	2B 09 8F 00 00 70 00 1C 00 00 00 46 FF 00 00 00 0

Figura 3.30: Mensaje BYE al UE_A. Elaborado por Autor.

19-21: El UE_A devuelve un mensaje 200 al SCC AS. El ATCF/SBC y el SCC AS liberan los recursos de bearer ocupados por la sesión original 4G.

(Huawei Technologies Co., 2017e)

En las Figuras 3.31 y 3.32, se ilustra la diferencia en el flujo de una llamada antes y después de un handover eSRVCC, en este escenario, la llamada se ancla a la red IMS, para evitar realizar una renegociación con el peer remoto:

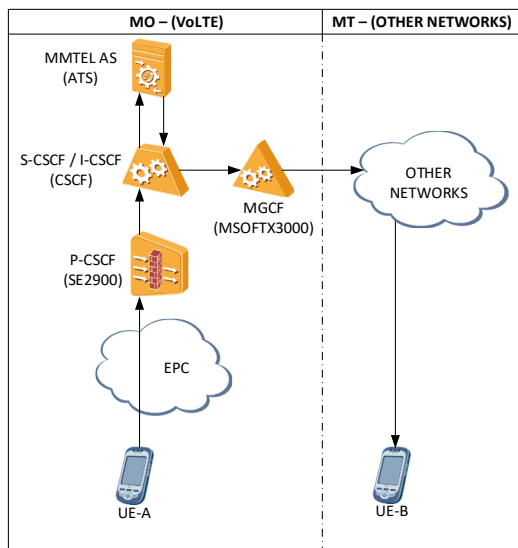


Figura 3.31: Flujo antes del handover. Elaborado por Autor.

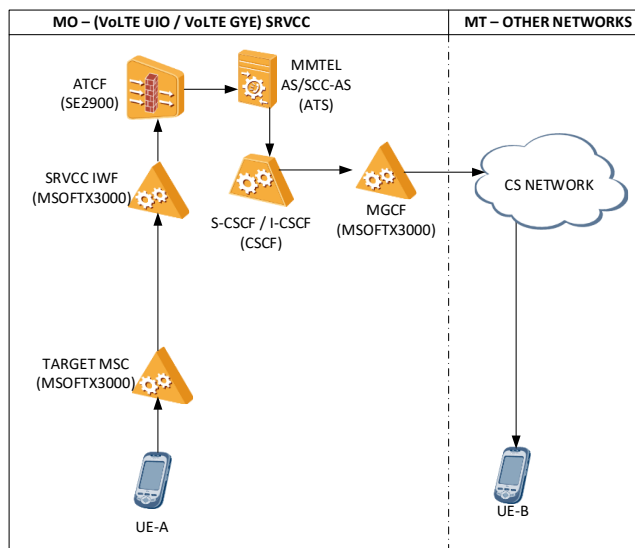


Figura 3.32: Flujo después del handover. Elaborado por Autor.

En las Figuras 3.33 y 3.34, se muestran llamadas desde usuarios VoLTE eSRVCC hacia usuarios VoLTE estándar y llamadas desde usuarios VoLTE estándar hacia usuarios VoLTE eSRVCC respectivamente. Además, cuando la llamada realiza un handover eSRVCC, la señalización se ancla en la red IMS, permitiendo que el ATS mantenga la información de toda la llamada:

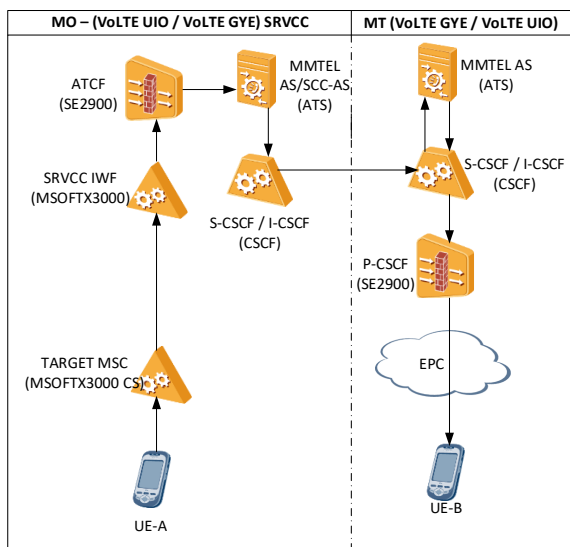


Figura 3.33: Llamada de VoLTE eSRVCC hacia VoLTE estándar. Elaborado por Autor.

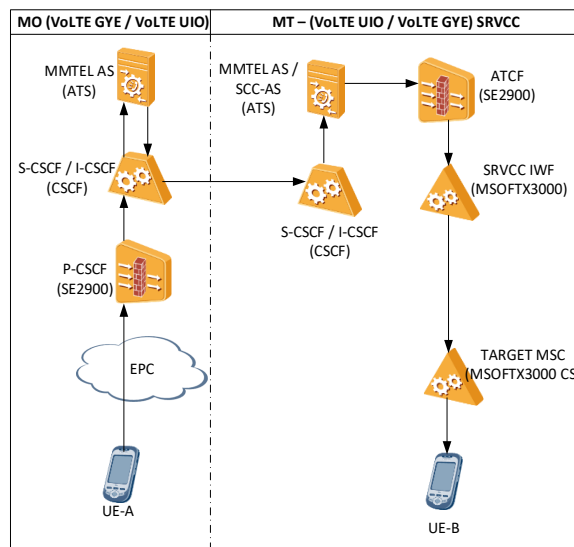


Figura 3.34: Llamada de VoLTE estándar hacia VoLTE eSRVCC. Elaborado por Autor.

Finalmente, en las Figuras 3.35 y 3.36, se muestran llamadas desde usuarios VoLTE eSRVCC hacia móviles CNT de la red de CS y llamadas desde usuarios móviles CNT de la red de CS hacia usuarios VoLTE eSRVCC, respectivamente:

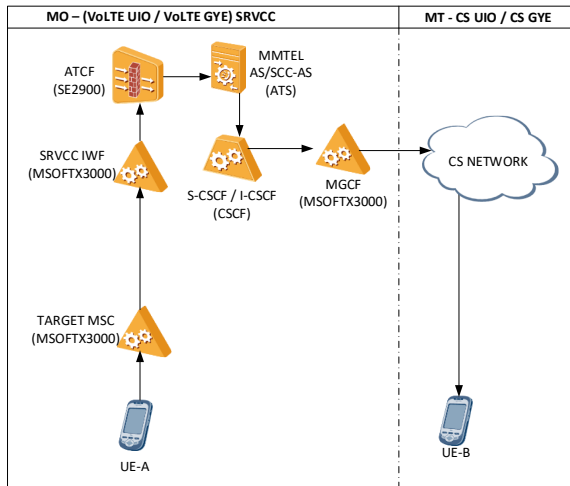


Figura 3.35: Llamada VoLTE eSRVCC hacia móviles red CS. Elaborado por Autor.

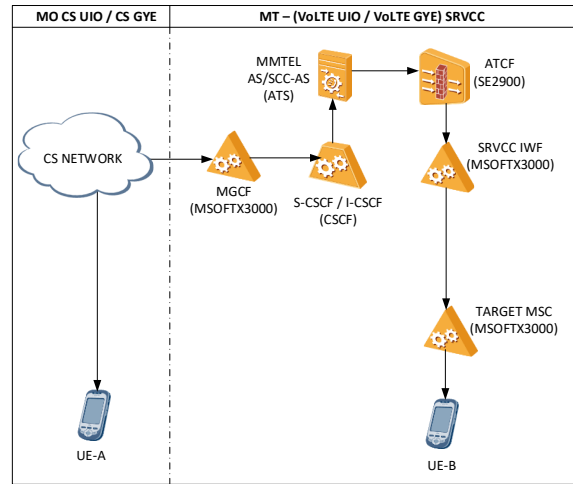


Figura 3.36: Llamada móviles red CS hacia VoLTE eSRVCC. Elaborado por Autor.

3.4 Realización de pruebas y mediciones para comparar el tiempo de establecimiento de llamada de voz en diferentes escenarios

Luego de haber analizado el flujo de llamadas en cobertura LTE mediante CSFB y VoLTE, a continuación, se detallan las pruebas y mediciones obtenidas para realizar la comparativa del tiempo de establecimiento de llamada entre un usuario VoLTE frente a usuarios en tecnologías 2G/3G en modalidad RNA (OTECEL/CONECCEL) y 3G/LTE (CSFB) en red propia de la CNT EP.

Previamente, se identificaron los escenarios requeridos para realizar la futura comparativa, siendo los siguientes:

- Escenario 1:** Llamada de voz en RNA 2G OTECEL
- Escenario 2:** Llamada de voz en RNA 2G CONECCEL
- Escenario 3:** Llamada de voz en RNA 3G OTECEL
- Escenario 4:** Llamada de voz en RNA 3G CONECCEL
- Escenario 5:** Llamada de voz en 3G CNT EP
- Escenario 6:** Llamada de voz en LTE CNT EP (CS Fallback - 3G CNT EP)
- Escenario 7:** Llamada de voz en LTE CNT EP (VoLTE)

3.4.1 Detalle de las Pruebas

Para obtener las mediciones de llamadas de voz correspondientes a los escenarios del 1 al 6, se utilizó el sistema de medición Nemo Outdoor de Keysight Technologies, Inc. y la herramienta de post-proceso Nemo Analyze que posee la CNT EP con fines de planificación, optimización, verificación, monitoreo, mantenimiento y evaluación comparativa de la red inalámbrica.

La herramienta Nemo Outdoor es una solución integral fácil de instalar, configurar y usar, consta de terminales de prueba, un receptor GPS, una PC con el sistema operativo Windows y el software de medición Nemo Outdoor (Technologies, 2017).

En la Figura 3.37, se observa la solución Nemo Outdoor utilizada para obtener las mediciones deseadas:



Figura 3.37: Sistema de medición Nemo Outdoor (Technologies, 2018, p. 1)

Para iniciar con las mediciones y obtención de logs .nmf, se consideraron las siguientes premisas:

- ✓ Dos terminales móviles conectados a la herramienta Nemo Outdoor.
- ✓ Configuración adecuada en la herramienta Nemo Outdoor para cada uno de los escenarios previamente definidos.
- ✓ Muestra de 10 llamadas originadas desde los terminales móviles hacia *611, que corresponde al número de servicio al Cliente de la CNT EP.
- ✓ Tiempo de espera entre cada llamada: 15 segundos.

En la Figura 3.38, se observan los parámetros establecidos y mencionados anteriormente.

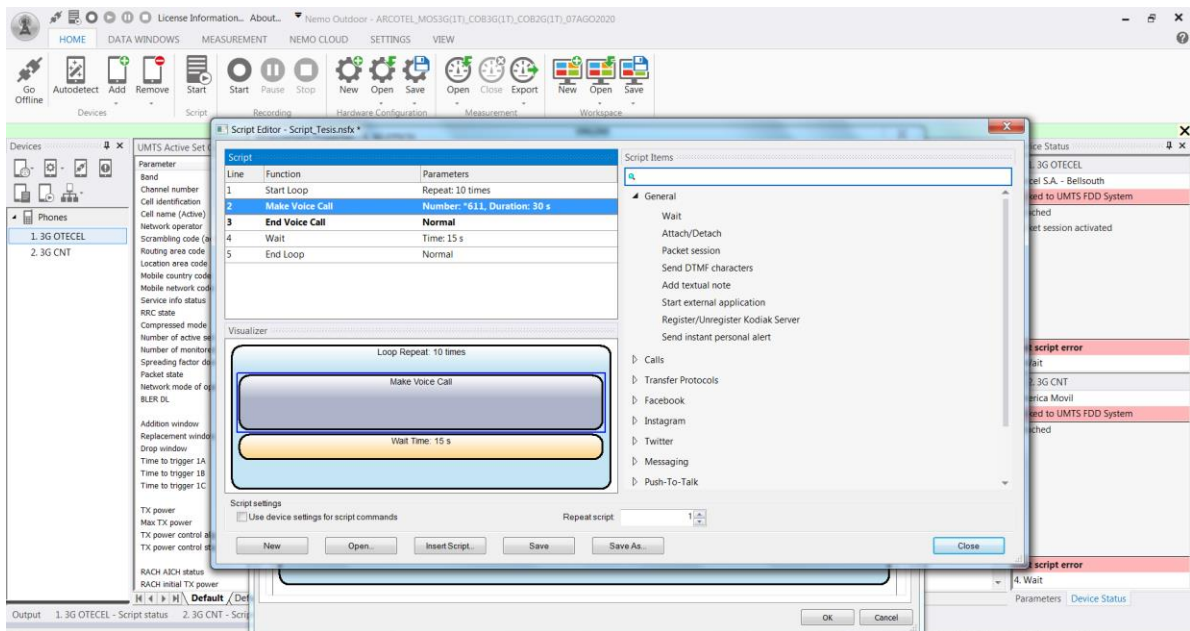


Figura 3.38: Parámetros establecidos en Nemo Outdoor antes de medición. Elaborado por Autor.

A continuación, se observan las mediciones realizadas para uno de los escenarios planteados:

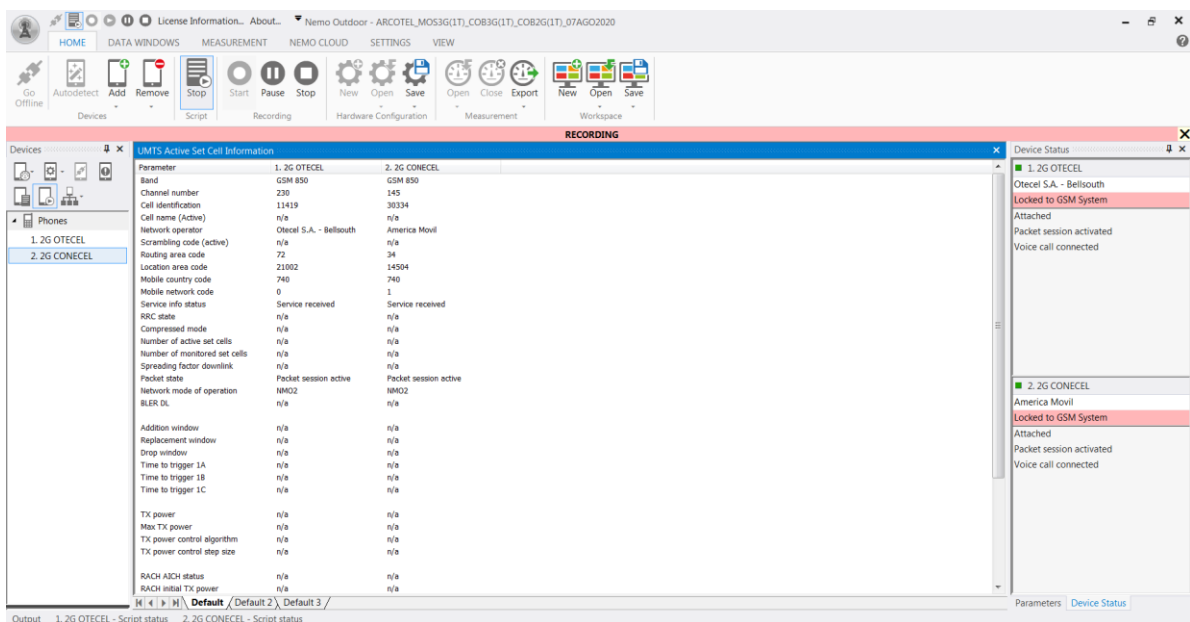


Figura 3.39: Escenario 1 y 2 para llamada de voz en RNA 2G OTECEL/CONECEL. Elaborado por Autor.

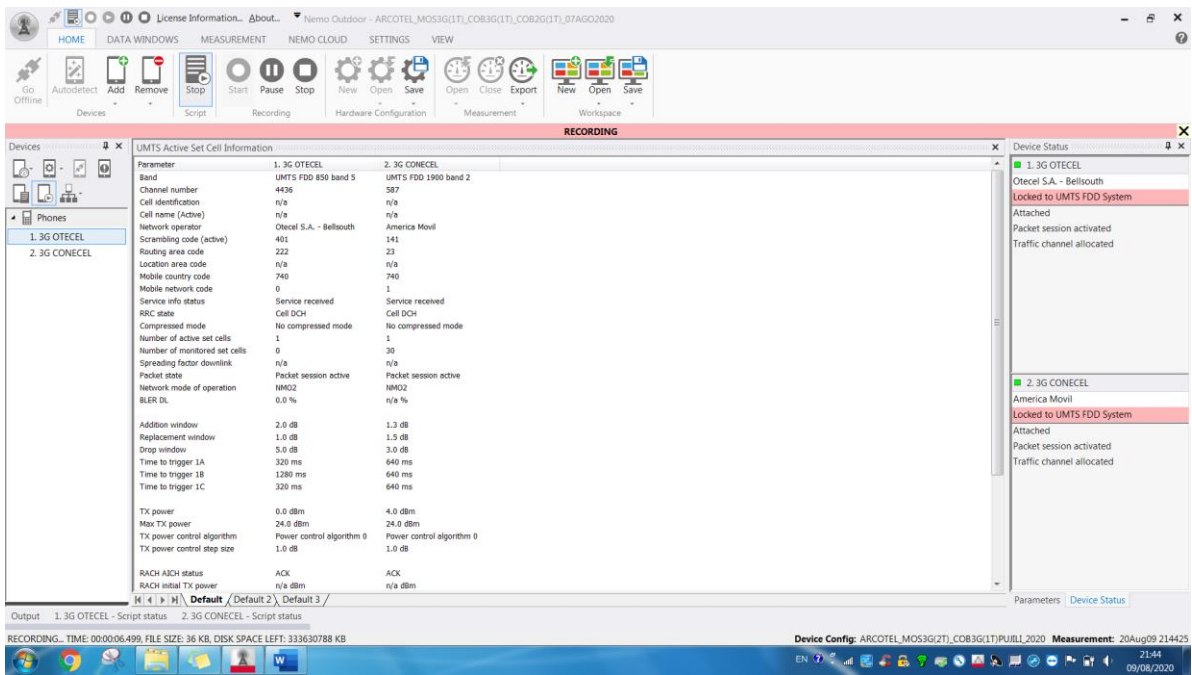


Figura 3.40: Escenario 3 y 4 para llamada de voz en RNA 3G OTECEL/CONECEL. Elaborado por Autor.

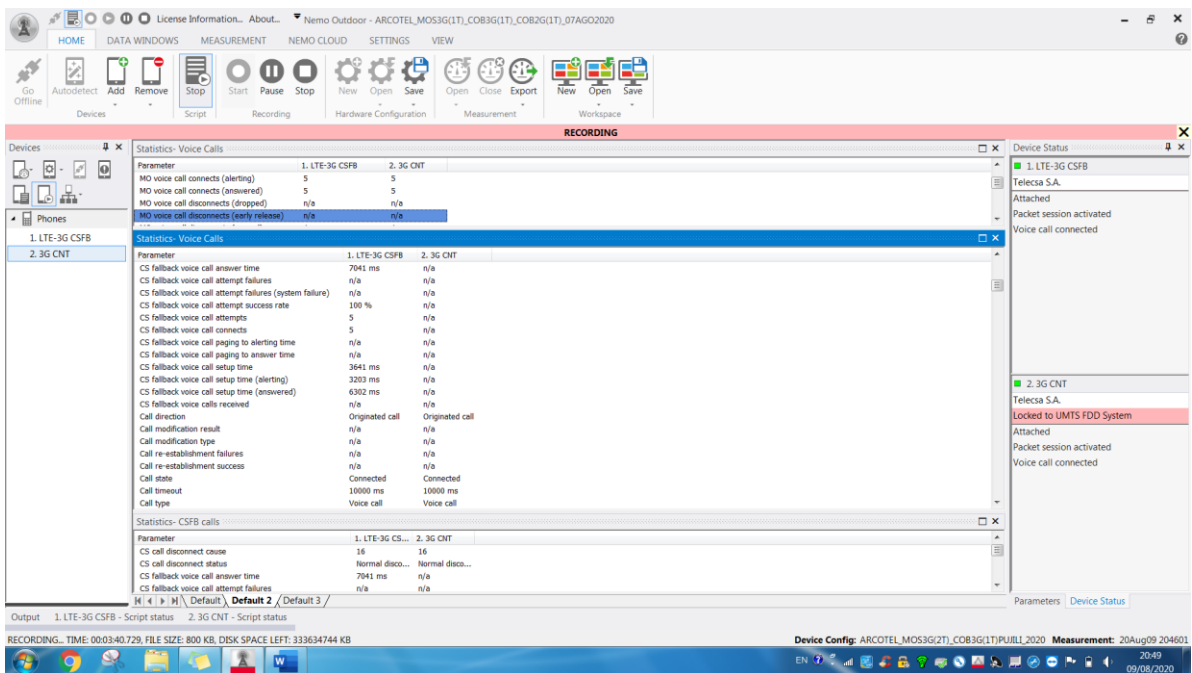


Figura 3.41: Escenario 5 y 6 para llamada de voz en CNT EP 3G/LTE (CS Fallback - 3G CNT EP) Elaborado por Autor.

Luego de obtener los logs del sistema de medición Nemo Outdoor, se procedió con el post-procesamiento de estos, mediante la herramienta Nemo Analyze que permite realizar un análisis rápido y eficiente, así como una mejor visualización de los datos obtenidos en las pruebas, como se observa en las Figuras 3.42 y 3.43.

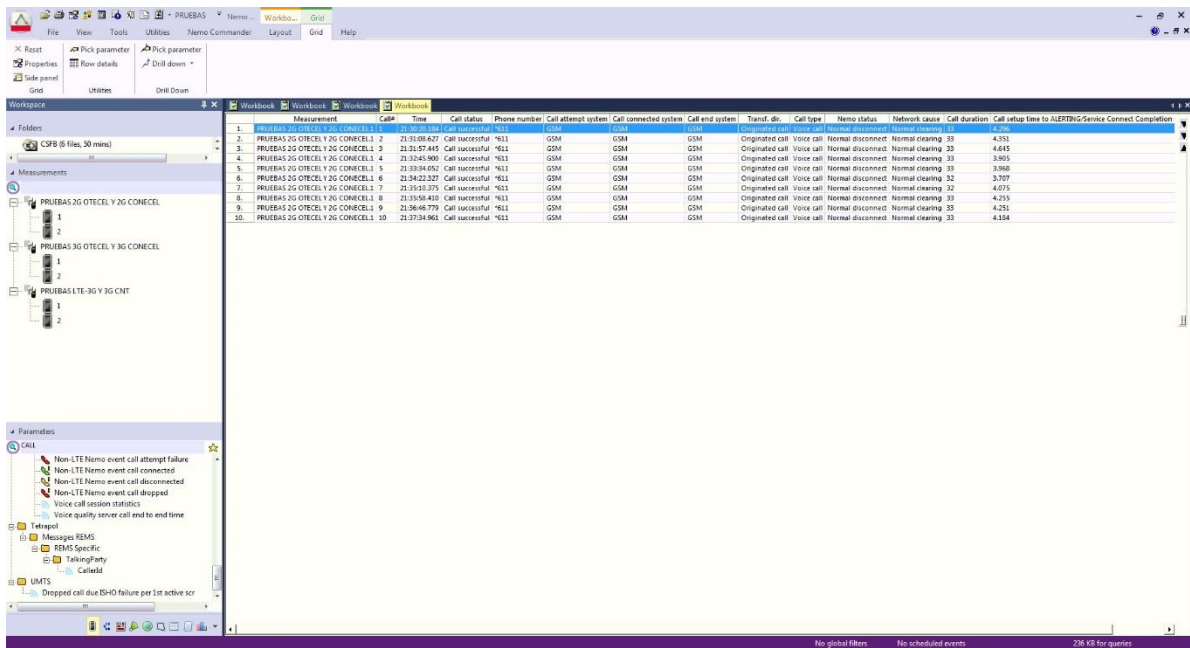


Figura 3.42: Realización de post-procesamiento de logs .nmf obtenidos de las mediciones.

Elaborado por Autor.

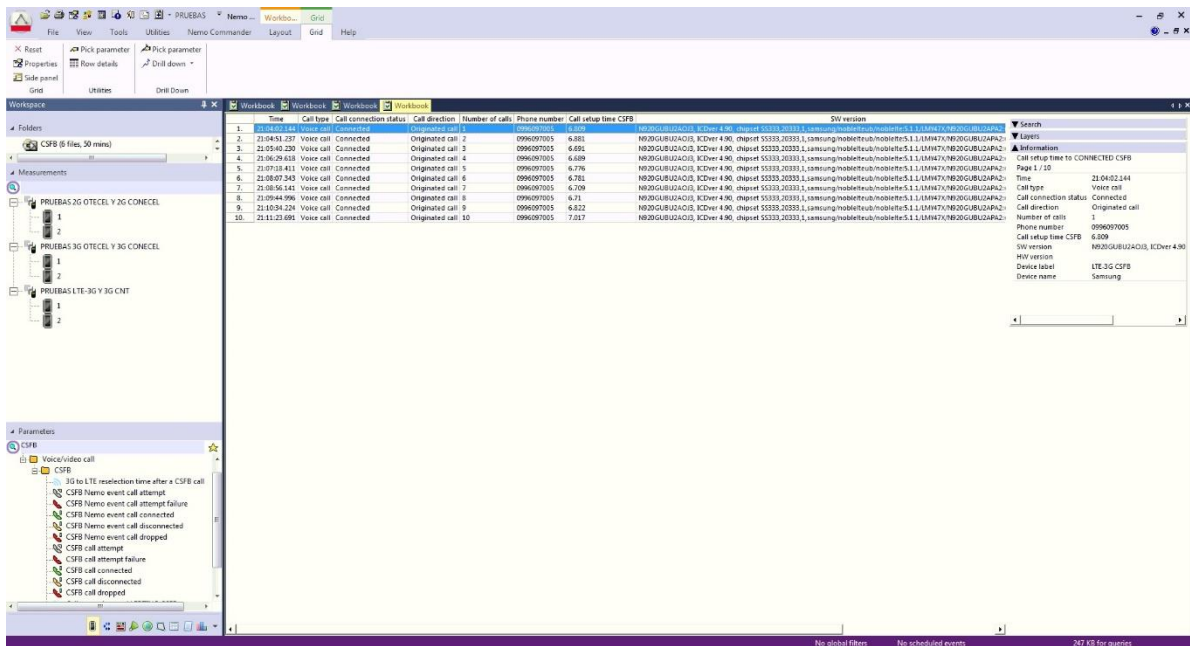


Figura 3.43: Realización de post-procesamiento de logs .nmf obtenidos de las mediciones.

Elaborado por Autor.

Para el Escenario 7, al considerar que la CNT EP se encuentra en implementación y despliegue del servicio VoLTE, los equipos de Drive Test Nemo Outdoor no poseen equipos terminales que soporten VoLTE, por lo que se utilizó trazados a nivel de los elementos del Core de la Red.

Para este escenario, se realizaron 10 llamadas de voz desde VoLTE hacia *611 y 10 llamadas de VoLTE a VoLTE.

Para obtener el tiempo de establecimiento de llamadas en VoLTE en los dos escenarios antes mencionados, se tomaron trazas en el CSCF (Call Session Control Function) ya que es el elemento encargado de realizar el enrutamiento de las llamadas VoLTE.

Para las llamadas hacia el *611 se tomó el tiempo de establecimiento de llamadas desde el mensaje INVITE inicial hasta el mensaje 200 OK, a continuación, unos ejemplos de cómo se obtuvo el tiempo de establecimiento de llamada:

Tabla 3-3: Tiempo de establecimiento de llamada VoLTE - *611

# Llamada	Llamada VoLTE - *611 CNT EP	Tiempo [s]
1	INVITE>14:52:38.462 200 OK>14:52:39.983	1.521

Nota: Elaborado por Autor.

No.	TimeStamp	Source Address	Source	Destination Address	Destination	Message Interface Type	Message Type	Call ID	Hex Message
1	2020-09-09 14:52:38.462	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30035	>TRC_MI_SIPC_UP	INVITE	asbcjgcbvfq@10.128...	INVITE sip:*611.phone-context=ims.mnc002.mcc740...
2	2020-09-09 14:52:38.462	10.71.4.12	30035	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	100 TRYING	asbcjgcbvfq@10.128...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0UDP 10.71.4.99.506...
3	2020-09-09 14:52:38.479	10.71.4.12	4256	10.41.129.69	19005	>TRC_MI_DNSENUM	SRV_QUERY_REQUEST		02 00 01 00 00 01 00 00 00 00 00 04 5F 73 69 70...
4	2020-09-09 14:52:38.518	10.71.4.12	4255	10.41.129.69	19005	>TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_REQUEST		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 09 75 69 6F 2D...
5	2020-09-09 14:52:38.503	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4256	>TRC_MI_DNSENUM	SRV_QUERY_RESPONSE		02 00 85 00 00 01 00 02 00 00 00 02 04 5F 73 69 70...
6	2020-09-09 14:52:38.517	10.71.4.12	4258	10.41.129.69	19005	>TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_REQUEST		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 09 67 79 65 2D...
7	2020-09-09 14:52:38.534	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4258	>TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_RESPONSE		02 01 85 00 00 01 00 01 00 00 00 09 67 79 65 2D...
8	2020-09-09 14:52:38.540	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4255	>TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_RESPONSE		02 01 85 00 00 01 00 01 00 00 00 09 75 69 6F 2D...
9	2020-09-09 14:52:38.534	10.71.4.12	30036	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	INVITE	asbcjgcbvfq@10.128...	INVITE sip:*611.phone-context=ims.mnc002.mcc740...
10	2020-09-09 14:52:38.573	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30036	>TRC_MI_SIPC_UP	100 TRYING	asbcjgcbvfq@10.128...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0UDP 10.71.4.12.506...
11	2020-09-09 14:52:38.590	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30036	<TRC_MI_SIPC_UP	INVITE	djxio53q6nimg6q3q...	INVITE tel:*611.phone-context=ims.mnc002.mcc740...
12	2020-09-09 14:52:38.590	10.71.4.12	30036	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	100 TRYING	djxio53q6nimg6q3q...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0UDP 10.71.4.9.5060...
13	2020-09-09 14:52:38.605	10.71.4.12	4257	10.41.129.69	19005	>TRC_MI_DNSENUM	SRV_QUERY_REQUEST		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 04 5F 73 69 70...
14	2020-09-09 14:52:38.620	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4257	>TRC_MI_DNSENUM	SRV_QUERY_RESPONSE		02 01 85 00 00 01 00 02 00 00 00 02 04 5F 73 69 70...
15	2020-09-09 14:52:38.635	10.71.4.12	4255	10.41.129.69	19005	>TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_REQUEST		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 0A 67 79 65 2...
16	2020-09-09 14:52:38.633	10.71.4.12	4256	10.41.129.69	19005	>TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_REQUEST		02 00 01 00 00 01 00 00 00 00 00 0A 75 69 6F 2...
17	2020-09-09 14:52:38.646	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4256	>TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_RESPONSE		02 00 85 00 00 01 00 01 00 00 00 0A 75 69 6F 2...
18	2020-09-09 14:52:38.661	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4255	>TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_RESPONSE		02 01 85 00 00 01 00 01 00 00 00 0A 67 79 65 2...
19	2020-09-09 14:52:38.655	10.71.4.12	30036	10.71.5.202	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	INVITE	djxio53q6nimg6q3q...	INVITE tel:*611.phone-context=ims.mnc002.mcc740...
20	2020-09-09 14:52:38.661	10.71.5.202	5060	10.71.4.12	30036	>TRC_MI_SIPC_UP	100 TRYING	djxio53q6nimg6q3q...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0UDP 10.71.4.12.506...
21	2020-09-09 14:52:39.094	10.71.5.202	5060	10.71.4.12	30036	<TRC_MI_SIPC_UP	183 SESSION PROGR...	djxio53q6nimg6q3q...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0UDP 10.7...
22	2020-09-09 14:52:39.095	10.71.4.12	30036	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGR...	djxio53q6nimg6q3q...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0UDP 10.7...
23	2020-09-09 14:52:39.118	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30036	>TRC_MI_SIPC_UP	183 SESSION PROGR...	asbcjgcbvfq@10.128...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0UDP 10.7...
24	2020-09-09 14:52:39.119	10.71.4.12	30035	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGR...	asbcjgcbvfq@10.128...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0UDP 10.7...
25	2020-09-09 14:52:39.278	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30036	>TRC_MI_SIPC_UP	PRACK	asbcjgcbvfq@10.128...	PRACK sip:10.71.4.9.5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0UDP...
26	2020-09-09 14:52:39.279	10.71.4.12	30036	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	PRACK	asbcjgcbvfq@10.128...	PRACK sip:10.71.4.9.5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0UDP...
27	2020-09-09 14:52:39.298	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30036	>TRC_MI_SIPC_UP	PRACK	djxio53q6nimg6q3q...	PRACK sip:10.71.5.202.5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0U...
28	2020-09-09 14:52:39.299	10.71.4.12	30036	10.71.5.202	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	PRACK	djxio53q6nimg6q3q...	PRACK sip:10.71.5.202.5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0U...
29	2020-09-09 14:52:39.310	10.71.5.202	5060	10.71.4.12	30036	>TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	djxio53q6nimg6q3q...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0UDP 10.71.4.12.5060.br...
30	2020-09-09 14:52:39.311	10.71.4.12	30036	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	djxio53q6nimg6q3q...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0UDP 10.71.4.9.5060.br...
31	2020-09-09 14:52:39.334	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30036	>TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	asbcjgcbvfq@10.128...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0UDP 10.71.4.12.5060.br...
32	2020-09-09 14:52:39.335	10.71.4.12	30036	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	asbcjgcbvfq@10.128...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0UDP 10.71.4.99.5060.br...
33	2020-09-09 14:52:39.959	10.71.5.202	5060	10.71.4.12	30036	>TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	djxio53q6nimg6q3q...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0UDP 10.71.4.12.5060.br...
34	2020-09-09 14:52:39.959	10.71.4.12	30036	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	djxio53q6nimg6q3q...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0UDP 10.71.4.9.5060.br...
35	2020-09-09 14:52:39.982	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30036	>TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	asbcjgcbvfq@10.128...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0UDP 10.71.4.12.5060.br...
36	2020-09-09 14:52:39.983	10.71.4.12	30035	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	asbcjgcbvfq@10.128...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0UDP 10.71.4.99.5060.br...
37	2020-09-09 14:52:40.102	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30036	>TRC_MI_SIPC_UP	ACK	asbcjgcbvfq@10.128...	ACK sip:10.71.4.9.5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0UDP 10...
38	2020-09-09 14:52:40.103	10.71.4.12	30036	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	ACK	asbcjgcbvfq@10.128...	ACK sip:10.71.4.9.5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0UDP 10...
39	2020-09-09 14:52:40.126	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30036	>TRC_MI_SIPC_UP	ACK	djxio53q6nimg6q3q...	ACK sip:10.71.5.202.5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0UDP...
40	2020-09-09 14:52:40.127	10.71.4.12	30036	10.71.5.202	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	ACK	djxio53q6nimg6q3q...	ACK sip:10.71.5.202.5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0UDP...
41	2020-09-09 14:52:49.123	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30036	>TRC_MI_SIPC_UP	BYE	asbcjgcbvfq@10.128...	BYE sip:10.71.4.9.5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0UDP 10...
42	2020-09-09 14:52:49.124	10.71.4.12	30036	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	BYE	asbcjgcbvfq@10.128...	BYE sip:10.71.4.9.5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0UDP 10...

Figura 3.44: Trazado en CSCF para llamada de voz VoLTE - *611 (Ejemplo 1). Elaborado por Autor.

Tabla 3-4: Tiempo de establecimiento de llamada VoLTE - *611

# Llamada	Llamada VoLTE - *611 CNT EP	Tiempo [s]
2	INVITE>15:22:41.041 200 OK>15:22:42.696	1.655

Nota: Elaborado por Autor.

No.	TimeStamp	Source Address	Source	Destination Address	Destination	Message Interface Type	Message Type	Call ID	Hex Message
133	2020-09-09 15:22:41.041	10.71.4.12	5060	10.71.4.12	30131	<TRC_MI_SIPC_UP	INVITE	asbcdBgcvdK@10.12	INVITE sip:611.phone-context@ims.mnc002.mcc740...
134	2020-09-09 15:22:41.042	10.71.4.12	30131	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	100 TRYING	asbcdBgcvdK@10.12	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.99:506...
135	2020-09-09 15:22:41.052	10.71.4.12	4256	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	SRV_QUERY_REQUEST		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 00 04 5F 73 69 70...
136	2020-09-09 15:22:41.086	10.71.4.12	4257	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_REQUEST		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 00 09 75 69 6F 2D...
137	2020-09-09 15:22:41.107	10.71.4.12	30132	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	INVITE	asbcdBgcvdK@10.12	INVITE sip:611.phone-context@ims.mnc002.mcc740...
138	2020-09-09 15:22:41.072	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4256	TRC_MI_DNSENUM	SRV_QUERY_REQUEST		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 00 04 5F 73 69 70...
139	2020-09-09 15:22:41.084	10.71.4.12	4256	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_REQUEST		02 00 01 00 00 01 00 00 00 00 00 00 09 67 79 65 2D...
140	2020-09-09 15:22:41.105	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4256	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_RESPONSE		02 00 85 00 00 01 00 01 00 00 00 00 00 09 67 79 65 2D...
141	2020-09-09 15:22:41.101	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4257	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_RESPONSE		02 01 85 00 00 01 00 01 00 00 00 00 00 09 67 79 6F 2D...
142	2020-09-09 15:22:41.165	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	100 TRYING	asbcdBgcvdK@10.12	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:506...
143	2020-09-09 15:22:41.181	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	INVITE		INVITE tel:611.phone-context@ims.mnc002.mcc740...
144	2020-09-09 15:22:41.185	10.71.4.12	30132	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	100 TRYING	2kxwme12qzwezqlj2k...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060...
145	2020-09-09 15:22:41.212	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4255	TRC_MI_DNSENUM	SRV_QUERY_REQUEST		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 00 04 5F 73 69 70...
146	2020-09-09 15:22:41.225	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4255	TRC_MI_DNSENUM	SRV_QUERY_REQUEST		02 01 85 00 00 01 00 02 00 00 00 02 04 5F 73 69 70...
147	2020-09-09 15:22:41.224	10.71.4.12	4257	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_REQUEST		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 00 0A 67 79 65 2...
148	2020-09-09 15:22:41.224	10.71.4.12	4258	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_REQUEST		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 00 0A 67 69 6F 2...
149	2020-09-09 15:22:41.233	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4257	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_RESPONSE		02 01 85 00 00 01 00 01 00 00 00 00 0A 67 79 65 2...
150	2020-09-09 15:22:41.236	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4258	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_RESPONSE		02 01 85 00 00 01 00 01 00 00 00 00 0A 67 69 6F 2...
151	2020-09-09 15:22:41.238	10.71.4.12	30132	10.71.5.202	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	INVITE	2kxwme12qzwezqlj2k...	INVITE tel:611.phone-context@ims.mnc002.mcc740...
152	2020-09-09 15:22:41.252	10.71.5.202	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	100 TRYING	2kxwme12qzwezqlj2k...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:506...
153	2020-09-09 15:22:41.740	10.71.5.202	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	183 SESSION PROGR...	2kxwme12qzwezqlj2k...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
154	2020-09-09 15:22:41.741	10.71.4.12	30132	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGR...	2kxwme12qzwezqlj2k...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
155	2020-09-09 15:22:41.772	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	183 SESSION PROGR...	asbcdBgcvdK@10.12	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
156	2020-09-09 15:22:41.773	10.71.4.12	30131	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGR...	asbcdBgcvdK@10.12	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
157	2020-09-09 15:22:41.941	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	PRACK	asbcdBgcvdK@10.12	PRACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
158	2020-09-09 15:22:41.941	10.71.4.12	30132	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	PRACK	asbcdBgcvdK@10.12	PRACK sip:10.71.5.202:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
159	2020-09-09 15:22:41.972	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	PRACK	2kxwme12qzwezqlj2k...	PRACK sip:10.71.5.202:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
160	2020-09-09 15:22:41.973	10.71.4.12	30132	10.71.5.202	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	PRACK	2kxwme12qzwezqlj2k...	PRACK sip:10.71.5.202:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
161	2020-09-09 15:22:41.988	10.71.5.202	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	2kxwme12qzwezqlj2k...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060;br...
162	2020-09-09 15:22:41.989	10.71.4.12	30132	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	2kxwme12qzwezqlj2k...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060;br...
163	2020-09-09 15:22:42.013	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	asbcdBgcvdK@10.12	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060;br...
164	2020-09-09 15:22:42.013	10.71.4.12	30132	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	asbcdBgcvdK@10.12	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.99:5060;br...
165	2020-09-09 15:22:42.661	10.71.5.202	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	2kxwme12qzwezqlj2k...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060;br...
166	2020-09-09 15:22:42.661	10.71.4.12	30132	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	2kxwme12qzwezqlj2k...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060;br...
167	2020-09-09 15:22:42.696	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	asbcdBgcvdK@10.12	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060;br...
168	2020-09-09 15:22:42.696	10.71.4.12	30131	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	asbcdBgcvdK@10.12	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.99:5060;br...
169	2020-09-09 15:22:42.815	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	ACK	asbcdBgcvdK@10.12	ACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP 10...
170	2020-09-09 15:22:42.816	10.71.4.12	30132	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	ACK	asbcdBgcvdK@10.12	ACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP 10...
171	2020-09-09 15:22:42.840	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	ACK	2kxwme12qzwezqlj2k...	ACK sip:10.71.5.202:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP ...
172	2020-09-09 15:22:42.840	10.71.4.12	30132	10.71.5.202	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	ACK	2kxwme12qzwezqlj2k...	ACK sip:10.71.5.202:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP ...
173	2020-09-09 15:22:57.676	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30132	>TRC_MI_SIPC_UP	BYE	asbcdBgcvdK@10.12	BYE sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP 10...
174	2020-09-09 15:22:57.677	10.71.4.12	30132	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	BYE	asbcdBgcvdK@10.12	BYE sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP 10...

Figura 3.45: Escenario 7: Llamada de voz VoLTE - *611 (Ejemplo 2). Elaborado por Autor.

A continuación, se resume los resultados obtenidos mediante trazas en el Core de la red de la CNT EP para las 10 llamadas desde usuario VoLTE al *611:

Tabla 3-5: Tiempo de establecimiento de llamada para 10 muestras (VoLTE - *611)

# Llamada	Mensajería en Trazado	Tiempo de establecimiento de llamada [s]
1	INVITE>14:52:38.462 200 OK>14:52:39.983	1,521
2	INVITE>14:53:05.796 200 OK>14:53:07.372	1,576
3	INVITE>15:19:52.803 200 OK>15:19:54.483	1,680
4	INVITE>15:22:41.041 200 OK>15:22:42.696	1,655
5	INVITE>15:25:01.220 200 OK>15:25:02.890	1,670
6	INVITE>15:29:40.900 200 OK>15:29:42.509	1,609
7	INVITE>15:34:18.498 200 OK>15:34:20.189	1,691
8	INVITE>15:38:31.394 200 OK>15:38:32.976	1,582
9	INVITE>15:49:34.176 200 OK>15:49:35.994	1,818
10	INVITE>15:50:39.926 200 OK>15:50:41.777	1,851

Nota: Elaborado por Autor.

Además, se consideró realizar otra toma de muestras para llamadas de VoLTE a VoLTE, para este escenario se tomó la duración desde el primer INVITE hasta el primer RINGING, como se observa a continuación:

Tabla 3-6: Tiempo de establecimiento de llamada VoLTE - VoLTE

# Llamada	Llamada VoLTE - VoLTE CNT EP	Tiempo [s]
1	INVITE>16:17:11.006 200 OK>16:17:12.788	1.782

Nota: Elaborado por Autor.

No.	TimeStamp	Source Addr	Sour	Destination A	Dest.	Message Interface Ty	Message Type	Call ID	Hex Message
179	2020-09-09 16:17:11.006	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30019	<TRC_MI_SIPC_UP	INVITE	asbcdBhcbLj@10.12...	INVITE sip:0961474127@10.12... phone-context=ims.mnc002
180	2020-09-09 16:17:11.006	10.71.4.12	30019	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	100 TRYING	asbcdBhcbLj@10.12...	SIP/2 0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.99:5060...
181	2020-09-09 16:17:11.018	10.71.4.12	4257	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	SRV_QUERY_REQ...		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 04 5F 73 69 70...
182	2020-09-09 16:17:11.039	10.71.4.12	4256	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_REQUEST		02 00 01 00 00 01 00 00 00 00 00 09 75 69 6F 2D...
183	2020-09-09 16:17:11.027	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4257	TRC_MI_DNSENUM	SRV_QUERY_RESP...		02 01 85 00 00 01 00 02 00 00 02 04 5F 73 69 70...
184	2020-09-09 16:17:11.040	10.71.4.12	4255	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_REQUEST		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 08 67 79 65 2D...
185	2020-09-09 16:17:11.060	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4255	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_RESPONSE		02 01 85 00 00 01 00 01 00 00 00 00 09 67 79 65 2D...
186	2020-09-09 16:17:11.057	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	INVITE	asbcdBhcbLj@10.12...	INVITE sip:0961474127@10.12... phone-context=ims.mnc002
187	2020-09-09 16:17:11.059	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4256	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_RESPONSE		02 00 85 00 00 01 00 01 00 00 00 09 75 69 6F 2D...
188	2020-09-09 16:17:11.094	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	100 TRYING	asbcdBhcbLj@10.12...	SIP/2 0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060...
189	2020-09-09 16:17:11.249	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	INVITE	m9fk7f1c60qobbkomo...	INVITE tel:+593961474127 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
190	2020-09-09 16:17:11.249	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	100 TRYING	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060...
191	2020-09-09 16:17:11.256	10.71.4.12	4258	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	NAPTR_QUERY_REQ...		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 01 31 01 32 01...
192	2020-09-09 16:17:11.274	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4258	TRC_MI_DNSENUM	NAPTR_QUERY_RES...		02 01 85 00 00 01 00 01 00 00 00 00 31 01 32 01...
193	2020-09-09 16:17:11.291	10.71.4.12	4257	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	SRV_QUERY_REQ...		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 04 5F 73 69 70...
194	2020-09-09 16:17:11.302	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4257	TRC_MI_DNSENUM	SRV_QUERY_RESP...		02 01 85 00 00 01 00 02 00 00 02 04 5F 73 69 70...
195	2020-09-09 16:17:11.314	10.71.4.12	4256	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_REQUEST		02 00 01 00 00 01 00 00 00 00 00 08 67 79 65 2D...
196	2020-09-09 16:17:11.315	10.71.4.12	4255	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_REQUEST		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 08 67 79 65 2D...
197	2020-09-09 16:17:11.316	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4256	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_RESPONSE		02 00 85 00 00 01 00 01 00 00 00 08 67 79 65 2D...
198	2020-09-09 16:17:11.330	10.71.4.12	30022	10.71.4.13	30022	TRC_MI_SIPC_SHORT	INVITE	m9fk7f1c60qobbkomo...	INVITE sip:+593961474127@10.12... mnc002.mcc740.3...
199	2020-09-09 16:17:11.330	10.71.4.13	30022	10.71.4.12	30020	TRC_MI_SIPC_UP	100 TRYING	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060...
200	2020-09-09 16:17:11.331	10.71.4.149	10516	10.71.6.227	5107	TRC_MI_DIAM_CXDX...	LIR		01 00 01 78 C0 00 01 2E 01 00 00 00 00 10 02 CC 0...
201	2020-09-09 16:17:11.335	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4255	TRC_MI_DNSENUM	A_QUERY_RESPONSE		02 01 85 00 00 01 00 01 00 00 00 08 67 79 65 2D...
202	2020-09-09 16:17:11.457	10.71.6.227	5107	10.71.4.149	10516	TRC_MI_DIAM_CXDX...	LIA		01 00 01 40 40 00 01 2E 01 00 00 00 00 10 02 CC 0...
203	2020-09-09 16:17:11.462	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	INVITE	m9fk7f1c60qobbkomo...	INVITE sip:+593961474127@10.12... mnc002.mcc740.3...
204	2020-09-09 16:17:11.501	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	100 TRYING	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060...
205	2020-09-09 16:17:11.668	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	INVITE	m9fk7f1c60qobbkomo...	INVITE sip:+593961474127@10.12... mnc002.mcc740.3...
206	2020-09-09 16:17:11.669	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	100 TRYING	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060...
207	2020-09-09 16:17:11.670	10.71.4.12	30020	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	INVITE	m9fk7f1c60qobbkomo...	INVITE sip:740020190216755@10.128.48.15:31876.tran...
208	2020-09-09 16:17:11.676	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	100 TRYING	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060...
209	2020-09-09 16:17:12.293	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	183 SESSION PROGR...	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
210	2020-09-09 16:17:12.294	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGR...	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
211	2020-09-09 16:17:12.316	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	183 SESSION PROGR...	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
212	2020-09-09 16:17:12.317	10.71.4.13	30022	10.71.4.12	30020	TRC_MI_SIPC_SHORT	183 SESSION PROGR...	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
213	2020-09-09 16:17:12.317	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGR...	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
214	2020-09-09 16:17:12.349	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	183 SESSION PROGR...	asbcdBhcbLj@10.12...	SIP/2 0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
215	2020-09-09 16:17:12.349	10.71.4.12	30019	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGR...	asbcdBhcbLj@10.12...	SIP/2 0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
216	2020-09-09 16:17:12.661	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	PRACK	asbcdBhcbLj@10.12...	PRACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
217	2020-09-09 16:17:12.661	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	PRACK	asbcdBhcbLj@10.12...	PRACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
218	2020-09-09 16:17:12.692	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	PRACK	m9fk7f1c60qobbkomo...	PRACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
219	2020-09-09 16:17:12.693	10.71.4.12	30020	10.71.4.13	30022	TRC_MI_SIPC_SHORT	PRACK	m9fk7f1c60qobbkomo...	PRACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
220	2020-09-09 16:17:12.693	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	PRACK	m9fk7f1c60qobbkomo...	PRACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
221	2020-09-09 16:17:12.717	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	PRACK	m9fk7f1c60qobbkomo...	PRACK sip:+593961474127@10.128.48.15:31876.tran...
222	2020-09-09 16:17:12.717	10.71.4.12	30020	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	PRACK	m9fk7f1c60qobbkomo...	PRACK sip:+593961474127@10.128.48.15:31876.tran...
223	2020-09-09 16:17:12.780	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060.br...
224	2020-09-09 16:17:12.781	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060.br...
225	2020-09-09 16:17:12.788	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	180 RINGING	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 180 Ringing Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060.br...
226	2020-09-09 16:17:12.789	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	180 RINGING	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 180 Ringing Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060.br...
227	2020-09-09 16:17:12.805	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060.br...
228	2020-09-09 16:17:12.805	10.71.4.13	30022	10.71.4.12	30020	TRC_MI_SIPC_SHORT	200 OK	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060.br...
229	2020-09-09 16:17:12.805	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060.br...
230	2020-09-09 16:17:12.820	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	180 RINGING	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 180 Ringing Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:50...
231	2020-09-09 16:17:12.821	10.71.4.13	30022	10.71.4.12	30020	TRC_MI_SIPC_SHORT	180 RINGING	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 180 Ringing Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:50...
232	2020-09-09 16:17:12.821	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	180 RINGING	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 180 Ringing Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:506...
233	2020-09-09 16:17:12.836	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	asbcdBhcbLj@10.12...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060.br...
234	2020-09-09 16:17:12.837	10.71.4.12	30020	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	asbcdBhcbLj@10.12...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.99:5060.br...
235	2020-09-09 16:17:12.845	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	180 RINGING	asbcdBhcbLj@10.12...	SIP/2 0 180 Ringing Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:50...
236	2020-09-09 16:17:12.845	10.71.4.12	30019	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	180 RINGING	asbcdBhcbLj@10.12...	SIP/2 0 180 Ringing Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.99:50...
237	2020-09-09 16:17:15.781	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060.br...
238	2020-09-09 16:17:15.782	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060.br...
239	2020-09-09 16:17:15.809	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060.br...
240	2020-09-09 16:17:15.809	10.71.4.13	30022	10.71.4.12	30020	TRC_MI_SIPC_SHORT	200 OK	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060.br...
241	2020-09-09 16:17:15.810	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	m9fk7f1c60qobbkomo...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060.br...
242	2020-09-09 16:17:15.840	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	asbcdBhcbLj@10.12...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060.br...
243	2020-09-09 16:17:15.841	10.71.4.12	30019	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	asbcdBhcbLj@10.12...	SIP/2 0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.99:5060.br...
244	2020-09-09 16:17:16.192	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30020	<TRC_MI_SIPC_UP	ACK	asbcdBhcbLj@10.12...	ACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP 10...
245	2020-09-09 16:17:16.193	10.71.4.12	30020	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	ACK	asbcdBhcbLj@10.12...	ACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP 10...
246									

No.	TimeStamp	Source Addr.	Sour.	Destination A.	Dest.	Message Interface Ty.	Message Type	Call ID	Hex Message
534	2020-09-09 16:24:07.193	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30067	<TRC_MI_SIPC_UP	INVITE	ascbYhcbLwQP@10...	INVITE sip:0961474127@ims.mmc002.mcc740.3...
535	2020-09-09 16:24:07.193	10.71.4.12	30067	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	100 TRYING	ascbYhcbLwQP@10...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.99:506...
536	2020-09-09 16:24:07.197	10.71.4.12	30068	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	INVITE	ascbYhcbLwQP@10...	INVITE sip:0961474127@ims.mmc002.mcc740.3...
537	2020-09-09 16:24:07.240	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	100 TRYING	ascbYhcbLwQP@10...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:506...
538	2020-09-09 16:24:07.370	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	INVITE	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	INVITE tel:+593961474127 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
539	2020-09-09 16:24:07.371	10.71.4.12	30068	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	100 TRYING	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060...
540	2020-09-09 16:24:07.395	10.71.4.12	30068	10.71.4.13	30070	TRC_MI_SIPC_SHORT	INVITE	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	INVITE sip:+593961474127@ims.mmc002.mcc740.3...
541	2020-09-09 16:24:07.395	10.71.4.13	30070	10.71.4.12	30068	TRC_MI_SIPC_SHORT	100 TRYING	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:506...
542	2020-09-09 16:24:07.395	10.71.4.133	10509	10.71.6.218	5100	TRC_MI_DIAM_CXDX...	LIR		01 00 01 78 C0 00 01 2E 01 00 00 00 00 40 02 6E A...
543	2020-09-09 16:24:07.389	10.71.4.12	4255	10.41.129.69	19005	TRC_MI_DNSENUM	NAPTR_QUERY_REQ...		02 01 01 00 00 01 00 00 00 00 00 01 37 01 32 01...
544	2020-09-09 16:24:07.400	10.41.129.69	19005	10.71.4.12	4255	TRC_MI_DNSENUM	NAPTR_QUERY_RES...		02 01 85 00 00 01 01 00 01 00 00 00 00 01 37 01 32 01...
545	2020-09-09 16:24:07.548	10.71.6.218	5100	10.71.4.133	10509	TRC_MI_DIAM_CXDX...	LIA		01 00 01 40 40 00 01 2E 01 00 00 00 00 40 02 6E A...
546	2020-09-09 16:24:07.594	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	INVITE	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	INVITE sip:+593961474127@ims.mmc002.mcc740.3...
547	2020-09-09 16:24:07.594	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	100 TRYING	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:506...
548	2020-09-09 16:24:07.718	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	INVITE	bd7anrbtpredstoyvrt...	INVITE sip:+593961474127@ims.mmc002.mcc740.3...
549	2020-09-09 16:24:07.718	10.71.4.12	30068	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	100 TRYING	bd7anrbtpredstoyvrt...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060...
550	2020-09-09 16:24:07.719	10.71.4.12	30068	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	INVITE	bd7anrbtpredstoyvrt...	INVITE sip:740020190216758@10.128.48.15:31876...
551	2020-09-09 16:24:07.725	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	100 TRYING	bd7anrbtpredstoyvrt...	SIP/2.0 100 Trying Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:506...
552	2020-09-09 16:24:08.729	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	183 SESSION PROGR...	bd7anrbtpredstoyvrt...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
553	2020-09-09 16:24:08.729	10.71.4.12	30068	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGR...	bd7anrbtpredstoyvrt...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
554	2020-09-09 16:24:08.752	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	183 SESSION PROGR...	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
555	2020-09-09 16:24:08.753	10.71.4.13	30070	10.71.4.12	30068	TRC_MI_SIPC_SHORT	183 SESSION PROGR...	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
556	2020-09-09 16:24:08.753	10.71.4.12	30068	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGR...	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
557	2020-09-09 16:24:08.777	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	183 SESSION PROGR...	ascbYhcbLwQP@10...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
558	2020-09-09 16:24:08.777	10.71.4.12	30067	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGR...	ascbYhcbLwQP@10...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
559	2020-09-09 16:24:09.199	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	PRACK	ascbYhcbLwQP@10...	PRACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
560	2020-09-09 16:24:09.200	10.71.4.12	30068	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	PRACK	ascbYhcbLwQP@10...	PRACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
561	2020-09-09 16:24:09.214	10.71.4.12	30068	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGR...	bd7anrbtpredstoyvrt...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
562	2020-09-09 16:24:09.231	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	PRACK	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	PRACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
563	2020-09-09 16:24:09.232	10.71.4.12	30068	10.71.4.13	30070	TRC_MI_SIPC_SHORT	PRACK	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	PRACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
564	2020-09-09 16:24:09.232	10.71.4.12	30068	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	PRACK	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	PRACK sip:10.71.4.9:5060 SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP...
565	2020-09-09 16:24:09.233	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	183 SESSION PROGR...	bd7anrbtpredstoyvrt...	SIP/2.0 183 Session Progress Via: SIP/2.0/UDP 10.7...
566	2020-09-09 16:24:09.257	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	PRACK	bd7anrbtpredstoyvrt...	PRACK sip:+593961474127@10.128.48.15:31876.tr...
567	2020-09-09 16:24:09.257	10.71.4.12	30068	10.71.4.99	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	PRACK	bd7anrbtpredstoyvrt...	PRACK sip:+593961474127@10.128.48.15:31876.tr...
568	2020-09-09 16:24:09.401	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	bd7anrbtpredstoyvrt...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060.br...
569	2020-09-09 16:24:09.401	10.71.4.12	30068	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	bd7anrbtpredstoyvrt...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060.br...
570	2020-09-09 16:24:09.416	10.71.4.99	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	180 RINGING	bd7anrbtpredstoyvrt...	SIP/2.0 180 Ringing Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:50...
571	2020-09-09 16:24:09.417	10.71.4.12	30068	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	180 RINGING	bd7anrbtpredstoyvrt...	SIP/2.0 180 Ringing Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:506...
572	2020-09-09 16:24:09.433	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	200 OK	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060.br...
573	2020-09-09 16:24:09.433	10.71.4.13	30070	10.71.4.12	30068	TRC_MI_SIPC_SHORT	200 OK	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:5060.br...
574	2020-09-09 16:24:09.433	10.71.4.12	30068	10.71.4.9	5060	<TRC_MI_SIPC_DOWN	200 OK	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.9:5060.br...
575	2020-09-09 16:24:09.441	10.71.4.9	5060	10.71.4.12	30068	>TRC_MI_SIPC_UP	180 RINGING	fheijz1mk3lezq2jhwjh...	SIP/2.0 180 Ringing Via: SIP/2.0/UDP 10.71.4.12:50...

Figura 3.47: Escenario 7: Llamada de voz VoLTE - VoLTE (Ejemplo 2). Elaborado por Autor.

A continuación, se resume los resultados obtenidos mediante trazas en el Core de la red de la CNT EP para las 10 llamadas desde usuario VoLTE a VoLTE:

Tabla 3-8: Tiempo de establecimiento de llamada para 10 muestras (VoLTE - VoLTE)

# Llamada	Mensajería en Trazado	Tiempo de establecimiento de llamada [s]
1	INVITE>16:13:25.533 RINGING>16:13:27.728	2,195
2	INVITE>16:15:51.303 RINGING>16:15:54.065	2,762
3	INVITE>16:17:11.006 RINGING >16:17:12.788	1,782
4	INVITE>16:19:27.883 RINGING >16:19:30.107	2,224
5	INVITE>16:21:14.864 RINGING >16:21:16.716	1,852
6	INVITE>16:22:58.743 RINGING >16:23:01.714	2,971
7	INVITE>16:24:07.193 RINGING >16:24:09.416	2,223
8	INVITE>16:25:10.901 RINGING >16:25:13.475	2,574
9	INVITE>16:26:24.298 RINGING >16:26:26.409	2,111
10	INVITE>16:27:57.195 RINGING >16:27:59.736	2,541

Nota: Elaborado por Autor.

3.4.2 Resultados obtenidos

Luego de obtener las mediciones de los siete escenarios planteados, se procede a realizar la tabulación correspondiente, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3-9: *Tiempos de establecimiento de llamada en las diferentes tecnologías de acceso*

# Llamada	RNA 2G OTECCEL	RNA 2G CONECEL	RNA 3G OTECCEL	RNA 3G CONECEL	3G CNT EP	CS Fallback - 3G CNT EP	VoLTE CNT EP
1	4,296	3,893	5,099	3,944	4,639	6,809	1,521
2	4,351	4,063	3,75	4,068	3,955	6,881	1,576
3	4,645	4,04	3,549	4,695	3,823	6,691	1,680
4	3,905	3,814	4,297	3,784	4,916	6,689	1,655
5	3,968	4,201	3,959	4,109	4,054	6,776	1,670
6	3,707	5,09	4,231	3,487	4,042	6,781	1,609
7	4,075	3,582	3,353	3,523	3,478	6,709	1,691
8	4,255	4,004	4,348	3,987	4,115	6,710	1,582
9	4,251	3,987	3,725	3,759	4,568	6,822	1,818
10	4,184	3,775	3,778	4,017	3,921	7,017	1,851
PROMEDIO	4,164	4,045	4,009	3,937	4,151	6,789	1,665

Nota: Información obtenida a través de la herramienta Nemo Outdoor/Analyze y trazados en el Core de la Red de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones. Elaborado por Autor.

Como se puede observar en la Tabla 3-9, el tiempo de establecimiento de llamada es diferente para cada escenario. En lo que respecta a VoLTE el tiempo queda reducido en aproximadamente 2,5 segundos con respecto 2G RNA (OTECCEL/CONECEL), en promedio 2,3 segundos frente a la tecnología 3G RNA (OTECCEL/CONECEL), casi 2,5 segundos en relación con 3G CNT y 5 segundos frente a CS Fallback.

Es importante mencionar que para el Escenario # 6 cuando un usuario realiza CS-Fallback desde la red 4G LTE hacia la red 3G de la CNT EP, el tiempo de establecimiento de llamada es la más alta en comparación con las otras tecnologías, ya que en la medida del tiempo de establecimiento de llamada para este caso, se debe considerar el retardo entre los mensajes EXTENDED SERVICE REQUEST que el terminal envía al MME para solicitar el proceso de CS Fallback y la recepción del mensaje ALERTING una vez que el terminal ya ha realizado la redirección a 3G.

Finalmente, de acuerdo con lo esperado y en base a la tabla de resultados, el tiempo promedio de establecimiento de llamada para VoLTE es de 1,665 segundos, es decir, su conexión es mucho más rápida en comparación con las otras tecnologías 2G/3G.

CAPÍTULO IV

4. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS GEOGRÁFICAS CON USO EXCESIVO DE RNA

4.1 Antecedentes

La cobertura de la CNT EP está compuesta por las redes de acceso móvil 3G (WCDMA/HSPA+), 4G LTE y 2G/3G a través de acuerdos de Roaming Nacional Automático con OTECEL y CONECEL en zonas donde no se dispone de cobertura mediante infraestructura propia.

Desde el año 2018, la CNT EP ha venido realizando el despliegue de estaciones LTE en la banda 700 MHz, con el objeto de mejorar la calidad de servicio en ambientes indoor y expandir la cobertura actual, evidenciándose que los niveles de señal han mejorado considerablemente en gran parte de las zonas donde la CNT EP ha desplegado LTE 700 MHz.

Sin embargo, en base a estadísticas obtenidas de la red, se ha evidenciado que existe una cantidad considerable de usuarios móviles que hacen uso de RNA a nivel nacional, lo cual conlleva a realizar un pago representativo por el uso de este servicio hacia los operadores de OTECEL y CONECEL. Además, dentro de estos usuarios existen abonados considerados como Heavy Users que hacen mal uso del servicio de voz y datos dentro del RNA, lo que afecta aún más a la economía de la CNT y a las estrategias empresariales y giro del negocio. Es por ello, que en este capítulo se identificará las zonas geográficas en donde existe un uso excesivo del Roaming Nacional Automático y los usuarios que provocan que este servicio sea usado inadecuadamente (Heavy Users), con la finalidad de enfocar los sitios y abonados principales para el futuro despliegue del servicio VoLTE.

4.2 Análisis técnico para la identificación de las zonas geográficas donde existe un uso excesivo del RNA

Durante el análisis técnico se obtuvo diversa información que brinda la red KPIs, CDRs, históricos de estadísticas de tráfico, con el objeto de verificar y analizar la información que nos ayudará a identificar las zonas geográficas donde existe un uso excesivo del Roaming Nacional Automático.

Dentro del análisis realizado se verificó que una de las plataformas que conforman el Core de Datos de la red móvil de la CNT EP y que genera CDRs es el UGW conformado por los elementos de red SGW/PGW, dichos CDRs son denominados PGW-CDRs, obtenidos desde el elemento de red PGW (Packet Data Network Gateway), los mismos que son

utilizados para la conciliación de tráfico de datos cuando un usuario de la CNT EP hace uso de RNA con OTECEL/CONECEL respectivamente.

Por lo que, como parte del análisis para verificar el uso excesivo de RNA, se ha realizado la revisión de los campos que puedan permitir verificar el volumen de tráfico y los sitios en donde existe la mayor cantidad de uso de RNA por usuario de la CNT EP.

Dentro de las librerías de los CDRs se verificó que uno de los campos que permite obtener la ubicación geográfica en donde el usuario ha hecho uso de RNA, es el campo “userLocationInformation”, el cual contiene información del Cell ID (Identificador de Celda) y cuya descripción se muestra a continuación:

Tabla 4-1: Campo userLocationInformation del PGW-CDR

Field	Category	Tag (Hex)	Tag (Dec)	Data Type	Data Size	Description	ASN.1 Encoding Example (Hex) (Tag Length value)
userLocationInformation	Oc	0x9F20	32	OCTET STRING		The field is provided by the SGSN/ MME and transferred to the S-GW/ P-GW during the IP-CAN bearer activation/ modification. For GTPv0 and GTPv1 (29.060): This field includes two parts: Geographic Location Type and Geographic Location. Geographic Location could alternatively be CGI (PLMN+LAC+CI) or SAI (PLMN+LAC+SAC). Geographic Location Type = 0 means CGI will be included. Geographic Location Type = 1 means SAI will be included. In case of 2G RAN, CGI is used. In case of 3G RAN, SAI is used. Note: For GTPv0 and GTPv1, only value part is filled into CDR field. Type and Length part defined in 29.060 are not presented in CDR. For GTPv2 (29.274): There is three access method for GTPv2: In case of 4G, TAI and ECGI are used. In case of 3G, SAI and RAI are used. In case of 2G, CGI and RAI are used. Note: For GTPv2, only value part is filled into CDR field. Type, Length and Instance part defined in 29.274 are not presented in CDR.	For GTPv1 and GTPv0: PLMN = 46000 LAC = 1001 CI = 2001: 9F 20 08 00 64 F0 00 03 E9 07 D1 PLMN = 46000 LAC = 1001 SAC = 1234: 9F 20 08 01 64 F0 00 03 E9 04 D2 For GTPv2: PLMN = 46000 TAI = 1001 ECGI = 25747202: 9F 20 0D 18 64 F0 00 03 E9 64 F0 00 01 88 DF 02

Nota: Información obtenida de las librerías de CDRs del Core de Datos de la CNT EP. Elaborado por Autor.

Para analizar la información mostrada en la Tabla 4-4, se debe recordar las siguientes definiciones de área de servicio de telecomunicaciones en las redes 2G/3G.

Un área de servicio de telecomunicaciones especifica el área donde se puede prestar dicho servicio y conocer la ubicación real de los usuarios en las diferentes tecnologías, cada área tiene: área PLMN, área MSC/SGSN, área de ubicación, área de servicio y área de celda, como se muestra en el Figura 4.2.

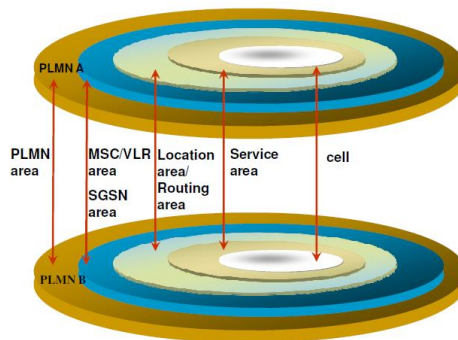


Figura 4.1: Área de servicio de telecomunicaciones en redes móviles (Huawei Technologies Co., 2020)

A continuación, se describe las diferentes áreas que forman parte del área de servicio de telecomunicaciones en las redes móviles 2G/3G:

- **PLMN area:** Contiene un PLMN ID que es usada para identificar una única red en el mundo.

Está formada por 5 dígitos de la siguiente manera:

MCC: Mobile Country Code (3 dígitos), en el caso de la CNT EP corresponde a 740.

MNC: Mobile Network Code (2 dígitos), en el caso de la CNT EP corresponde a 02.

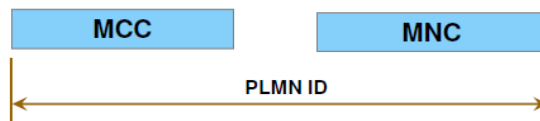


Figura 4.2: Componentes del PLMN ID. Elaborado por Autor.

- **Location Area Indentificacion (LAI):** El LAI es usado por el usuario para realizar un procedimiento de Location Update o actualización de su ubicación y está formado por los siguientes campos:

MCC: Mobile Country Code (3 dígitos), en el caso de la CNT EP corresponde a 740

MNC: Mobile Network Code (2 dígitos), en el caso de la CNT EP corresponde a 02

LAC: Location Area Code tiene 2 octetos en hexadecimal e identifica la zona de ubicación, por ejemplo, LAC:0xC47E.

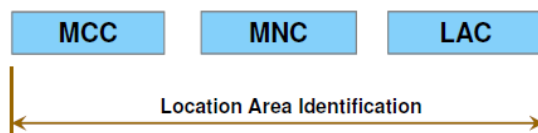


Figura 4.3: Componentes del LAI. Elaborado por Autor.

- **Service Area Identifier (SAI):** EL SAI es usado para identificar un área de servicio que consiste en 2 o más celdas pertenecientes a un mismo Location Area y es usada para servicios basados en ubicación, como se muestra a continuación:

SAI= LAI+SAC

SAC: Service Area Code, tiene dos octetos en hexadecimal, por ejemplo: SAC:0xC606

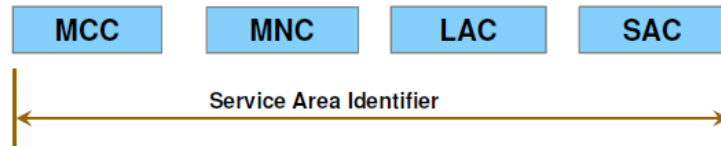


Figura 4.4: Componentes del SAI. Elaborado por Autor.

Por lo expuesto y con el objeto de verificar el campo requerido, se obtuvo un ejemplo real de un PGW-CDR. A continuación, se muestra el detalle de la información obtenida:

servingNodePLMNIdentifier = 74001 //Nos indica la PLMN visitada en este caso RNA CONECEL

rATType = 1

servingNodeType :Sgsn //Indica que ha levantado una sesión de datos y está siendo atendido por el SGSN

recordType = pGWRecord //Indica que se trata de un PGW-CDR

- RecordFileName = SubRack:0; Slot:9
./backsave/AP2/first/OTR_PGWCDR/20200707/gzAP228080029872139_OTR_PGWCDR_UIO2020070708545804740055.dat
- recordType = pGWRecord
- servedIMSI
 - number:740020130093636
- pGWAddress
 - iPBinaryAddress
 - iPBinV4Address:200.85.84.242
- chargingID = 1451601197
- servingNodeAddress
 - iPBinaryAddress
 - iPBinV4Address:200.25.195.8
- accessPointNameNI = ant.seguridad.mdvr
- pdpPDNType = 0x01 21
- servedPDPPDNAddress
 - iPAddress
 - iPBinaryAddress
 - iPBinV4Address:10.34.173.4
- dynamicAddressFlag = FALSE
- listOfTrafficVolumes
 - qosRequested:-
 - qosNegotiated:-
 - dataVolumeGPRSUplink:1813
 - dataVolumeGPRSDownlink:656
 - changeCondition:recordClosure
 - changeTime:2020-07-07 08:54:32 -05:00
 - failureHandlingContinue:-
 - userLocationInformation:-
 - ePCQoSInformation
 - qCI:7
 - maxRequestedBandwithUL:-
 - maxRequestedBandwithDL:-
 - guaranteedBitrateUL:-
 - guaranteedBitrateDL:-
 - aRP:88
 - aPNAggregateMaxBitrateUL:-
 - aPNAggregateMaxBitrateDL:-

- recordOpeningTime = 2020-07-07 08:50:46 -05:00
- duration = 226
- causeForRecClosing = normalRelease
- diagnostics
 - manufacturerSpecificCause:1
- recordSequenceNumber = -
- nodeID = isp.com
- recordExtensions = -
- localSequenceNumber = 2779432034
- apnSelectionMode = mSorNetworkProvidedSubscriptionVerified
- servedMSISDN
 - number:593982057621
- chargingCharacteristics = Normal billing
- chChSelectionMode = servingNodeSupplied
- iMSSignalingContext = -
- externalChargingID = -
- servingNodePLMNIdentifier = 74001
- pSFurnishChargingInformation = -
- servedIMEISV
 - number:8662930110153500
- rATType = 1
- mSTimeZone = GMT-05:00, NO DST
- userLocationInformation = MCC:740 MNC:01 LAC:0xC47E SAC:0xC606 //Aquí se encuentra el Cell ID (Identificador de Celda)
- cAMELChargingInformation = -
- listOfServiceData = -
- servingNodeType
 - sGSN
- servedMNNAI = -
- pGWPLMNIdentifier = 74002
- startTime = 2020-07-07 08:50:46 -05:00
- stopTime = 2020-07-07 08:54:32 -05:00
- served3gpp2MEID = -
- pDNConnectionChargingID = -
- threeGPP2UserLocationInformation = -
- servedPDPPDNAddressExt = -
- dynamicAddressFlagExt = -

Al extraer el campo de interés correspondiente a userLocationInformation, se tiene:

userLocationInformation = MCC:740 MNC:01 LAC:0xC47E SAC:0xC606

El valor requerido corresponde al SAC (Service Area Code) y cuyo valor debemos transformar a decimal, ya que el mismo se encuentra en hexadecimal:

SAC = 0xC606

Convertir número hexadecimal a decimal

Número hexadecimal

Número decimal

Figura 4.5: Conversor numérico Hexadecimal a Decimal (Calcuworld, 2020)

Al considerar, que la CNT EP dispone del listado de radiobases 2G/3G de los otros operadores y que el mismo es entregado de manera mensual a la CNT EP como parte de los Acuerdos de RNA; se procedió a revisar el Cell ID obtenido del PGW-CDR dentro del listado de CONECEL y se observó que corresponde a un Cell ID de la provincia de Manabí, como se puede observar en la Tabla 4-2:

Tabla 4-2: Parte del listado de Radio bases CONECEL entregado a la CNT EP

Provincia	Cantón	Parroquia/Cuidad	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Cell-ID	Tecnología
MANABI	PORTOVIEJO	ALHAJUELA (BAJO GRANDE)	-1,04902778	-80,27085556	50302	50694	UMTS

Con este análisis se procedió a obtener todos los PGW-CDRs generados y post procesados correspondientes al mes de agosto 2020, tanto en RNA OTECEL como en RNA CONECEL, de los cuales se obtuvieron los campos necesarios y de interés para este análisis.

A continuación, se muestra un ejemplo de los PGW-CDRs obtenidos para cada RNA:

Tabla 4-3: Campos requeridos de PGW-CDRs en RNA CONECEL

CELDA_DECIMAL	RED	CANTIDAD CLIENTES	CONSUMO TOTAL (MB)	UL_VOLUMEN (MB)	DL_VOLUMEN (MB)
84	RNA CLARO	964	52,36	11,91	40,09
85	RNA CLARO	2829	176,7	38,69	137,65
113	RNA CLARO	52471	182,02	52,01	127,96
114	RNA CLARO	143220	169,69	46,69	121,5
123	RNA CLARO	6656	65,46	39,42	20,14
124	RNA CLARO	9427	73,02	35,26	35,12
143	RNA CLARO	1314	31,16	8,62	22,33
144	RNA CLARO	1579	173,27	48,01	124,99
154	RNA CLARO	4156	181,22	52,01	128,76

CELDA_DECIMAL	RED	CANTIDAD CLIENTES	CONSUMO TOTAL (MB)	UL_VOLUMEN (MB)	DL_VOLUMEN (MB)
155	RNA CLARO	988	65,48	21,99	43,36
156	RNA CLARO	1348	39,04	14,51	23,91
164	RNA CLARO	1556	117,48	35,15	82,09
165	RNA CLARO	2251	267,02	81,72	184,46
166	RNA CLARO	2151	71,43	17,89	53,22
171	RNA CLARO	4764	5065,18	905,14	4158,87
172	RNA CLARO	2321	5123,05	831,95	4291,12
173	RNA CLARO	2026	3022,34	734,95	2286,36
183	RNA CLARO	1712	106,81	28,93	77,02
184	RNA CLARO	1516	30,6	7,62	22,57

Nota: Información obtenida de los repositorios de Mediación de TI (RNA PGWCDRs)

Tabla 4-4: Campos requeridos de PGW-CDRs en RNA OTECEL

CELDA_DECIMAL	RED	CANTIDAD CLIENTES	CONSUMO TOTAL (MB)	UL_VOLUMEN (MB)	DL_VOLUMEN (MB)
1003	RNA MOVISTAR	19980	147,96	40,23	106,44
1011	RNA MOVISTAR	40044	1229,94	316,63	904,23
1012	RNA MOVISTAR	81137	1376,26	511,86	848,88
1013	RNA MOVISTAR	37891	678,9	312,17	360,84
1014	RNA MOVISTAR	8664	66,03	29,08	36,12
1015	RNA MOVISTAR	126428	4457,43	2008,27	2400,87
1021	RNA MOVISTAR	69504	1279,5	514,38	749,58
1024	RNA MOVISTAR	56685	385,11	198,94	173,3
1027	RNA MOVISTAR	10288	91,44	37,47	52,57
1031	RNA MOVISTAR	101853	1327,14	553,67	756,35
1056	RNA MOVISTAR	46443	1578,31	442,15	1126,17
1061	RNA MOVISTAR	109394	2022,34	364,83	1636,4
1095	RNA MOVISTAR	18682	445,68	221,8	218,98
1097	RNA MOVISTAR	10305	115,53	39,57	75,24
1104	RNA MOVISTAR	99196	506,21	248,9	240,86
1501	RNA MOVISTAR	57462	258,1	106,41	153,39
1502	RNA MOVISTAR	4549	65,19	37,89	26,84
1511	RNA MOVISTAR	15984	378,8	178,39	196,51
1513	RNA MOVISTAR	50702	1835,04	454,15	1375,24

Nota: Información obtenida de los repositorios de Mediación de TI (RNA PGWCDRs)

Con la obtención de los PGW-CDRs y el volumen de tráfico correspondiente de cada RNA, se procedió a cruzar esta información con los listados de radio bases de los otros operadores, con el objeto de identificar las zonas geográficas donde existe un uso excesivo de RNA.

A continuación, se observa una parte de listado obtenido de las zonas geográficas en donde existe un uso excesivo de RNA CONECEL (filtrado de mayor a menor):

Tabla 4-5: Resultado de cruce entre PGW-CDRs con listado de Radio bases CONECEL

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Cell-ID	Site-ID	Tecnología	Megas	Clientes
ORELLANA	AGUARICO	TIPUTINI	-0,78937203	-75,52755737	53410	35642	3564	UMTS	202078,67	37422
PASTAZA	ARAJUNO	ARAJUNO	-1,24238889	-77,69650000	52112	59731	5973	UMTS	86079,42	13733
SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	-1,95644444	-80,65091667	50409	39382	3938	UMTS	85946,75	8607
ORELLANA	LORETO	SAN VICENTE DE HUATICOCHA	-0,73975000	-77,52116667	51802	59911	5991	UMTS	82558,85	18251
ORELLANA	AGUARICO	TIPUTINI	-0,78937203	-75,52755737	53410	35641	3564	UMTS	81203,59	14852
NAPO	TENA	CHONTAPUNTA	-0,99127778	-77,40716667	51902	54982	5498	UMTS	78158,12	5395
MANABI	EL CARMEN	MANGA DEL CURA	-0,82586111	-79,63769444	50202	41114	4111	UMTS	77945,39	3229
NAPO	EL CHACO	GONZALO DIAZ DE PINEDA (EL BOMBON)	-0,19352778	-77,69686111	51902	54252	5425	UMTS	76454,12	29159
NAPO	QUIJOS	CUYUJA	-0,42255556	-78,01752778	51902	54172	5417	UMTS	74465,28	14118
SANTA ELENA	SANTA ELENA	SANTA ELENA	-2,23994444	-80,77370556	50406	39394	3939	UMTS	72870,74	5281
SUCUMBIOS	PUTUMAYO	PALMA ROJA	0,15641667	-76,22313889	51602	35421	3542	UMTS	66100,8	8881
PASTAZA	ARAJUNO	ARAJUNO	-1,24238889	-77,69650000	52112	59733	5973	UMTS	63969,76	11049
ORELLANA	ORELLANA	LA BELLEZA	-0,62106667	-77,03982778	51802	60042	6004	UMTS	63280,67	15102
ORELLANA	ORELLANA	LA BELLEZA	-0,62106667	-77,03982778	51802	60041	6004	UMTS	63230,31	18185
SANTA ELENA	SANTA ELENA	SANTA ELENA	-2,32336111	-80,62016667	50409	51442	5144	UMTS	62402,92	16307
PICHINCHA	QUITO	PACTO	0,21011111	-78,90925000	53001	35231	3523	UMTS	62191,5	9009
SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	-1,95644444	-80,65091667	50409	39384	3938	UMTS	60289,8	6483

Nota: Información obtenida luego del cruce realizado entre PGW-CDRs y el listado de Radio bases CONECEL. Elaborado por Autor.

Con respecto al RNA OTECEL, a continuación, se muestra una parte de listado obtenido de las zonas geográficas en donde existe un uso excesivo de RNA OTECEL (filtrado de mayor a menor):

Tabla 4-6: Resultado de cruce entre PGW-CDRs con listado de Radio bases OTECEL

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84_D ecimales	Longitud_WGS84_ Decimales	LAC	Cell-ID	Site-ID	Tecnología	Megas	Clientes
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,06117778	-79,94491667	40202	16732	1673	UMTS	298440,99	14173
ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	LA JOYA DE LOS SACHAS	-0,3162	-76,86320278	33112	32179	3217	UMTS	269695,23	62116
ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	LA JOYA DE LOS SACHAS	-0,3162	-76,86320278	33112	39179	3917	UMTS	250650,42	51118
LOJA	PALTAS	CATACOCHA	-4,0464	-79,65105	40421	42167	4216	UMTS	214905,72	25871
SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	-1,956778	-80,651611	16426	42062	4206	UMTS	209142,34	36033
LOJA	PALTAS	CATACOCHA	-4,0464	-79,65105	40421	49167	4916	UMTS	176619,74	22285
ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	SAN SEBASTIAN DEL COCA	-0,33056944	-76,99128056	30111	30232	3023	UMTS	167005,69	41959
SUCUMBIOS	CUYABENO	TARAPOA	-0,12455	-76,45276944	30111	41818	4181	UMTS	160974,42	15957
SANTA ELENA	SANTA ELENA	MANGLARALTO	-1,863358333	-80,73664167	16426	18041	1804	UMTS	159136,16	13419
ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	SAN SEBASTIAN DEL COCA	-0,33056944	-76,99128056	30111	32232	3223	UMTS	157818,89	20635
ORELLANA	LORETO	LORETO	-0,694280556	-77,30766944	30805	29184	2918	UMTS	154207,25	27099
LOJA	CELICA	CELICA	-4,082247222	-79,93953056	40421	40169	4016	UMTS	152308,94	41832
MANABI	PAJAN	GAULE	-1,618897222	-80,23695	40612	53598	5359	UMTS	150583,81	22987
ORELLANA	LORETO	LORETO	-0,694280556	-77,30766944	30805	35184	3518	UMTS	145217,9	26757
SANTA ELENA	SANTA ELENA	SANTA ELENA	-2,240197222	-80,76814167	40701	42704	4270	UMTS	144746,56	18867
SANTA ELENA	SANTA ELENA	SANTA ELENA	-2,240197222	-80,76814167	40701	48704	4870	UMTS	144357,83	13468
SUCUMBIOS	CUYABENO	TARAPOA	-0,12455	-76,45276944	30111	44818	4481	UMTS	143944,74	14033

Nota: Información obtenida luego del cruce realizado entre PGW-CDRs y el listado de Radiobases OTECEL. Elaborado por Autor.

El archivo en Excel "Cruce PGWCDRs con listado radio bases RNA" que contiene el análisis antes mencionado será entregado mediante CD dentro de este trabajo de titulación de maestría, en el cual consta la obtención de todas las zonas geográficas con mayor uso de RNA, con la finalidad de un futuro despliegue del servicio VoLTE en estos sitios.

A pesar de que con el análisis antes mencionado se cumple con el objetivo planteado dentro del presente trabajo de titulación de maestría, de identificar las zonas geográficas

donde existe un uso excesivo del Roaming Nacional Automático; se procedió a realizar un análisis más detallado del TOP 5 de las parroquias que cursan el mayor consumo de RNA CONECEL/OTECCEL de datos móviles (consumos mayores a 5GB), el mismo que servirá de ejemplo para futuros análisis y definiciones del despliegue de nodos LTE o en caso de ya existir un eNodoB, cargar el feature de VoLTE.

Tabla 4-7: TOP 5 de parroquias que tienen uso excesivo de RNA CONECEL

TECNOLOGÍA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LAC	CONSUMO TOTAL (MB)
UMTS	SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	50409	389887,57
UMTS	ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	51802	356965,65
UMTS	ORELLANA	AGUARICO	TIPUTINI	53410	283282,26
UMTS	GUAYAS	BALZAR	BALZAR	50177	279013,26
UMTS	IMBABURA	IBARRA	LA ESPERANZA	14148	275673,04

La primera parroquia que encabeza el listado como la zona geográfica con mayor consumo en RNA CONECEL es COLONCHE, la misma que se analiza a continuación:

Tabla 4-8: Primera parroquia con mayor consumo en RNA CONECEL

TECNOLOGÍA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LAC	CONSUMO TOTAL (MB)
UMTS	SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	50409	389887,57

Al revisar con más detalle este LAC, y en base a la información obtenida por Site-ID, se tiene la siguiente información:

Tabla 4-9: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia Colonche

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	-1,95644444	-80,65091667	50409	3938	UMTS	338564,82
SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	-2,05344722	-80,73205556	50409	5112	UMTS	25864,92
SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	-2,01358333	-80,61541667	50409	3944	UMTS	14873,83
SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	-2,01916389	-80,73970278	50409	4386	UMTS	10584,00

Al considerar que tenemos distintas coordenadas geográficas para la parroquia de Colonche se procede a realizar el análisis correspondiente para cada una de ellas.

Es importante considerar que la CNT EP posee dos herramientas muy utilizadas por personal de la corporación, ya que permiten geo-ubicar coordenadas y mostrar predicciones de cobertura tanto de RNA como de CNT y las cuales serán utilizadas para este análisis:

1. El portal SPIA, cuya página web es <https://spia.fastboy.com.ec/>, permite registrar información actualizada de capacidades de red fija, móvil, servicios de valor agregado, etc., visualización de enlaces y equipos de la MPLS, nodos 3G/4G, eventos – incidencias de la red, entre otra información confidencial de la CNT EP.
2. El Geoportal de CNT EP, cuya página web es <https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/m.php>, utiliza un servicio georreferenciado de mapas de cobertura, que permite realizar consultas y obtener información geográfica de disponibilidad de servicios (Telefonía Fija, Telefonía Móvil, etc.) de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

Al ubicar en el portal web SPIA de la CNT EP la primera coordenada, se observa que no se tiene un nodo de CNT cercano que permita cubrir esta localidad:

Tabla 4-10: Información de la primera coordenada de la provincia de Colonche

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	-1,95644444	-80,65091667	50409	3938	UMTS	338564,82

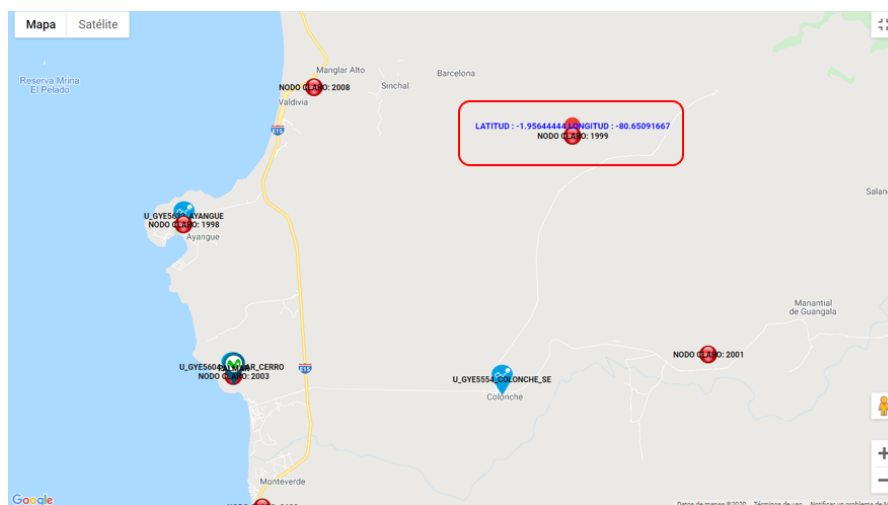


Figura 4.6: Ubicación de la primera coordenada (Parroquia Colonche) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Además, se procede a geobucar las coordenadas dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que existe únicamente un Nodo de RNA 2G y 3G y no existe cobertura de la CNT como se muestra a continuación en la Figura 4.8:

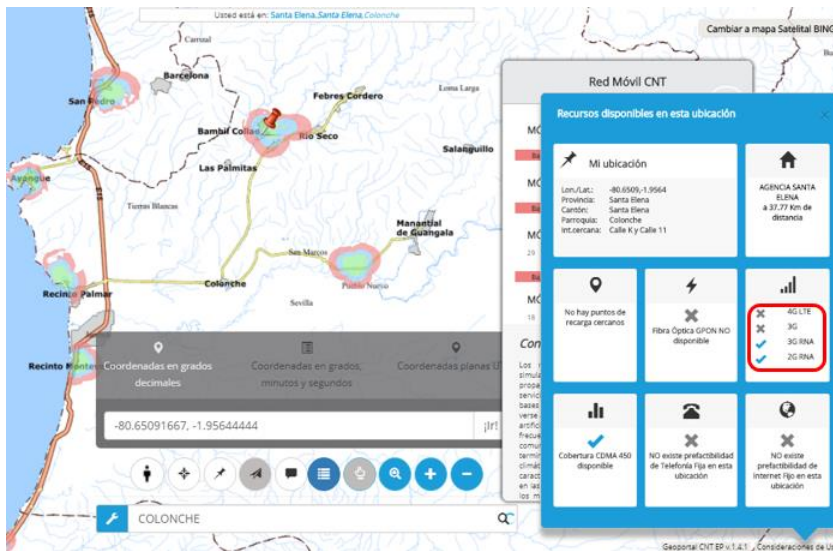


Figura 4.7: Ubicación de la primera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.9, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo 3G de CONECEL:

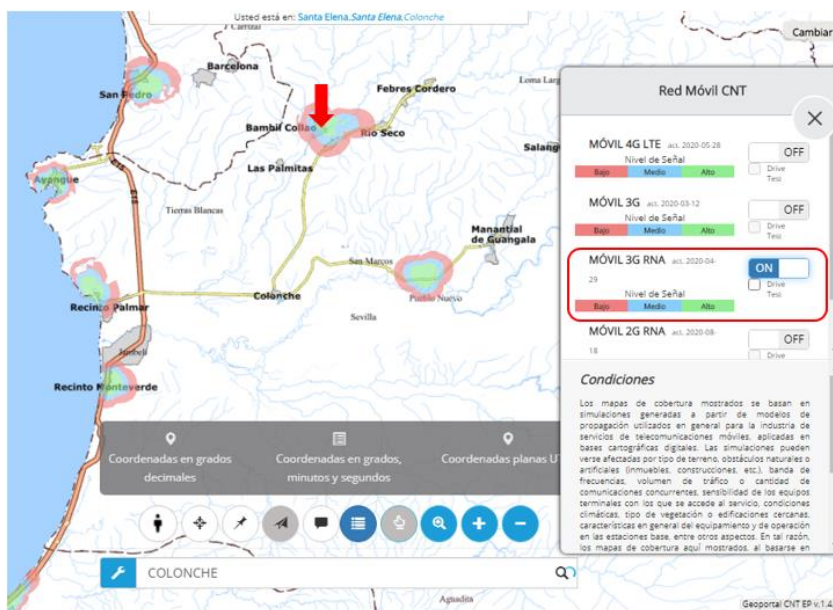


Figura 4.8: Cobertura móvil 3G RNA de la primera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.10, se puede observar no existe un nodo cercano de la CNT EP, que permita cubrir esta localidad, por lo que se recomienda desplegar un nodo LTE con feature VoLTE de CNT que permita al usuario tener los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G y a su vez permita disminuir el uso excesivo de RNA (parroquia considerada con mayor uso de RNA) e incluso el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

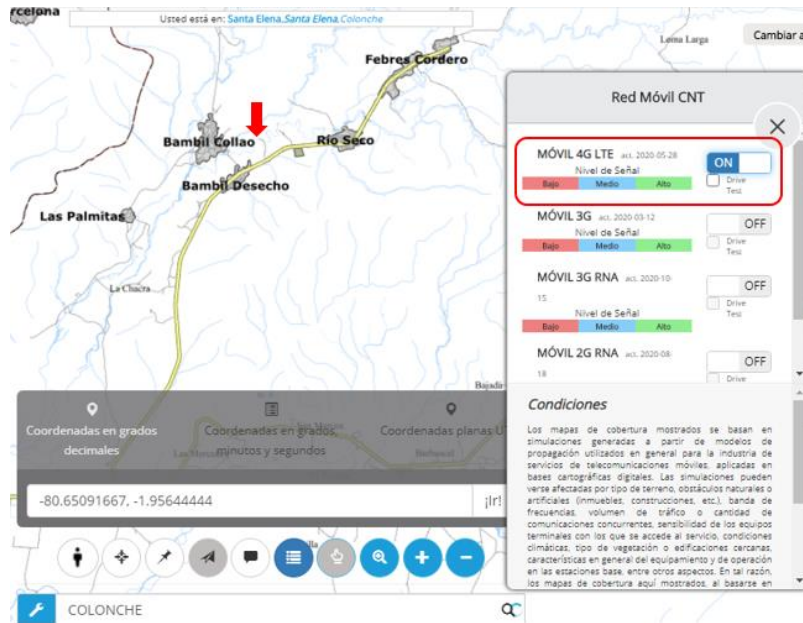


Figura 4.9: Cobertura móvil 4G CNT de la primera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoport web de la CNT EP (CNT, 2020)

Al ubicar en el portal web SPIA de la CNT EP la segunda coordenada, se observa que no se tiene un nodo de CNT cercano que permita cubrir esta localidad:

Tabla 4-11: Información de la segunda coordenada de la provincia de Colonche

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	-2,05344722	-80,73205556	50409	5112	UMTS	25864,92

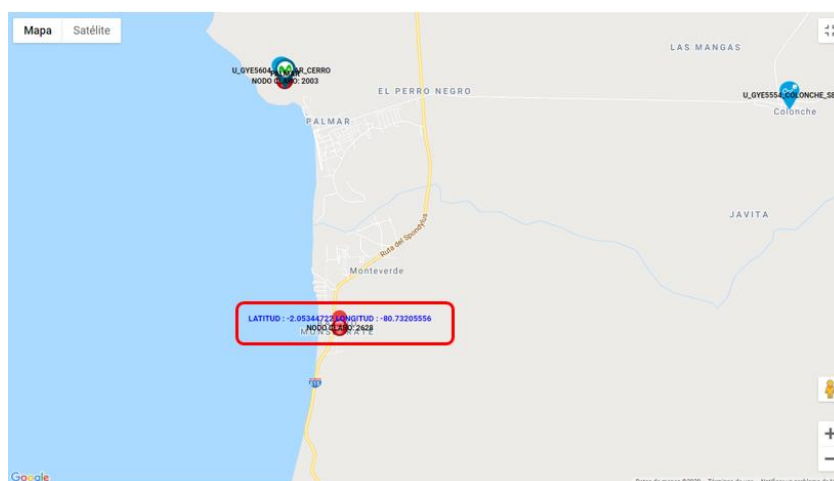


Figura 4.10: Ubicación de la segunda coordenada (Parroquia Colonche) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT, 2020)

Además, se procede a geoubicar las coordenadas dentro del Geoport de la CNT EP, en donde se puede observar que existe únicamente un Nodo de RNA 3G y no existe cobertura de la CNT como se muestra a continuación en la Figura 4.12:

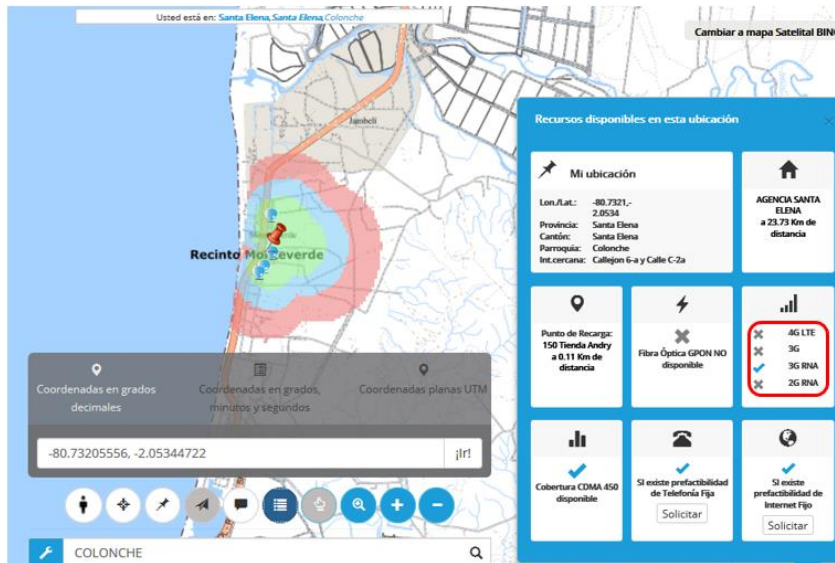


Figura 4.11: Ubicación de la segunda coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.13, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo 3G de CONECEL:

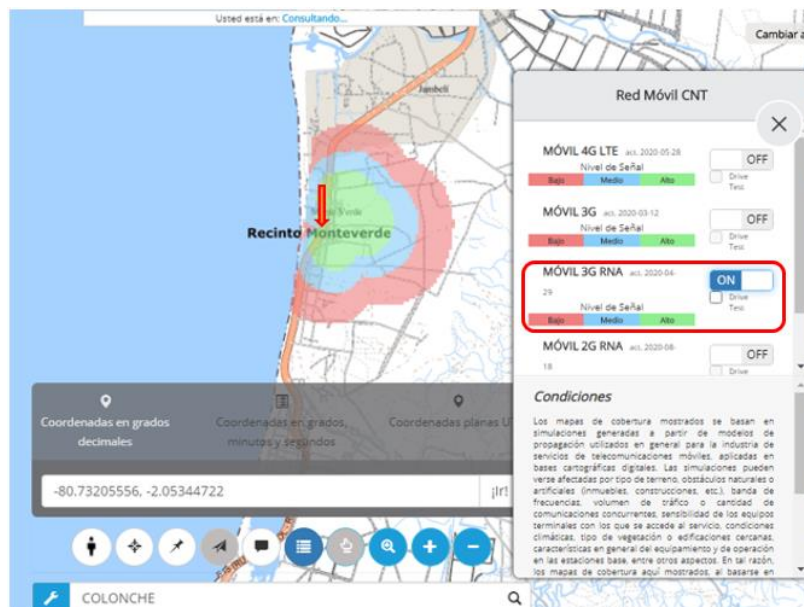


Figura 4.12: Cobertura móvil 3G RNA de la primera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.14, se puede observar no existe un nodo cercano de la CNT EP, que permita cubrir esta localidad, por lo que se recomienda desplegar un nodo LTE con feature VoLTE de CNT que permita al usuario tener los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G y a su vez permita disminuir el uso excesivo de RNA e incluso el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

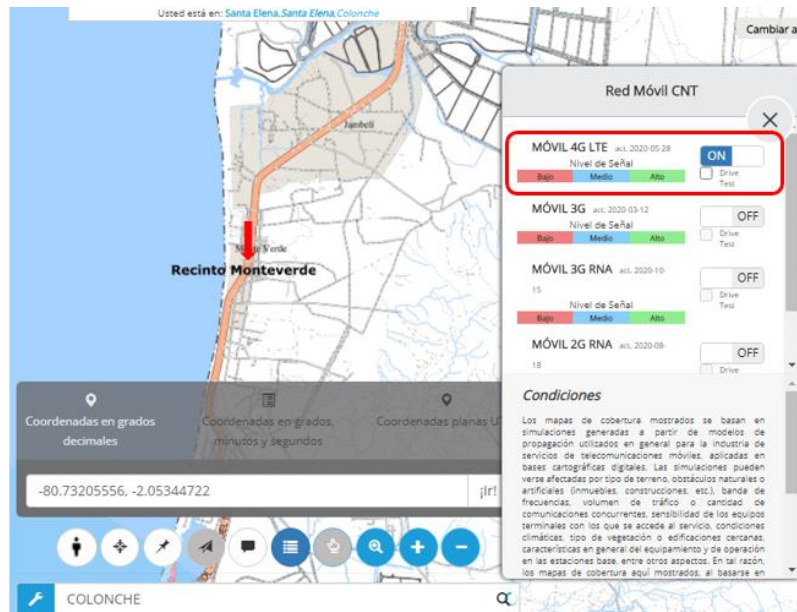


Figura 4.13: Cobertura móvil 4G CNT de la primera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

Al ubicar en el portal web SPIA de la CNT EP la tercera coordenada, se observa que no se tiene un nodo de CNT cercano que permita cubrir esta localidad:

Tabla 4-12: Información de la tercera coordenada de la provincia de Colonche

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	-2,01358333	-80,61541667	50409	3944	UMTS	14873,83

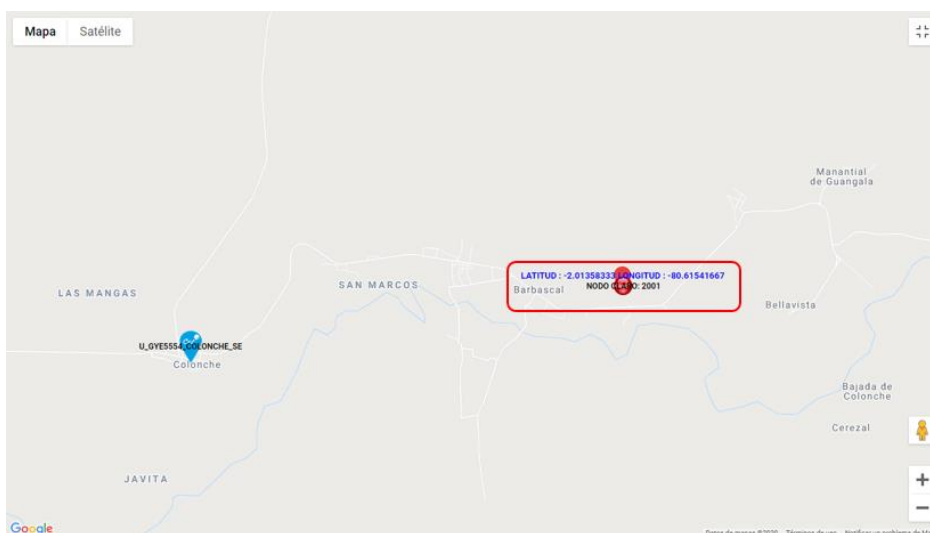


Figura 4.14: Ubicación de la tercera coordenada (Parroquia Colonche) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Además, se procede a geolocalizar las coordenadas dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que existe únicamente un Nodo de RNA 2G y 3G y no existe cobertura de la CNT como se muestra a continuación en la Figura 4.16:

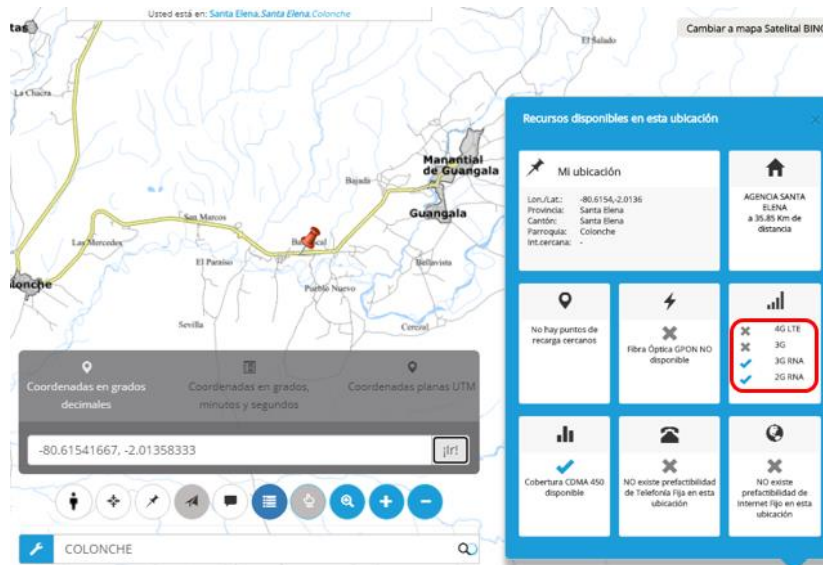


Figura 4.15: Ubicación de la tercera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.17, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo 2G y 3G del CONECEL:

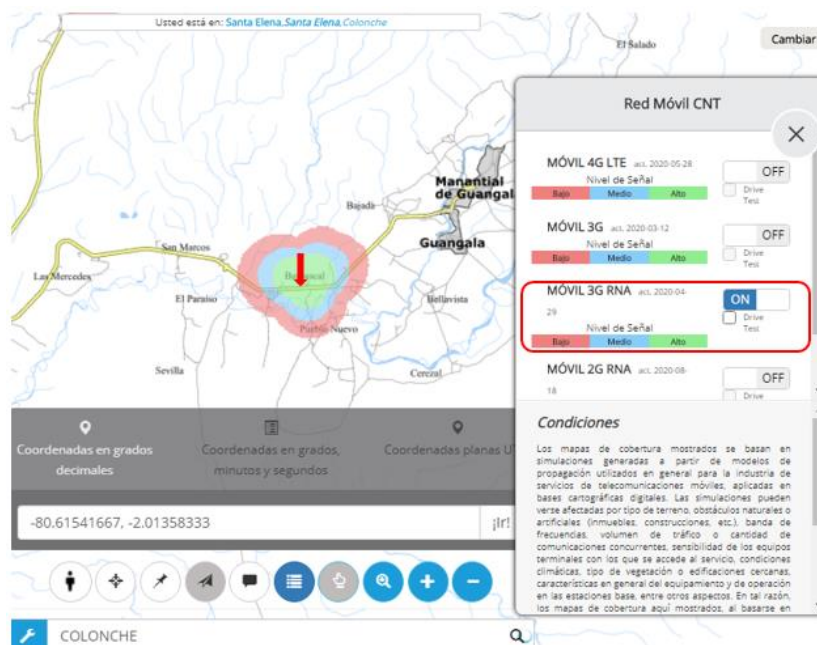


Figura 4.16: Cobertura móvil 3G RNA de la tercera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

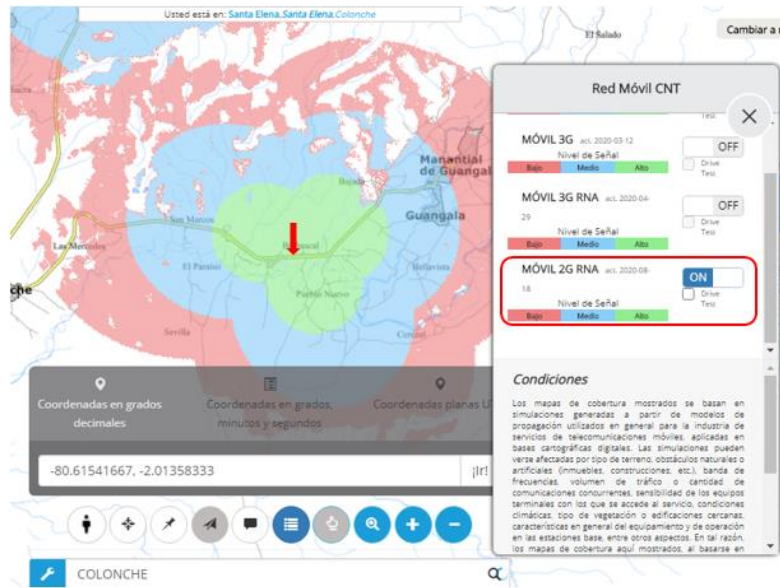


Figura 4.17: Cobertura móvil 2G RNA de la tercera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.19, se puede observar no existe un nodo cercano de la CNT EP, que permita cubrir esta localidad, por lo que se recomienda desplegar un nodo LTE con feature VoLTE de CNT que permita al usuario tener los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G y a su vez permita disminuir el uso excesivo de RNA (parroquia considerada con mayor uso de RNA) e incluso permita el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

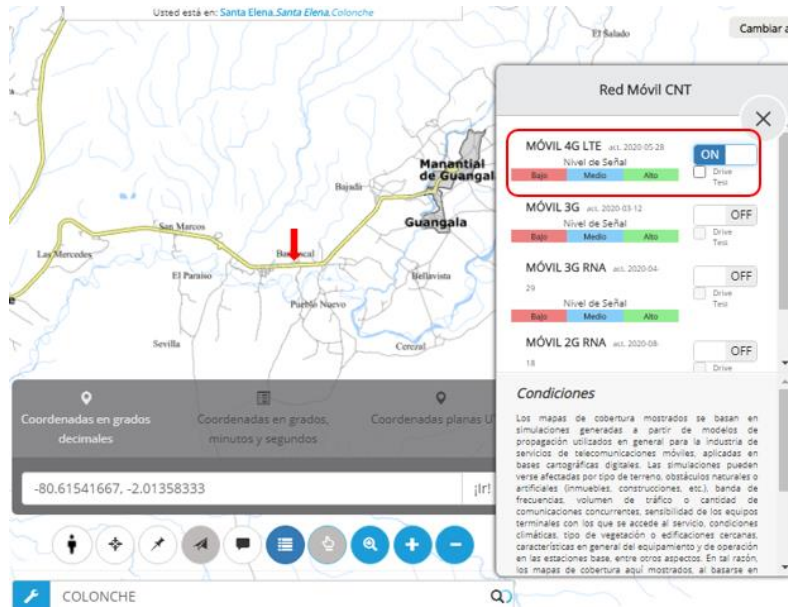


Figura 4.18: Cobertura móvil 4G CNT de la tercera coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

Al ubicar en el portal web SPIA de la CNT EP la cuarta coordenada, se observa que si se tiene un nodo 3G de CNT cercano que permita cubrir esta localidad:

Tabla 4-13: Información de la cuarta coordenada de la provincia de Colonche

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
SANTA ELENA	SANTA ELENA	COLONCHE	-2,01916389	-80,73970278	50409	4386	UMTS	10584,00



Figura 4.19: Ubicación de la cuarta coordenada (Parroquia Colonche) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Además, se procede a geoubicar las coordenadas dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que efectivamente existe un Nodo cercano de RNA 2G/3G, así como un nodo 3G de CNT. Sin embargo, para tener la funcionalidad y servicio de VoLTE se debería desplegar un nodo LTE que permita cubrir esta localidad:

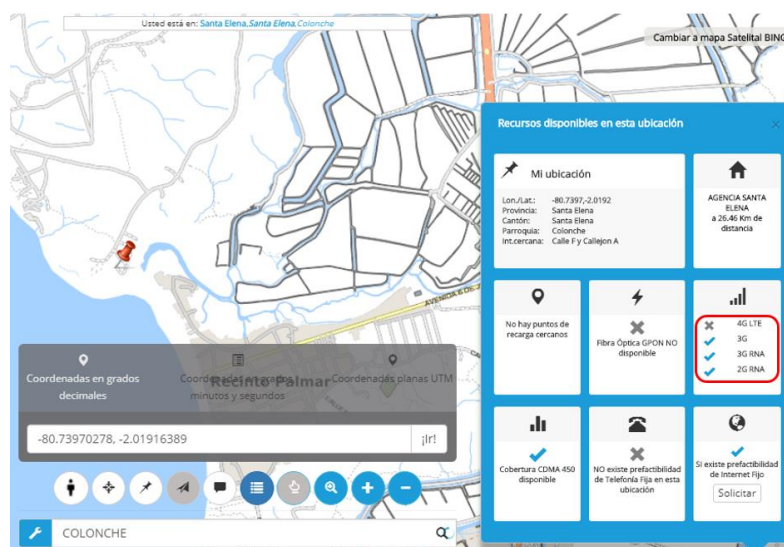


Figura 4.20: Ubicación de la cuarta coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.22, se puede observar que existen niveles de señal óptima de los nodos 2G/3G de RNA CONECEL:

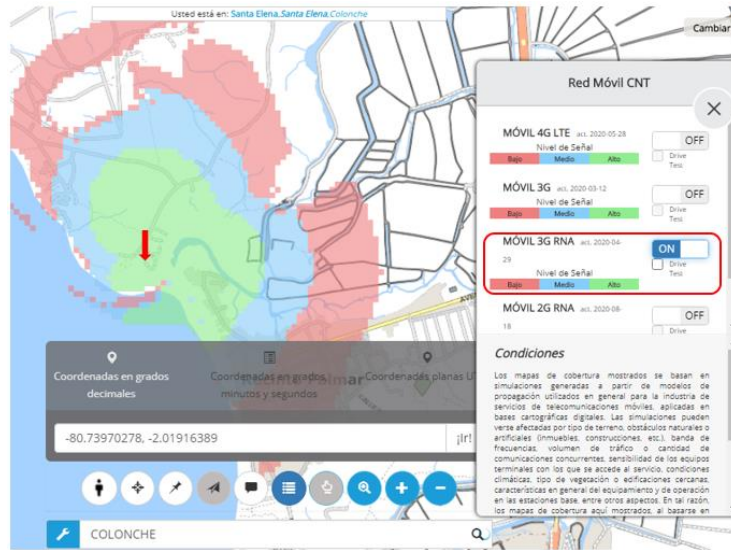


Figura 4.21: Cobertura móvil 3G RNA de la cuarta coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

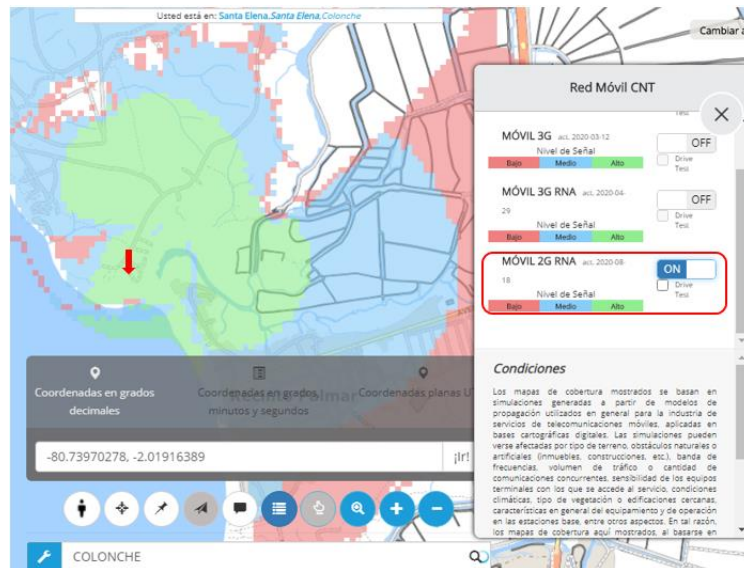


Figura 4.22: Cobertura móvil 2G RNA de la cuarta coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.24, se puede observar que existe un nodo 3G de la CNT EP, pero sus niveles de señal y alcance son menores, por lo que se debe realizar una optimización de este nodo, mientras que en la Figura 4.25, se puede observar que no existe un nodo 4G cercano de la CNT EP, que permita cubrir esta localidad, por lo que se recomienda desplegar un nodo LTE que permita al usuario tener los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G, o a su vez realizar CSFB a la red 3G de CNT en caso de los terminales móviles no soporten VoLTE en esta localidad. De esta manera permitirá

disminuir el uso excesivo de RNA e incluso permitirá el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

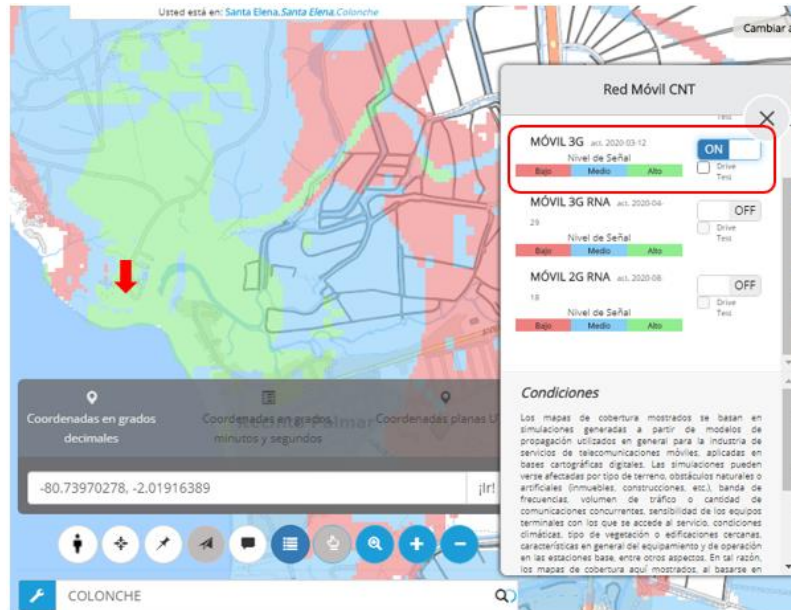


Figura 4.23: Cobertura móvil 3G CNT de la cuarta coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

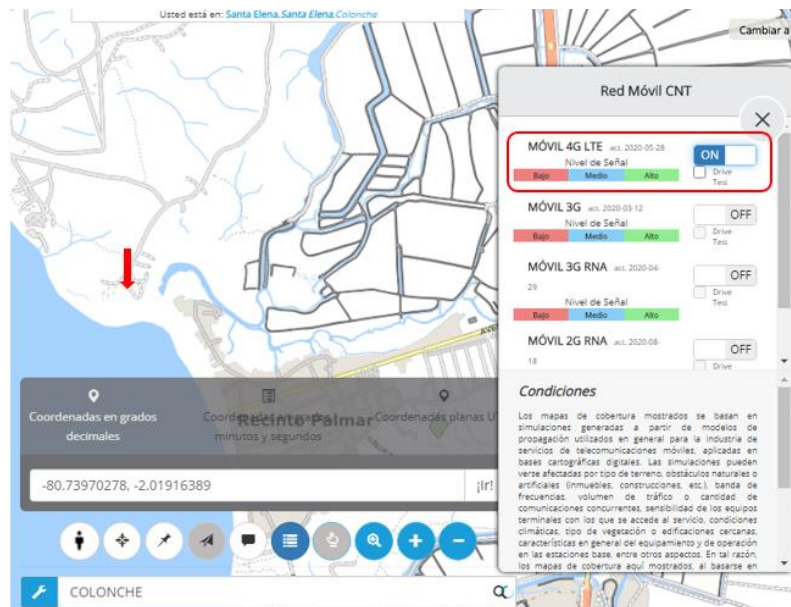


Figura 4.24: Cobertura móvil 4G CNT de la cuarta coordenada (Parroquia Colonche) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

La segunda parroquia con mayor uso de RNA CONECEL es PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA), la misma que se analiza a continuación:

Tabla 4-14: Segunda parroquia con mayor consumo en RNA CONECEL

TECNOLOGÍA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LAC	CONSUMO TOTAL (MB)
UMTS	ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	51802	356965,65

Al revisar con más detalle este LAC, y en base a la información obtenida por Site-ID, se tiene la siguiente información:

Tabla 4-15: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia Colonche

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,40868889	-76,99756111	51802	3806	UMTS	229960,74
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,45430600	-77,02305600	51802	1996	UMTS	49042,08
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,47166667	-76,98466667	51802	3800	UMTS	22679,52
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,44315556	-76,99935556	51802	3802	UMTS	17012,09
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,43584722	-76,99180000	51802	4390	UMTS	9077,13
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,46780833	-76,98220000	51802	3801	UMTS	8149,81
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,44666667	-77,01375000	51802	5638	UMTS	7825,71
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,48497222	-76,98630556	51802	3805	UMTS	6668,88
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,46516667	-76,99975000	51802	3335	UMTS	6549,69

Al considerar que tenemos distintas coordenadas para la parroquia de Puerto Francisco de Orellana (El Coca) se procede a realizar el análisis correspondiente.

Al ubicar en el portal web SPIA de la CNT EP todas las coordenadas, se observa que todas las ubicaciones se encuentran cercanas e incluso se tiene nodos cercanos de CNT como se muestra a continuación:

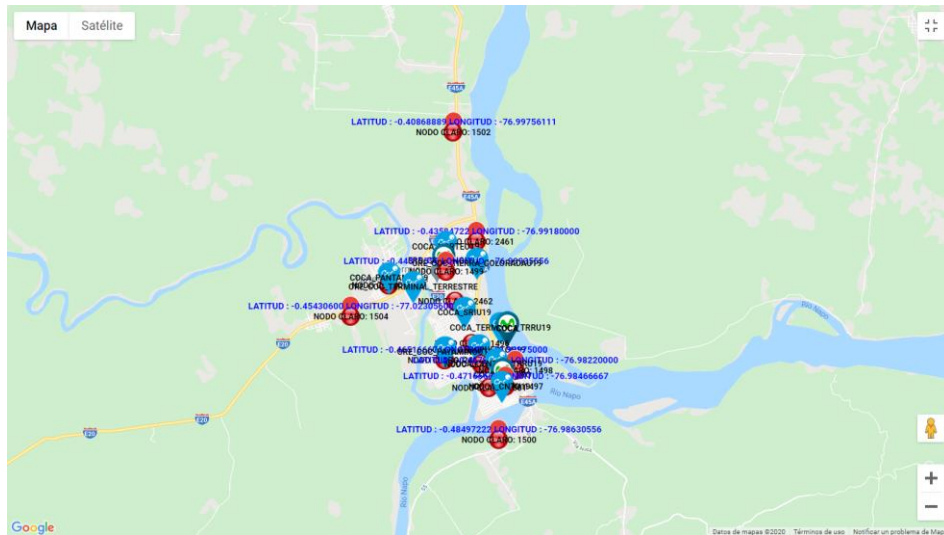


Figura 4.25: Ubicación de coordenadas (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Al ubicar en el portal web SPIA de la CNT EP la coordenada más lejana (primera coordenada), se observa que efectivamente se cuenta con un nodo RNA que permite cubrir esta localidad:

Tabla 4-16: Información de la primera coordenada de la provincia Puerto Francisco de Orellana

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,40868889	-76,99756111	51802	3806	UMTS	229960,74

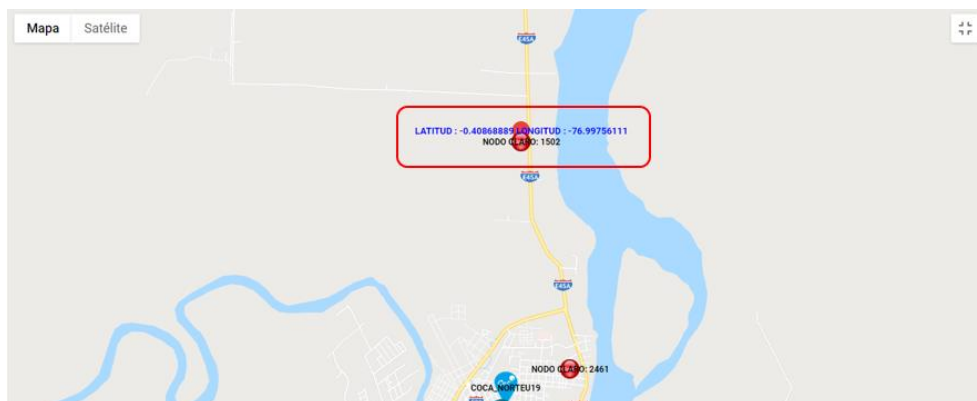


Figura 4.26: Ubicación de la primera coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT, 2020)

Además, se procede a geoubicar la primera coordenada dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que existe un Nodo 2G/3G cercano de RNA. Sin embargo, existe también un nodo LTE APT (700 MHz) de la CNT EP que dentro del mapa

de proyección de cobertura cubre esta ubicación como se muestra a continuación en la Figura 4.28:

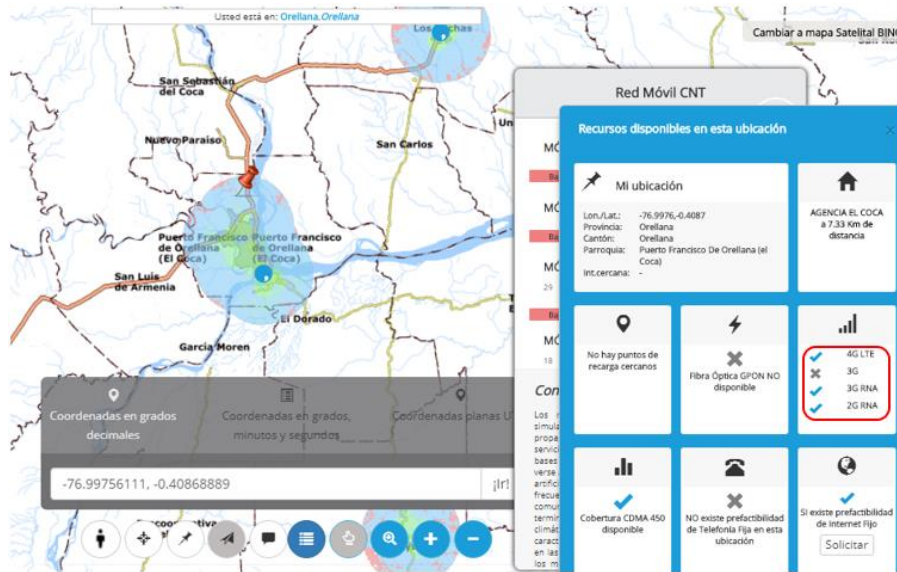


Figura 4.27: Ubicación de la primera coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

Al considerar que el nodo LTE se encuentra a 3,4 Km aproximadamente de la ubicación requerida como se muestra en la Figura 4.29, este nodo no puede brindar un adecuado nivel de señal y servicio a los usuarios de la CNT EP, es por ello que, se debe considerar la implementación de un nuevo nodo LTE que permita al usuario tener óptimos niveles de señal y servicio de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G. De esta manera permitirá disminuir el uso excesivo de RNA e incluso permitirá el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

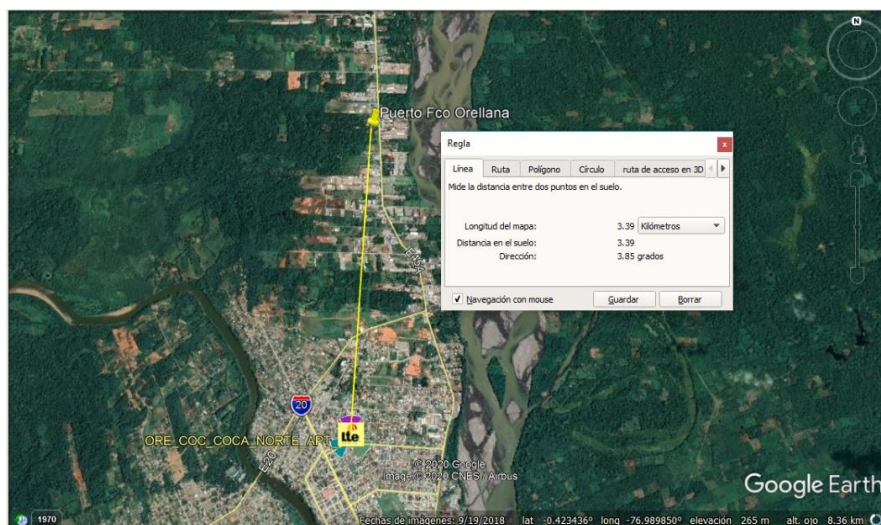


Figura 4.28: Ubicación de la primera coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en Google Earth (Google, 2020)

En la Figura 4.30, se puede observar que no existe un nodo 3G de la CNT EP y al considerar que para tener la funcionalidad de VoLTE, se requiere el despliegue de un nodo LTE con dicho feature que permita al usuario tener los servicios de Voz, Datos y SMS bajo cobertura 4G. De esta manera permitirá disminuir el uso excesivo de RNA e incluso permitirá el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

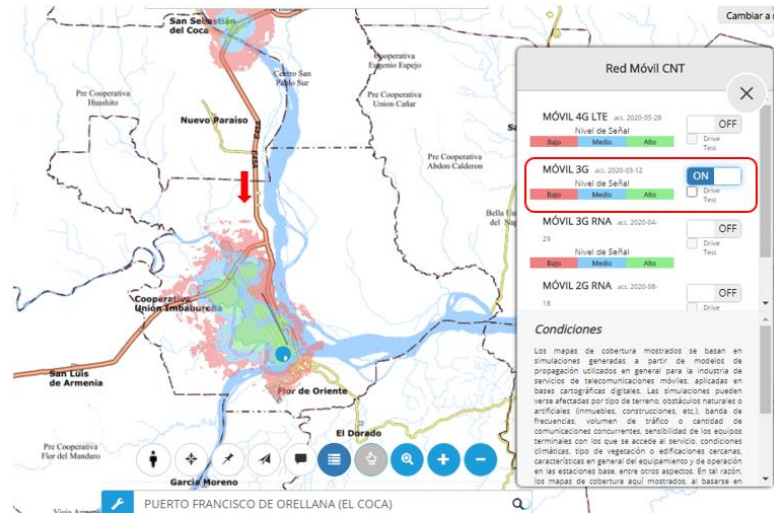


Figura 4.29: Cobertura móvil 3G CNT de la primera coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.31, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo 3G RNA, razón por la cual los abonados de CNT hacen uso de esta red:

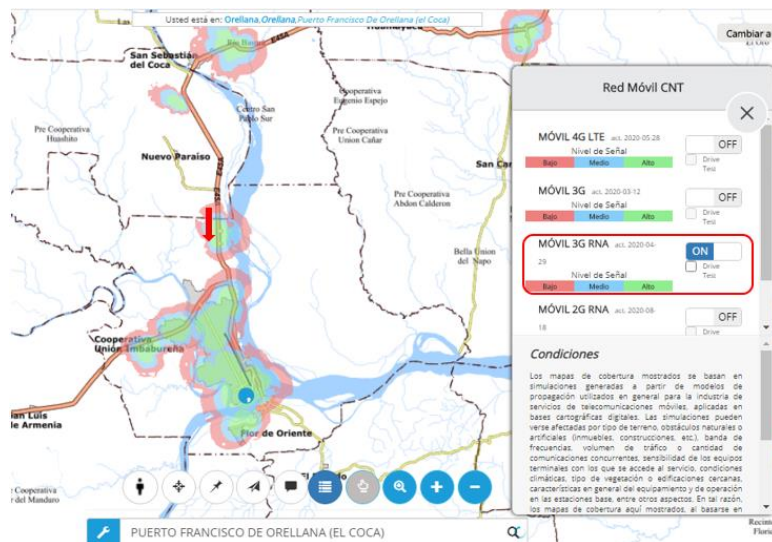


Figura 4.30: Cobertura móvil 3G RNA de la primera coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

Al ubicar en el portal web SPIA de la CNT EP la segunda coordenada, se observa se tiene un nodo de CONECEL que permite cubrir esta localidad:

Tabla 4-17: Información de la segunda coordenada de la provincia Puerto Francisco de Orellana

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,45430600	-77,02305600	51802	1996	UMTS	49042,08

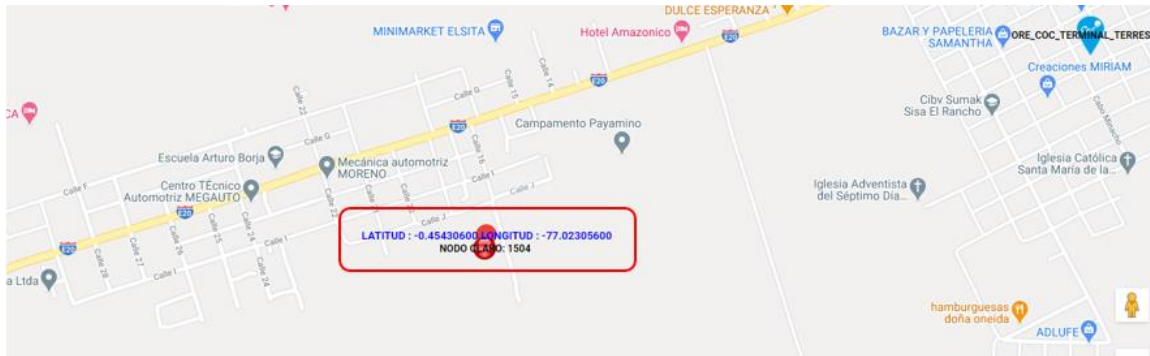


Figura 4.31: Ubicación de la segunda coordenada (Provincia Colonche) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT, 2020)

Además, se procede a geoubicar las coordenadas dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que existe un Nodo 2G/3G cercano de RNA. Sin embargo, existe también un nodo LTE APT (700 MHz) de la CNT EP que dentro del mapa de proyección de cobertura cubre esta ubicación como se muestra a continuación en la Figura 4.33:

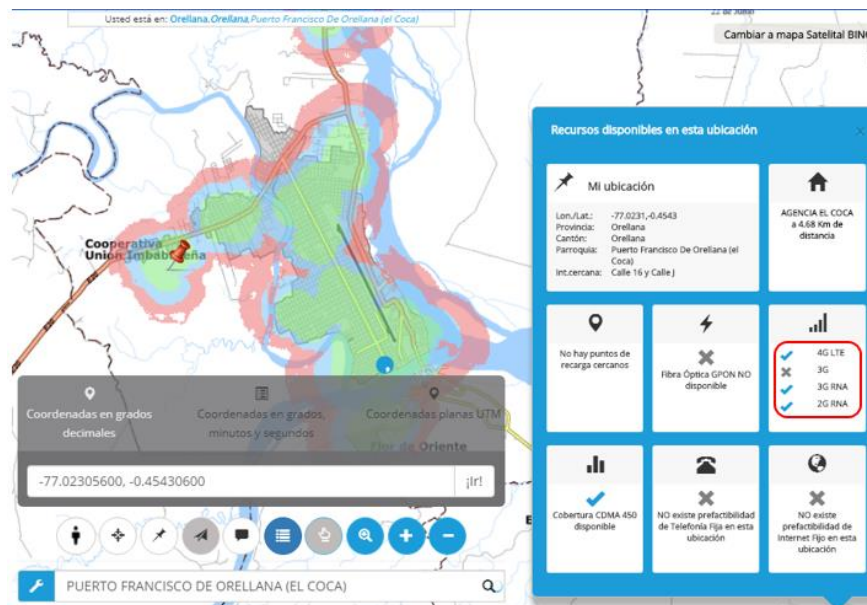


Figura 4.32: Ubicación de la segunda coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

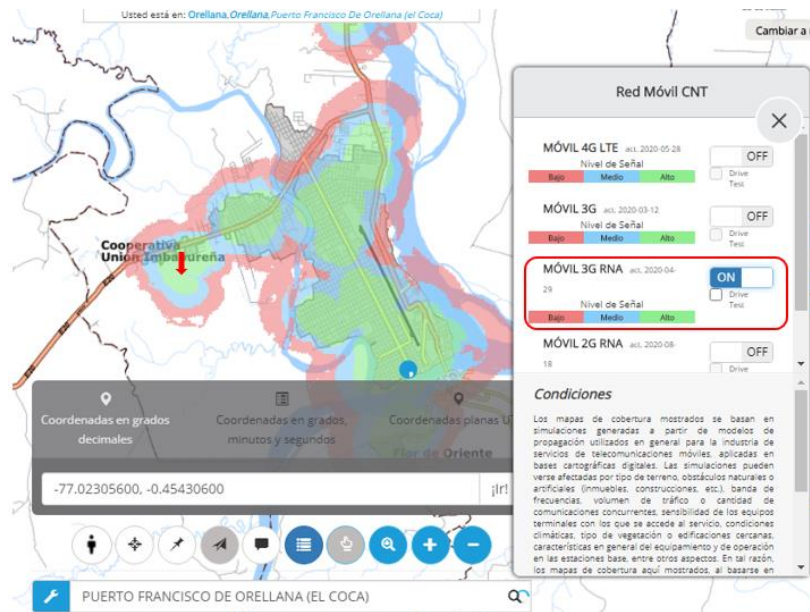


Figura 4.33: Cobertura móvil 3G CNT de la segunda coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.35, se puede observar que existe un nodo 4G de la CNT EP que cubre esta localidad, por lo que se requiere la carga del feature de VoLTE es este nodo LTE que permita al usuario tener los servicios de Voz, Datos y SMS bajo cobertura 4G. De esta manera permitirá disminuir el uso excesivo de RNA e incluso permitirá el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

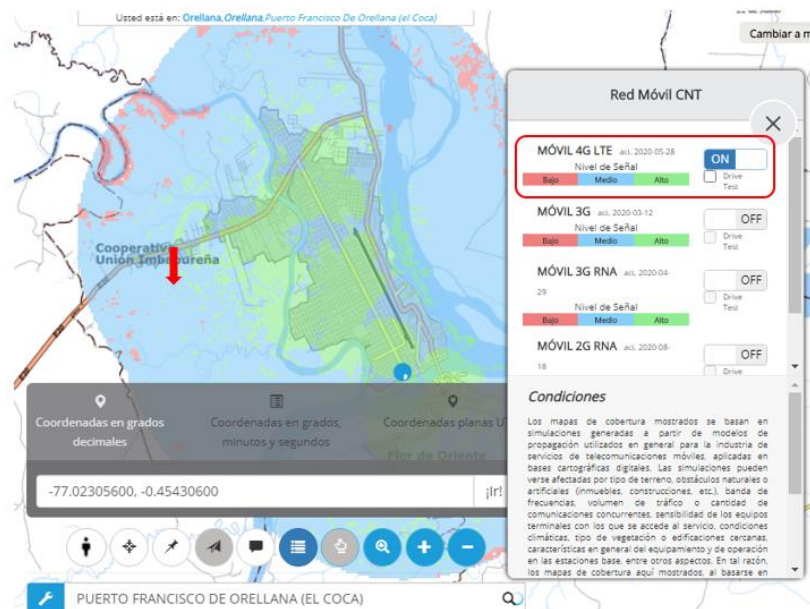


Figura 4.34: Cobertura móvil 4G CNT de la segunda coordenada (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

Para el resto de las coordenadas obtenidas para la Parroquia de Puerto Francisco de Orellana, al ubicarles en el portal web SPIA de la CNT EP, se observa que todas se

encuentran cercanas, por lo que se procedió a realizar el análisis para todas las siguientes ubicaciones:

Tabla 4-18: Información de coordenadas restantes de la provincia Puerto Francisco de Orellana

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site- ID	Tecnología	Megas
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,47166667	-76,98466667	51802	3800	UMTS	22679,52
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,44315556	-76,99935556	51802	3802	UMTS	17012,09
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,43584722	-76,99180000	51802	4390	UMTS	9077,13
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,46780833	-76,98220000	51802	3801	UMTS	8149,81
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,44666667	-77,01375000	51802	5638	UMTS	7825,71
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,48497222	-76,98630556	51802	3805	UMTS	6668,88
ORELLANA	ORELLANA	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA (EL COCA)	-0,46516667	-76,99975000	51802	3335	UMTS	6549,69

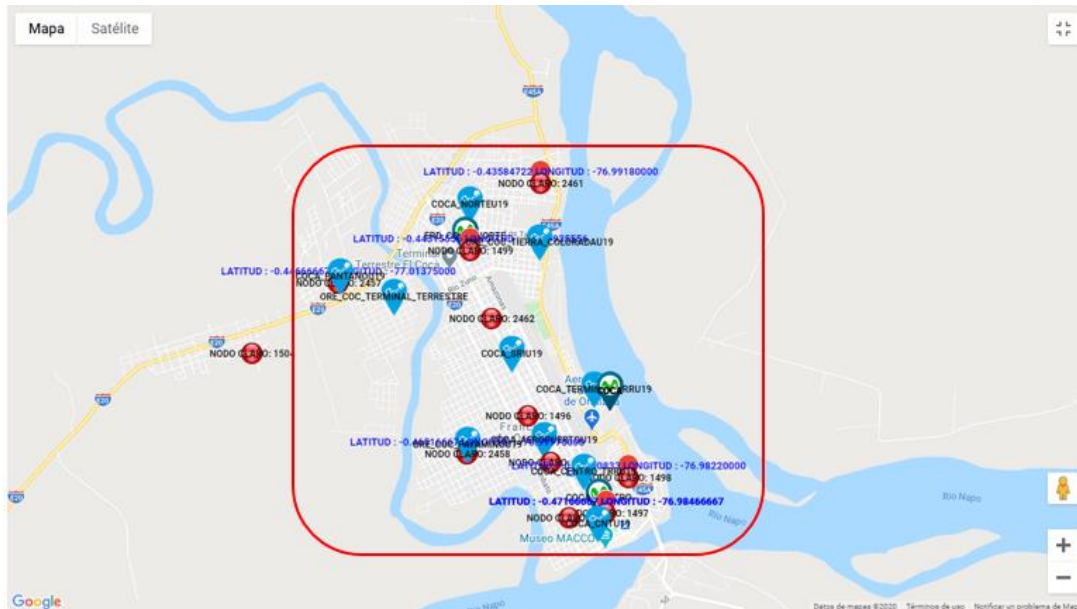


Figura 4.35: Ubicación de coordenadas (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Además, se procede a geolocalizar las coordenadas dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que existen Nodos de CNT 3G/4G como de RNA 2G/3G para cubrir estas ubicaciones, como se muestra a continuación en la Figura 4.37:

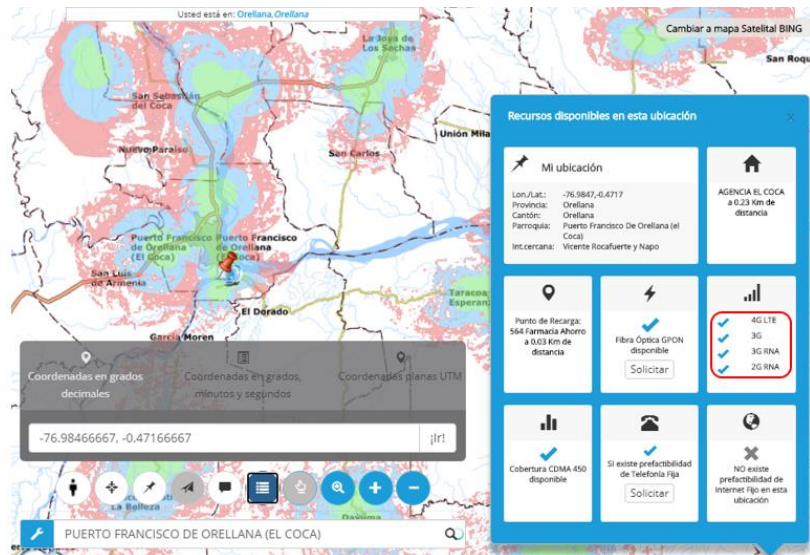


Figura 4.36: Ubicación de coordenadas (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.38 y Figura 4.39, se puede observar que existe un nodo 3G y un nodo 4G de la CNT EP respectivamente. Sin embargo, al considerar que para tener la funcionalidad de VoLTE, se requiere la carga del feature de VoLTE es este nodo LTE que permita al usuario tener los servicios de Voz, Datos y SMS bajo cobertura 4G. De esta manera permitirá disminuir el uso excesivo de RNA e incluso permitirá el futuro apagado de RNA en esta ubicación.

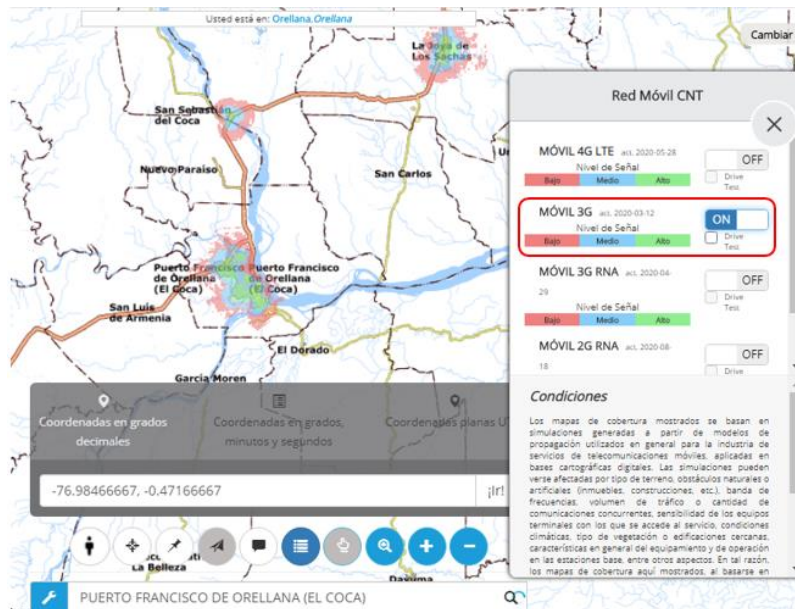


Figura 4.37: Cobertura móvil 3G CNT (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

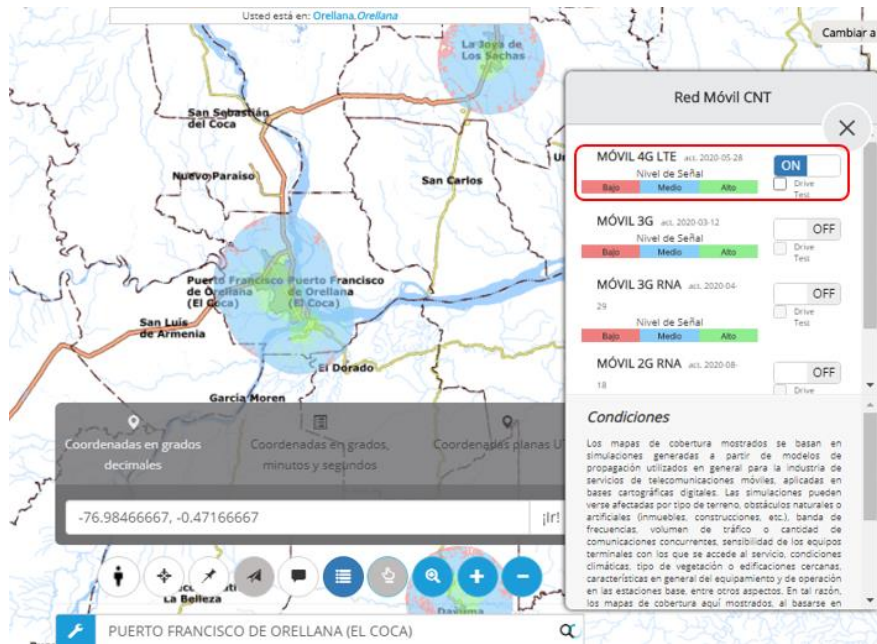


Figura 4.38: Cobertura móvil 4G CNT (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.40, se puede observar que existen niveles de señal óptima de los nodos 2G y 3G RNA, razón por la cual los abonados de CNT hacen uso de esta red:

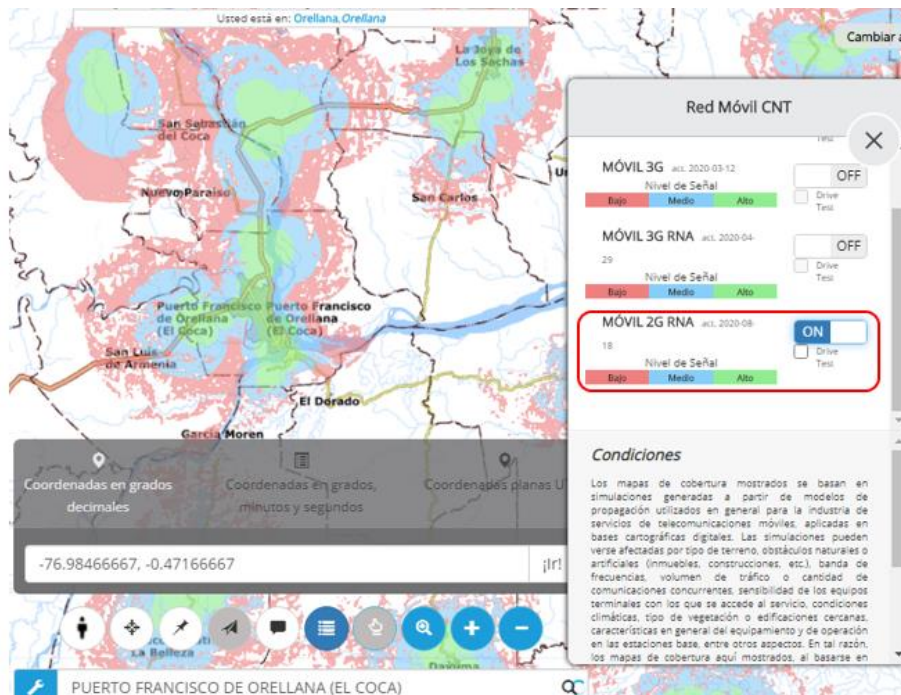


Figura 4.39: Cobertura móvil 2G RNA (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

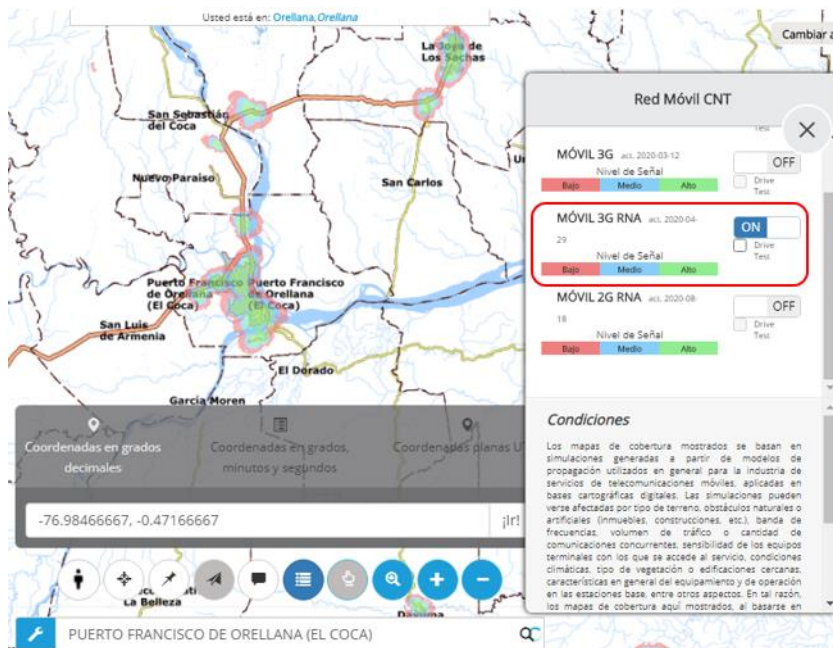


Figura 4.40: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Puerto Francisco de Orellana) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

La tercera parroquia con mayor uso de RNA CONECEL es TIPUTINI, la misma que se analiza a continuación:

Tabla 4-19: Tercera parroquia con mayor consumo en RNA CONECEL

TECNOLOGÍA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LAC	CONSUMO TOTAL (MB)
UMTS	ORELLANA	AGUARICO	TIPUTINI	53410	283282,26

Al revisar con más detalle este LAC, y en base a la información obtenida por Site-ID, se tiene la siguiente información:

Tabla 4-20: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia Tiputini

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
ORELLANA	AGUARICO	TIPUTINI	-0,78937203	-75,52755737	53410	3564	UMTS	283282,26

Al ubicar en el portal web SPIA de la CNT EP las coordenadas, se observa que efectivamente se tiene un nodo RNA que permite cubrir esta localidad:

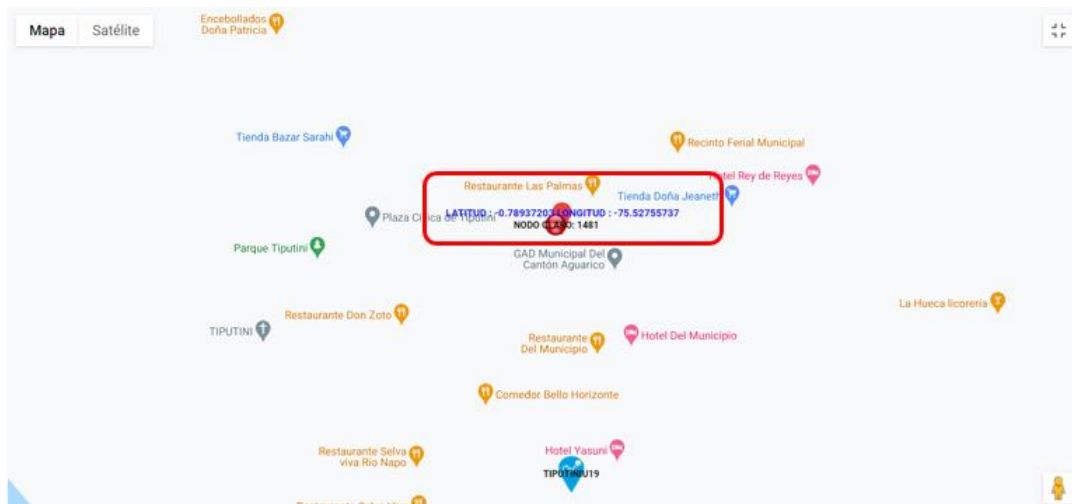


Figura 4.41: Ubicación de coordenadas (Parroquia Tiputini) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Además, se procede a geolocalizar las coordenadas dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que efectivamente existe un Nodo cercano de RNA CONECEL, así como un nodo 3G de CNT. Sin embargo, para tener la funcionalidad y servicio de VoLTE se debería desplegar un nodo LTE que permita cubrir esta localidad y brindar al usuario los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G:

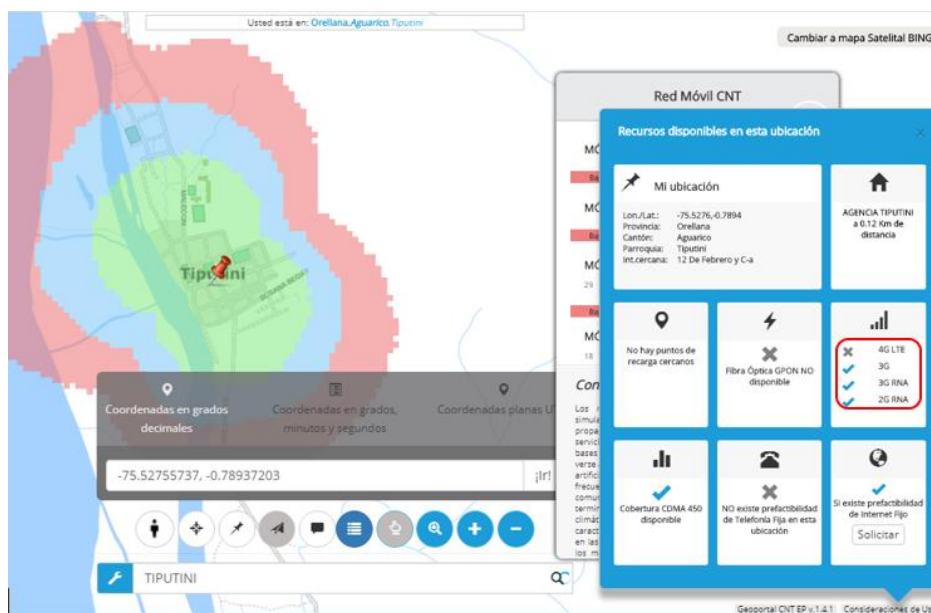


Figura 4.42: Ubicación de coordenadas (Parroquia Tiputini) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.44, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo del CONECEL, razón por la cual los abonados de CNT hacen uso de esta red:



Figura 4.43: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Tiputini) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.45, se puede observar existe un nodo 3G de la CNT EP, pero sus niveles de señal y alcance son menores, por lo que se debe realizar una optimización de este nodo y desplegar un nodo LTE que permita al usuario tener los servicios de Voz, Datos y SMS bajo cobertura 4G, o a su vez realizar CSFB a la red 3G de CNT en caso de los terminales móviles no soporten VoLTE en esta localidad. De esta manera permitirá disminuir el uso excesivo de RNA e incluso permitirá el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

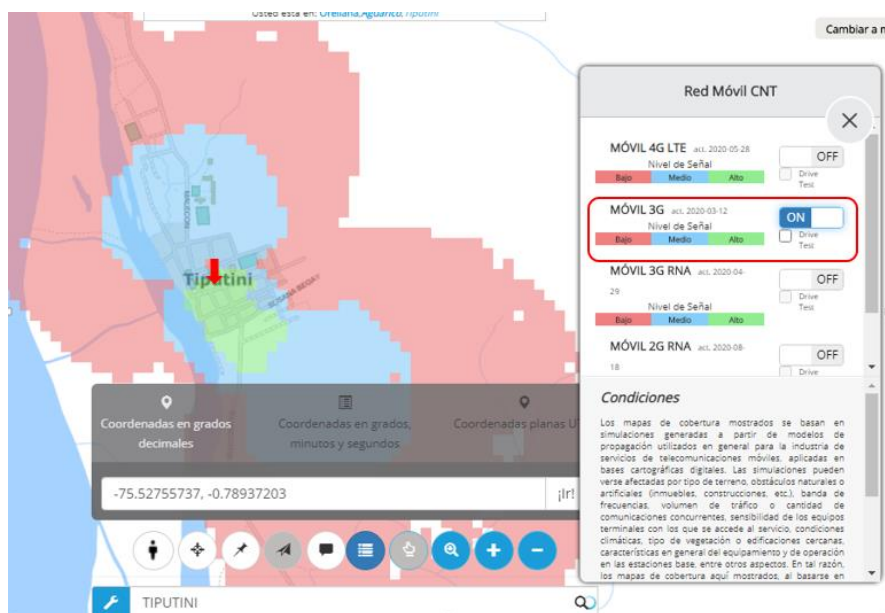


Figura 4.44: Cobertura móvil 3G CNT (Parroquia Tiputini) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

La cuarta parroquia con mayor uso de RNA CONECEL es BALZAR, la misma que se analiza a continuación:

Tabla 4-21: Cuarta parroquia con mayor consumo en RNA CONECEL

TECNOLOGÍA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LAC	CONSUMO TOTAL (MB)
UMTS	GUAYAS	BALZAR	BALZAR	50177	279013,26

Al revisar con más detalle este LAC, y en base a la información obtenida por Site-ID, se tiene la siguiente información:

Tabla 4-22: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia Balzar

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
GUAYAS	BALZAR	BALZAR	-1,46855556	-79,92263889	50177	3591	UMTS	77675,07
GUAYAS	BALZAR	BALZAR	-1,28461111	-79,91972222	50177	5126	UMTS	72224,67
GUAYAS	BALZAR	BALZAR	-1,14933333	-79,72122222	50177	3977	UMTS	61386,79
GUAYAS	BALZAR	BALZAR	-1,23694444	-79,77180556	50177	3978	UMTS	36913,06
GUAYAS	BALZAR	BALZAR	-1,30600000	-79,85230556	50177	4005	UMTS	30813,67

Se procede a ubicarles a todas las coordenadas en el portal web SPIA de la CNT EP, se observa que todas se encuentran cercanas, por lo que se procedió a realizar el análisis para todas las ubicaciones antes mencionadas:

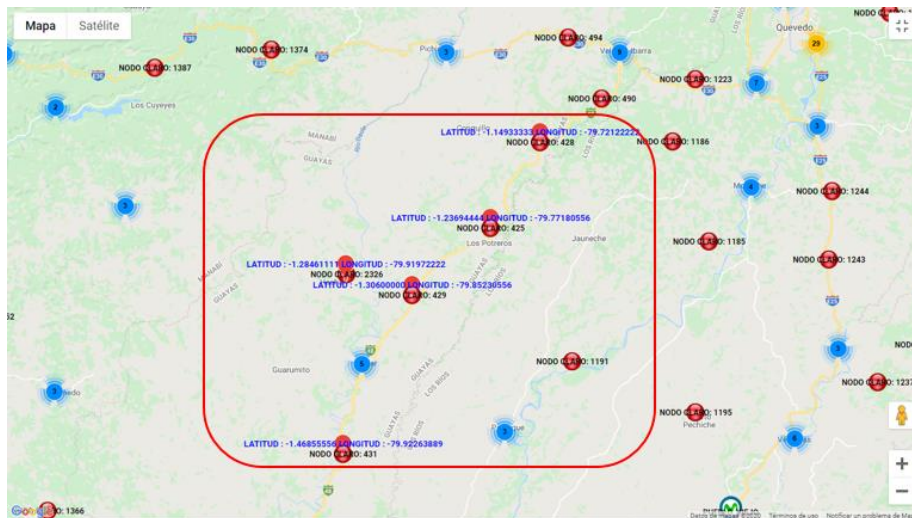


Figura 4.45: Ubicación de coordenadas (Parroquia Balzar) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Además, se procede a geolocalizar las coordenadas dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que existe únicamente Nodos de RNA 2G/3G para cubrir estas localidades, como se muestra a continuación en la Figura 4.47:

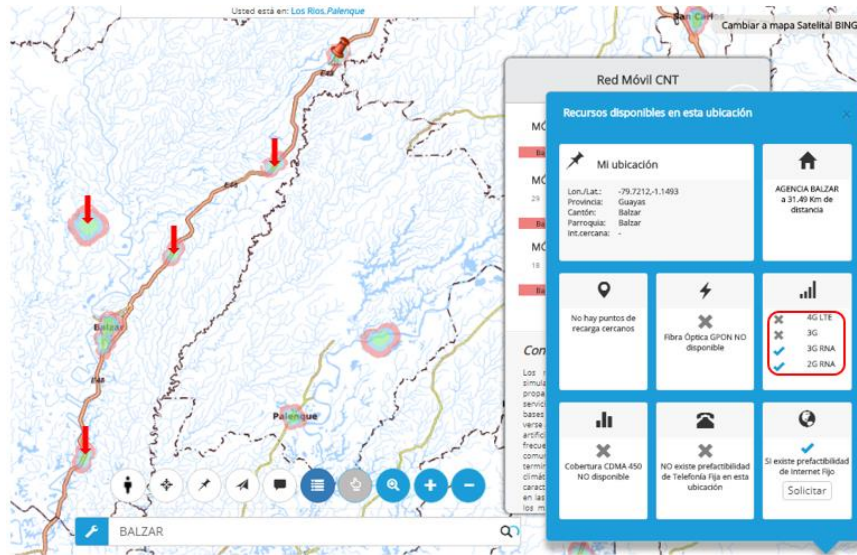


Figura 4.46: Ubicación de coordenadas (Parroquia Balzar) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.18 y Figura 4.49, se puede observar que existe un nodo 2G y un nodo 3G de RNA respectivamente. Sin embargo, al considerar que para tener la funcionalidad de VoLTE, se requiere el despliegue de un nodo LTE con dicho feature que permita al usuario tener los servicios de Voz, Datos y SMS bajo cobertura 4G. De esta manera permitirá disminuir el uso excesivo de RNA e incluso permitirá el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

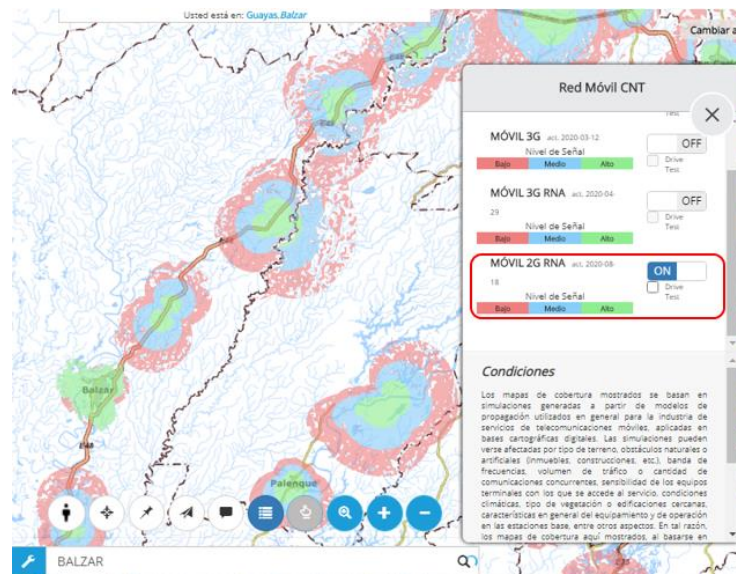


Figura 4.47: Cobertura móvil 2G RNA (Parroquia Balzar) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

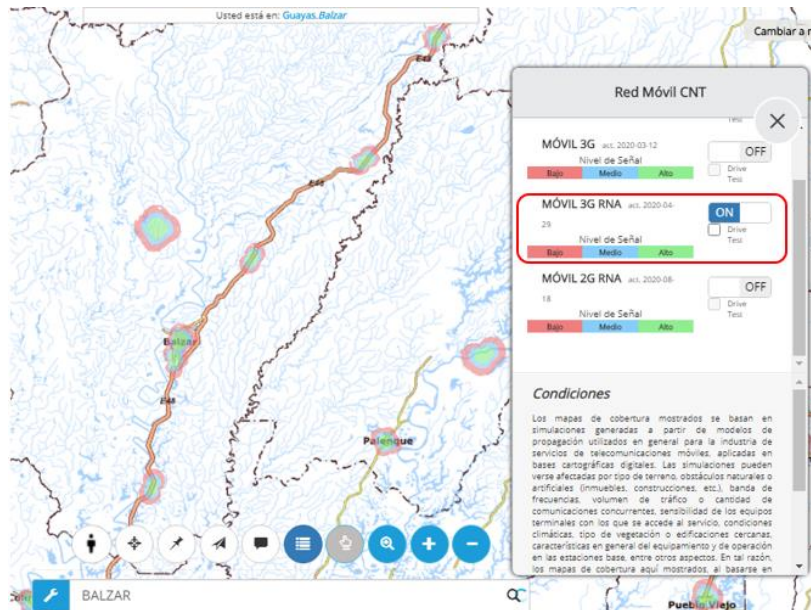


Figura 4.48: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Balzar) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

La quinta parroquia con mayor uso de RNA CONECEL es LA ESPERANZA, la misma que se analiza a continuación:

Tabla 4-23: Quinta parroquia con mayor consumo en RNA CONECEL

TECNOLOGÍA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LAC	CONSUMO TOTAL (MB)
UMTS	IMBABURA	IBARRA	LA ESPERANZA	14148	275673,04

Al revisar con más detalle este LAC, y en base a la información obtenida por Site-ID, se tiene la siguiente información:

Tabla 4-24: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia La Esperanza

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
IMBABURA	IBARRA	LA ESPERANZA	0,28594444	-78,11130556	14148	5614	UMTS	275673,04

Al ubicar en el portal web SPIA de la CNT EP las coordenadas, se observa que efectivamente se tiene un nodo RNA que permite cubrir esta localidad:

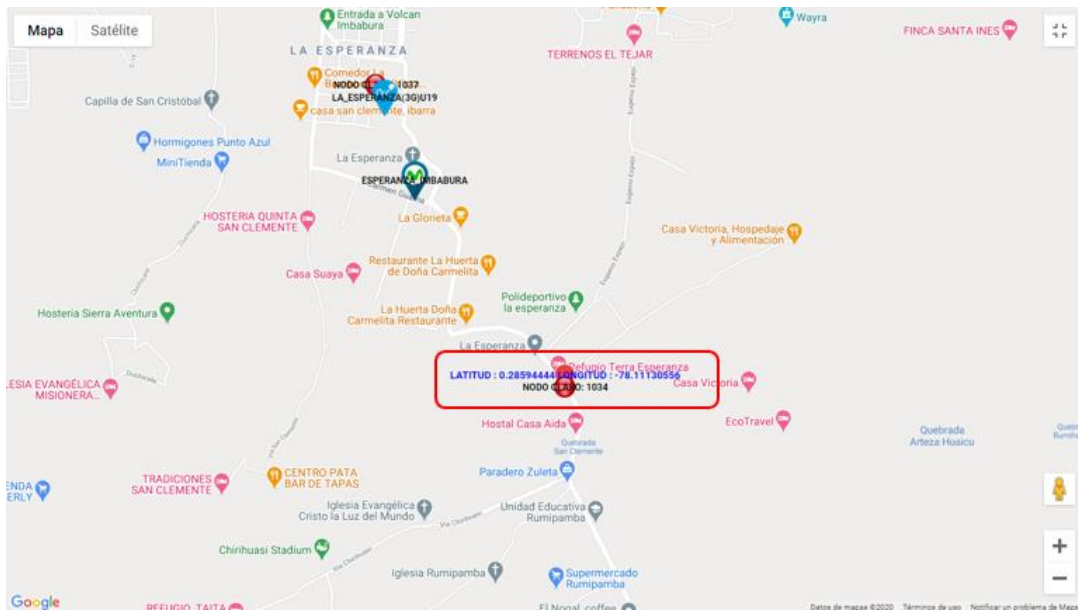


Figura 4.49: Ubicación de coordenadas (Parroquia La Esperanza) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Además, se procede a geolocalizar las coordenadas dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que efectivamente existe un Nodo de RNA CONECEL, así como un nodo LTE APT de la CNT EP:

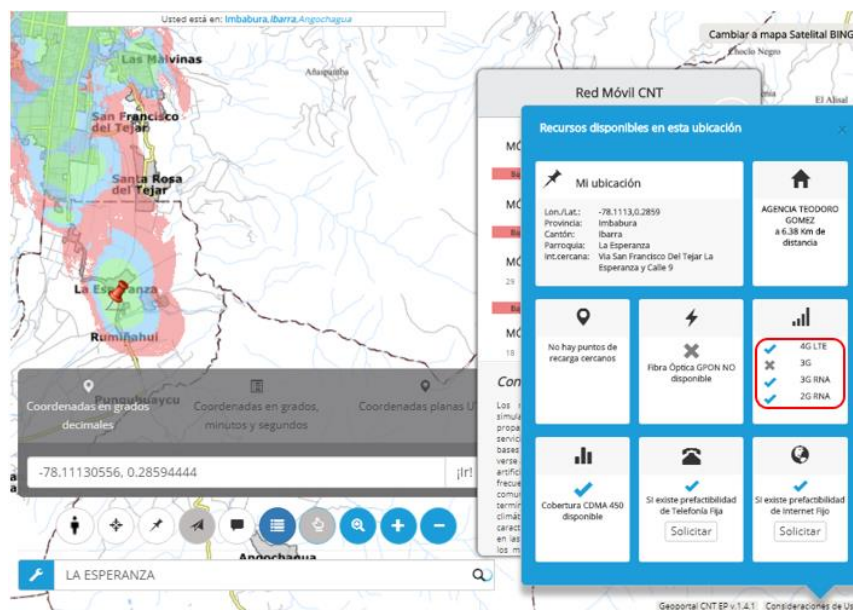


Figura 4.50: Ubicación de coordenadas (Parroquia La Esperanza) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.52, se puede observar que no existen niveles de señal óptima del nodo 4G más cercano a estas coordenadas, razón por la cual los abonados de la CNT hacen uso de RNA.

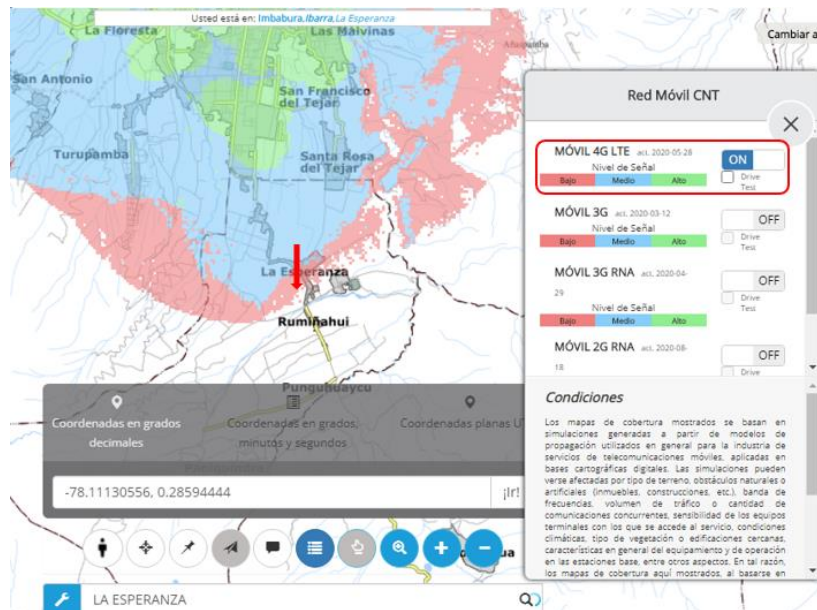


Figura 4.51: Cobertura móvil 4G CNT (Parroquia La Esperanza) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

Al considerar que el nodo LTE se encuentra a 3,4 Km aproximadamente de la ubicación requerida como se muestra en la Figura 4.53, este nodo no puede brindar un adecuado nivel de señal y servicio a los usuarios de la CNT EP, es por ello que se debe considerar la implementación de un nuevo nodo LTE que permita al usuario tener óptimos niveles de señal y servicio de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G. De esta manera permitirá disminuir el uso excesivo de RNA e incluso permitirá el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

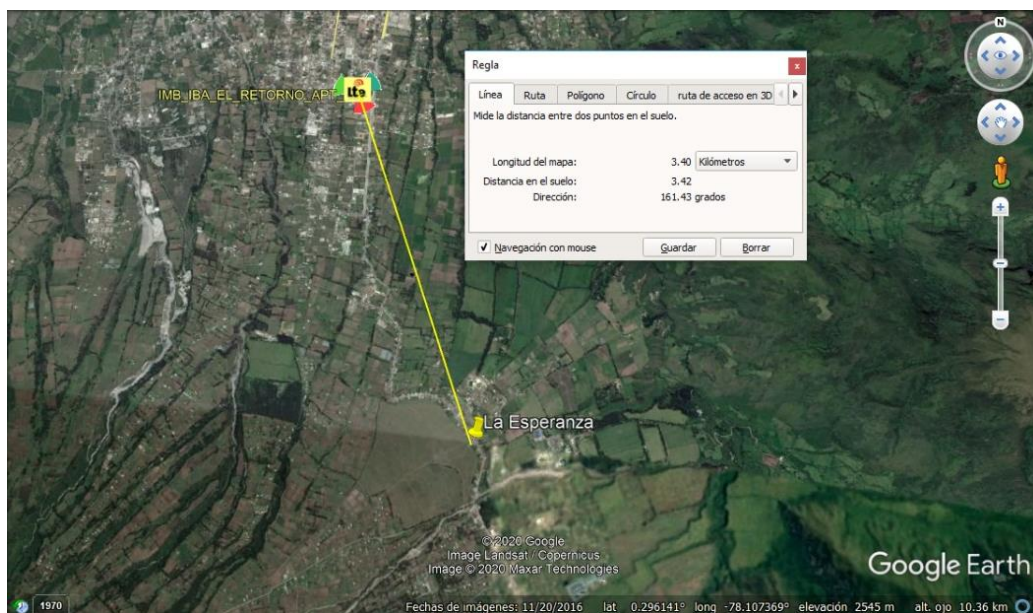


Figura 4.52: Ubicación de coordenadas (Parroquia La Esperanza) en Google Earth (Google, 2020)

En la Figura 4.54, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo del CONECEL, razón por la cual los abonados de CNT hacen uso de esta red:

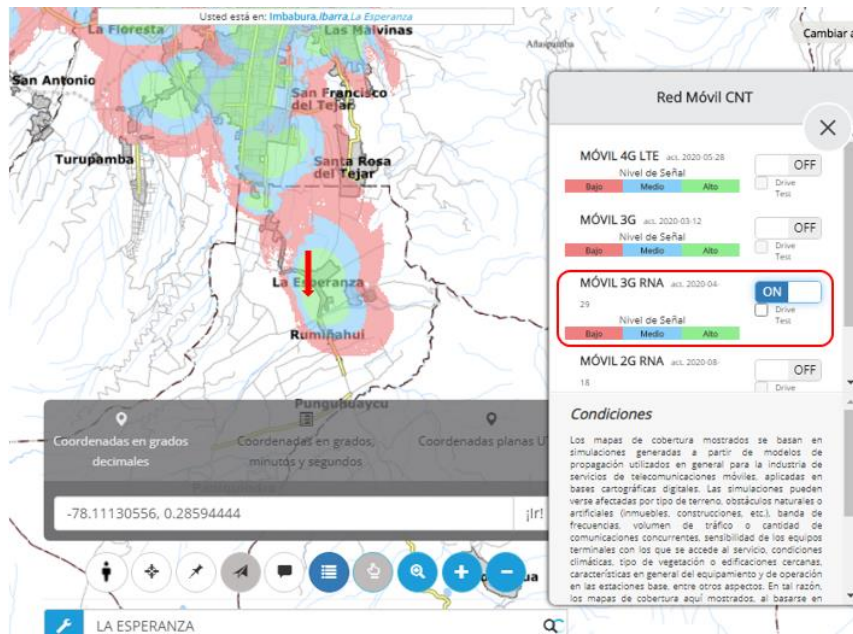


Figura 4.53: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia La Esperanza) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

A continuación, se procede con el análisis en las principales parroquias que cursan el mayor consumo de RNA OTECEL en datos móviles para la consideración del futuro despliegue de eNodos B de CNT que soporten el feature de VoLTE.

Tabla 4-25: TOP 5 de parroquias que tienen uso excesivo de RNA OTECEL

TECNOLOGÍA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LAC	CONSUMO TOTAL (MB)
UMTS	GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	40202	920769,02
UMTS	ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	40413	902982,7
UMTS	ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	SAN SEBASTIAN DEL COCA	30111	759914,11
UMTS	LOJA	CELICA	CELICA	40421	752181,21
UMTS	MANABI	PAJAN	GAULE	40612	688754,95

La primera parroquia que encabeza la lista como la zona geográfica con mayor consumo de RNA OTECEL es GUAYAQUIL, la misma que se analiza a continuación:

Tabla 4-26: Primera parroquia con mayor consumo en RNA OTECEL

TECNOLOGÍA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LAC	CONSUMO TOTAL (MB)
UMTS	GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	40202	920769,02

Al revisar con más detalle este LAC, y en base a la información obtenida por Site-ID, se tiene la siguiente información:

Tabla 4-27: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia de Guayaquil

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,06117778	-79,9449167	40202	1673	UMTS	298440,99
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,06117778	-79,9449167	40202	4073	UMTS	43764,46
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,06117778	-79,9449167	40202	4673	UMTS	37365,25
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,10464167	-79,9875	40202	4501	UMTS	26877,98
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,10464167	-79,9875	40202	1801	UMTS	25858,04
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,09747222	-79,9249722	40202	1701	UMTS	22877,67
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,07153056	-79,9241694	40202	4690	UMTS	22213,08
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,08083333	-79,9313917	40202	1854	UMTS	20750,46
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,05491667	-79,9556111	40202	4743	UMTS	19522,14
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,10464167	-79,9875	40202	1701	UMTS	19248,06
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,10464167	-79,9875	40202	4301	UMTS	17248,20
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,12115	-79,9991	40202	4003	UMTS	15560,81
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,063348	-79,923309	40202	4160	UMTS	15217,41
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,07153056	-79,9241694	40202	1690	UMTS	14653,68
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,10464167	-79,9875	40202	4601	UMTS	13836,39
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,12115	-79,9991	40202	4103	UMTS	13063,06
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,12	-79,9530556	40202	1875	UMTS	12955,10
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,0845889	-79,97025	40202	4239	UMTS	12731,72
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,10464167	-79,9875	40202	1601	UMTS	12288,56
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,00055833	-79,9777806	40202	4351	UMTS	11595,41
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,00055833	-79,9777806	40202	1851	UMTS	10835,35
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,09289167	-79,9636111	40202	1801	UMTS	10818,76
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,07153056	-79,9241694	40202	1890	UMTS	9972,09
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,12115	-79,9991	40202	4503	UMTS	9631,48
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,10464167	-79,9875	40202	4801	UMTS	9380,90
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,11778056	-79,9668361	40202	1814	UMTS	9336,02

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,12115	-79,9991	40202	4403	UMTS	8888,00
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,12555833	-79,9341694	40202	1652	UMTS	8732,87
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,00055833	-79,9777806	40202	4651	UMTS	8557,23
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,00055833	-79,9777806	40202	1751	UMTS	8478,90
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,12115	-79,9991	40202	4203	UMTS	8261,62
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,075639	-79,939083	40202	4044	UMTS	8084,74
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,10464167	-79,9875	40202	4701	UMTS	7856,26
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,08502778	-79,9538056	40202	4232	UMTS	7802,03
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,07153056	-79,9241694	40202	4890	UMTS	7565,08
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,10464167	-79,9875	40202	4401	UMTS	7548,60
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,08083333	-79,9313917	40202	4454	UMTS	7509,27
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,12	-79,9530556	40202	4575	UMTS	7256,52
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,0845889	-79,97025	40202	4039	UMTS	7022,64
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,00055833	-79,9777806	40202	1651	UMTS	6582,32
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,09289167	-79,9636111	40202	1701	UMTS	6519,92
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,08083333	-79,9313917	40202	4854	UMTS	6280,39
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,05491667	-79,9556111	40202	4043	UMTS	6174,73
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,09289167	-79,9636111	40202	4301	UMTS	5965,32
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,13469444	-79,9289611	40202	4141	UMTS	5911,92
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,13469444	-79,9289611	40202	4241	UMTS	5811,92
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,124417	-79,946861	40202	4647	UMTS	5785,87
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,08083333	-79,9313917	40202	4554	UMTS	5770,22
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,068667	-79,949333	40202	4242	UMTS	5695,01
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,09639167	-79,9419444	40202	1759	UMTS	5428,29
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,090616	-79,930366	40202	4137	UMTS	5217,34
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,11778056	-79,9668361	40202	1714	UMTS	5013,09
GUAYAS	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	-2,06117778	-79,9449167	40202	4173	UMTS	5005,85

Al ubicar a todas las coordenadas en el portal web SPIA de la CNT EP, se observa que se encuentran cercanas, por lo que se procedió a realizar el análisis para todas las ubicaciones antes mencionadas:

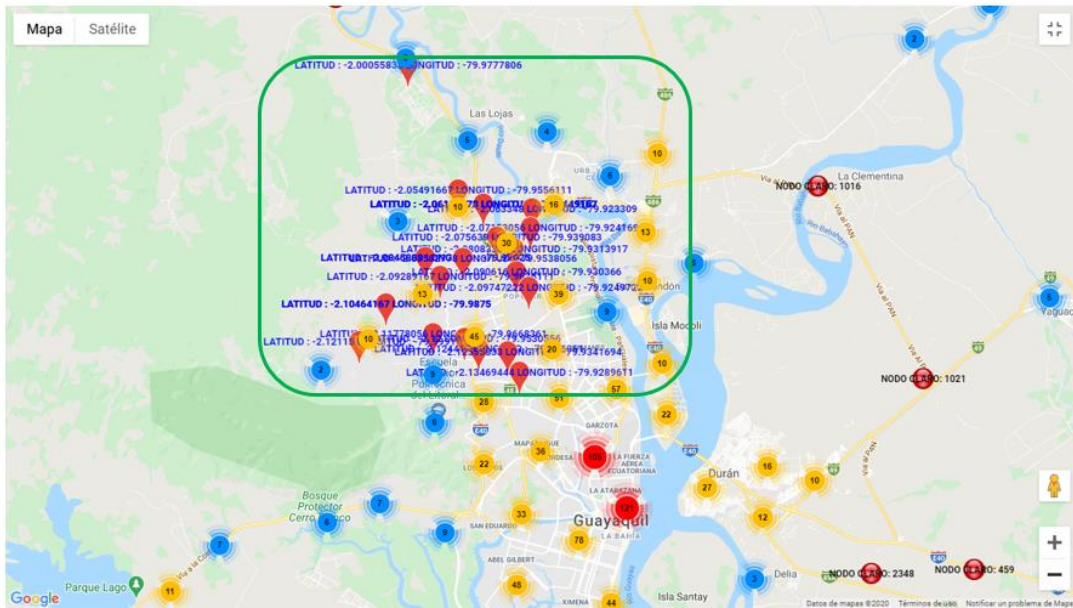


Figura 4.54: Ubicación de coordenadas (Parroquia Guayaquil) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Como se puede observar en la Figura 4.56, en las coordenadas geoubicadas en el mapa, existen varios nodos cercanos tanto de CNT como de RNA, al ser una parroquia que pertenece a una de las principales ciudades del país, como es Guayaquil:

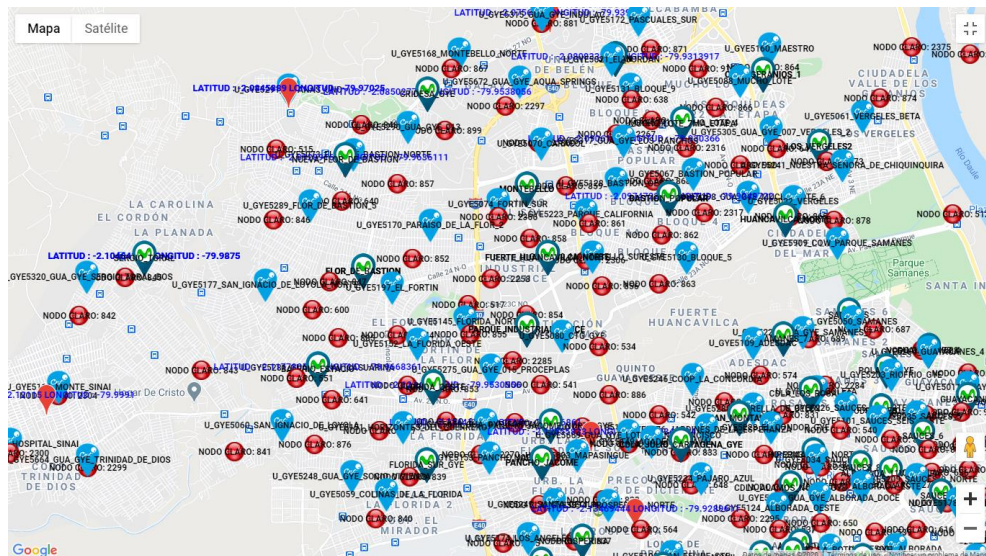


Figura 4.55: Ubicación de coordenadas (Parroquia Guayaquil) y obtención de Nodos en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Además, se procede a geobucar las coordenadas dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que existen Nodos 3G/4G de la CNT como 2G/3G de RNA para cubrir estas ubicaciones, como se muestra a continuación en la Figura 4.57:

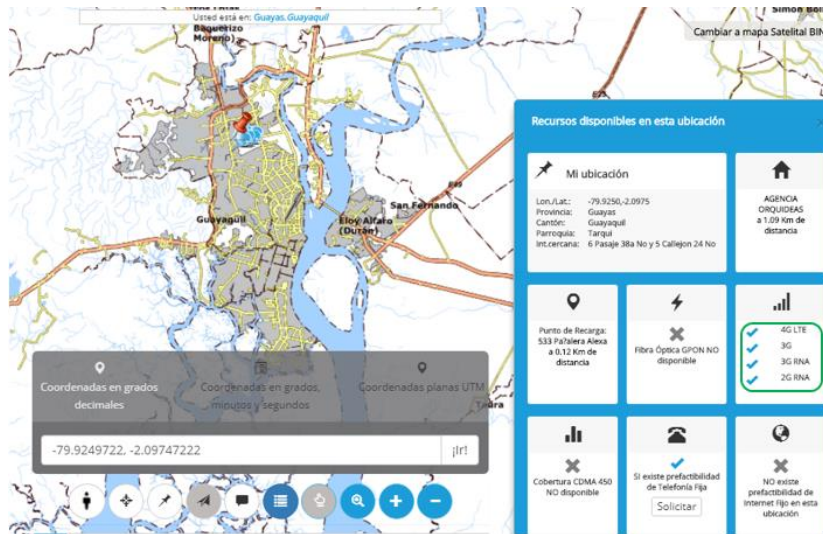


Figura 4.56: Ubicación de coordenadas (Parroquia Guayaquil) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.58 y Figura 4.59, se puede observar que existe un nodo 3G y un nodo 4G de la CNT EP respectivamente. Sin embargo, al considerar que para tener la funcionalidad de VoLTE, se requiere la carga del feature de VoLTE es este nodo LTE que permita al usuario tener los servicios de Voz, Datos y SMS bajo cobertura 4G. De esta manera permitirá disminuir el uso excesivo de RNA e incluso permitirá el futuro apagado de RNA en esta ubicación.

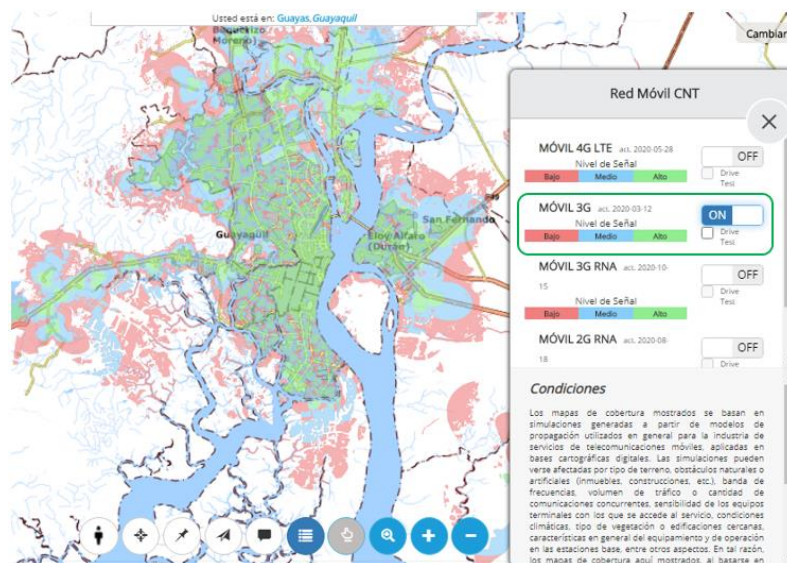


Figura 4.57: Cobertura móvil 3G CNT (Parroquia Guayaquil) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

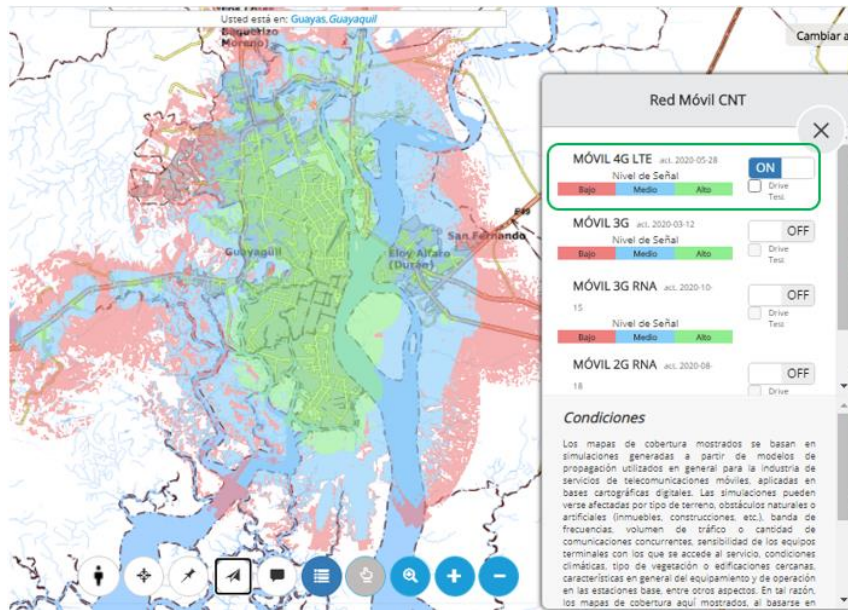


Figura 4.58: Cobertura móvil 4G CNT (Parroquia Guayaquil) en el Geoportál web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.60, se puede observar que también existen niveles de señal óptima de los nodos 2G y 3G RNA, razón por la cual los abonados de CNT hacen uso de esta red:

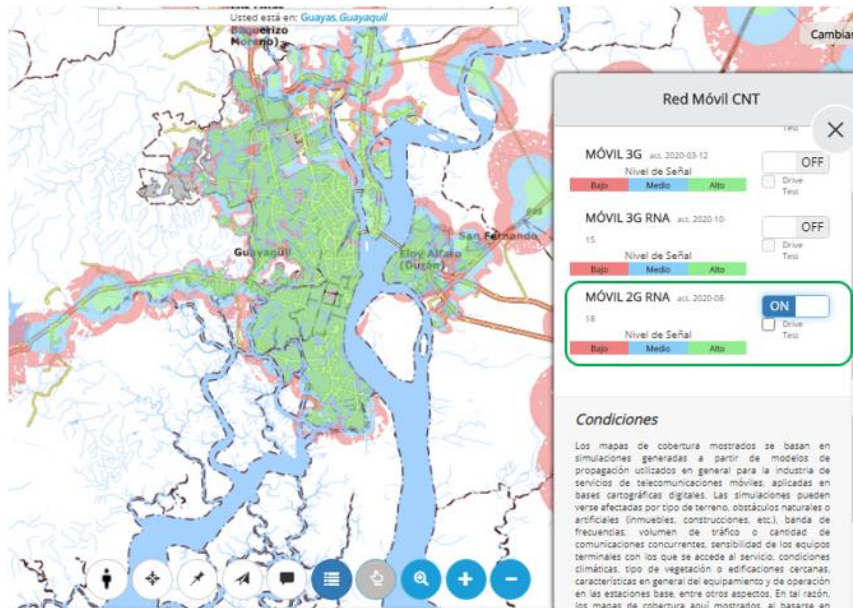


Figura 4.59: Cobertura móvil 2G RNA (Parroquia Guayaquil) en el Geoportál web de la CNT EP (CNT, 2020)

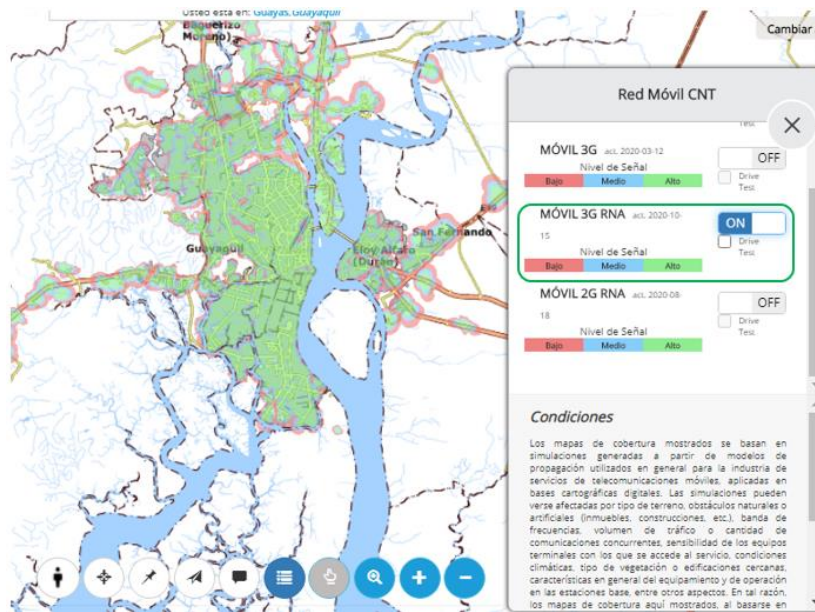


Figura 4.60: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Guayaquil) en el Geoport web de la CNT EP (CNT, 2020)

Dentro de la página web del Geoport de OTECEL, también se puede observar que tiene cobertura 3G en la parroquia de Guayaquil:

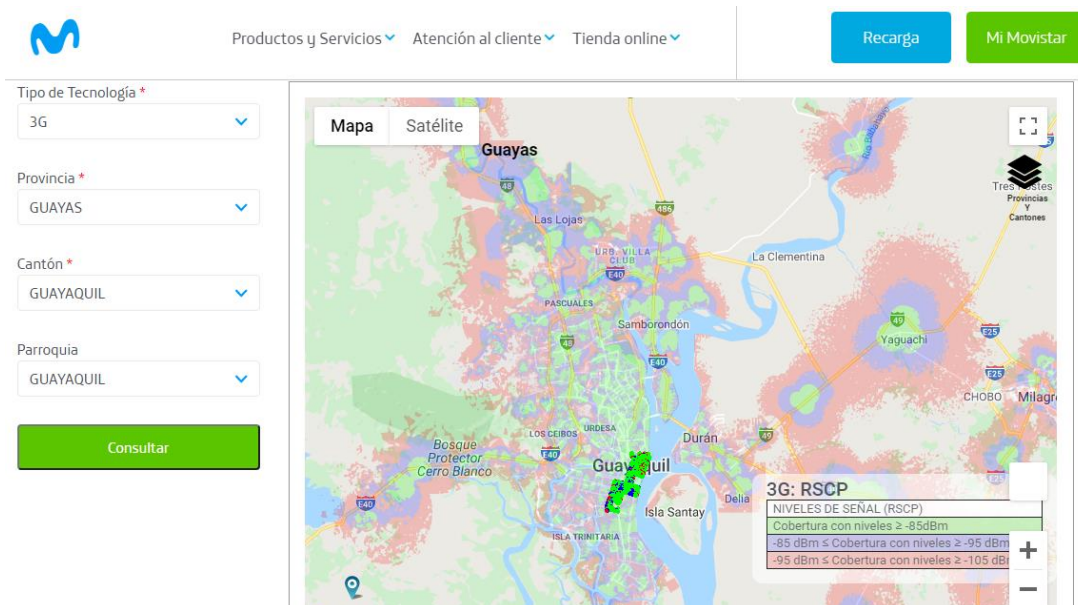


Figura 4.61: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Guayaquil) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)

La segunda parroquia con mayor uso de RNA CONECEL es ROSA ZARATE (QUININDE), la misma que se analiza a continuación:

Tabla 4-28: Segunda parroquia con mayor consumo en RNA OTECEL

TECNOLOGÍA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LAC	CONSUMO TOTAL (MB)
UMTS	ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	40413	902982,7

Al revisar con más detalle este LAC, y en base a la información obtenida por Site-ID, se tiene la siguiente información:

Tabla 4-29: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia Rosa Zarate

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,38584444	-79,5080306	40413	4149	UMTS	86124,56
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,31066	-79,45941	40413	4107	UMTS	80267,00
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,30686111	-79,3139722	40413	4296	UMTS	76875,12
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,30686111	-79,3139722	40413	4996	UMTS	70837,92
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,38584444	-79,5080306	40413	4849	UMTS	70018,65
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,30686111	-79,3139722	40413	4096	UMTS	60180,92
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,30686111	-79,3139722	40413	4796	UMTS	54450,91
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,31066	-79,45941	40413	4307	UMTS	51767,08
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,230667	-79,413861	40413	4196	UMTS	50034,06
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,31066	-79,45941	40413	2907	UMTS	45619,94
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,38584444	-79,5080306	40413	4049	UMTS	42139,82
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,230667	-79,413861	40413	4896	UMTS	41751,84
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,38584444	-79,5080306	40413	4749	UMTS	39364,66
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,230667	-79,413861	40413	4796	UMTS	32049,92
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE	0,230667	-79,413861	40413	4096	UMTS	23973,76

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
		(QUININDE)						
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,31066	-79,45941	40413	4207	UMTS	23267,77
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,30686111	-79,3139722	40413	4196	UMTS	22507,18
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,30686111	-79,3139722	40413	4896	UMTS	19745,04
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,31066	-79,45941	40413	4007	UMTS	12006,55

Al retirar las coordenadas repetidas tenemos cuatro ubicaciones, las cuales se procede a ubicarles en el portal web SPIA de la CNT EP, dando como resultado lo siguiente:

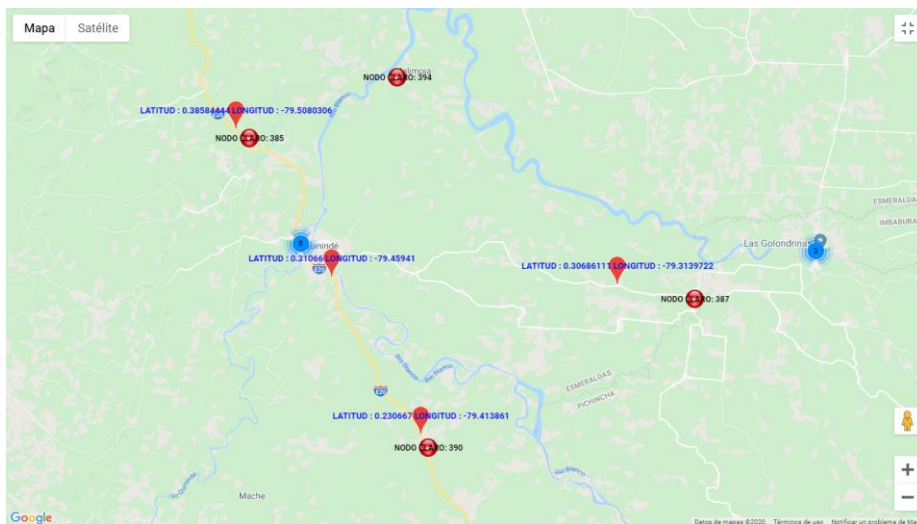


Figura 4.62: Ubicación de coordenadas (Parroquia Rosa Zarate) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Al geoubicar la primera coordenada dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que existe únicamente un Nodo 2G de RNA y no existe cobertura de la CNT como se muestra a continuación en la Figura 4.64, esto se debe a que el nodo 3G de OTECEL no ha sido actualizado en la página del Geoportal de la CNT EP:

Tabla 4-30: Información de la primera coordenada de la provincia de Rosa Zarate

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,38584444	-79,5080306

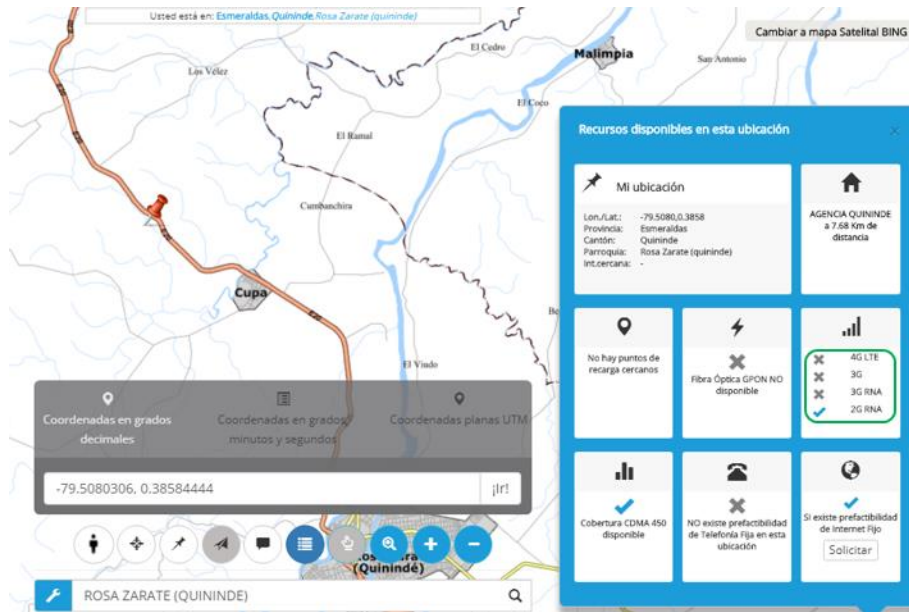


Figura 4.63: Ubicación de primera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

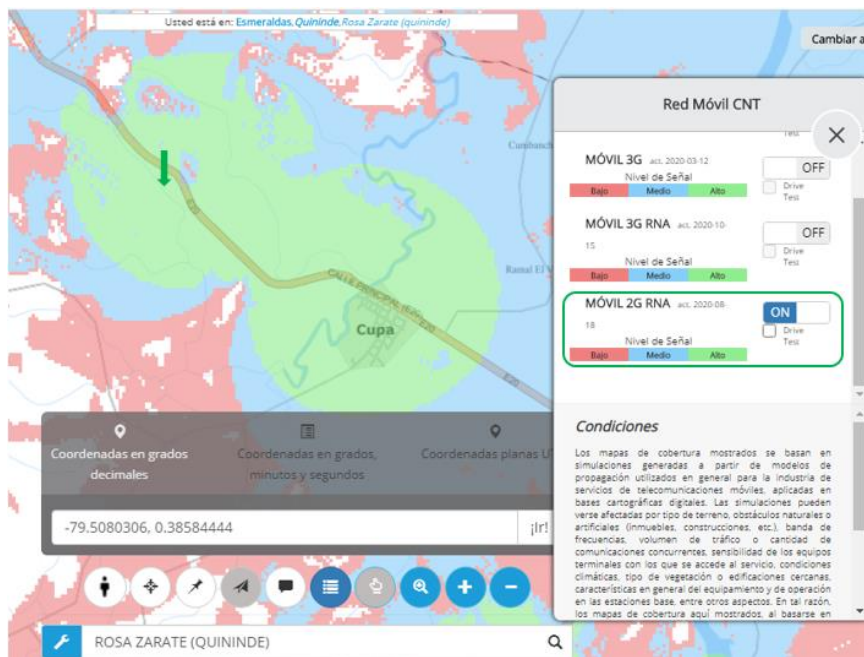


Figura 4.64: Cobertura móvil 2G RNA de primera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

Sin embargo, dentro de la página Web del Mapa de Cobertura de OTECEL, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo 3G del OTECEL como se muestra a continuación en la Figura 4.66:

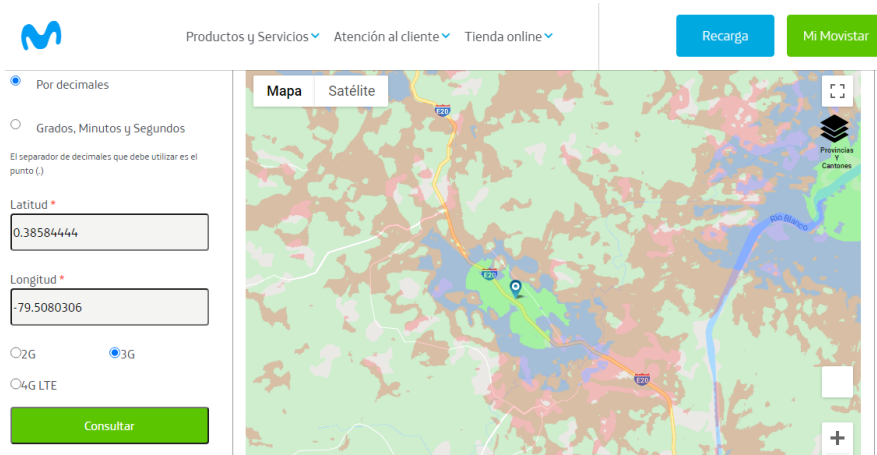


Figura 4.65: Cobertura móvil 3G RNA de primera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)

Por lo expuesto y al considerar que no existe un nodo cercano de la CNT EP que permita cubrir esta localidad, se recomienda desplegar un nodo LTE con feature VoLTE de CNT que permita al usuario tener los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G y a su vez permita disminuir el uso excesivo de RNA e incluso el futuro apagado de RNA en esta ubicación.

Al geoubicar la segunda coordenada dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que existe tanto cobertura de CNT como RNA:

Tabla 4-31: Información de la segunda coordenada de la provincia de Colonche

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,31066	-79,45941

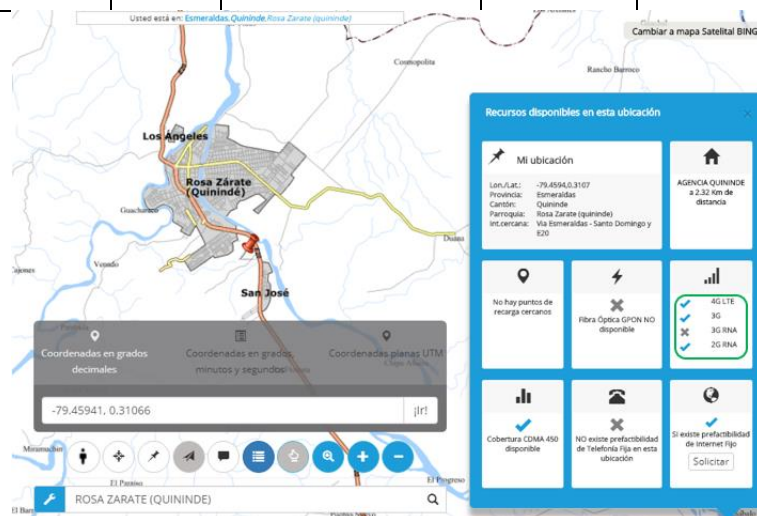


Figura 4.66: Ubicación de segunda coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.68, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo 3G de OTECEL:

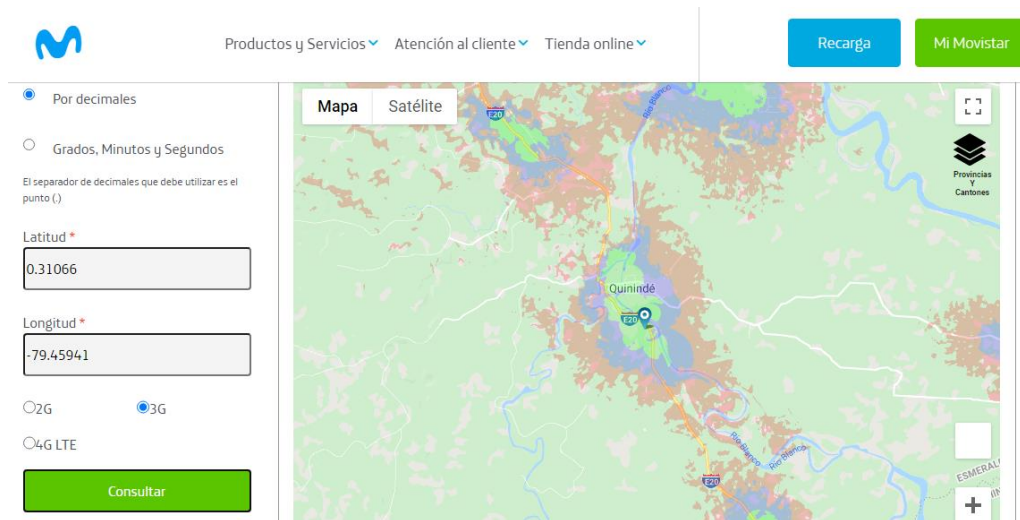


Figura 4.67: Cobertura móvil 3G RNA de la segunda coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (CNT, 2020)

En la Figura 4.69, se puede observar que existe nivel de señal medio del nodo 4G de CNT, por lo que se recomienda cargar el feature VoLTE en el nodo LTE de CNT que permita al usuario tener los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G y a su vez permita disminuir el uso excesivo de RNA (parroquia considerada con mayor uso de RNA) e incluso el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

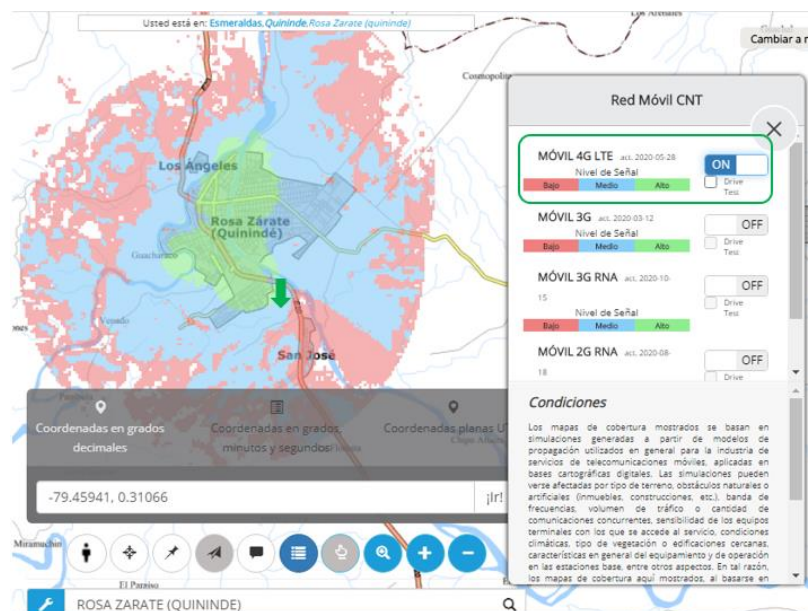


Figura 4.68: Cobertura móvil 3G RNA de la segunda coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportail web de la CNT EP (CNT, 2020)

Al geoubicar la tercera coordenada dentro del Geoportail de la CNT EP, en donde se puede observar que existe únicamente un Nodo 2G de RNA y no existe cobertura de la

CNT como se muestra a continuación en la Figura 4.70, esto se debe a que el nodo 3G de OTECEL no ha sido actualizado en la página del Geoportal de la CNT EP:

Tabla 4-32: Información de la tercera coordenada de la provincia de Rosa Zarate

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,30686111	-79,3139722

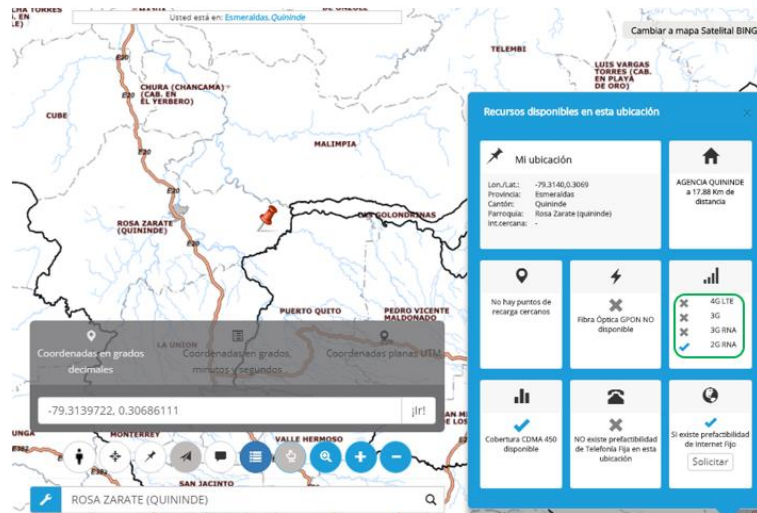


Figura 4.69: Ubicación de la tercera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

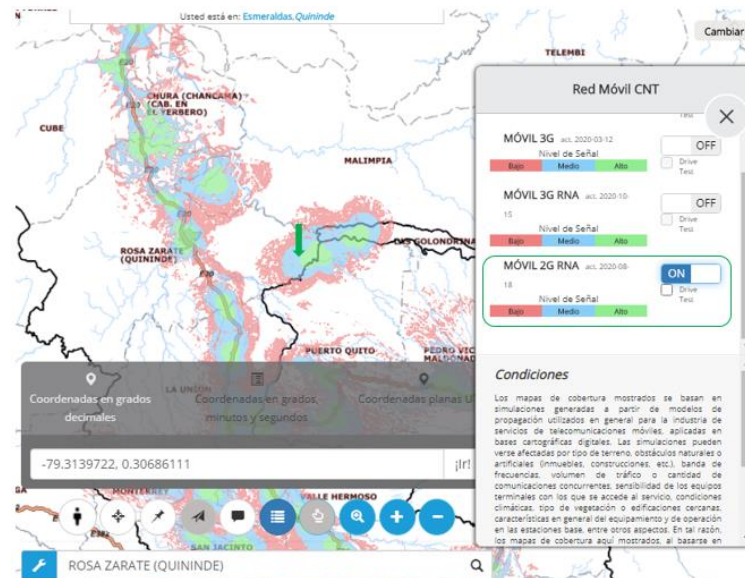


Figura 4.70: Cobertura móvil 2G RNA de la tercera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

Sin embargo, dentro de la página Web del Mapa de Cobertura de OTECEL, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo 3G del OTECEL como se muestra a continuación en la Figura 4.72:

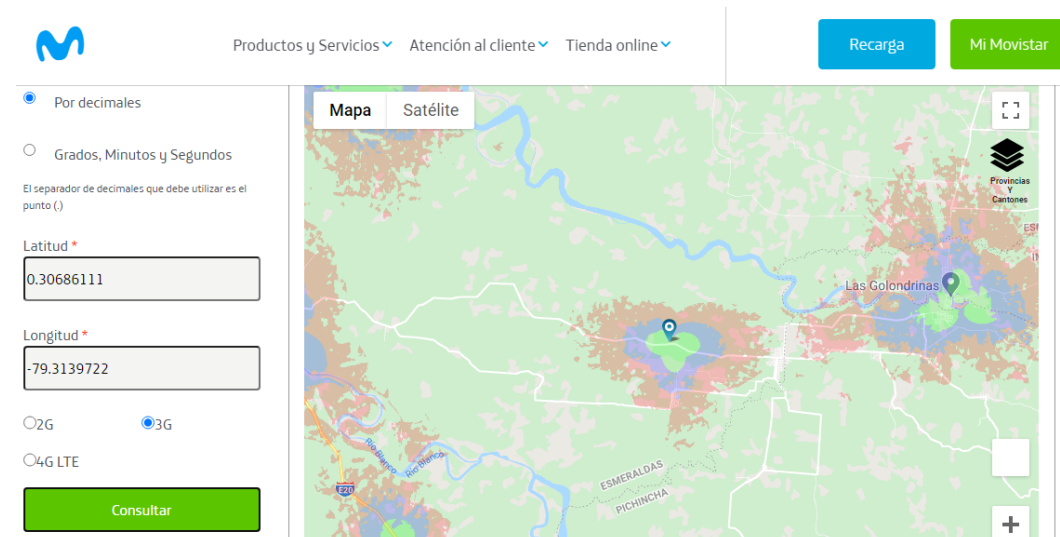


Figura 4.71: Cobertura móvil 3G RNA de la tercera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)

Por lo expuesto y al considerar que no existe un nodo cercano de la CNT EP que permita cubrir esta localidad, se recomienda desplegar un nodo LTE con feature VoLTE de CNT que permita al usuario tener los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G y a su vez permita disminuir el uso excesivo de RNA e incluso el futuro apagado de RNA en esta ubicación.

Al geoubicar la cuarta coordenada dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que existe cobertura únicamente de RNA:

Tabla 4-33: Información de la cuarta coordenada de la provincia de Rosa Zarate

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales
ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	0,230667	-79,413861



Figura 4.72: Ubicación de la cuarta coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.74, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo 3G de OTECEL:

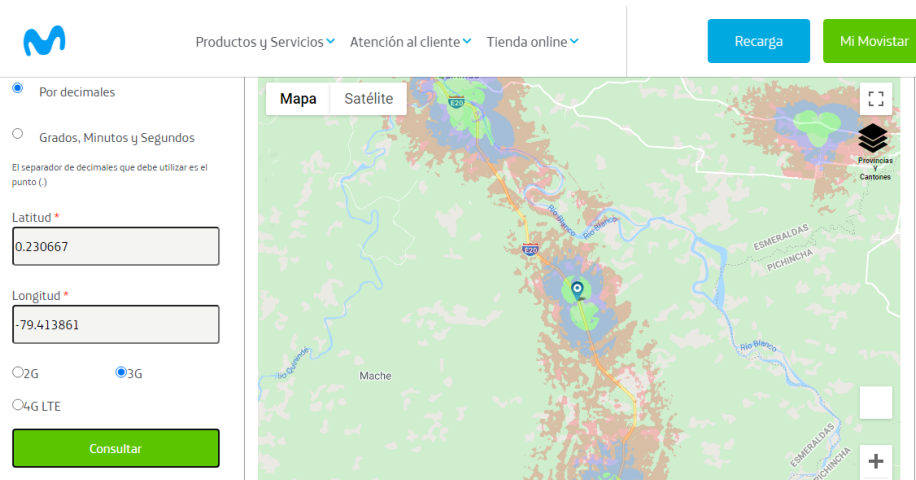


Figura 4.73: Cobertura móvil 3G RNA de la tercera coordenada (Parroquia Rosa Zarate) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)

Por lo expuesto y al considerar que no existe un nodo cercano de la CNT EP que permita cubrir esta localidad, se recomienda desplegar un nodo LTE con feature VoLTE de CNT que permita al usuario tener los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G y a su vez permita disminuir el uso excesivo de RNA e incluso el futuro apagado de RNA en esta ubicación.

La tercera parroquia con mayor uso de RNA CONECEL es SAN SEBASTIAN DEL COCA, la misma que se analiza a continuación:

Tabla 4-34: Tercera parroquia con mayor consumo en RNA OTECEL

TECNOLOGÍA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LAC	CONSUMO TOTAL (MB)
UMTS	ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	SAN SEBASTIAN DEL COCA	30111	759914,11

Al revisar con más detalle este LAC, y en base a la información obtenida por Site-ID, se tiene la siguiente información:

Tabla 4-35: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia San Sebastián del Coca

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	SAN SEBASTIAN DEL COCA	-0,33056944	-76,9912806	30111	3023	UMTS	167005,69
ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	SAN SEBASTIAN DEL COCA	-0,33056944	-76,9912806	30111	3223	UMTS	157818,89
ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	SAN SEBASTIAN DEL COCA	-0,33056944	-76,9912806	30111	3923	UMTS	129678,92
ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	SAN SEBASTIAN DEL COCA	-0,33056944	-76,9912806	30111	3723	UMTS	123953,68
ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	SAN SEBASTIAN DEL COCA	-0,33056944	-76,9912806	30111	3123	UMTS	102134,44
ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	SAN SEBASTIAN DEL COCA	-0,33056944	-76,9912806	30111	3823	UMTS	79322,49

Al ubicar en el portal web SPIA de la CNT EP las coordenadas, se observa que efectivamente se tiene un nodo RNA que permite cubrir esta localidad:

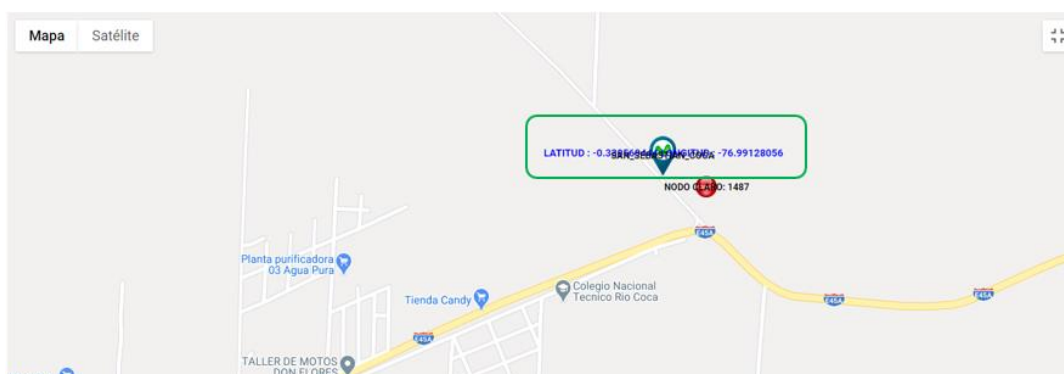


Figura 4.74: Ubicación de coordenadas (Parroquia San Sebastián del Coca) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Además, se procede a geobucar las coordenadas dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que existe únicamente un Nodo de RNA 2G y 3G y no existe cobertura de la CNT como se muestra a continuación en la Figura 4.76:

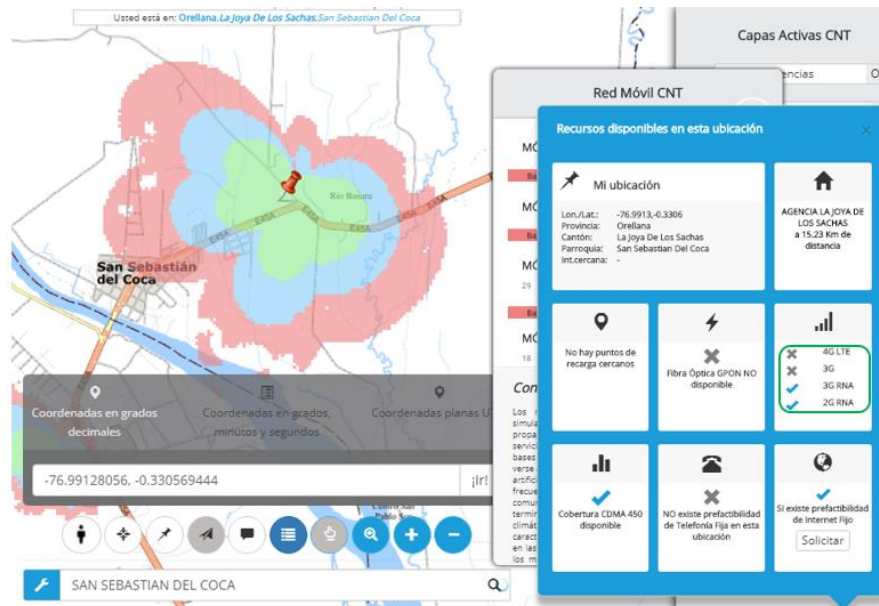


Figura 4.75: Ubicación de coordenadas (Parroquia San Sebastián del Coca) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)g

En la Figura 4.77 y Figura 4.78, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo 2G y 3G de OTECEL:

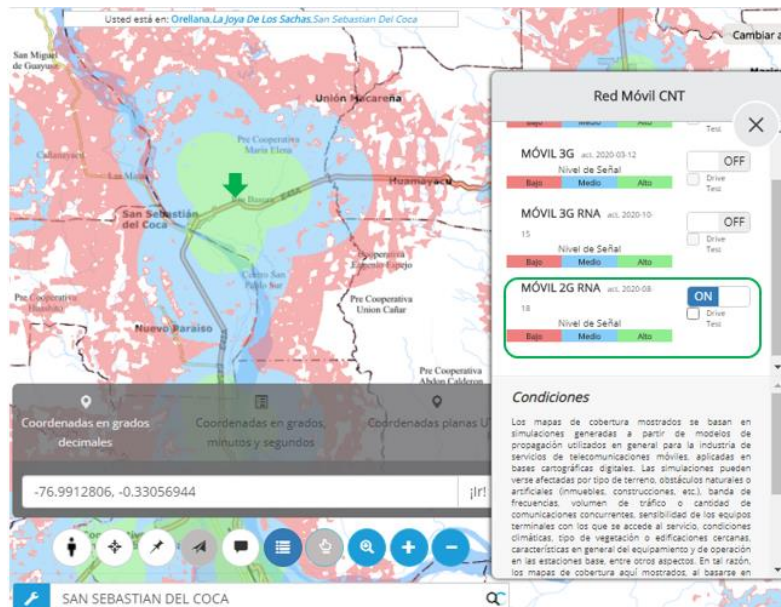


Figura 4.76: Cobertura móvil 2G RNA (Parroquia San Sebastián del Coca) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

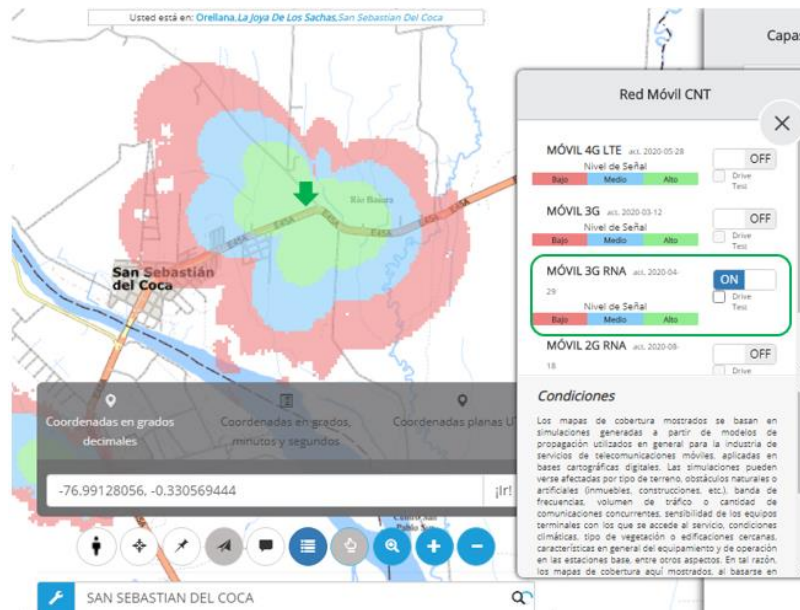


Figura 4.77: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia San Sebastián del Coca) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

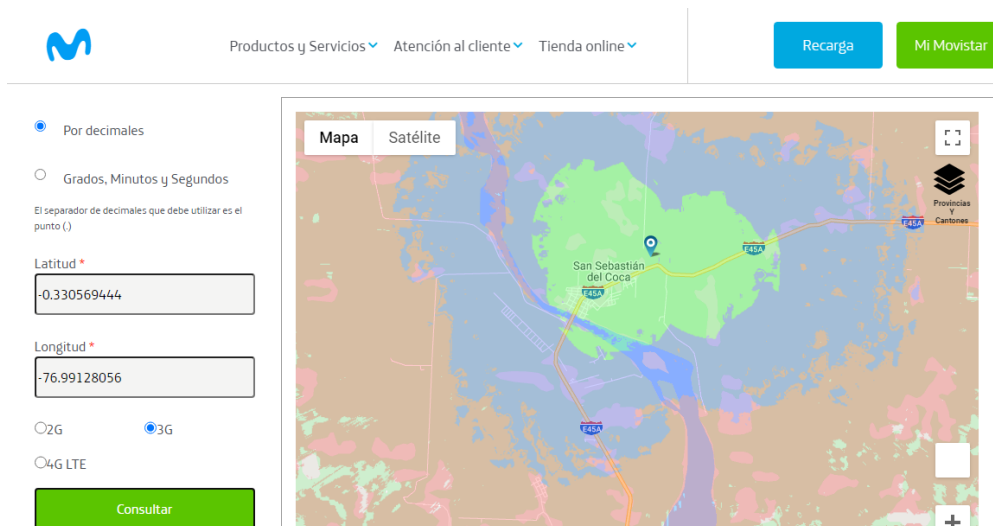


Figura 4.78: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia San Sebastián del Coca) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)

Por lo que se recomienda desplegar un nodo LTE con feature VoLTE de CNT que permita al usuario tener los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G y a su vez permita disminuir el uso excesivo de RNA (parroquia considerada con mayor uso de RNA) e incluso el futuro apagado de RNA en esta ubicación.

La cuarta parroquia con mayor uso de RNA OTECEL es CELICA, la misma que se analiza a continuación:

Tabla 4-36: Cuarta parroquia con mayor consumo en RNA OTECEL

TECNOLOGÍA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LAC	CONSUMO TOTAL (MB)
UMTS	LOJA	CELICA	CELICA	40421	752181,21

Al revisar con más detalle este LAC, y en base a la información obtenida por Site-ID, se tiene la siguiente información:

Tabla 4-37: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia Céllica

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
LOJA	CELICA	CELICA	-4,08224722	-79,9395306	40421	4016	UMTS	152308,94
LOJA	CELICA	CELICA	-4,08224722	-79,9395306	40421	4716	UMTS	137973,88
LOJA	CELICA	CELICA	-4,08224722	-79,9395306	40421	4116	UMTS	123282,77
LOJA	CELICA	CELICA	-4,08224722	-79,9395306	40421	4216	UMTS	121447,62
LOJA	CELICA	CELICA	-4,08224722	-79,9395306	40421	4916	UMTS	115508,58
LOJA	CELICA	CELICA	-4,08224722	-79,9395306	40421	4816	UMTS	101659,42

Al ubicar en el portal web SPIA de la CNT EP las coordenadas, se observa que efectivamente se tiene un nodo RNA que permite cubrir esta localidad:

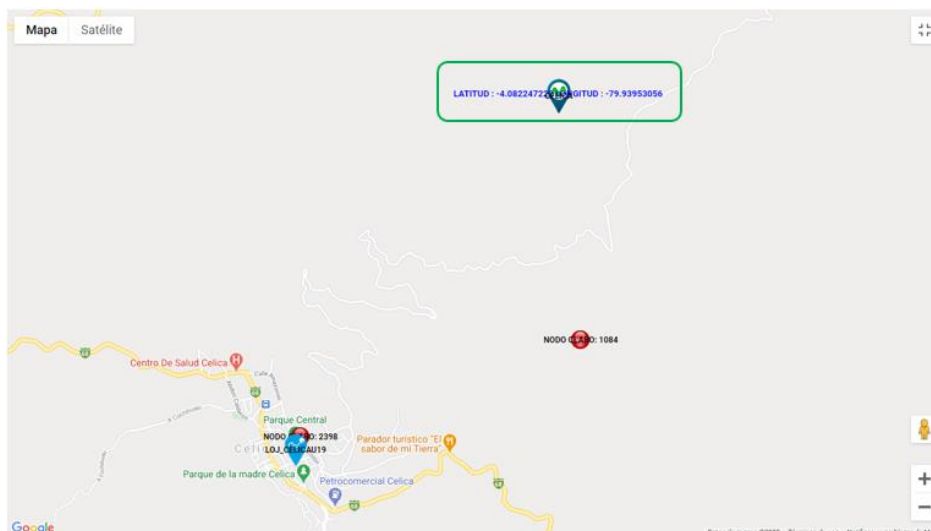


Figura 4.79: Ubicación de coordenadas (Parroquia Céllica) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Además, se procede a geoubicar las coordenadas dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que no existe Nodos de CNT y RNA como se muestra a continuación en la Figura 4.81, esto se debe a que el nodo 3G de OTECEL no ha sido actualizado en la página del Geoportal de la CNT EP:

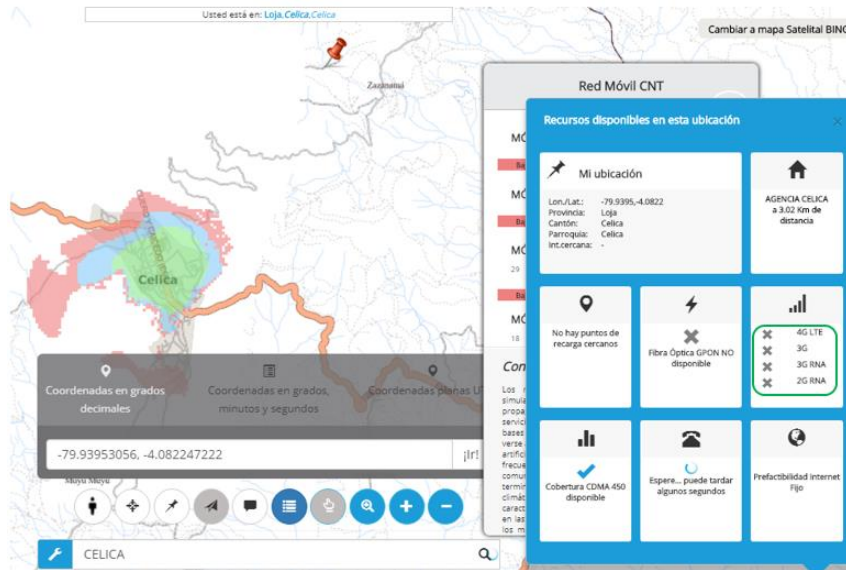


Figura 4.80: Ubicación de coordenadas (Parroquia Célica) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

Sin embargo, dentro de la página Web del Mapa de Cobertura de OTECEL, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo 3G del OTECEL como se muestra a continuación en la Figura 4.82:

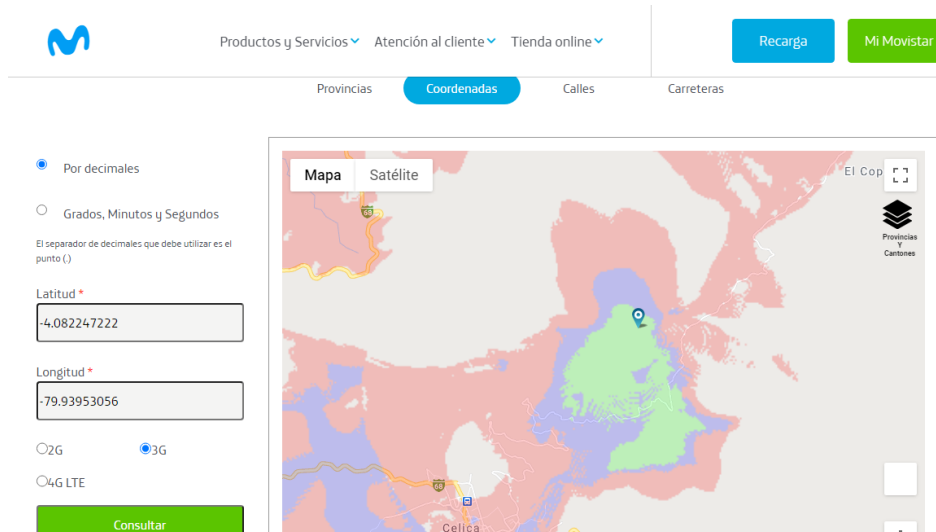


Figura 4.81: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Célica) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)

En la Figura 4.83, se puede observar no existe un nodo cercano de la CNT EP, que permita cubrir esta localidad, por lo que se recomienda desplegar un nodo LTE con feature VoLTE de CNT que permita al usuario tener los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G y a su vez permita disminuir el uso excesivo de RNA (parroquia considerada con mayor uso de RNA) e incluso el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

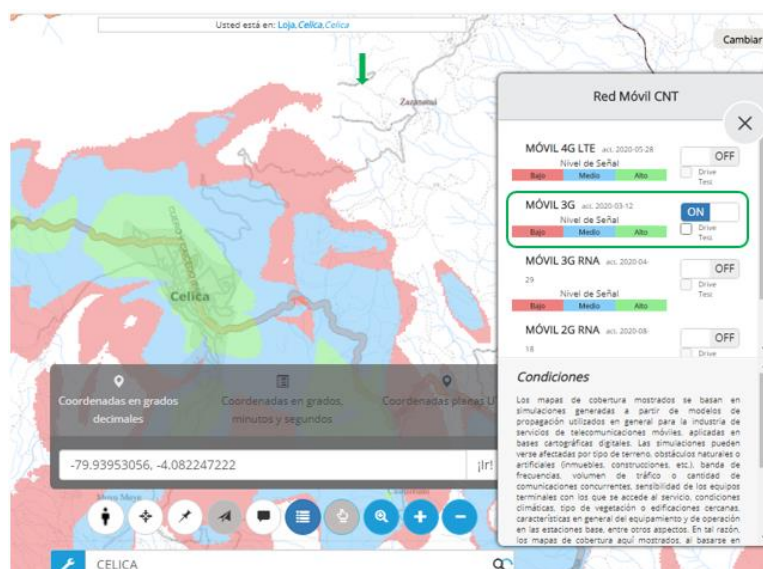


Figura 4.82: Cobertura móvil 3G CNT (Provincia Cacha) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

La quinta parroquia con mayor uso de RNA CONECEL es GUALE, la misma que se analiza a continuación:

Tabla 4-38: Quinta parroquia con mayor consumo en RNA OTECEL

TECNOLOGÍA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LAC	CONSUMO TOTAL (MB)
UMTS	MANABI	PAJAN	GUALE	40612	688754,95

Al revisar con más detalle este LAC, y en base a la información obtenida por Site-ID, se tiene la siguiente información:

Tabla 4-39: Información de consumos en Megas por Site-ID de la parroquia de Guale

Provincia	Cantón	Parroquia	Latitud_WGS84 Decimales	Longitud_WGS84 Decimales	LAC	Site-ID	Tecnología	Megas
MANABI	PAJAN	GUALE	-1,61889722	-80,23695	40612	5359	UMTS	150583,81
MANABI	PAJAN	GUALE	-1,61889722	-80,23695	40612	4459	UMTS	120539,08
MANABI	PAJAN	GUALE	-1,61889722	-80,23695	40612	5559	UMTS	119595,16
MANABI	PAJAN	GUALE	-1,61889722	-80,23695	40612	5459	UMTS	111437,92
MANABI	PAJAN	GUALE	-1,61889722	-80,23695	40612	4359	UMTS	105669,28
MANABI	PAJAN	GUALE	-1,61889722	-80,23695	40612	4559	UMTS	80929,70

Al ubicar en el portal web SPIA de la CNT EP las coordenadas, se observa que efectivamente se tiene un nodo RNA que permite cubrir esta localidad:

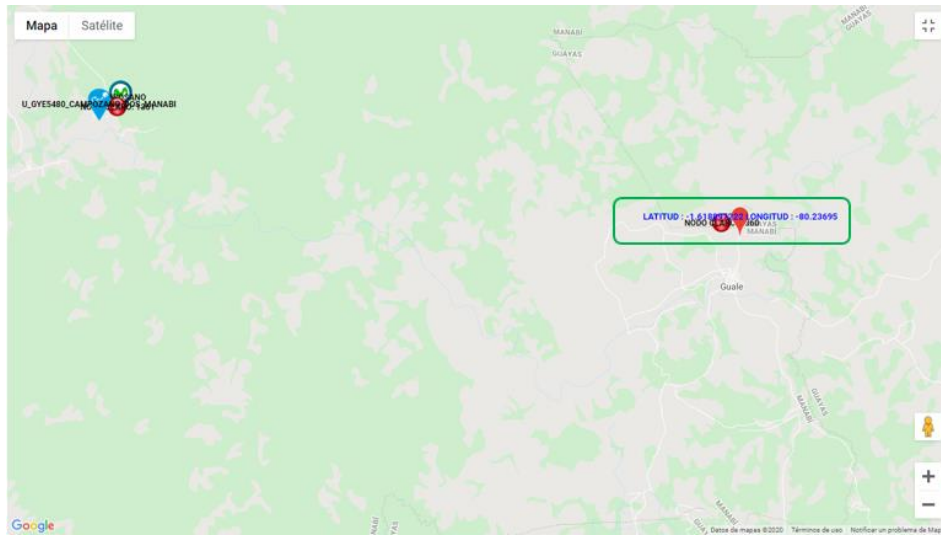


Figura 4.83: Ubicación de coordenadas (Parroquia Guale) en portal web SPIA de la CNT EP (CNT EP, 2020)

Además, se procede a geoubicar las coordenadas dentro del Geoportal de la CNT EP, en donde se puede observar que existe únicamente un Nodo de RNA 2G y no existe cobertura de la CNT como se muestra a continuación en la Figura 4.85:

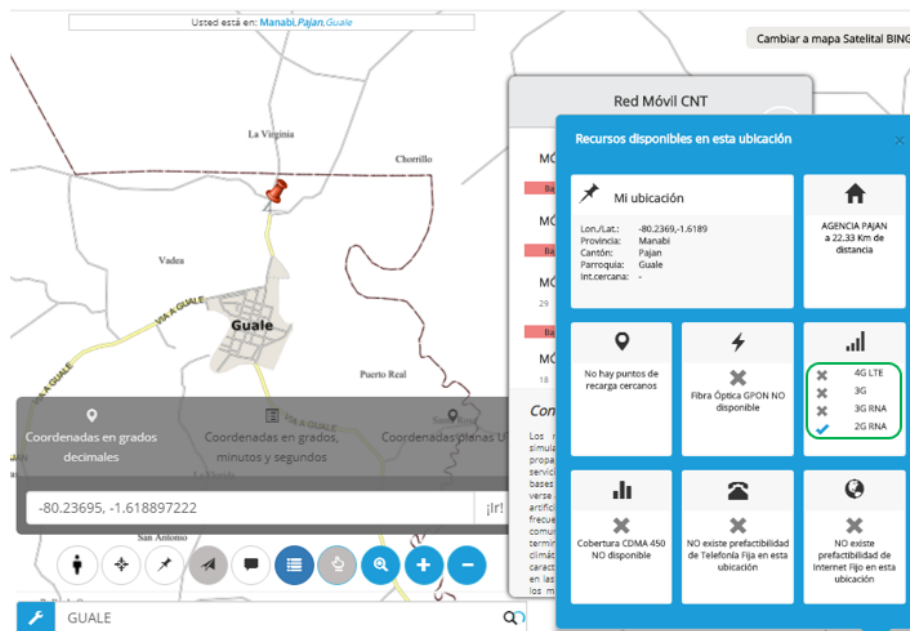


Figura 4.84: Ubicación de coordenadas (Parroquia Guale) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

En la Figura 4.86, se puede observar que existen niveles de señal óptima del nodo 2G de OTECEL:

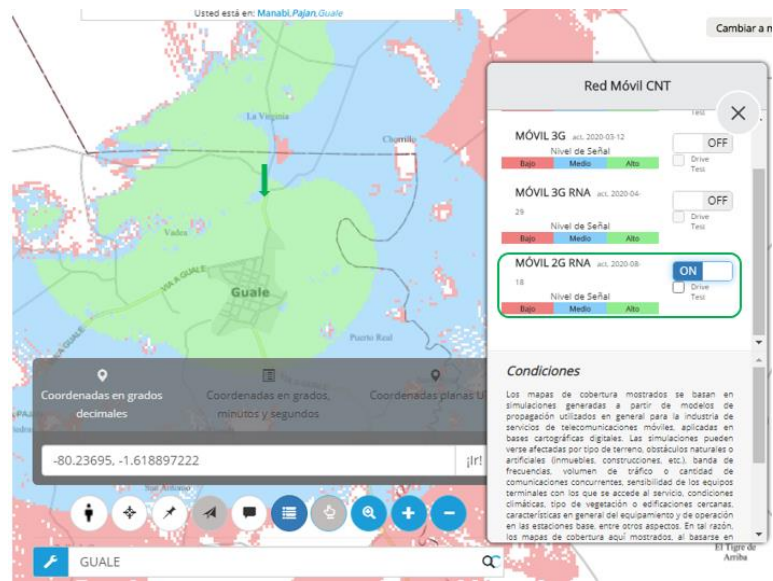


Figura 4.85: Cobertura móvil 2G RNA (Parroquia Guale) en el Geoport web de la CNT EP (CNT, 2020)

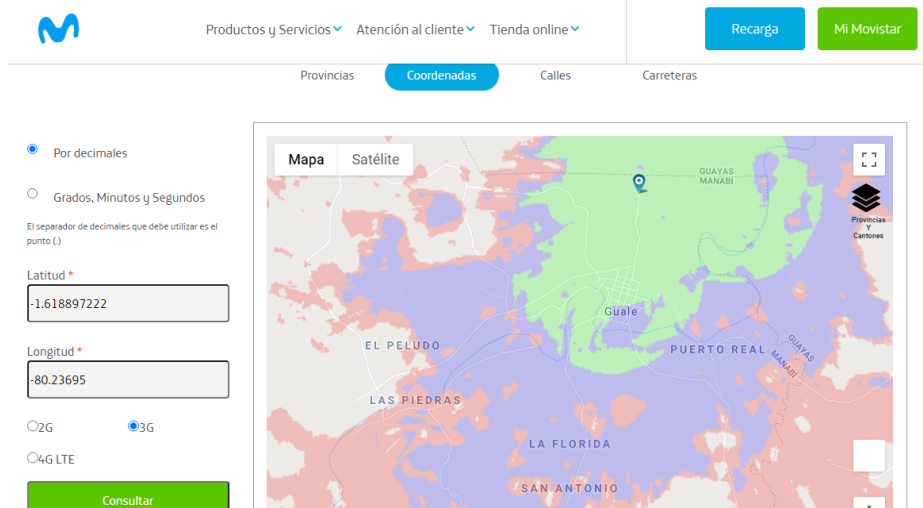


Figura 4.86: Cobertura móvil 3G RNA (Parroquia Guale) en el Mapa de Cobertura de OTECEL S.A. (MOVISTAR, 2020)

En la Figura 4.88, se puede observar no existe un nodo cercano de la CNT EP, que permita cubrir esta localidad, por lo que se recomienda desplegar un nodo LTE con feature VoLTE de CNT que permita al usuario tener los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G y a su vez permita disminuir el uso excesivo de RNA (parroquia considerada con mayor uso de RNA) e incluso el futuro apagado de RNA en esta ubicación:

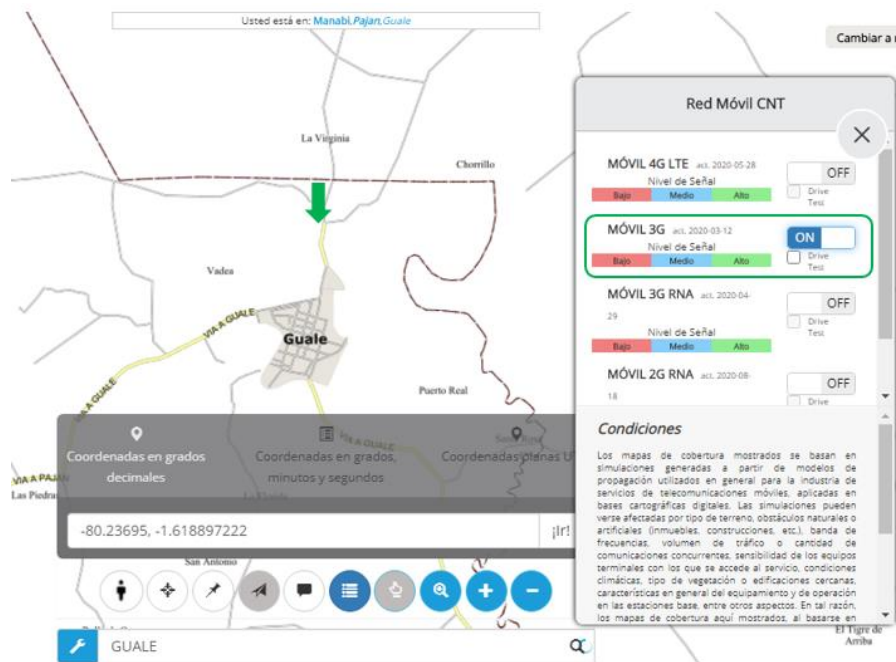


Figura 4.87: Cobertura móvil 3G CNT (Provincia Guale) en el Geoportal web de la CNT EP (CNT, 2020)

Por otra parte, como se había mencionado anteriormente, existe una cantidad considerable de usuarios móviles conocidos como Heavy Users que hacen mal uso del servicio de voz y datos dentro del RNA, por lo que, para finalizar este análisis y poder direccionar correctamente las licencias VoLTE disponibles actualmente en la CNT EP antes de su despliegue comercial, se realizó un análisis preliminar con la finalidad de determinar los clientes candidatos y priorizar la activación de VoLTE.

Para dicho análisis se obtuvo la siguiente información:

1. Listado de Usuarios que adquirieron un terminal en la CNT EP que soporta la funcionalidad de VoLTE.
2. Usuarios considerados Heavy Users en RNA (consumos mayores a 2.500 MB).
3. Analizar si los usuarios (Heavy Users) en RNA se encuentren dentro de los eNodeB que tienen habilitado el feature de VoLTE.

Bajo estas premisas y realizando el cruce correspondiente (**Heavy User de RNA + Terminales que soporten VoLTE + Cobertura en eNodeB VoLTE**) se obtuvo 243 usuarios de la CNT a quienes se debería activar la licencia VoLTE para minimizar su uso en Roaming Nacional Automático. Todo el listado obtenido será entregado en el archivo en Excel denominado “*Listado de HeavyUsers RNA y soportan VoLTE*” dentro de este trabajo de titulación de maestría.

A continuación, se muestra el TOP 10 de los abonados que cumplen con las premisas antes descritas:

Tabla 4-40: TOP 10 de usuarios considerados HeavyUsers RNA y soportan VoLTE

MARCA/MODELO	Núm Servicio	Provincia	Ciudad	Proveedor Acceso 4G	Terminal Soporta VoLTE	RNA DATOS (MB)
SAMSUNG A20S (SM-A207M/DS)	99646XXXX	GUAYAS	PLAYAS	HUAWEI	Si	50396,6
SAMSUNG A20S (SM-A207M/DS)	96148XXXX	PICHINCHA	QUITO	HUAWEI	Si	45700,32
HUAWEI MATE 20 LITE (SNE-LX3)	99678XXXX	PICHINCHA	QUITO	HUAWEI	Si	38798,58
SAMSUNG A30S (SM-A307M/DS)	96094XXXX	ESMERALDAS	ESMERALDAS	HUAWEI	Si	27049,27
HUAWEI MATE 20 LITE (SNE-LX3)	96057XXXX	PICHINCHA	CAYAMBE	HUAWEI	Si	25734,05
SAMSUNG A20 (SM-A205G/DS)	96083XXXX	PICHINCHA	CALDERON	HUAWEI	Si	22679,03
SAMSUNG A30S (SM-A307M/DS)	96152XXXX	ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	HUAWEI	Si	21918,46
SAMSUNG A10S (SM-A107M/DS)	96145XXXX	ESMERALDAS	ATACAMES	HUAWEI	Si	20875,63
SAMSUNG A10S (SM-A107M/DS)	99626XXXX	ORELLANA	ORELLANA	HUAWEI	Si	19391,37
SAMSUNG A30S (SM-A307M/DS)	99692XXXX	SUCUMBIOS	NUEVA LOJA	HUAWEI	Si	19335,24

Es importante considerar que los usuarios cambian constantemente de ubicación en el tiempo, por lo que, luego de este análisis se deberá generar un proceso similar cada cierto tiempo y obtener nuevamente esta información actualizada previo a la activación del feature VoLTE en las líneas de usuarios considerados como Heavy Users.

CAPÍTULO V

5. Propuesta de apagado de LACs con los otros operadores que brindan los servicios móviles bajo la modalidad de RNA

Es importante recordar que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, CNT EP ofrece los servicios de voz, SMS y datos en las tecnologías 2G y 3G bajo la modalidad de Roaming Nacional Automático (adicionalmente al uso de su propia red), estos servicios son brindados a nivel nacional, lo que provoca que incluso en las ciudades principales como Quito y Guayaquil existan abonados enganchados en roaming, a pesar de contar con cobertura propia en estas ciudades.

Por lo que, se debe tomar las acciones que correspondan para que la CNT EP pueda salvaguardar los recursos económicos de la corporación y no se realicen pagos innecesarios por uso de RNA.

Una de las acciones principales que se debe realizar, es la elaboración de un plan de apagado de LAC's con los operadores CONECEL S.A. y OTECEL S.A., en base al despliegue realizado por la CNT EP de nodos de acceso existentes 3G y 4G (con tecnología VoLTE) a nivel nacional, para minimizar el consumo del Roaming Nacional Automático; aspecto que incluso es tratado en los Anexos 2 "Condiciones Técnicas" de los Acuerdos de RNA, que flexibiliza y permite la reducción del uso de la Red de OTECEL y CONECEL.

A continuación, se muestra el contenido de los Acuerdos referente al apagado de LAC's:

Acuerdo de RNA con OTECEL:

(...)

"Durante la vigencia del Acuerdo de Roaming Nacional Automático, la CNT EP podrá realizar solicitudes de desactivación o activación de zonas geográficas, conforme el procedimiento descrito a continuación.

Para el caso de que las zonas geográficas de interés de CNT EP, donde se requiere desactivar o activar zonas geográficas por tecnología, coincidan con el diseño de LACs definido por OTECEL, OTECEL analizará la solicitud y notificará la viabilidad técnica a CNT EP, en un plazo máximo de cinco (5) días laborables contados a partir de la recepción de la solicitud de la CNT EP. La implementación se ejecutará en un plazo máximo de veinte (20) días laborables contados a partir de la notificación de viabilidad técnica realizada a la CNT EP. La ejecución de la activación o desactivación deberá ser coordinada entre las Partes."

(...)

Acuerdo de RNA con CONECEL:

(...)

“Durante la vigencia del Acuerdo de Roaming Nacional Automático, la CNT E.P. podrá realizar solicitudes de desactivación o activación del servicio de RNA en otras zonas geográficas, en base a sus necesidades técnicas, comerciales y económicas.

En el caso de que las zonas de interés de CNT E.P donde se requiere “desactivar/activar el servicio de RNA”, por tecnología, coincidan con la Ingeniería de LACs ya definida por CONECEL S.A., CONECEL en un plazo de 10 días calendario, eliminará o incluirá el LAC requerido por CNT del proceso de RNA, dicha modificación se notificará por oficio y se coordinará por cualquier medio acordado entre las partes y su ejecución se notificará por oficio.”.

(...)

5.1 Premisas de análisis

Para la elaboración del plan de apagado de LAC's con los operadores CONECEL S.A. y OTECEL S.A., en lugares donde no se requiera el servicio de RNA, especialmente en las ciudades principales. A continuación, se detallan las premisas e información consideradas para el presente análisis, esto, con la finalidad de sugerir a la CNT EP el futuro apagado de LAC's en base a la conveniencia de la corporación desde el punto de vista económico, optimizando los costos por el uso de RNA.

5.1.1 Premisas

- Como premisa principal, se ha considerado que durante la vigencia de los Acuerdos de RNA con los operadores OTECEL y CONECEL, la CNT EP puede realizar solicitudes de desactivación del servicio de RNA en zonas geográficas, en base a sus necesidades técnicas, comerciales y económicas.
- Es importante considerar que la CNT EP, suscribió un nuevo Acuerdo de RNA con OTECEL S.A.; en el cual obtuvo un descuento en los cargos del servicio de datos para las tecnologías 2G y 3G.
- Además, se debe considerar que el plan de apagado de LAC's se realizará únicamente a nivel de la red de acceso 3G, ya que la CNT EP no dispone de BSCs que cubran los lugares donde existe RNA a nivel de 2G, lo que asegurará el servicio de voz, datos y sms en estos sitios.
- En lugares donde exista únicamente cobertura de RNA (OTECCEL/CONECEL) y no exista cobertura propia, se analizará la posibilidad de mantener un solo RNA que permita contar con los cargos más convenientes para la CNT EP en el servicio de datos (considerado el servicio más costoso).

- Por otro lado, se debe tomar en cuenta que un LAC puede llegar a abarcar varias parroquias y se van a dar casos en que una o varias parroquias (dentro de un mismo LAC) no tengan cobertura de CNT, por tal razón a todo el LAC no se lo considerará como opción para su futuro apagado.
- Además, existe el riesgo de que haya terminales que no soporten las bandas de frecuencia de las redes 3G y LTE (VoLTE) de la CNT EP, los cuales pasarían a funcionar únicamente bajo las redes 2G RNA dentro de la zona de apagado.

5.1.2 Información requerida para el análisis

- Listado de radio bases 2G/3G entregados por los operadores de RNA (OTECEL y CONECEL) a la CNT EP, y con los que cuenta actualmente los Acuerdos de RNA.
- Listado de Nodos B ya instalados y desplegados por la CNT EP a nivel nacional.
- Listado de eNodeB ya instalados y desplegados por la CNT EP que soporten la funcionalidad de VoLTE a nivel nacional.
- Resultado del análisis espacial realizado para identificar si en los nodos de OTECEL y CONECEL de tecnología 2G y 3G, se cuenta con cobertura de red móvil 3G CNT y 4G CNT, considerando los polígonos de predicción de cobertura de red móvil disponibles al momento y basado en los niveles de señal medio y alto.

A continuación, se detalla los niveles de señal que posee la CNT EP en Cobertura 3G y 4G en los niveles bajo, medio y alto respectivamente:

Tabla 5-1: Niveles de Señal en Cobertura 3G y 4G de la CNT EP

Nivel de Señal en Cobertura 4G CNT EP		
Bajo	Medio	Alto
Cobertura con niveles < -120 dBm	-120 dBm ≤ Cobertura con niveles < -100 dBm	Cobertura con niveles ≥ -100 dBm
Nivel de Señal en Cobertura 3G CNT EP		
Bajo	Medio	Alto
Cobertura con niveles < -95 dBm	-95 dBm ≤ Cobertura con niveles < -85 dBm	Cobertura con niveles ≥ -85 dBm

Nota: Información obtenida del Geoportail web de la CNT EP (CNT, 2020). Elaborado por Autor.

5.1.3 Análisis realizado y resultados obtenidos

Luego de considerar cada una de las premisas e información obtenida, se procedió a realizar el siguiente análisis, para la consideración de propuesta para el Plan de Apagado de LAC's en RNA.

5.1.3.1 Análisis para obtener el listado de LAC's a ser apagados en RNA CONECEL

Como primer paso se verificó la cantidad de LAC's 3G de CONECEL requeridos para el presente análisis, obteniendo un total de 86 LAC's. Además, al considerar que la CNT EP dispone de nodos de acceso 3G y 4G desplegados a nivel nacional, se realizó un análisis para cada tecnología, tomando en cuenta los niveles de señal medio y alto, los mismos que son considerados como niveles de señal adecuados para el uso del servicio de Voz, Datos y SMS.

5.1.3.1.1 Análisis para obtener el listado para apagado de LAC's CONECEL en cobertura 3G CNT

Para obtener la información requerida, se obtuvieron dos listados de LAC's, los cuales serán utilizados para realizar un primer cruce de información:

1. Listado correspondiente a LAC's 3G CONECEL donde se dispone de cobertura 3G CNT en los niveles de señal medio y alto.
2. Listado correspondiente a LAC's 3G CONECEL donde exista al menos una parroquia que no tenga cobertura 3G CNT en los niveles de señal medio y alto.

Luego se procedió a realizar el cruce entre ambos listados llegando al listado de LAC's disponible para su futuro apagado, los cuales se cita a continuación:

1. 50110
2. 50182
3. 50434
4. 50502
5. 50704
6. 53410

Como se puede observar el listado obtenido no es muy amplio, y es debido a que un LAC abarca varias parroquias y al menos una de ellas (dentro de un mismo LAC) no tiene cobertura 3G CNT, cumpliendo de esta manera una de las premisas consideradas anteriormente.

5.1.3.1.2 Análisis para obtener el listado para apagado de LAC's CONECEL en cobertura 4G CNT

Para obtener la información requerida en 4G, se obtuvieron dos listados de LAC's, los cuales serán utilizados para realizar el segundo cruce de información:

1. Listado correspondiente a LAC's 3G CONECEL donde se dispone de cobertura 4G CNT en los niveles de señal medio y alto.
2. Listado correspondiente a LAC's 3G CONECEL donde exista al menos una parroquia que no tenga cobertura 4G CNT, en los mismos niveles de señal.

Luego se procedió a realizar el cruce entre ambos listados, llegando al listado de LAC's disponible para su futuro apagado, los cuales se cita a continuación:

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 14500 | 12. 50168 |
| 2. 14501 | 13. 50182 |
| 3. 50110 | 14. 50200 |
| 4. 50114 | 15. 50210 |
| 5. 50116 | 16. 50418 |
| 6. 50118 | 17. 50502 |
| 7. 50120 | 18. 51110 |
| 8. 50138 | 19. 52100 |
| 9. 50142 | 20. 53102 |
| 10. 50164 | 21. 53200 |
| 11. 50166 | 22. 53201 |

Como se puede observar, el resultado obtenido abarca una mayor cantidad de LAC's considerados para su futuro apagado en RNA CONECEL y esto se debe al despliegue que ha venido realizando la CNT EP de Radio Bases LTE en banda 700 MHz, esta banda permite tener mayor penetración y propagación en todo el país.

5.1.3.1.3 Análisis para obtener el listado para apagado de LAC's CONECEL en cobertura 3G OTECEL

Como cruce final para obtener un listado de LAC's CONECEL 3G candidatos para su futuro apagado, se obtuvieron dos listados adicionales de LAC's con las siguientes características:

1. Listado correspondiente a LAC's 3G CONECEL donde se dispone de cobertura 3G OTECEL en los niveles de señal medio y alto.

2. Listado correspondiente a LAC's 3G CONECEL donde exista al menos una parroquia que no tiene cobertura 3G OTECEL en los mismos niveles de señal.

Luego de obtener los listados antes mencionados, se procedió a realizar el cruce requerido, obteniendo los siguientes resultados:

1. 50110
2. 50142
3. 50182
4. 50434
5. 52100

De los listados obtenidos se obtuvo un total de 33 LAC's candidatos para el futuro apagado en RNA CONECEL. Sin embargo, del listado se observó que dentro del mismo se tenía LAC's duplicados, por lo que, al realizar un filtro final se obtuvo un total de 26 LAC's, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 5-2: Listado de LAC's sugeridos para ser apagados en RNA CONECEL

#	LAC 3G	Provincia	Cantón	Tráfico MB
1	14500	PICHINCHA	QUITO	91914,76
2	14501	PICHINCHA	QUITO	116227,46
3	50110	GUAYAS	GUAYAQUIL	82646,06
4	50114	GUAYAS	GUAYAQUIL	83595,17
5	50116	GUAYAS	GUAYAQUIL	83726,07
6	50118	GUAYAS	GUAYAQUIL	160355,61
7	50120	GUAYAS	GUAYAQUIL	53006,02
8	50138	GUAYAS	GUAYAQUIL	68134,22
9	50142	GUAYAS	GUAYAQUIL	17606,38
10	50164	GUAYAS	GUAYAQUIL	27990,17
11	50166	GUAYAS	GUAYAQUIL	32166,43
12	50168	GUAYAS	GUAYAQUIL	66262,4
13	50182	GUAYAS	GUAYAQUIL	34698,26
14	50200	PICHINCHA	QUITO	136033,72
15	50210	PICHINCHA	QUITO	105,8
16	50418	LOS RIOS	BABAHOYO	72946,88
17	50434	COTOPAXI	PANGUA	30650,88
18	50502	AZUAY	CUENCA	49878,17
19	50704	LOJA	LOJA	163316,32
20	51110	EL ORO	MACHALA	196031,08
21	51110	EL ORO	SANTA ROSA	4181,25
22	52100	SANTA ELENA	SALINAS	30235,5
23	53102	PICHINCHA	QUITO	87563,41
24	53200	PICHINCHA	QUITO	137,64
25	53201	PICHINCHA	QUITO	82583,36
26	53410	ORELLANA	AGUARICO	283282,26
TOTAL GENERAL				2'055.275,28

Como se puede observar, dentro del listado obtenido se tiene en su mayoría ciudades principales como: Quito, Guayaquil y Cuenca, por lo que, se recomienda a la CNT EP

solicitar a CONECEL el apagado de estos LAC's, cuyo consumo mensual corresponde a 2'055.275,28 MB aproximadamente, que serán en beneficio de la CNT.

5.1.3.2 Análisis para obtener el listado de LAC's a ser apagados en RNA OTECEL

Como primer paso se verificó la cantidad de LAC's 3G de OTECEL requeridos para el presente análisis, obteniendo un total de 75 LAC's. Además, al considerar que la CNT EP dispone de nodos de acceso 3G y 4G desplegados a nivel nacional, se realizó un análisis para cada tecnología, tomando en cuenta los niveles de señal medio y alto, los mismos que son considerados como niveles de señal adecuados para el uso del servicio de Voz, Datos y SMS.

5.1.3.2.1 Análisis para obtener el listado para apagado de LAC's OTECEL en cobertura 3G CNT

Para obtener la información requerida, se obtuvieron dos listados de LAC's, los cuales serán utilizados para realizar un primer cruce de información:

3. Listado correspondiente a LAC's 3G OTECEL donde se dispone de cobertura 3G CNT en los niveles de señal medio y alto.
4. Listado correspondiente a LAC's 3G OTECEL donde exista al menos una parroquia que no tenga cobertura 3G CNT en los mismos niveles de señal (medio y alto).

Luego se procedió a realizar el cruce entre ambos listados llegando al listado de LAC's disponible para su futuro apagado, los cuales se cita a continuación:

1. 34107
2. 40134
3. 40107
4. 40702
5. 30101
6. 30801

Como se puede observar, el listado obtenido no es muy amplio y esto se debe a que un LAC abarca varias parroquias y al menos una de ellas (dentro de un mismo LAC) no tiene cobertura 3G CNT.

5.1.3.2.2 Análisis para obtener el listado para apagado de LAC's OTECEL en cobertura 4G CNT

Para obtener la información requerida en 4G, se obtuvieron dos listados de LAC's, los cuales serán utilizados para realizar el segundo cruce de información:

3. Listado correspondiente a LAC's 3G OTECEL donde se dispone de cobertura 4G CNT en los niveles de señal medio y alto.
4. Listado correspondiente a LAC's 3G OTECEL donde exista al menos una parroquia que no tenga cobertura 4G CNT en los mismos niveles de señal.

Luego se procedió a realizar el cruce entre ambos listados obtenidos, llegando al listado de LAC's disponible para su futuro apagado, los cuales se cita a continuación:

- | | |
|----------|-----------|
| 1. 30114 | 9. 34109 |
| 2. 30755 | 10. 34110 |
| 3. 30801 | 11. 40107 |
| 4. 33102 | 12. 40108 |
| 5. 33111 | 13. 40134 |
| 6. 33114 | 14. 40201 |
| 7. 34101 | 15. 40203 |
| 8. 34102 | |

De los listados obtenidos se obtuvo un total de 21 LAC's candidatos para el futuro apagado en RNA OTECEL. Sin embargo, del listado se observó que dentro del mismo se tenía LAC's duplicados, por lo que, al realizar un filtro final se obtuvo un total de 20 LAC's, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 5-3: Listado de LAC's sugeridos para ser apagados en RNA OTECEL

#	LAC 3G	Provincia	Cantón	Tráfico MB
1	30101	PICHINCHA	QUITO	1893,26
2	30114	PASTAZA	PASTAZA	14543,88
3	30755	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	307679,52
4	30801	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	SANTO DOMINGO	83691,1
5	33102	PICHINCHA	QUITO	171043,84
6	33111	PICHINCHA	QUITO	171579,24
7	33114	IMBABURA	IBARRA	282880,69
8	34101	PICHINCHA	QUITO	923,45
9	34102	PICHINCHA	QUITO	267,73
10	34107	BOLIVAR	CHILLANES	141976,8
11	34107	BOLIVAR	GUARANDA	43137,81
12	34107	MORONA SANTIAGO	HUAMBOYA	183635,22
13	34109	PICHINCHA	QUITO	138662,11
14	34110	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	SANTO DOMINGO	6,56
15	40107	GUAYAS	GUAYAQUIL	151849,85
16	40108	GUAYAS	GUAYAQUIL	357550,82
17	40134	CANAR	CAÑAR	15233,49
18	40201	GUAYAS	GUAYAQUIL	226995,12
19	40203	GUAYAS	GUAYAQUIL	227793,76
20	40702	GUAYAS	PLAYAS	155381,09
TOTAL GENERAL				2'676.725,34

Como se puede observar, dentro del listado obtenido se tiene en su mayoría ciudades principales como: Quito y Guayaquil, por lo que, se recomienda a la CNT EP solicitar a OTECEL el apagado de estos LAC's, cuyo consumo mensual corresponde a 2'676.725,34 MB aproximadamente, que serán en beneficio de la CNT.

5.1.4 Plan Apagado de LAC's en RNA OTECEL/CONECCEL

Luego del análisis realizado y obtención del listado de LAC's para su futuro apagado en RNA. A continuación, se describe los pasos propuestos como plan de apagado de LAC's, los cuales deberán ser realizados por fases para un mejor control y monitoreo:

1. Fase I:

Como primera fase se sugiere a la CNT EP solicitar a los operadores de RNA (CONECCEL/OTECCEL), el apagado de LAC's que corresponden a las ciudades principales: Quito y Guayaquil.

LAC's CONECCEL:

Tabla 5-4: Listado de LAC's sugeridos para ser apagados en RNA CONECCEL (Quito y Guayaquil)

#	LAC 3G	Provincia	Cantón
1	14500	PICHINCHA	QUITO
2	14501	PICHINCHA	QUITO
3	50110	GUAYAS	GUAYAQUIL
4	50114	GUAYAS	GUAYAQUIL
5	50116	GUAYAS	GUAYAQUIL
6	50118	GUAYAS	GUAYAQUIL
7	50120	GUAYAS	GUAYAQUIL
8	50138	GUAYAS	GUAYAQUIL
9	50142	GUAYAS	GUAYAQUIL
10	50164	GUAYAS	GUAYAQUIL
11	50166	GUAYAS	GUAYAQUIL
12	50168	GUAYAS	GUAYAQUIL
13	50182	GUAYAS	GUAYAQUIL
14	50200	PICHINCHA	QUITO
15	50210	PICHINCHA	QUITO
16	53102	PICHINCHA	QUITO
17	53200	PICHINCHA	QUITO
18	53201	PICHINCHA	QUITO

LAC's OTECEL:

Tabla 5-5: Listado de LAC's sugeridos para ser apagados en RNA OTECEL (Quito y Guayaquil)

#	LAC 3G	Provincia	Cantón
1	30101	PICHINCHA	QUITO
2	33102	PICHINCHA	QUITO

#	LAC 3G	Provincia	Cantón
3	33111	PICHINCHA	QUITO
4	34101	PICHINCHA	QUITO
5	34102	PICHINCHA	QUITO
6	34109	PICHINCHA	QUITO
7	40107	GUAYAS	GUAYAQUIL
8	40108	GUAYAS	GUAYAQUIL
9	40201	GUAYAS	GUAYAQUIL
10	40203	GUAYAS	GUAYAQUIL
11	40702	GUAYAS	PLAYAS

Luego de recibir la confirmación de los operadores de RNA que los LAC's solicitados han sido apagados, se deberá realizar los siguientes pasos:

- ✓ Realización de Drive Test que incluya pruebas de validación de servicio como: voz, SMS y datos en las parroquias que corresponde al apagado de LAC's.
- ✓ Monitoreo constante a nivel de KPI's (cogestión, caída de llamadas, etc) y estadísticas de tráfico cursado tanto en RNA (CONECEL/OTECCEL) como en la red de la CNT para verificación y análisis de tráfico cursado e índices de calidad.
- ✓ Atención inmediata y asesoramiento al cliente final por parte del NOC de la CNT EP, durante las quejas que podrían darse debido al apagado de LAC's.

Es importante mencionar que muchas veces se ha verificado que algunos usuarios tienen en su terminal seleccionada la red de los operadores de RNA de forma manual, por lo que se debe solicitar al abonado que coloque su terminal en selección de red automática, esperando que se enganche en red propia. Por lo que se recomienda al NOC realizar los siguientes pasos que induzcan a los usuarios:

- 1) Selección de red automática
 - 2) Reinicio del terminal
- ✓ Escalamiento al área de Optimización de la red de la CNT EP, para análisis y solución de quejas relacionadas a bajos niveles de cobertura en zonas geográficas que corresponden a la CNT y cubren los LAC's apagados en RNA.

2. Fase II:

Como segunda fase se recomienda a la CNT EP, solicitar a los operadores de RNA (CONECEL/OTECEL), el apagado de LAC's que corresponden a las provincias restantes, luego de haber obtenido resultados exitosos y un monitoreo de al menos un (1) mes.

LAC's CONECEL:

Tabla 5-6: Listado de LAC's sugeridos para ser apagados en RNA CONECEL (provincias restantes)

#	LAC 3G	Provincia	Cantón
1	50418	LOS RIOS	BABAHOYO
2	50434	COTOPAXI	PANGUA
3	50502	AZUAY	CUENCA
4	50704	LOJA	LOJA
5	51110	EL ORO	MACHALA
6	51110	EL ORO	SANTA ROSA
7	52100	SANTA ELENA	SALINAS
8	53410	ORELLANA	AGUARICO

LAC's OTECEL:

Tabla 5-7: Listado de LAC's sugeridos para ser apagados en RNA OTECEL (provincias restantes)

#	LAC 3G	Provincia	Cantón
1	30114	PASTAZA	PASTAZA
2	30755	CHIMBORAZO	RIOBAMBA
3	30801	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	SANTO DOMINGO
4	33114	IMBABURA	IBARRA
5	34107	BOLIVAR	CHILLANES
6	34107	BOLIVAR	GUARANDA
7	34107	MORONA SANTIAGO	HUAMBOYA
8	34110	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	SANTO DOMINGO
9	40134	CANAR	CAÑAR

De la misma manera que se realizó en la Fase I, luego de recibir la confirmación de los operadores de RNA que los LAC's solicitados han sido apagados, se deberá realizar los siguientes pasos:

- ✓ Realización de Drive Test que incluya pruebas de validación de servicio como: voz, SMS y datos en las parroquias que corresponde al apagado de LAC's.

- ✓ Monitoreo constante a nivel de KPI's (cogestión, caída de llamadas, etc) y estadísticas de tráfico cursado tanto en RNA (CONECEL/OTECCEL) como en la red de la CNT para verificación y análisis de tráfico cursado e índices de calidad.
- ✓ Atención inmediata y asesoramiento al cliente final por parte del NOC de la CNT EP, durante las quejas que podrían darse debido al apagado de LAC's.

Es importante mencionar que muchas veces se ha verificado que algunos usuarios tienen en su terminal seleccionada la red de los operadores de RNA de forma manual, por lo que se debe solicitar al abonado que coloque su terminal en selección de red automática, esperando que se enganche en red propia. Por lo que se recomienda al NOC realizar los siguientes pasos que induzcan a los usuarios:

3) Selección de red automática

4) Reinicio del terminal

- ✓ Escalamiento al área de Optimización de la red de la CNT EP, para análisis y solución de quejas relacionadas a bajos niveles de cobertura en zonas geográficas que corresponden a la CNT y cubren los LAC's apagados en RNA.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- Luego de realizar el estudio de factibilidad técnica para la disminución del Roaming Nacional Automático en la red móvil de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, empleando la tecnología de VoLTE, se concluye que técnicamente es factible y necesario para la CNT EP, esto debido a que se ha evidenciado que existe una cantidad considerable de usuarios móviles que hacen uso de RNA a nivel nacional incluso en lugares donde la CNT EP posee cobertura, lo cual conlleva a realizar un pago representativo por el uso de este servicio hacia los operadores OTECEL S.A. y CONECEL S.A., que afecta a la economía de la CNT y a las estrategias empresariales y giro del negocio.
- Actualmente, las operadoras en el Ecuador buscan que sus abonados puedan estar siempre conectados, para ello se requiere mantener Acuerdos de Roaming Nacional Automático entre operadoras y compartir su infraestructura móvil, que permita brindar los servicios de voz, datos y SMS en cada rincón del país, especialmente en áreas rurales y menos pobladas o marginadas y construir una cobertura más rentable, es por eso que la CNT EP cuenta con dos acuerdos suscritos con las operadoras de OTECEL S.A. y CONECEL S.A. para el uso de RNA, a través de los cuales la CNT EP proporciona los servicios móviles a sus usuarios.
- En la tendencia actual del mercado e industria de las telecomunicaciones se destaca la solución de Voz sobre LTE (VoLTE); dicha solución está basada en IP Multimedia Subsystem (IMS) y permite proporcionar los servicios de llamadas de voz para los suscriptores de la red LTE de manera nativa. La solución de VoLTE proporciona servicios de voz de banda ancha incluyendo características de valor agregado como calidad de servicio, alta definición de voz, así como un conjunto de funcionalidades multimedia que solamente se consiguen sobre un core de conmutación de paquetes.
- La CNT EP ha adquirido una solución de Voz sobre LTE (VoLTE) que se encuentra en etapa de implementación, con el despliegue de VoLTE se tendrá muchos beneficios, entre ellos: voz en alta definición, calidad de la voz, entre otras características que convierten a VoLTE en la solución definitiva para la prestación de servicios de voz en LTE.

- Como parte del capítulo 3, se realizó el análisis comparativo entre los tiempos de establecimiento de llamada 2G/3G RNA (OTECEL/CONECEL), 3G CNT, CS Fallback - 3G CNT EP y VoLTE, en base a los resultados obtenidos se concluye que el tiempo de establecimiento de llamada para VoLTE es mucho más rápido en comparación con las otras tecnologías 2G/3G. Mientras que, cuando un usuario realiza CS-Fallback desde la red 4G LTE hacia la red 3G de la CNT EP, el tiempo de establecimiento de llamada es el más alto en comparación con las otras tecnologías.
- Por otro lado, como parte del análisis realizado en el capítulo 4, gracias a la información obtenida de los PGW-CDRs y el listado radio bases entregados a la CNT EP por parte de los operadores OTECEL y CONECEL, se pudo identificar y analizar las zonas geográficas con mayor uso de RNA, con la finalidad de un futuro despliegue del servicio VoLTE en estos sitios.
- Además, con la utilización de las herramientas: Portal SPIA y Geoportal Web de la CNT EP, se pudo geo-ubicar coordenadas y mostrar predicciones de cobertura tanto de RNA como de la CNT EP, con este análisis se pudo concluir y recomendar el despliegue de un nodo LTE con feature VoLTE de la CNT en las zonas geográficas requeridas, con el objeto de permitir al usuario tener los servicios de Voz (feature VoLTE), Datos y SMS bajo cobertura 4G y a su vez disminuir el uso excesivo de RNA.
- Dentro del análisis de las zonas geográficas con mayor uso de RNA, se pudo identificar usuarios móviles considerados como Heavy Users, es decir, usuarios que hacen mal uso del servicio de voz y datos dentro del RNA. Gracias a esta discriminación de usuarios se puede direccionar correctamente las licencias VoLTE disponibles actualmente en la CNT EP antes de su despliegue comercial. Sin embargo, se pudo concluir que los usuarios cambian constantemente de ubicación en el tiempo, por lo que, luego de este análisis se deberá generar un proceso similar cada cierto tiempo y obtener nuevamente esta información actualizada previo a la activación del feature VoLTE en las líneas de usuarios considerados como Heavy Users.
- Finalmente, como parte del análisis realizado en el capítulo 5, se concluye que es necesario tomar acciones importantes por parte de la CNT EP, para salvaguardar los recursos económicos de la corporación y no se realicen pagos innecesarios por uso de RNA, por lo que, poner en marcha el plan de apagado de LAC's con los operadores CONECEL S.A. y OTECEL S.A., en lugares donde no se requiera el

servicio de RNA, especialmente en las ciudades principales y en donde la CNT EP posee cobertura, permitirá captar el tráfico de RNA y minimizar el consumo del mismo.

RECOMENDACIONES

- En base a los diferentes análisis realizados en el presente trabajo de titulación de maestría, se recomienda a la CNT EP, el despliegue de eNodeB con feature VoLTE en las zonas geográficas donde exista mayor consumo de RNA, ya que permitirá a los usuarios finales engancharse a la red de la CNT EP, así como poder tener una mejor percepción del servicio de voz, al evitar el retorno a la red 3G y por ende eliminando el retardo que existe actualmente en las conexiones de voz, al establecer una llamada en cobertura LTE (CSFB).
- Además, se recomienda a la CNT EP considerar y poner en marcha la propuesta realizada por fases para el plan de apagado de LACs con los operadores OTECEL y CONECEL, como una prioridad a corto y mediano plazo; ya que esto permitirá disminuir el consumo de RNA especialmente en las ciudades principales de Quito y Guayaquil, lugares en donde existe más concentración de usuarios móviles de la CNT EP.
- Como un aspecto de continuidad para el presente trabajo de titulación, se recomienda realizar un estudio y análisis más exhaustivo de cada una de las zonas geográficas donde existe mayor consumo de RNA y realizar alguna implementación de un sistema que permita realizar análisis de manera automática y que no impliquen tanto análisis de manera manual.

BIBLIOGRAFÍA

- 3GPP. (2019). *3GPP TS 23.203 Technical Specification*. 1(Release 16), 267.
- 3GPP. (2020a). *3GPP TS 23.002 Technical Specification*. 0(Release 16), 115.
- 3GPP. (2020b). *3GPP TS 23.008_eSRVCC*. 0(Release 16).
- 3GPP. (2020c). *3GPP TS 23.228, Technical Specification Group Services and System Aspects; IP Multimedia Subsystem (IMS)* (Vol. 0).
- 3GPP. (2020d). *3GPP TS 23.272 Technical Specification*. 1(Release 16), 103.
- ARCOTEL. (2015). *Resolución ARCOTEL-2015-0374* (Issue 33).
- ARCOTEL. (2016). *Resolucion-ARCOTEL-2016-0675* (p. 45).
- Asamblea Nacional. (2015). Ley Orgánica de Telecomunicaciones. *Registro Oficial Órgano Del Gobierno Del Ecuador, Tercer Sup*, 1–40.
<http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Organica-de-Telecomunicaciones.pdf>
- Brito Gomez, J. R. (2019). *EVOLUCION DE LAS REDES MÓVILES HASTA HOY EN DÍA Y EL IMPACTO DE LA RED MÓVIL DE QUINTA GENERACIÓN*.
<https://www.redtis.org/index.php/Redtis/article/view/36/48>
- Calcuworld. (2020). *Conversor numérico Hexadecimal a Decimal*.
<https://es.calcuworld.com/calculadoras-matematicas/calculadora-hexadecimal/>
- CLARO. (2020). *Mapas de Cobertura*.
<http://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>
- CNT. (2020). *Cobertura de Red Móvil en Sistema de Información Georeferenciado (GIS) CNT EP*. <https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/>
- CNT EP. (2020). *Portal Web SPIA CNT EP*. <https://spia.fastboy.com.ec/>
- CONATEL. (2014). *Reglamento De Roaming Nacional Automatico En Ecuador*. 1–14.
- Edgar, C. Y. (2016). *EVOLUCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE VOLTE EN LAS REDES 4G*.

- ETSI. (2020). *ETSI GS NFV (Network Function Virtualization)* (Vol. 1).
- Google. (2020). *Google Earth*. <https://earth.google.com/web/>
- GSM Association. (2012). Mobile Infrastructure Sharing. *GSMA White Paper, September*, 1–23. <http://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2012/09/Mobile-Infrastructure-sharing.pdf>
- GSMA. (2014). *VoLTE Service Description and Implementation Guidelines*.
- GSMA. (2015). IMS Profile for Voice and SMS. *GSMA PRD IR.92*, 9, 1–40. <http://www.gsma.com/newsroom/all-documents/ir-51-ims-over-wi-fi-v/>
- GSMA. (2019). *La Economía Móvil en América Latina*. 1–12.
- Huawei, T. (2018). *RAN Sharing Feature Parameter Description* (Issue 05).
- Huawei Technologies Co. (2014). *VoLTE Technical White Paper*. <http://www.huawei.com>
- Huawei Technologies Co. (2016). *MSOFTX3000 Product Documentation_CS Fallback*. 6, 1–35.
- Huawei Technologies Co. (2017a). *VoLTE Network Architecture* (Vol. 3).
- Huawei Technologies Co. (2017b). *VoLTE Product Documentation (NFV) Flujos de llamada VoLTE* (Vol. 03).
- Huawei Technologies Co. (2017c). *VoLTE Product Documentation (NFV) QoS Service* (Vol. 03).
- Huawei Technologies Co. (2017d). *VoLTE Product Documentation (NFV) Registration*. 3, 1–20.
- Huawei Technologies Co. (2017e). *VoLTE Product Documentation (NFV) SRVCC/eSRVCC Service* (Vol. 03).
- Huawei Technologies Co. (2020). *MSOFTX3000 Product Documentation* (Vol. 04).
- Meddour, D. E., Rasheed, T., & Gourhant, Y. (2015). On the role of infrastructure sharing for mobile network operators in emerging markets. *Computer Networks*, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2011.01.023>
- MOVISTAR. (2020). *Mapas de Cobertura*. <https://www.movistar.com.ec/productos-y-servicios/cobertura>

Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, T. (2017). *Mobile Network Sharing*. 1–21.

Secretaría General Jurídica. (2016). REGLAMENTO GENERAL A LA LEY ORGANICA DE TELECOMUNICACIONES. *Registro Oficial - Órgano Del Gobierno Del Ecuador*, 1–37.

Technologies, K. (2017). *Technical Overview Nemo Outdoor*.
<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5992-2050EN.pdf?id=2827646>

Technologies, K. (2018). *Nemo Outdoor Brochure*.