



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA 4G
PARA AUMENTAR LA COBERTURA DEL SERVICIO MÓVIL
AVANZADO EN LOCALIDADES PRIORIZADAS**

AUTOR: RODRIGUEZ CAICEDO, CRISTIAN PAÚL

DIRECTOR: ING. VEGA, CHRISTIAN

SANGOLQUÍ

2017



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA 4G PARA AUMENTAR LA COBERTURA DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO EN LOCALIDADES PRIORIZADAS**" realizado por el señor **CRISTIAN PAÚL RODRIGUEZ CAICEDO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecido por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **CRISTIAN PAÚL RODRIGUEZ CAICEDO** para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 08 de Febrero del 2017

Atentamente,

Ing. Christian Vega

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, CRISTIAN PAÚL RODRIGUEZ CAICEDO, con cédula de identidad N. 1500850027, declaro que este trabajo de titulación "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA 4G PARA AUMENTAR LA COBERTURA DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO EN LOCALIDADES PRIORIZADAS" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se han respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ellos me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 08 de Febrero del 2017

CRISTIAN PAÚL RODRIGUEZ CAICEDO
1500850027



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, *CRISTIAN PAÚL RODRIGUEZ CAICEDO*, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de la institución la presente trabajo de titulación **"ANÁLISIS Y PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA 4G PARA AUMENTAR LA COBERTURA DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO EN LOCALIDADES PRIORIZADAS"** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 08 de Febrero del 2017

CRISTIAN PAÚL RODRIGUEZ CAICEDO

1500850027

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi padres por ser un ejemplo de esfuerzo y trabajo, que supieron estar en los momentos difíciles y siempre dándome su apoyo incondicional.

A mis hermanos: Henry, Danny y Paola que siempre podré contar con ellos en los problemas que se me presenten y superarlos gracias a sus consejos.

Cristian

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser el guía de mi camino para llegar a este momento, dándome fuerzas y no decaer ante las adversidades en todo este tiempo.

Gracias a mis padres que supieron tener paciencia y siempre creer en mí, dándome fuerzas día a día para poder seguir continuando.

Gracias a mi hermano Henry que siempre estuvo conmigo en todo este proceso de la vida universitaria y guiándome este proyecto.

Gracias a la ARCOTEL y MINTEL con su apoyo y facilidades por otorgarme la información necesaria para culminar el trabajo.

Cristian

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación e Importancia	2
1.3 Alcance del Proyecto	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Generales	3
1.4.2 Específicos	3
CAPÍTULO II.....	5
FUNDAMENTO TEÓRICO	5
2.1 Evolución de las tecnologías móviles	5
2.1.1 Primera Generación (1G).....	5
2.1.2 Segunda Generación (2G).....	5
2.1.3 Tercera Generación (3G).....	6
2.1.4 Cuarta Generación (4G).....	6
2.2 Características de las tecnologías de comunicaciones móviles	6
2.2.1 Tecnología GSM.....	7
2.2.2 Tecnología UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).....	9
2.2.3 Tecnología LTE (Long Term Evolution).....	13

2.3	Marco Regulatorio del Ecuador.....	16
2.3.1	Reglamento de Acceso y Uso Compartido de Telecomunicaciones.....	16
2.4	Tecnologías para conectar radio bases	17
2.4.1	Enlace microonda	17
2.4.2	Enlace satelital	18
2.4.3	Enlace de Fibra Óptica	20
2.5	Elementos de una estación base	21
2.5.1	Tablero de energía.....	21
2.5.2	Pozos a tierra	21
2.5.3	Equipos de radio base.....	21
2.5.4	Equipos de transmisión	22
2.5.5	Torre celular	22
2.5.6	Antena.....	22
2.6	Características de Propagación paras las bandas en LTE	22
2.6.1	Banda de 700 MHz	23
2.6.2	Banda de 1900 MHz.....	23
2.6.3	Banda AWS (Advanced Wireless Services) 1700-2100	
	MHz	24
2.6.4	Banda 2.5 GHz.....	24
CAPÍTULO III.....		25
SITUACION ACTUAL DE LAS BANDAS Y COBERTURA DEL SMA EN EL ECUADOR		25
3.1	Situación de las bandas de frecuencias en el Ecuador	25
3.1.1	Bandas destinadas para las IMT.....	25
3.1.2	Arreglos de frecuencias utilizadas en los sistemas celulares para el Ecuador	26
3.1.3	Asignación de Bandas a los operadores del Servicio..... Móvil Avanzado.....	27
3.2	Cobertura del SMA 4G en el Ecuador	30
3.2.1	CNT	30
3.2.2	CONECCEL	35

3.2.3	OTECEL	40
3.3	Análisis de criterios socioeconómicos de sectores censales	41
3.4	Determinación de localidades prioritarias para su cobertura	47
3.4.1	Metodología de priorización de parroquias.....	48
CAPÍTULO IV	67
	PROPUESTA DE COBERTURA DEL SMA Y CONECTIVIDAD DE LAS RADIO BASES	67
4.1	Determinación de la ubicación geográfica de las radio bases en un sistema de georeferenciación.....	67
4.2	Conectividad de las Radio Bases en el Programa Radio Mobile.	73
CAPÍTULO V	82
	ANÁLISIS DE COSTOS DE LA AMPLIACIÓN DE LA RED CELULAR	
4G	82
5.1	Costo de Radio Bases para Tecnología 4G.....	82
5.2	Costo de la conectividad entre Radio Bases.	84
CAPÍTULO VI	88
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
6.1	Conclusiones	88
6.2	Recomendaciones	91
	BIBLIOGRAFÍA	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Bandas de frecuencias para satélites	19
Tabla 2 Bandas destinadas para las IMT	25
Tabla 3 Bandas de Frecuencias para Sistemas IMT en el Ecuador	26
Tabla 4 Asignaciones por Banda IMT	28
Tabla 5 Prioridades de despliegue en la banda de 800 MHz	42
Tabla 6 Indicadores del IPM	45
Tabla 7 Provincias para Priorizar	47
Tabla 8 Población cubierta por el SMA de la Provincia de Manabí.....	52
Tabla 9 Parroquias con menos del 40% de población cubierta	
por el SMA de la Provincia de Manabí.....	57
Tabla 10 Rango de Densidad Poblacional de las Parroquias de.....	
la Provincia de Manabí	59
Tabla 11 Rango de Porcentaje de Población No Pobre de las	
Parroquias de la Provincia de Manabí.....	60
Tabla 12 Parroquias Priorizadas de la Provincia de Manabí	62
Tabla 13 Parroquias de Prioridad Alta.....	65
Tabla 14 Parroquias de Prioridad Alta con Porcentaje Total.....	
Beneficiado.....	71
Tabla 15 Coordenadas de las Radio Bases Propuestas	72
Tabla 16 Canalización de la banda de 7GHz	74
Tabla 17 Valores calculados y Simulados de Pérdidas en el espacio	
libre	77
Tabla 18 Valores calculados y Simulados de la Potencia de Recepción ..	
.....	78
Tabla 19 Valores calculados y Simulados del Margen de.....	
Desvanecimiento.....	80
Tabla 20 Costos estimados para la estación base	83
Tabla 21 Distancias máximas aplicables para fines de cálculo de	
las tarifas del Servicio Fijo, enlaces punto - punto	85

Tabla 22 Coeficiente de valoración del espectro aplicable para fines de cálculo de las tarifas del Servicio Fijo, enlaces punto-punto	85
Tabla 23 Costo mensual por el uso de frecuencias	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Arquitectura de una red GSM	7
Figura 2 Arquitectura de la red UMTS	9
Figura 3 Arquitectura de la red LTE	14
Figura 4 Enlace microonda	17
Figura 5 Enlace Satelital.....	18
Figura 6 Área de cobertura con respecto a las frecuencias	23
Figura 7 Arreglo de Frecuencias de la Banda 806 - 960 MHZ	27
Figura 8 Arreglo de Frecuencias de la Banda AWS y 1900 MHz.....	27
Figura 9 Arreglo de Frecuencias de la Banda 2500 - 2690 MHz.....	27
Figura 10. Arreglo de frecuencias en el Ecuador.....	29
Figura 11 Cobertura 4G en la Provincia de Azuay	30
Figura 12 Cobertura 4G en la Provincia de Chimborazo	31
Figura 13 Cobertura 4G en la Provincia El Oro	31
Figura 14 Cobertura 4G en la Provincia de Esmeraldas.....	32
Figura 15 Cobertura 4G en la Provincia del Guayas.....	32
Figura 16 Cobertura 4G en la Provincia de Loja	33
Figura 17 Cobertura 4G en la Provincia de Pichincha.....	33
Figura 18 Cobertura 4G en la Provincia de Santa Elena	34
Figura 19 Cobertura 4G en la Provincia de Santo Domingo	34
Figura 20 Cobertura 4G en la Provincia de Tungurahua	35
Figura 21 Cobertura 4G en la Provincia de Azuay	36
Figura 22 Cobertura 4G en la Provincia de Esmeraldas.....	36
Figura 23 Cobertura 4G en la Provincia de Galápagos	37
Figura 24 Cobertura 4G en la Provincia de Guayas.....	37
Figura 25 Cobertura 4G en la Provincia de Imbabura.....	38
Figura 26 Cobertura 4G en la Provincia de Manabí	38
Figura 27 Cobertura 4G en la Provincia de Orellana	39
Figura 28 Cobertura 4G en la Provincia de Pichincha.....	39
Figura 29 Cobertura 4G en la Provincia de Santa Elena	40
Figura 30 Cobertura 4G en la Provincia de Santo Domingo	40
Figura 31 Cobertura 4G en la Provincia de Pichincha.....	41

Figura 32 Parroquias de la provincia de Manabí con mancha de cobertura	49
Figura 33 Parroquia Jama	50
Figura 34 Localidades dispersas y Sectores Censales en la parroquia Jama.....	50
Figura 35 Localidades dispersas y Sectores Censales dentro de Mancha de Cobertura	51
Figura 36. Sumatoria de Localidades Dispersas dentro de Mancha de Cobertura.....	52
Figura 37. Sumatoria de Sectores Censales dentro de Mancha de Cobertura.....	52
Figura 38. Mapa de parroquias para priorizar	64
Figura 39 Propuesta de cobertura en un sitio de prueba	68
Figura 40 Localidades beneficiadas con la cobertura de prueba.....	68
Figura 41 Localidades beneficiadas con la cobertura propuesta.....	69
Figura 42 Propuesta de Cobertura de la Parroquia Jama	70
Figura 43 Radioenlace Punto - Punto de la Parroquia San Sebastián ..	76
Figura 44 Perfil del Enlace Punto - Punto de la Parroquia San Sebastián.....	76
Figura 45 Red de Acceso E-UTRAN	82

RESUMEN

El presente proyecto describe el análisis y propuesta de infraestructura 4G para aumentar la cobertura del servicio móvil avanzado (SMA) en localidades priorizadas. Primero se escoge el grupo de provincias con el mayor número de habitantes con la finalidad de obtener el mayor número de usuarios para la cobertura de SMA. Con el mapa de localidades y sectores censales de las provincias seleccionadas se analiza la cobertura celular de las parroquias utilizando el programa Arcgis. Las parroquias que tengan menos del 40% de población con cobertura celular se realiza los análisis de la densidad poblacional y el porcentaje de población menos pobre, de estos análisis la prioridad alta son las parroquias que tengan mayor densidad poblacional y mayor porcentaje de población menos pobre. Para las parroquias priorizadas se propone una infraestructura para dar cobertura de 4G a las localidades y sectores censales, gracias a la infraestructura propuesta se espera que las parroquias tengan una cobertura poblacional mayor que el 40%, con esta propuesta de cobertura se realiza nuevamente el análisis de cobertura poblacional con el programa Arcgis. Para corroborar que dichos sitios nuevos puedan dar cobertura celular se realiza radioenlaces punto – punto en el programa Radio Mobile desde una radio base cercana, el propósito es saber si el sitio propuesto tiene conectividad con las estaciones bases ya establecidas. Por último se elabora un costo estimado de la inversión de las nuevas infraestructuras y el costo estimado mensual por el uso de frecuencia.

Palabras clave:

- **INFRAESTRUCTURA 4G**
- **SERVICIO MÓVIL AVANZADO**
- **PROGRAMA ARCGIS**
- **RADIOENLACES**
- **RADIO MOBILE**

ABSTRACT

The present project describe 4G analysis and infrastructure purpose in order to increase the advance mobile service coverage (AMS) for a priority area. Firstly, choose a group of provinces with the greatest number of population; it will help to obtain the major number of users in AMS coverage. Taking location and areas from a population map of selective provinces, is possible to analyze the cellular coverage from those provinces using Arcgis software. Provinces with less than 40% of cellular population coverage get in the process of population density and population less poor. Then, both the less poverty population and population density are taking in consideration for the priority. All of those provinces and areas already selected have been taking in consideration to develop a 4G proposal infrastructure. The outcome of this improvement is a 40% of more coverage within the population mobile service. Moreover, once finished the improvements the coverage analysis need to be done again using the Arcgis software. In order to verify whether the new infrastructure is able to give good cellular coverage, Radio link point to point is used in the radio mobile program from a radio base nearby to the bases stations settled down before. Finally, is imperative to make an estimate investment cost of the new infrastructure and a monthly frequency use cost as well.

KEY WORDS:

- **INFRASTRUCTURE 4G**
- **ADVANCE MOBILE SERVICE**
- **ARCGIS SOFTWARE**
- **RADIO LINK**
- **RADIO MOBILE**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las Telecomunicaciones móviles son una parte fundamental para el avance de la sociedad, además como ya sabemos el uso del servicio móvil avanzado (SMA) es de vital importancia para la vida cotidiana de toda la sociedad, es fácil darse cuenta de esto, ya que la tecnología en este aspecto tiene una gran importancia por parte de todas las personas y por el avance que tiene día a día.

La expansión de la cobertura de los servicios de telecomunicaciones es un aspecto de especial relevancia en el país, ya que gracias a la democratización de las telecomunicaciones se busca disminuir la brecha digital.

En el país existen tres operadoras de servicio móvil avanzado (SMA): CONECEL, OTECEL Y CNT, de ellas CONECEL tiene una participación en el mercado del 64,75%, seguido por OTECEL con el 28,91% y CNT con el 6,35%. En total en el país hay una penetración de suscriptores móviles de 100,53% a marzo del 2015. (ARCOTEL, 2015)

Las operadoras se han concentrado en ofrecer su servicio en las principales ciudades ya que existe mayor cantidad de población y resulta económicamente rentable, en las zonas rurales no se preocuparon lo suficiente porque el índice de población es menor y no son económicamente atractivas.

1.2 Justificación e Importancia

En los últimos 10 años las telecomunicaciones móviles han implementado diversos servicios, así mismo las operadoras del SMA se han expandido de manera rápida a lo largo del país, aun así existen lugares que están poblados y no tienen cobertura móvil.

El fin que tiene este proyecto es presentar una propuesta de despliegue de infraestructura móvil en localidades que por su condición económica o ubicación geográfica no tienen este servicio, buscando mejorar la calidad de vida de sus habitantes mediante el uso de las nuevas tecnologías de información y comunicación, acceso a nuevos servicios de calidad.

Las nuevas políticas regulatorias tienen como objetivo estimular el despliegue de nuevas infraestructuras especialmente en los sectores que no se encuentren atendidos. De acuerdo con datos de la ARCOTEL existen 282 parroquias sin cobertura del SMA, lo cual representa el 27,38% en el ámbito territorial y 3,42% en el ámbito poblacional, por lo que es importante identificar la mejor opción para que en estas parroquias exista cobertura de al menos una operadora que pueda dar el servicio móvil a la población de esos sectores sin cobertura. (ARCOTEL, 2014)

Además se tomará en cuenta las alternativas que adoptaron otros países para favorecer un despliegue de infraestructura eficiente, con el fin de evitar duplicidad y así maximizando los beneficios de las inversiones del país.

Este proyecto será de mucha importancia para cumplir con las políticas del Ministerio de Telecomunicaciones que se cristalizarán a través de planes, programas y proyectos que determine el ente rector para alcanzarlas y serán ejecutadas por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

1.3 Alcance del Proyecto

Este proyecto tiene como propósito analizar la cobertura del SMA de las operadoras CONECEL S.A., OTECEL S.A. y CNT EP; y proponer un aumento de la cobertura con tecnología 4G en las localidades que se prioricen de acuerdo a criterios socioeconómicos y técnicos.

Para realizar esta investigación se realizarán simulaciones de los enlaces en Radio Mobile y se trabajará con un sistema de georeferenciación para ubicar geográficamente las radio bases y determinar la cobertura existente en función de la infraestructura registrada en la ARCOTEL.

Al finalizar el proyecto se tendrá una propuesta de cobertura de una operadora en las localidades sin servicio que podrá ser implementada gradualmente en función del análisis establecido, así como el costo aproximado de los equipos para su implementación, lo cual podrá servir como base para que la ARCOTEL y MINTEL emita las regulaciones que conlleve a desplegar las telecomunicaciones móviles en todo el territorio ecuatoriano.

1.4 Objetivos

1.4.1 Generales

Analizar y proponer la infraestructura 4G para aumentar la cobertura del Servicio Móvil Avanzado en localidades priorizadas

1.4.2 Específicos

1. Describir los elementos principales de una radio base celular.
2. Determinar la situación actual de la cobertura de las tres operadoras en el Ecuador.

3. Determinar las localidades de interés sin servicio de SMA mediante un sistema de georeferenciación.
4. Proponer una infraestructura para la implementación del SMA en los sectores de interés.
5. Simular los enlaces de microonda punto a punto en el programa Radio Mobile.
6. Realizar el análisis económico de la infraestructura propuesta.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Evolución de las tecnologías móviles

La telefonía celular se dio a conocer en la década de los 70, con el paso del tiempo ha tenido varias mejoras que han sido realmente importantes y transparente para el usuario, en cada cambio fue mejorando la tecnología de manera significativa desde la primera generación (1G) hasta llegar a la cuarta generación (4G).

2.1.1 Primera Generación (1G)

La primera generación de la telefonía celular apareció en 1979, está caracterizada por ser un servicio analógico y sus redes soportaban estrictamente voz, las baterías duraban tan solo horas y la tecnología usada fue la AMPS (Advance Mobile Phone System). (Martínez, 2001)

2.1.2 Segunda Generación (2G)

La segunda generación apareció en 1990 con tecnología digital y con mejoras apreciadas por el usuario como aumento de la duración de la batería y mayor calidad de sonido, además integró el servicio de SMS (Short Message Service). La tecnología predominante son: GSM (Global System for Mobile Communications), IS-136 también conocido como TIA/EIA-136 o ANSI-136 y CDMA (Code Division Multiple Access) y PDC (Personal Digital Communications) que fue utilizado en Japón. (Martínez, 2001)

Posteriormente apareció la generación 2.5G que incluye capacidades adicionales como navegar por internet y el intercambio de imágenes, estas características adicionales se debe gracias a la implantación de la

tecnología GPRS (General Packet Radio Service), HsCSD (High Speed Circuit Switched Data), EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution), IS-136B, IS-95B y entre otros. (Martínez, 2001)

2.1.3 Tercera Generación (3G)

La tercera generación logró transmitir datos y voz en un mismo rango de frecuencia. La velocidad que alcanza es de hasta 384 kbps, permitiendo a los usuarios una movilidad a 120 km/h en ambientes exteriores y alcanza una velocidad de 2 Mbps con una movilidad a los usuarios a menos de 10 km/h en interiores. (Martínez, 2001)

Consecutivamente apareció la generación 3.5 G, el cual mejora el desempeño del 3G, las velocidades que logra es de hasta 14 Mbps. (Mayoraz, 2010)

Las tecnologías que se encuentran en la tercera generación son: UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), CDMA 2000, IMT 2000, ARIB (3GPP), UWC-136, entre otros. (Martínez, 2001)

2.1.4 Cuarta Generación (4G)

La cuarta generación tiene todos los servicios sobre el protocolo IP (Internet Protocol) incluida la voz, el estándar usado es LTE-Advanced, el cual usa tecnología de antenas múltiples basadas en MIMO y transmisiones coordinadas multipunto. Las velocidades que alcanza en movimiento es hasta 100Mbps y en reposo la velocidad es de 1Gbps con gran calidad de servicio. (EcuRed)

2.2 Características de las tecnologías de comunicaciones móviles

Las comunicaciones móviles se basan en las siguientes tecnologías:

2.2.1 Tecnología GSM

Es una tecnología de segunda generación (2G), ofrece servicios de voz y datos conmutados por circuitos. La red GSM tiene una estructura celular que se basa en macro celdas, el cual tiene un diámetro máximo de pocos kilómetros. (Martínez Hernández)

Un punto importante de la red GSM es su sistema de identificación que se basa en una única tarjeta de abonado que se denomina SIM (Subscriber Identity Module). Esta tarjeta SIM contiene datos básicos de identificación, número de identificación de suscriptor, información sobre los servicios de telefonía y claves de autenticación. (Martínez Hernández)

2.2.1.1 Arquitectura de una red GSM

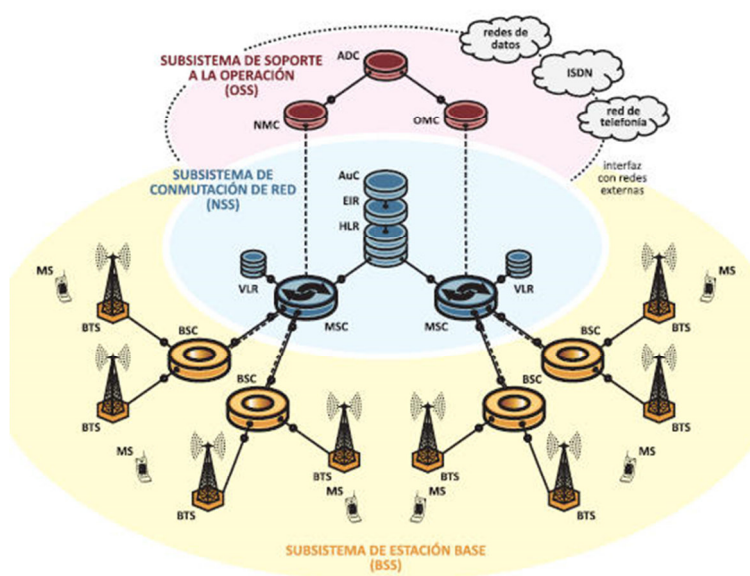


Figura 1 Arquitectura de una red GSM

Fuente: (Zdenek Becvar, Pavel Mach, Ivan Pravda)

La arquitectura de la red GSM se divide en 3 partes principales: subsistema de estación base, subsistema de conmutación de red y subsistema de soporte de operación.

- **Subsistema de estación base (BSS)**

El BSS proporciona y gestiona las rutas de transmisión en radiofrecuencia entre los terminales móviles y el centro móvil de conmutación (MSC), también administra la interfaz de radio entre las estaciones móviles y el resto de subsistemas GSM. Cada BSS consta de muchos controladores de estación (BSC) que se utilizan para la conexión entre el MS con el NSS a través de uno o más MSC. (Zdenek Becvar, Pavel Mach, Ivan Pravda)

- **Subsistemas de conmutación de red (NSS)**

El NSS gestiona las funciones de conmutación de sistema y permite que se comuniquen las MSC con otras redes telefónicas, como el servicio telefónico público y a ISDN.

- **Subsistema de soporte de operación (OSS)**

El OSS soporta la operación y el mantenimiento del sistema, y permite al administrador monitorear, diagnosticar y localizar las fallas en cada aspecto de la red GSM. (Tomasi, 2003)

2.2.1.2 GPRS (General Packet Radio Service)

Posteriormente aparece GPRS el cual se la denomina 2.5G, es una extensión del GSM y utiliza transmisión basada en conmutación de paquetes. La velocidad máxima que alcanza es de 144 kbps, además ofrece servicios como: servicio de mensajes cortos (SMS), servicio de mensajería multimedia (MMS) y Wireless Application Protocol (WAP) y gracias a esto el terminal móvil puede acceder a contenidos de sitios web. (Prieto Donate)

2.2.1.3 EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)

También se utiliza la terminología 2.75G el cual se aumenta la capacidad de la red y las tasas de transferencia, la única manera de mejorar la transmisión de datos era usando la modulación en fase 8-PSK (Phase Shift Keying). La velocidad de transmisión que puede alcanzar es de 236.8 kbps, la tecnología EDGE es tomado en cuenta como el ultimo avance antes de llegar a la tercera generación (3G). (Mayoraz, 2010)

2.2.2 Tecnología UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)

Es una tecnología de tercera generación (3G), el método de acceso múltiple que adoptó UMTS se llama WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), de esta forma se logró aumentar la capacidad y la velocidad de transmisión el cual es de hasta 2 Mbps con poca movilidad permitiendo servicios multimedia interactivos de alta velocidad como voz, videoconferencias y acceso a internet. (Zdenek Becvar, Pavel Mach, Ivan Pravda)

2.2.2.1 Arquitectura de la red UMTS

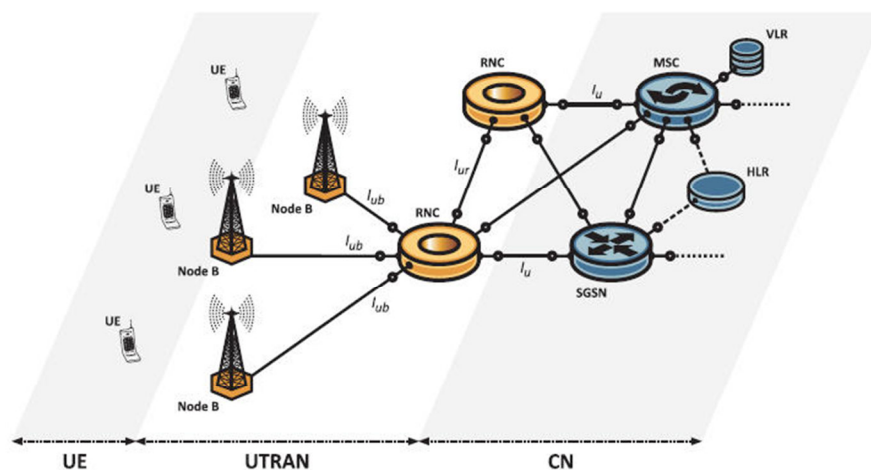


Figura 2 Arquitectura de la red UMTS
Fuente: (Zdenek Becvar, Pavel Mach, Ivan Pravda)

La arquitectura de la red UMTS se divide en tres partes principales: equipo de usuario (UE), la UTRAN y la red del núcleo (CN).

- **Equipo de usuario**

El equipo de usuario está conformado por dos partes:

- Terminal móvil: Es el equipo que el usuario obtiene para tener una comunicación con una estación base en cualquier momento y lugar que requiera siempre que exista cobertura.
- Módulo de identidad del suscriptor UMTS (USIM, UMTS Subscriber Identity Module): Es una tarjeta inteligente que incluye los datos del usuario como su identificación, realiza algoritmos de autenticación y además otra información del suscriptor.

- **UTRAN**

Consta de dos partes:

- La estación base (Nodo B): La finalidad del Nodo B es permitir que los equipos de usuario se conecten a la red 3G. Los equipos de usuario se conectan al Nodo B mediante canales de radio, por lo tanto el nodo B controla el enlace ascendente y descendente.
- Controlador de Red Radio (RNC, Radio Network Controller): El propósito del RNC es el control de varios nodos B conectados, también tiene la responsabilidad de la gestión de recursos de radio y además también se responsabiliza de la gestión de la movilidad de los usuarios.

- **Red del núcleo (CN)**

La red del núcleo está compuesta principalmente por dos elementos principales: Centro móvil de conmutación (MSC) y el nodo de servicio GPRS (SGSN).

- Centro móvil de conmutación (MSC): El mismo MSC es usado para GSM y UMTS, esto es posible gracias a que un objetivo del 3GPP fue conectar a la red UTRAN con la red central de GSM. Está basado en conmutación de circuitos, algunas funciones que tiene es la coordinación en la organización de las llamadas de todos los móviles en la jurisdicción de un MSC, funciones de interoperabilidad con otro tipo de redes, asignación dinámica de recursos, registro de ubicación y manejo de los parámetros para la encriptación.
- Nodo de servicio GPRS (SGSN): Está basada en la conmutación de paquetes, algunas funciones principales que tiene es la información de suscripción, información de la ubicación del móvil y identificaciones temporales.

2.2.2.2 Evolución de UMTS

La primera versión de UMTS es el Release 99, esta publicación fue la base para continuar con las mejoras de UMTS que a continuación se menciona.

- **Release 99**

Este release tuvo una aportación nueva de una red de acceso denominada UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network). La velocidad de transmisión para el enlace descendente es de 2 Mbps y para el enlace ascendente es 384 Kbps.

- **Release 4**

Esta versión se aprobó en el 2001 y las primeras implementaciones a nivel comercial empezaron en el 2003. La modificación en este release es la separación de portadora de transporte y las portadoras de control en el CS (Core Switched) de red y se introdujo nuevas interfaces en la red CS, esto permitió tasas de chip bajas.

- **Release 5**

Esta versión se aprobó en el 2002 y la característica más importante es la introducción de la tecnología HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) el cual es el primer progreso de UMTS para ofrecer transmisiones de datos de alta tasa de bit y además se introduce el concepto de IP Multimedia Subsystem (IMS).

HSDPA también es conocida como 3.5G, se basa en la utilización de un esquema de modulación y codificación adaptativo (AMC), la velocidad de transmisión aumentó de 2 Mbps a 14,4 Mbps en el enlace descendente. Utilizando la técnica MIMO 2x2 se obtiene una tasa de transmisión descendente de 28 Mbps.

- **Release 6**

Este release concluyó en el 2003 y la mejora más significativa es la especificación HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) el cual permite mejorar las velocidades de transmisión en el enlace ascendente, además se logró mejorar el subsistema IMS.

HSUPA también se denomina como 3.75G, esta tecnología se complementa con HSDPA, la velocidad transmisión ascendente máxima es 5,76 Mbps. (Zdenek Becvar, Pavel Mach, Ivan Pravda)

- **Release 7**

En esta publicación se introduce el concepto Evolved High Speed Packet Access (HSPA +), aumentó la velocidad de transmisión tanto en el enlace descendente como en el enlace ascendente, esta mejora fue gracias a la modulación 64 QAM y la técnica Multiple Input Multiple Output (MIMO), esto significa que el emisor y el receptor pueden utilizar más antenas, con esta mejora se logra obtener tasas de transmisión de 42 Mbps en el enlace descendente y 11,5 Mbps en el enlace ascendente. Tiene mejor desempeño, mayor capacidad, mayor eficiencia espectral y mejor resistencia a la interferencia. (Zdenek Becvar, Pavel Mach, Ivan Pravda)

2.2.3 Tecnología LTE (Long Term Evolution)

La tecnología LTE es un estándar desarrollado por 3GPP para optimizar el espectro radioeléctrico, mejorar la calidad de servicio, dar fiabilidad en la red y reducir costos.

Utiliza el método de acceso OFDMA para el enlace descendente y SC-FDMA para el enlace ascendente. LTE aún está considerado como parte de la tecnología 3G por el motivo que aún no llena las expectativas dadas por la ITU para los sistemas 4G.

La primera tecnología denominado como 4G es LTE-A (Long Term Evolution - Advanced), el cual se introduce nuevas mejoras como: agregación de portadora, coordinación de la interferencia entre celdas, mejoras en la técnica MIMO tanto en el enlace descendente como en el enlace ascendente, todo esto permite tasas de transmisión de hasta 1 Gbps en el enlace descendente y 500 Mbps en el enlace ascendente.

2.2.3.1 Arquitectura de la red LTE

La arquitectura de red en LTE no tiene servicios de conmutación de circuitos, esta red soporta únicamente conmutación de paquetes. La red está compuesta por la red de acceso Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) y Evolved Packet Core (EPC).

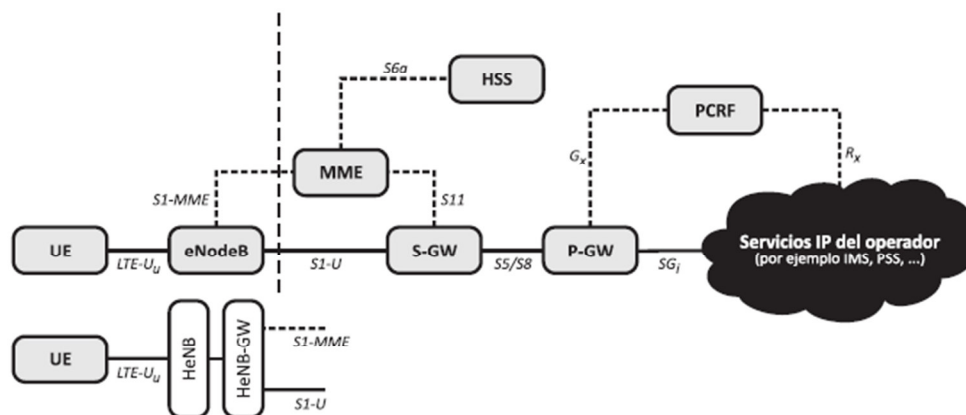


Figura 3 Arquitectura de la red LTE

Fuente: (Zdenek Becvar, Pavel Mach, Ivan Pravda)

E-UTRAN se encuentra en la parte de acceso, está compuesta por estaciones base LTE llamadas eNodeBs. Los eNodeBs tienen como responsabilidad la gestión y asignación de recursos de radio, control de la movilidad, programación de recursos para los enlaces ascendente y descendente, cifrado de la transmisión de datos en el canal de radio y de la conectividad con el EPC. En el caso que haya femtoceldas se añade una pasarela HeNB (HeNB-GW) entre HeNB y EPC para dar soporte a varios HeNBs. (Zdenek Becvar, Pavel Mach, Ivan Pravda)

La segunda parte es el EPC que está formado por tres entidades: Serving Gateway (S-GW), Mobility Management Entity (MME) y Packet Data Network Gateway (P-GW).

- El S-GW es responsable de enrutar y transferir los paquetes IP de todos los usuarios en una red, además sirve como anclaje de movilidad local para el handover entre eNodeBs.
- El MME se encarga de controlar y realizar las gestiones necesarias para tener acceso a los equipos de usuario (UE). Sus funciones principales es la autenticación y autorización del acceso de los usuarios, control de seguridad, manejo de señalización durante los handovers y gestión de movilidad de los usuarios.
- El P-GW se encarga de proporcionar conectividad entre la red LTE y las redes externas. Todos los paquetes IP generados por el usuario saldrán a la red externa por medio de esta entidad, de igual manera todos los paquetes IP dirigido a un terminal LTE que proviene de la red externa llega hasta el P-GW. La P-GW asigna una dirección IP que puede ser IPv4 y/o IPv6 mediante DHCP a cada UE. (Zdenek Becvar, Pavel Mach, Ivan Pravda)

A parte de estas tres entidades hay también 2 funciones más que forman del EPC en la arquitectura LTE-A que son: Policy Control and Charging Rules Function (PCRF) y Home Subscriber Server (HSS).

- La PCRF es la entidad que determina las políticas de uso y parámetros necesarios para el control de tarificación. Para realizar sus funciones se basa en parámetros de QoS
- El HSS está formado por dos elementos: el Registro de Localización Local (HLR) y el Centro de Autenticación (AuC).
 - El HLR contiene información de los usuarios y también de su localización dentro de la red.
 - El AuC confirma la existencia del usuario y genera claves de cifrado para proteger la transmisión de datos.

2.3 Marco Regulatorio del Ecuador

2.3.1 Reglamento de Acceso y Uso Compartido de Telecomunicaciones

El reglamento de acceso y uso compartido de telecomunicaciones regula los términos y condiciones necesarias para la compartición de infraestructura entre el propietario de la infraestructura física y el operador solicitante de prestación de servicios de telecomunicaciones

El propósito de compartición de infraestructura es de minimizar costos de instalación de nuevas redes especialmente en zonas rurales, de esta manera resulta más conveniente la migración hacia nuevas tecnologías de banda ancha móvil.

La compartición de Infraestructura se realizará mediante un acuerdo entre el operador y el propietario de la infraestructura física, en caso de que las partes involucradas no lleguen a un acuerdo la ARCOTEL dispondrá los términos y condiciones para que haya lugar a la compartición de dicha infraestructura.

En caso que haya un acuerdo de las partes involucradas el propietario tiene derecho a recibir una retribución por parte del operador interesado, además que puede recibir seguros y garantías por la prestación de la infraestructura. El periodo de duración del acuerdo estará establecido por las partes involucradas, pero si la disposición es dictada por la ARCOTEL no será un periodo mayor de 2 años

El propietario de la infraestructura puede negarse a la compartición de la infraestructura en casos como limitaciones físicas, tecnológicas, técnicas, ambientales, urbanísticas o de seguridad en la infraestructura física para admitir y soportar su acceso y uso, además está el hecho de que el

solicitante incumpla algún término del acuerdo del acceso y uso compartido. (ARCOTEL, 2009)

2.4 Tecnologías para conectar radio bases

Una Radio base es la principal pieza de una conexión entre un teléfono celular y otro teléfono. La principal función de la radio base es proporcionar cobertura y capacidad. A continuación se detalla algunos enlaces para poder conectar radio bases.

2.4.1 Enlace microonda

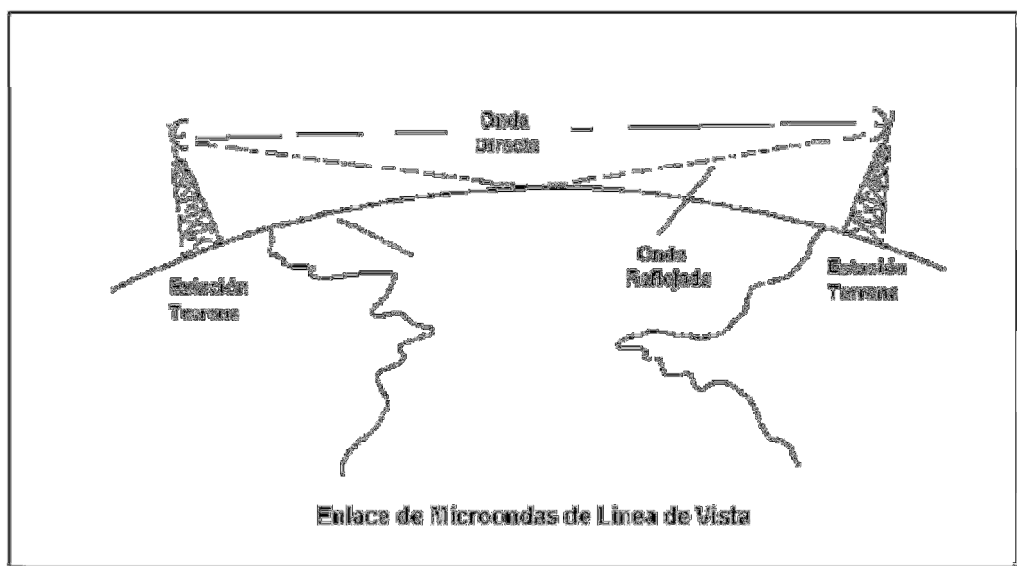


Figura 4 Enlace microonda
Fuente: (Radioenlaces De Microondas)

Un enlace microonda consiste en un par de antenas que tenga línea de vista y usen un rango de frecuencias en el orden de 1 GHz hacia adelante. La distancia que cubre un enlace microonda puede ser aumentada, esto se lo hace mediante el uso de repetidores el cual amplifica y redirección la señal.

Existen 2 tipos de repetidores: Activos y Pasivos.

- Activos: Estos repetidores reciben la señal en la frecuencia de portadora y se la baja a una frecuencia intermedia para amplificarla y transmitirla en la frecuencia de salida. No hay demodulación y son transceptores.
- Pasivos: Los repetidores pasivos son como espejos, reflejan la señal y se los puede dividir en pasivos convencionales, que son una pantalla reflectora y los pasivos back-back que constan de dos antenas espalda a espalda, se los usa cuando hay obstáculos aislados y de corta distancia.

2.4.2 Enlace satelital

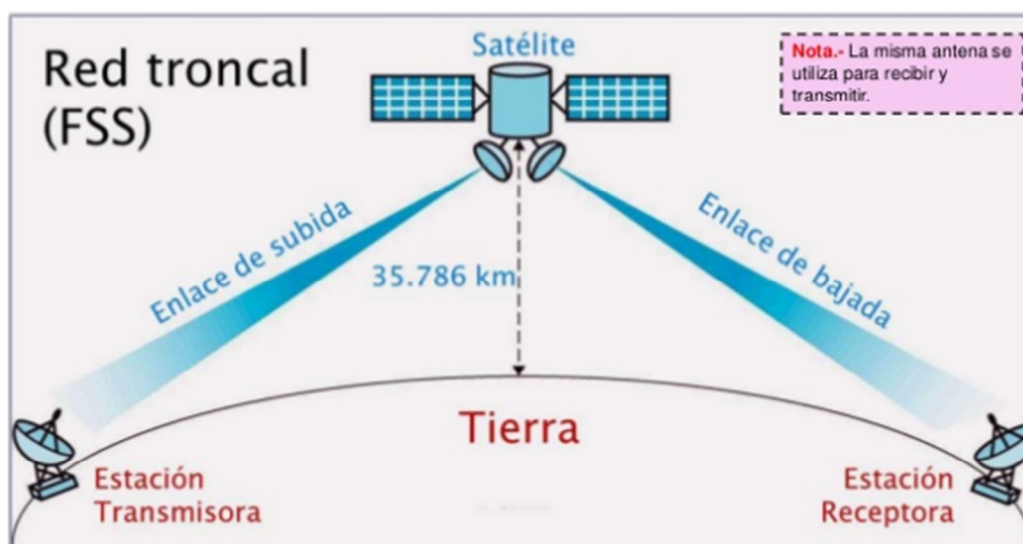


Figura 5 Enlace Satelital

Fuente: (Coimbra, 2011)

Los satélites de telecomunicaciones para que funcionen eficazmente se deben mantener en la órbita geoestacionaria es decir a una distancia de 35.786 Km. Un correcto diseño del enlace satelital asegura una buena recepción de una señal de alta calidad, así evita desperdiciar recursos económicos y técnicos. El enlace satelital consta de tres etapas: enlace de subida de las estaciones terrenas a los satélites, enlace de bajada de los satélites a las estaciones terrenas y el enlace intersatelital.

- Enlace de subida: Consiste en modular una señal de FI en banda base a una señal de frecuencia intermedia en FM, PSK y QAM, seguida por el convertidor elevador, el cual está constituido por un mezclador y filtro pasa bandas, el cual convertiría la señal de IF a RF. La señal pasa por un amplificador de potencia (HPA), el cual le dará la potencia necesaria para que la señal llegue hasta el satélite.
- Enlace de bajada: El receptor de la estación terrena contiene un filtro pasa banda (BFP), el cual limita la potencia de entrada que recibe el amplificador de bajo ruido (LNA), después de ser amplificada la señal en bajo ruido la señal será descendida de RF a IF por medio de un convertidor descendente, luego la señal será demodulada y entregada en banda base.
- Enlace inter satelital: El enlace intersatelital se puede usar cuando no hay línea de vista entre el satélite y el receptor, en este caso se utiliza otro satélite que tenga línea de vista con la estación receptora, de esta manera se puede realizar transmisiones a mayores distancias. (Peredo Álvarez, 2004)

A continuación se muestra la Tabla 1 con las bandas de frecuencia usadas para los satélites.

Tabla 1
Bandas de frecuencias para satélites

Banda	Uplink (GHz)	Downlink (GHz)	Ancho de Banda (MHz)	Uso Típico
L	1.6	1.5	15	Servicio Móvil
S	2.2	1.9	70	Servicio Móvil
C	6	4	500	Servicio Fijo y Radiodifusión
X	8	7	500	Militar
Ku	14	11	500	Servicio Fijo

Banda	Uplink (GHz)	Downlink (GHz)	Ancho de Banda (MHz)	Uso Típico
Ku	17	12	500	Servicio de Radiodifusión
Ka	30	20	3500	Servicio Fijo Intersatélite
Q/V	50	40	3000	Futuro. Servicio Fijo

Fuente: (Coimbra, 2011)

2.4.3 Enlace de Fibra Óptica

La transmisión por fibra óptica consta de un transmisor en un extremo y un receptor en el otro extremo de la fibra, además la mayoría de los sistemas funcionan de manera bidireccional operando en una dirección a través de una fibra y en la dirección opuesta a través de otra fibra y para poder transmitir en una sola fibra ambas direcciones es necesario acopladores. (La Asociación de Fibra Óptica, 2014)

Los sistemas más comunes de fibra utilizan un transceiver, este dispositivo incluye un transmisor y un receptor en un solo módulo. Al transmisor llega un impulso eléctrico y lo convierte en una salida óptica a partir de un diodo láser o un LED, la luz del transmisor se une a la fibra con un conector y se transmite a través de la fibra, la luz del final de la fibra se une al receptor, donde un detector convierte la luz en una señal eléctrica que luego se acondiciona para que pueda utilizarse en el equipo receptor. (La Asociación de Fibra Óptica, 2014)

Alunas ventajas de la fibra óptica son las siguientes: Baja atenuación, gran ancho de banda, peso y tamaños reducidos, aislamiento eléctrico entre terminales y ausencia de radiación emitida.

2.5 Elementos de una estación base

La estación base es una caseta el cual se encuentra todo el equipo necesario para poder ofrecer cobertura celular a un sector. Los elementos principales que se puede encontrar son: tablero de energía, pozos a tierra, equipos de radio base (indoor u outdoor), equipos de transmisión, torre celular y antenas.

2.5.1 Tablero de energía

El propósito que tiene es de abastecer energía a todos los equipos en la estación base, iluminación y también a la luz baliza. En caso que no haya energía también dispone de baterías, el cual asegura que los equipos siempre estén alimentados y así tener disponibilidad en la red.

2.5.2 Pozos a tierra

La estación base debe tener pozos a tierra con la finalidad de proteger los equipos instalados, es decir todo lo que este propenso a recibir descargas eléctricas deben ir aterrados a las barras de tierra que a su vez están interconectados con los pozos.

2.5.3 Equipos de radio base

En estos equipos se generan las señales RF que recorren por los feeders hasta las antenas, dependiendo de la ubicación se clasifica en Indoor (equipos instalados dentro de la caseta) y Outdoor (equipos instalados al aire libre).

2.5.4 Equipos de transmisión

Por lo general el medio de transmisión para conectar estaciones base es vía microonda, en lugares donde no hay línea de vista se usa enlace satelital. Las modulaciones, frecuencias, polarización y dirección son elegidas por el operador.

2.5.5 Torre celular

Las torres se usan para colocar las antenas a una determinada altura y así optimizar la cobertura celular y la línea de vista del enlace. Dependiendo de las necesidades existen torres arriostradas, torres auto soportadas, monopolos, mástiles, entre otras.

2.5.6 Antena

Una antena es un dispositivo pasivo que convierte potencia RF en campos electromagnéticos o viceversa. Las antenas de telefonía se caracteriza por ser emisor y receptor de baja potencia, son montadas sobre postes, torres de transmisión o en los techos de los edificios, ya que estos necesitan estar a una altura determinada para cubrir cierta área.

2.6 Características de Propagación para las bandas en LTE

El concepto básico de las bandas de frecuencias se determina que mientras mayor sea la frecuencia menor cobertura tendrá, es decir para cubrir una área geográfica con frecuencias altas se necesita mayor número de radio bases, en cambio si se ocupa frecuencias bajas cubre una área mayor y por lo tanto se requiere menor número de radio bases. Esto se lo puede observar en la Figura 6.

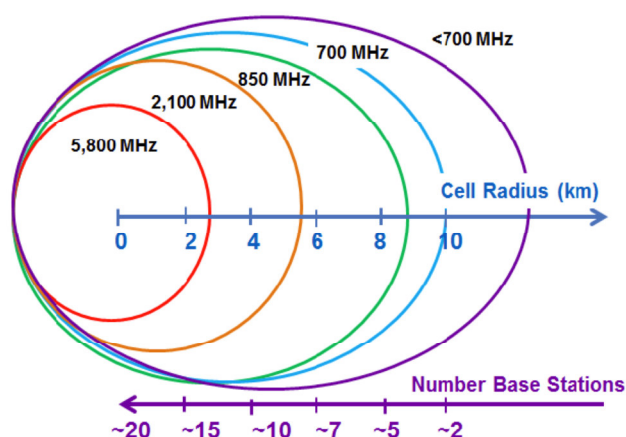


Figura 6 Área de cobertura con respecto a las frecuencias

Fuente: (4G Americas, 2015)

A continuación se describirá algunas características de las bandas LTE.

2.6.1 Banda de 700 MHz

La frecuencia de 700 MHz del espectro radioeléctrico comprende entre los 698 MHz y los 806 MHz, la propagación de esta frecuencia es mejor que las otras frecuencias de LTE como 1700-2100 MHz y 2500 MHz, es uno de los más adecuados para dar servicio de telefonía móvil en comunidades rurales ya que tiene una área mayor de cobertura con menos antenas, además otra característica importante de esta banda es la de tener una mejor penetración es decir llega al interior de edificios y viviendas más fácilmente. (4G Americas)

2.6.2 Banda de 1900 MHz

La banda de frecuencia de 1900 MHz del espectro radio eléctrico comprende entre los 1850 MHz y los 1990 MHz dando un ancho de banda total de 120 MHz, se encuentra atribuida para los servicios Fijo y Móvil y en ella pueden operar sistemas IMT, para esta banda de frecuencia se destina

120 MHz para los sistemas IMT, el cual 60 MHz se utiliza para transmisión y los otros 60 MHz se utiliza para recepción.

2.6.3 Banda AWS (Advanced Wireless Services) 1700-2100 MHz

La banda AWS se la considera como frecuencia alta y está constituida por el rango de 1700 MHz y 2100 MHz, el rango de 1700 MHz se usa para el enlace ascendente y el rango de 2100 MHz es utilizada para el enlace descendente, la cobertura que alcanza la banda AWS es menor con respecto a la banda de 700 MHz, por lo cual no es aconsejable usar la banda AWS para zonas rurales.

2.6.4 Banda 2.5 GHz

Esta banda se define desde los 2500 a los 2690 MHz, además no se utilizaría para zonas rurales ya que al ser una banda de frecuencia alta implicaría mayor costo de infraestructura. La banda de 2.5 GHz tiene menor capacidad para penetrar en los interiores de los edificios por lo cual se considera una banda de soporte para desplegar en zonas urbanas donde requiera mayor capacidad de red y de esta manera no disminuir la calidad de acceso al internet.

CAPÍTULO III

SITUACION ACTUAL DE LAS BANDAS Y COBERTURA DEL SMA EN EL ECUADOR

3.1 Situación de las bandas de frecuencias en el Ecuador

3.1.1 Bandas destinadas para las IMT

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha identificado bandas de frecuencias para sistemas de Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT), que son utilizadas para la prestación de servicios de comunicaciones móviles.

De acuerdo con el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) las bandas identificadas para las IMT son:

Tabla 2
Bandas destinadas para las IMT

Banda (MHz)	Notas que identifican la banda para IMT
450 - 470	5.286AA
698 - 960	5.313A, 5.317A
1710 - 2025	5.384A, 5.388
2110 - 2200	5.388
2300 - 2400	5.384A
2500 - 2690	5.384A
3400 - 3600	5.430A, 5.432A, 5.432B, 5.433A

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2015)

En el Ecuador de acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias vigente, los rangos de frecuencias destinados para sistemas IMT y la prestación del Servicio Móvil Avanzado son:

Tabla 3
Bandas de Frecuencias para Sistemas IMT en el Ecuador

Banda (MHz)	Observaciones
698-960	Forman parte la banda 700, 850 y parte de 900 MHz
1710-2025	Forman parte la banda de 1900 MHz, AWS (Tx desde el móvil)
2110-2200	Forman parte la banda AWS (Tx desde la RBS)
2500-2690	Forman parte la banda 2.5 GHz (FDD y TDD)

Fuente: (ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones))

3.1.2 Arreglos de frecuencias utilizadas en los sistemas celulares para el Ecuador

En la Recomendación UIT-R M.1036-5, se encuentran las “Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en las bandas identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) para las IMT”. Sobre la base de esta recomendación el Estado ecuatoriano ha regulado el espectro y ha establecido los siguientes arreglos de frecuencias.

Banda 806-960 MHz

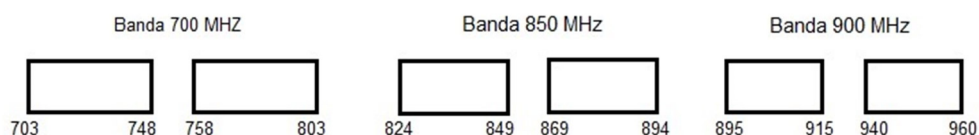


Figura 7 Arreglo de Frecuencias de la Banda 806 - 960 MHz
Fuente: (ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones))

Banda 1710-2025 y 2110-2200 MHz

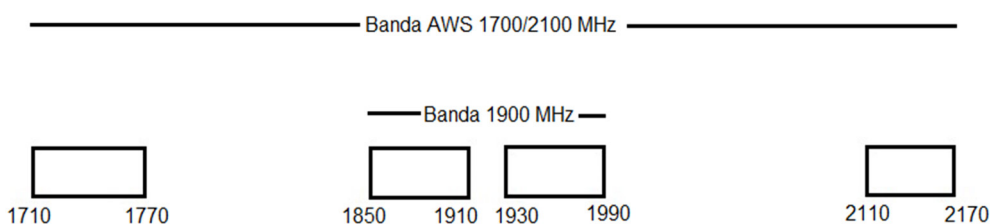


Figura 8 Arreglo de Frecuencias de la Banda AWS y 1900 MHz
Fuente: (ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones))

Banda 2500 – 2690 MHz

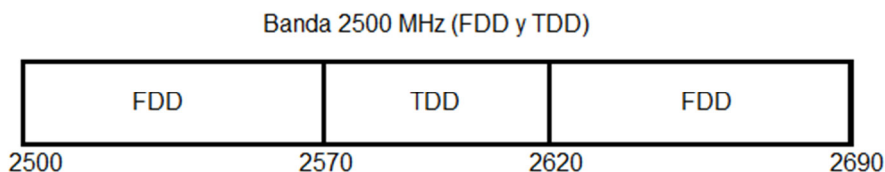


Figura 9 Arreglo de Frecuencias de la Banda 2500 - 2690 MHz
Fuente: (ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones))

3.1.3 Asignación de Bandas a los operadores del Servicio Móvil Avanzado

Actualmente se tiene asignado 280 MHz de espectro radioeléctrico para la operación de sistemas IMT, de los cuales CONECEL S.A. tiene autorizado 95 MHz, OTECEL S.A 85 MHz y CNT EP. 100 MHz, en la siguiente tabla se muestra las asignaciones por banda y la disponibilidad de

cada una. (ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones))

Tabla 4
Asignaciones por Banda IMT

	Bandas IMT (MHz)	700	850	900	1900	1700/2100	2500	TOTAL
OPERADORA	CONECEL	--	25	--	30	40	--	95
	OTECCEL	--	25	--	60	--	--	85
	CNT	30	--	--	30	40	--	100
	Ocupación por Banda	30	50	0	120	80	0	280
	Capacidad de la Banda	90	50	40	120	120	190	610
	Disponibilidad	60	0	40	0	40	190	330

Fuente: (ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones))

De la Tabla 4 se desprende que existen 330 MHz de espectro disponible para la operación de sistemas IMT correspondiente a las bandas 700 MHz, 900 MHz, 1700/2100 MHz y 2500 MHz; en la siguiente figura se detalla tanto las frecuencias asignados como la disponibilidad de espectro radioeléctrico.

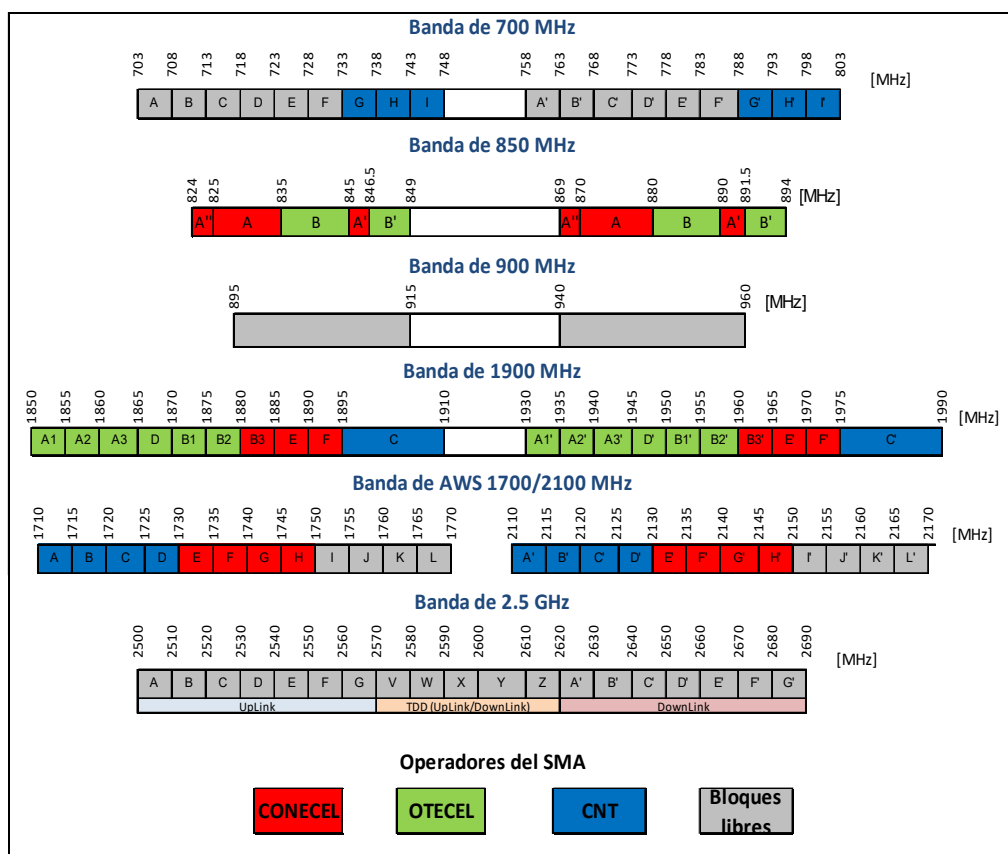


Figura 10. Arreglo de frecuencias en el Ecuador

Fuente: (ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones))

De acuerdo a información proporcionada por la ARCOTEL, la operadora CONECEL S.A. desplegó la tecnología LTE en la banda de AWS donde tiene instalado una portadora de 20+20 MHz. OTECEL S.A. por su parte desplegó la tecnología en la banda de 1900 MHz con una portadora de 15+15 MHz. La operadora estatal CNT EP. fue la primera operadora en desplegar LTE en el Ecuador y lo realizó en la banda de AWS mediante una portadora de 20+20 MHz. Es necesario indicar que CNT EP. también posee la banda de 700 MHz para la implementación de LTE, sin embargo, no ha hecho uso comercial de la banda y únicamente tiene infraestructura para la realización de pruebas.

3.2 Cobertura del SMA 4G en el Ecuador

La cobertura 4G en el Ecuador todavía no está en servicio para todas las provincias, por lo cual se muestra a continuación el mapa de cobertura 4G de cada provincia y de cada operadora, esta información fue facilitada por la ARCOTEL.

3.2.1 CNT

Las provincias que tienen el SMA 4G con la operadora CNT son las siguientes: Azuay, Chimborazo, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Loja, Pichincha, Santa Elena, Santo Domingo y Tungurahua.

A continuación se muestran los mapas de cobertura 4G de cada Provincia.

Azuay

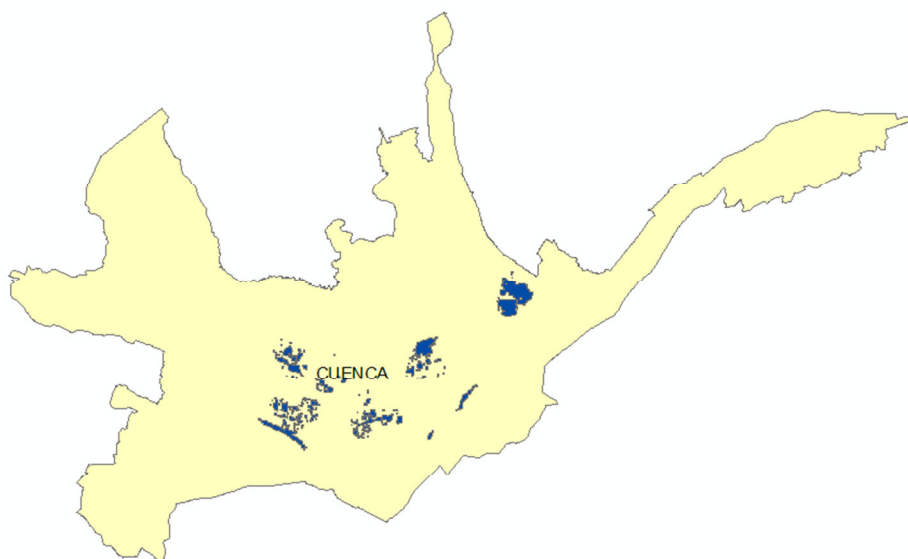


Figura 11 Cobertura 4G en la Provincia de Azuay

Chimborazo

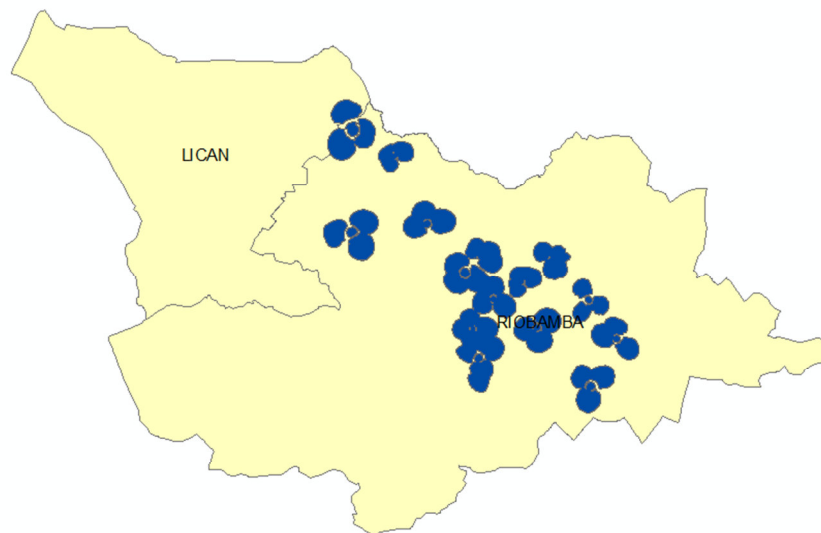


Figura 12 Cobertura 4G en la Provincia de Chimborazo

El Oro

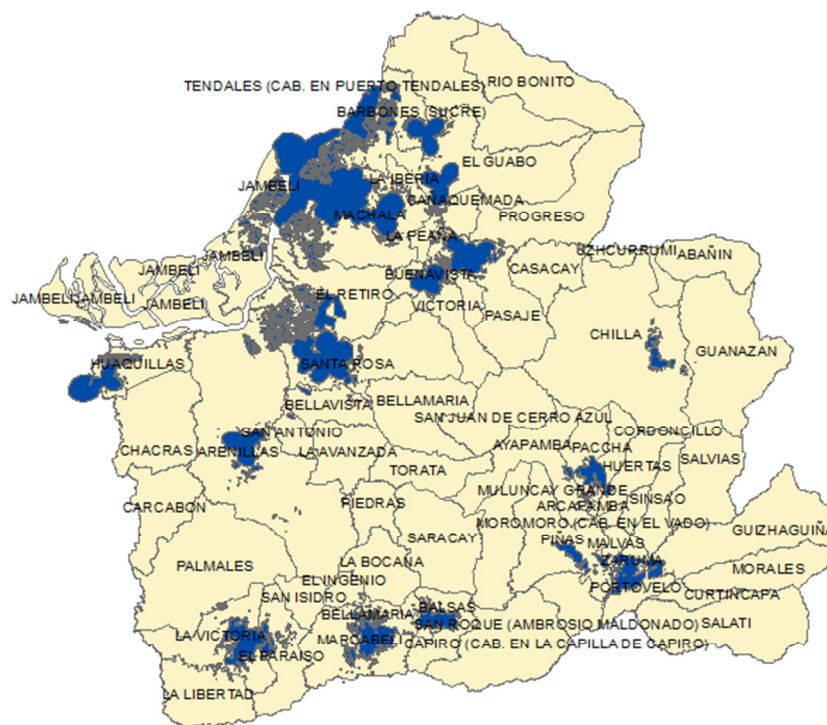


Figura 13 Cobertura 4G en la Provincia El Oro

Esmeraldas

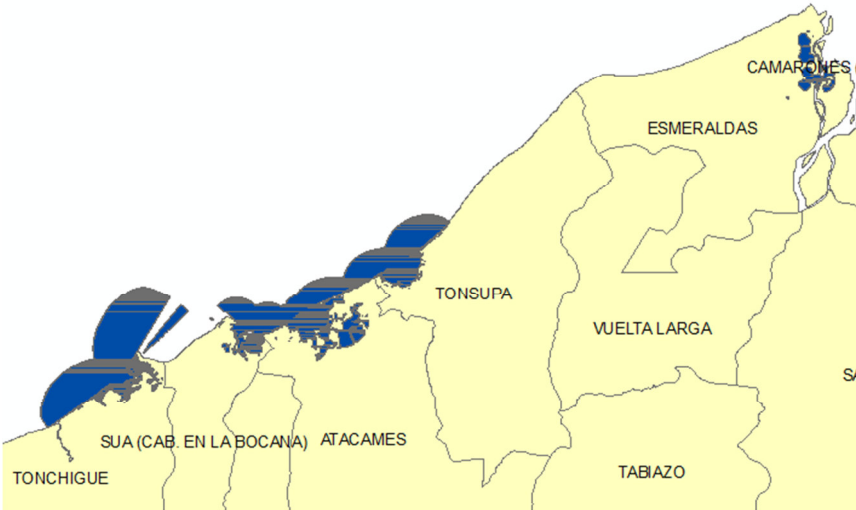


Figura 14 Cobertura 4G en la Provincia de Esmeraldas

Guayas

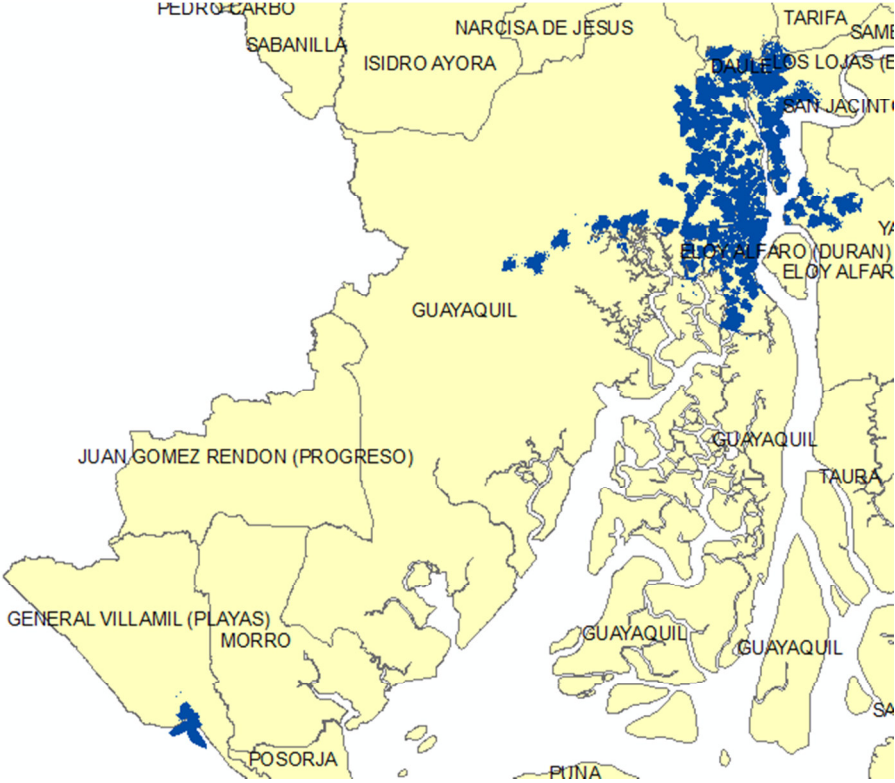


Figura 15 Cobertura 4G en la Provincia del Guayas

Loja

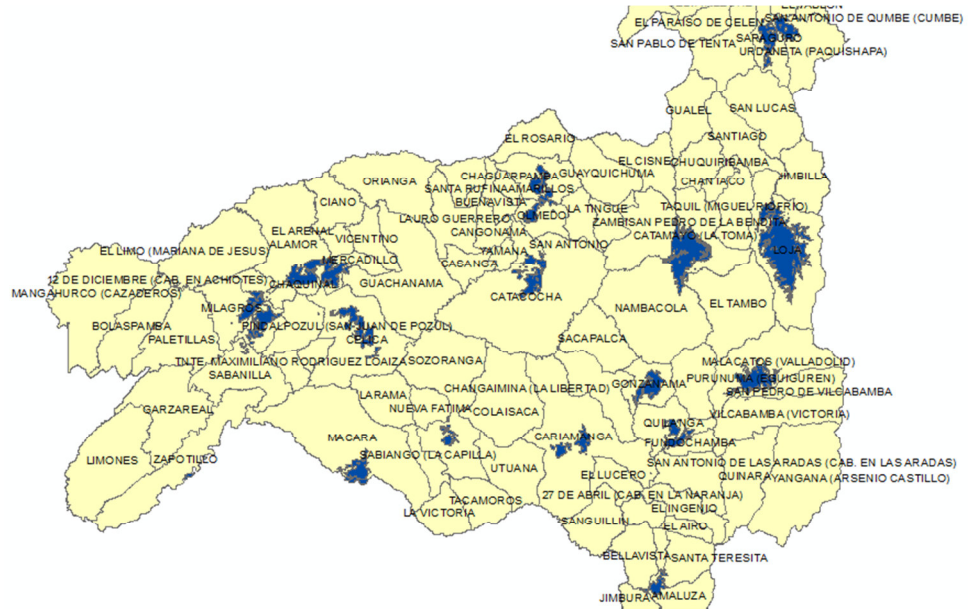


Figura 16 Cobertura 4G en la Provincia de Loja

Pichincha

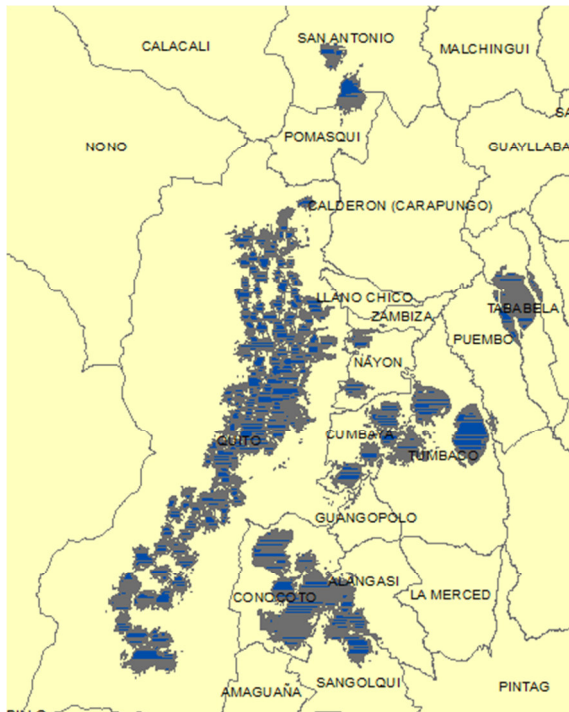


Figura 17 Cobertura 4G en la Provincia de Pichincha

Santa Elena

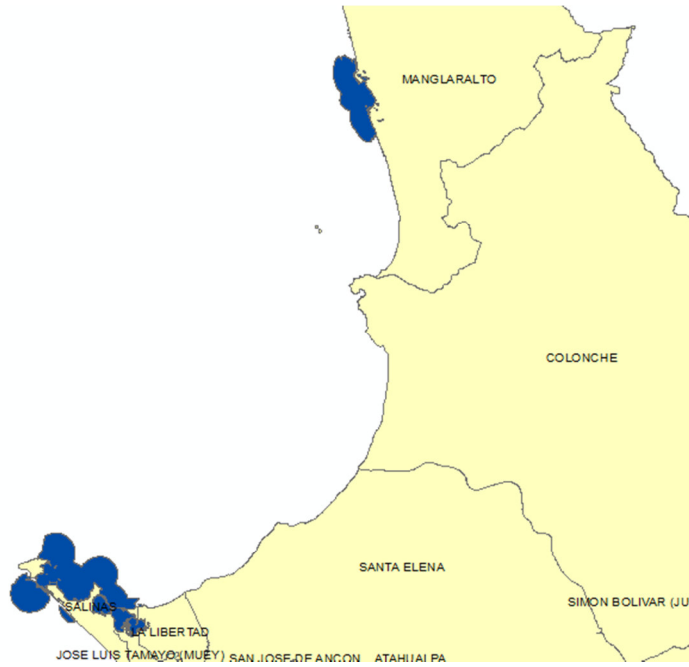


Figura 18 Cobertura 4G en la Provincia de Santa Elena

Santo Domingo

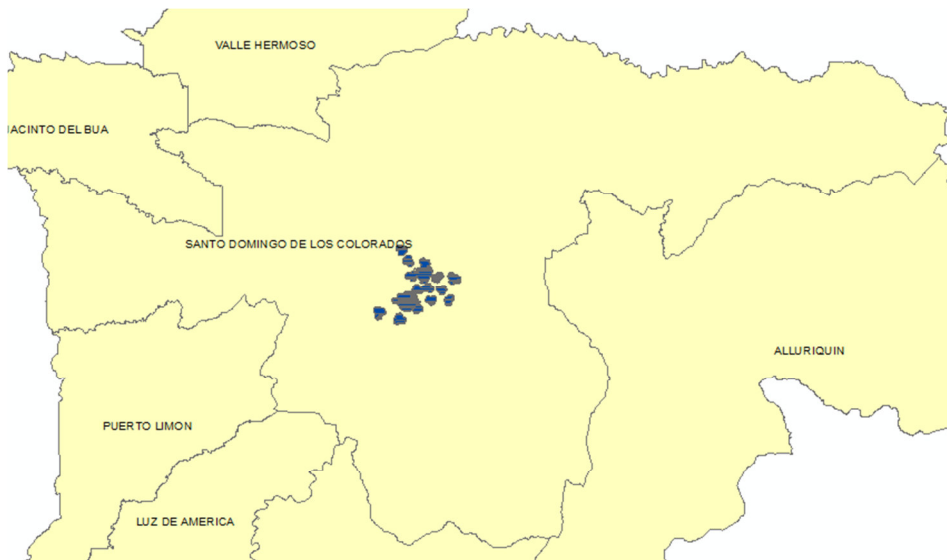


Figura 19 Cobertura 4G en la Provincia de Santo Domingo

Tungurahua

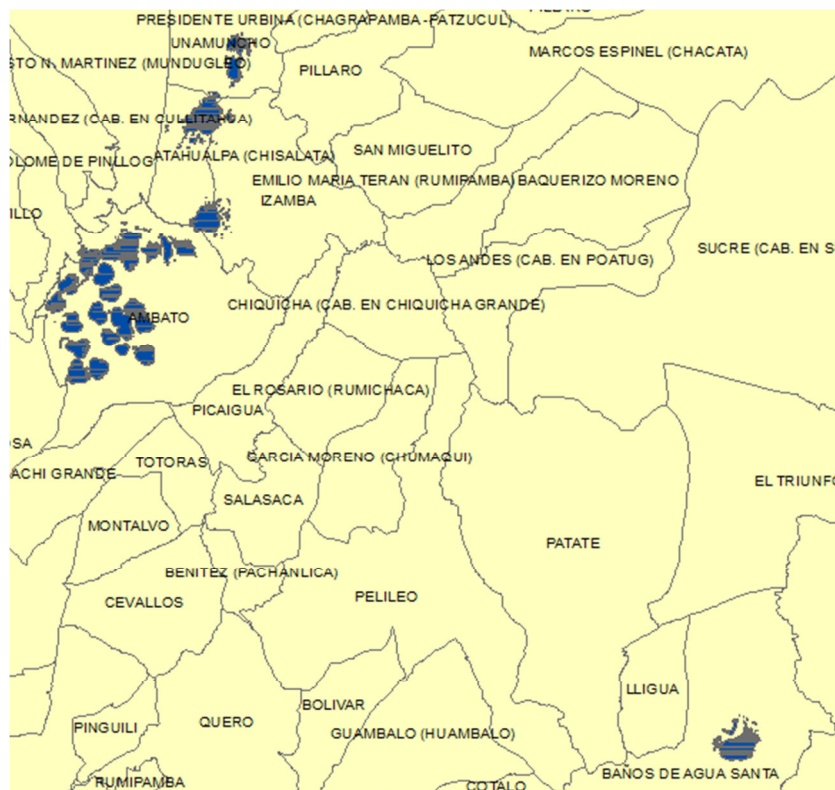


Figura 20 Cobertura 4G en la Provincia de Tungurahua

3.2.2 CONECEL

Las provincias que tienen el SMA 4G con la operadora CONECEL son las siguientes: Azuay, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Imbabura, Manabí, Orellana, Pichincha, Santa Elena, Santo Domingo.

A continuación se muestran los mapas de cobertura 4G de cada Provincia.

Azuay

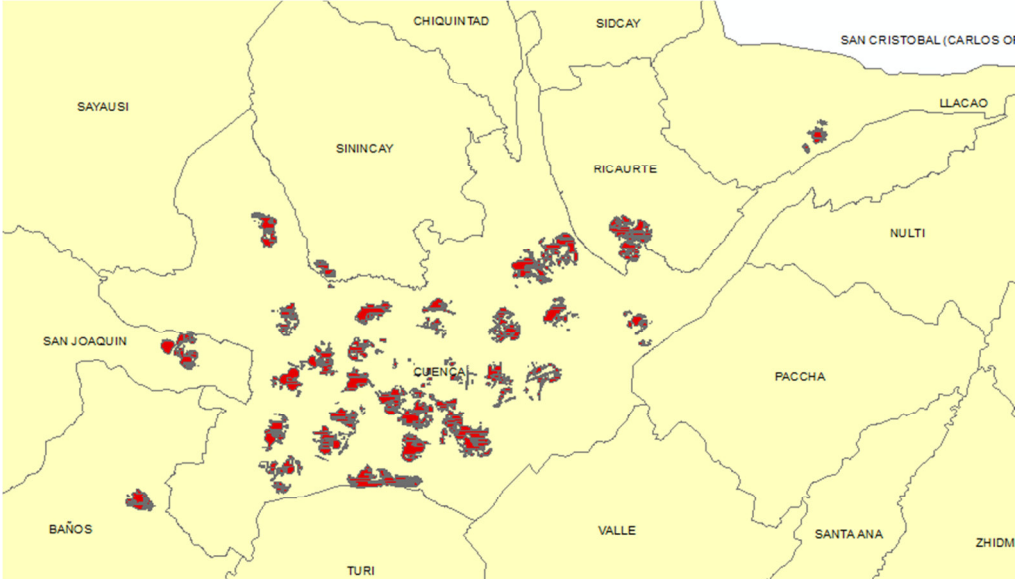


Figura 21 Cobertura 4G en la Provincia de Azuay

Esmeraldas

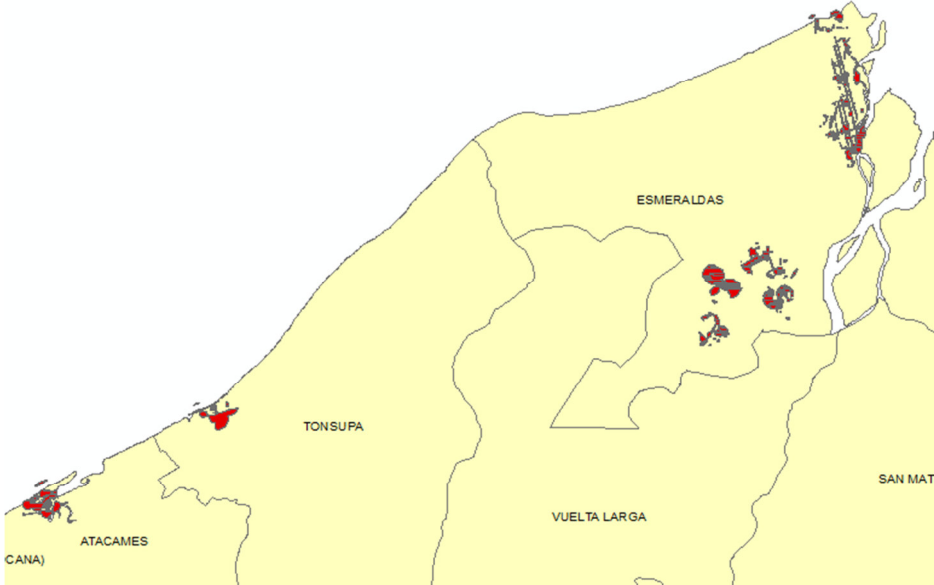


Figura 22 Cobertura 4G en la Provincia de Esmeraldas

Galápagos

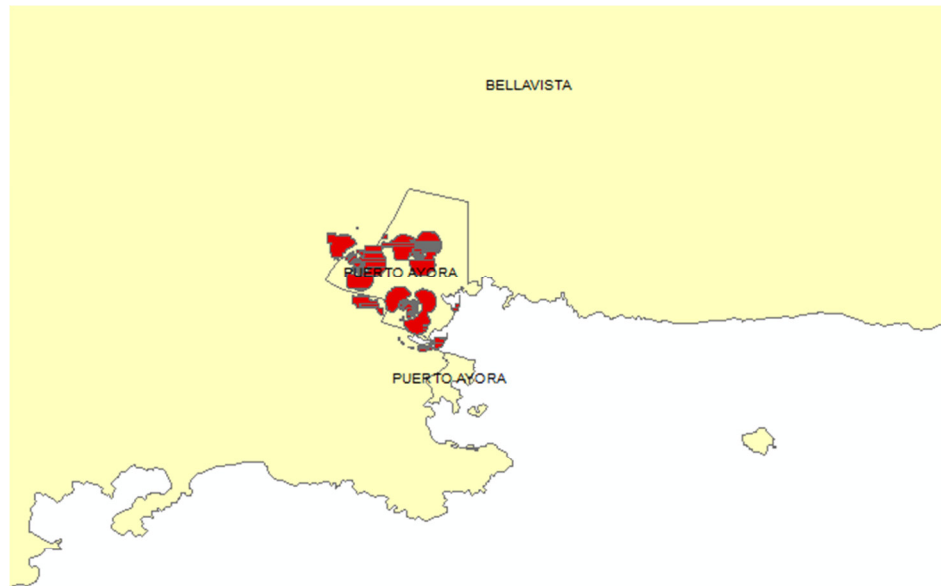


Figura 23 Cobertura 4G en la Provincia de Galápagos

Guayas

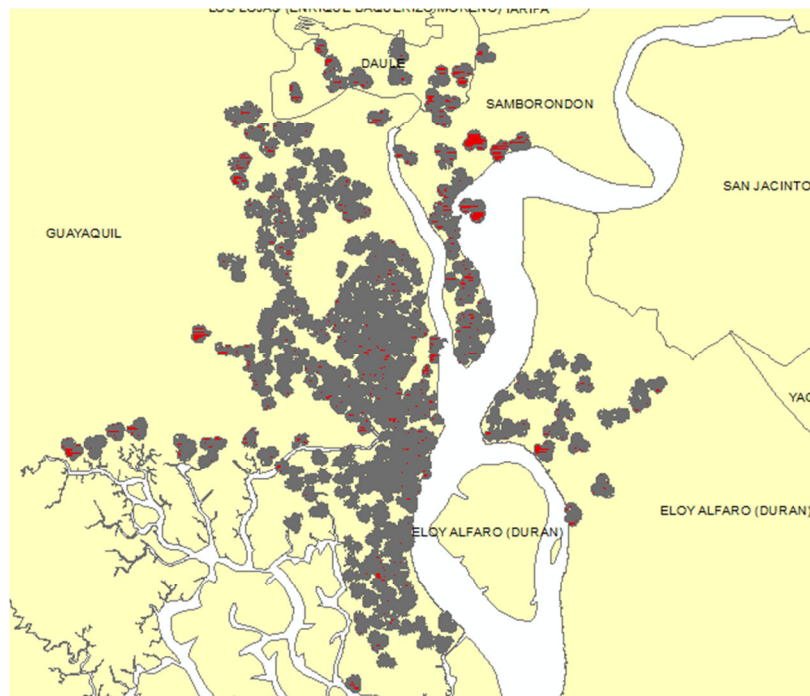


Figura 24 Cobertura 4G en la Provincia de Guayas

Imbabura

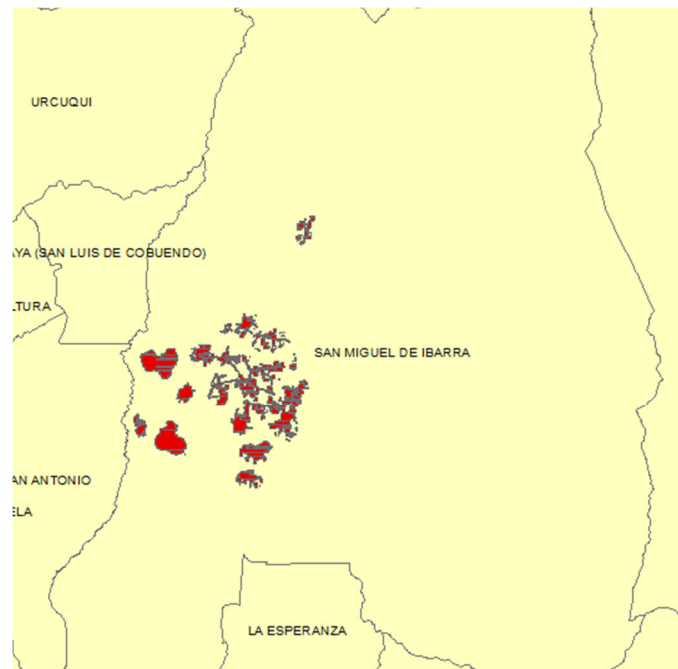


Figura 25 Cobertura 4G en la Provincia de Imbabura

Manabí

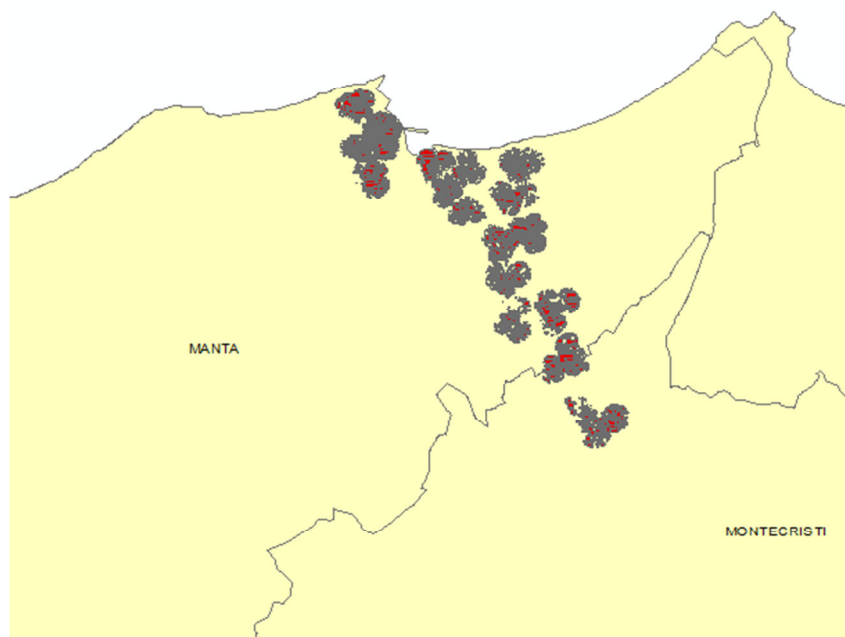


Figura 26 Cobertura 4G en la Provincia de Manabí

Orellana

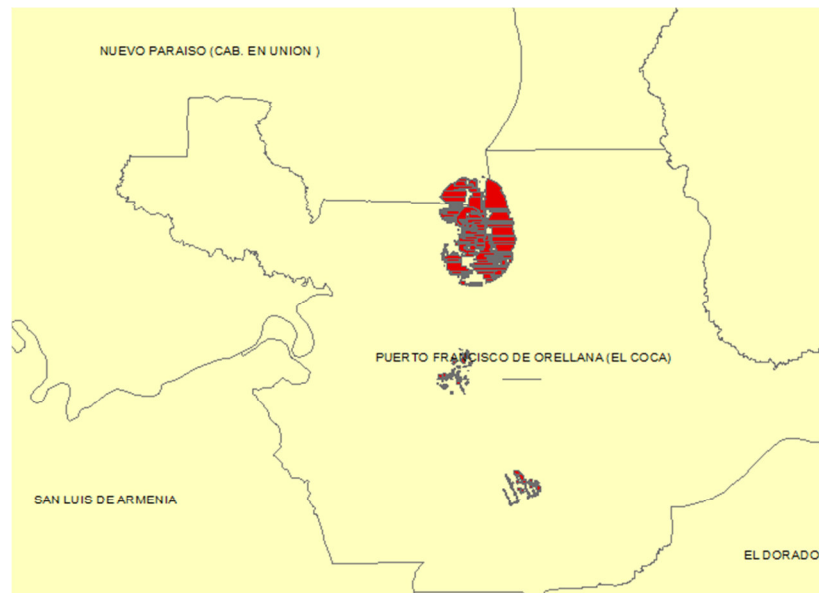


Figura 27 Cobertura 4G en la Provincia de Orellana

Pichincha

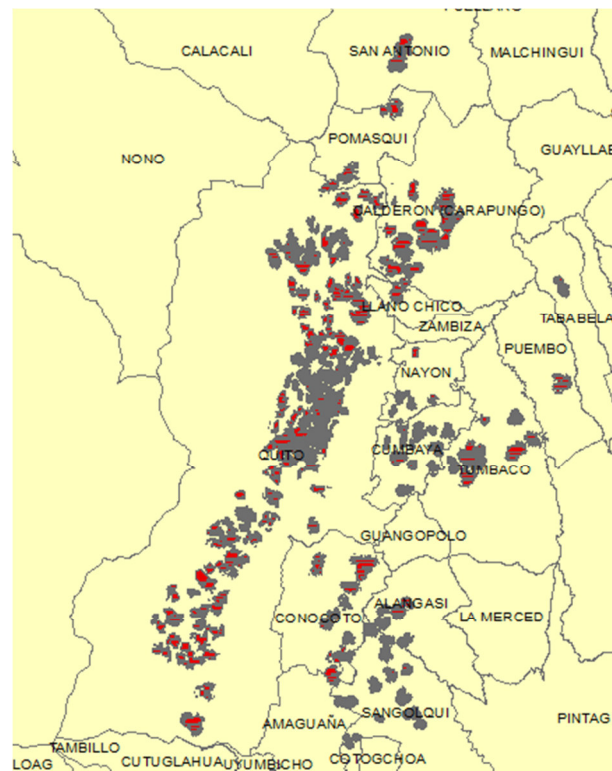


Figura 28 Cobertura 4G en la Provincia de Pichincha

Santa Elena

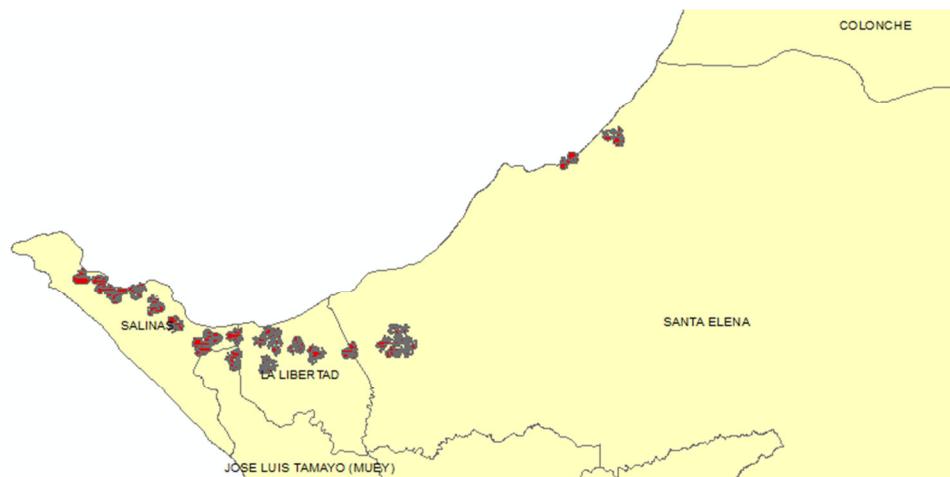


Figura 29 Cobertura 4G en la Provincia de Santa Elena

Santo Domingo

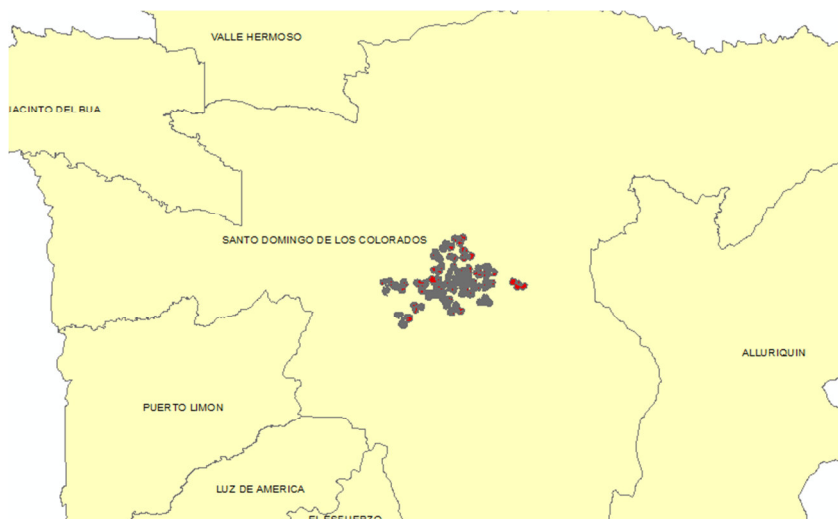


Figura 30 Cobertura 4G en la Provincia de Santo Domingo

3.2.3 OTECEL

La provincia que tiene el SMA 4G con la operadora OTECEL es la Provincia de Pichincha.

A continuación se muestra el mapa de cobertura 4G de la Provincia.

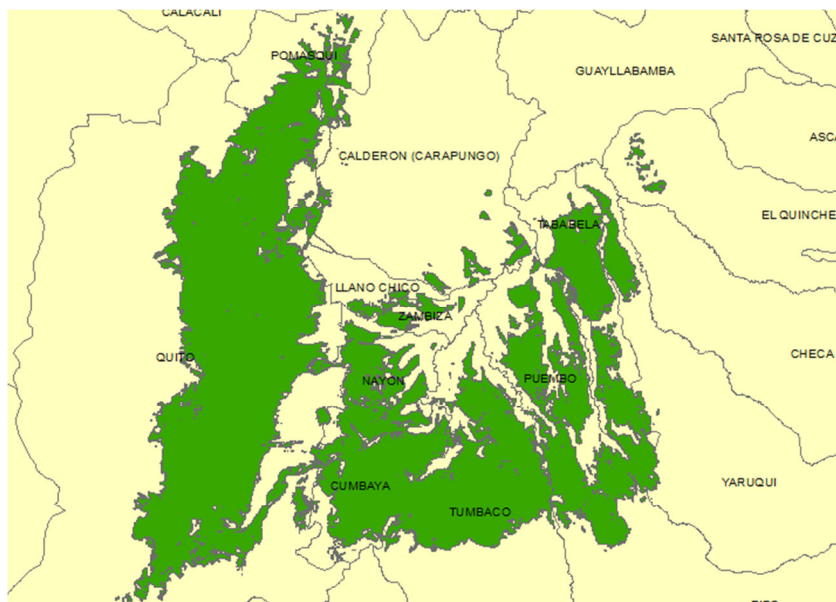


Figura 31 Cobertura 4G en la Provincia de Pichincha

3.3 Análisis de criterios socioeconómicos de sectores censales

El trabajo de realizar una buena priorización de sectores se debe a la selección adecuada de criterios. Estos criterios que se tomarán en cuenta estarán basados en un análisis de buenas prácticas sobre la cobertura en áreas rurales que realizaron en otros países, el cual se presentan a continuación.

Alemania

El objetivo que tiene este país es impulsar las tecnologías de la información y las comunicaciones. Para poder provisionar banda ancha a los sectores rurales el gobierno clasificó a los municipios de acuerdo a unas prioridades que están basadas principalmente en su tamaño. Al momento de la licitación de la banda de 800 MHz se les impuso una obligación a los adjudicatarios que es de realizar despliegues de red primero en los lugares de mayor prioridad, para poder continuar a la siguiente prioridad los

adjudicatarios debían completar una cobertura de al menos del 90% de la población. A continuación se muestra la Tabla 5 de prioridades. (Jorge Pérez Martínez, Zoraida Frías Barroso, Carlos González Valderrama, 2014)

Tabla 5
Prioridades de despliegue en la banda de 800 MHz

Etapas	Municipios
Prioridad 1	Pob < 5000 hab
Prioridad 2	5000 hab < pob < 20000 hab
Prioridad 3	20000 hab < pob < 50000 hab
Prioridad 4	50000 hab < Pob

Fuente: (Jorge Pérez Martínez, Zoraida Frías Barroso, Carlos González Valderrama, 2014)

España

España licitó espectro radioeléctrico en el 2011 en las bandas de 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz y 2.6 GHz, estas bandas tuvieron obligaciones de cobertura para las operadoras excepto la banda de 2.6 GHz.

En la banda de 800 MHz los adjudicatarios deberán cubrir conjuntamente con redes de acceso al 90 % de la población con menos de 5000 habitantes hasta antes de enero del 2020. De igual manera en la banda de 900 MHz, la operadora Orange se comprometió a cubrir zonas con menos de 5000 habitantes, las operadoras Movistar y Vodafone se comprometieron a cubrir zonas con menos de 1000 habitantes. En el caso de 1800 MHz la operadora Yoigo se comprometió a dar cobertura. (Jorge Pérez Martínez, Zoraida Frías Barroso, Carlos González Valderrama, 2014)

Argentina

La licitación en este país tuvo lugar en el 2014 en las bandas de 700 MHz y AWS para LTE, la obligación que tuvieron con esta licitación de espectro fue que en las principales rutas y ciudades con menos de 50000

habitantes deberán tener cobertura dentro de los 27 meses posteriores, además todas las ciudades de más de 500 habitantes deberán estar cubiertas dentro de los siguientes cinco años. (Kenechi Okeleke, Jan Stryjak)

Brasil

La licitación de la banda de 2.6 GHz fue realizada en el 2012, los adjudicatarios están obligados a cubrir municipios con más de 30000 habitantes hasta antes de junio del 2016 y las ciudades restantes hasta el año 2019. (Kenechi Okeleke, Jan Stryjak)

Perú

En el 2013 se subastó la banda de 1900 MHz en el cual los operadores debían implementar las redes 4G y cubrir 409 capitales de distritos en tres años y a 1918 ciudades en los siguientes cuatro años. También los adjudicatarios tenían la obligación de dar banda ancha a escuelas, centros de salud públicos y comisarias en el país sin cargo durante diez años, además también debían ofrecer una tarifa social a usuarios de bajos ingresos y conectividad satelital en áreas rezagadas. (Kenechi Okeleke, Jan Stryjak)

Costa Rica

Para alcanzar al objetivo de disminuir la brecha digital con respecto a la condición socioeconómica y lugar de residencia de los habitantes en las zonas rurales, se tomaron en cuenta algunos factores con el fin de que éstos sean beneficiados con los proyectos de inclusión digital de Costa Rica.

- Índice de Brecha Digital

Mide la diferencia que existe entre quienes tienen acceso a las Tecnologías de Información y Comunicación y quienes no tienen acceso, entre quienes teniendo acceso no saben cómo utilizarlas y entre quienes las utilizan pero reciben diferentes niveles de calidad.

- Ranking distrital de Acceso a Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

El objetivo es determinar los distritos que poseen los más altos porcentajes de personas que no tienen acceso a tecnologías como: telefonía fija, telefonía móvil, televisión por suscripción, pantalla – plasma, LCD o LED y computadora de escritorio.

- Mapas Sociales

Identifica cuales son los sectores que tienen mayor concentración de pobreza y pobreza extrema del país. Muestra variables como: total de hogares, personas, estructura de edades, acceso a servicios básicos, salud, educación y empleo, con estos datos se priorizara a los lugares donde la población lo necesite más.

- Índice de Desarrollo Social

Éste índice se conceptualiza en términos de que la población tenga posibilidades de acceder a un conjunto de derechos básicos que se agrupan en cuatro dimensiones que son: económica, participación social, salud y educativa. (Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones, 2015)

Criterios para el Ecuador

Después de un análisis de los aspectos principales antes mencionados, se llega a la conclusión que se debería tomar en cuenta los siguientes criterios socioeconómicos para este proyecto.

- Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)

La Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) es una medida de pobreza multidimensional.

En Ecuador el índice de pobreza multidimensional contiene cuatro dimensiones y doce indicadores que evalúan el cumplimiento mínimo de los derechos de las personas, el cual a una persona se lo identifica como persona pobre multidimensional cuando tiene privaciones en una tercera parte o más de los indicadores y se lo considera como pobre extremo multidimensional cuando tiene la mitad de privaciones en los indicadores. Las dimensiones y los indicadores se los especifica en la Tabla 6: (Ecuador en Cifras, 2015)

Tabla 6
Indicadores del IPM

Dimensión	Pesos	Indicador	Población aplicable
Educación (25%)	8.30%	1. Inasistencia a educación básica y bachillerato	5 a 17 años
	8.30%	2. No acceso a educación superior por razones económicas	18 a 29 años
	8.30%	3. Logro educativo incompleto	18 a 64 años
Trabajo y Seguridad Social (25%)	8.30%	4. Empleo infantil y adolescente	5 a 17 años
	8.30%	5. Desempleo o empleo inadecuado	18 años y más

Dimensión	Pesos	Indicador	Población aplicable
	8.30%	6. No contribución al sistema de pensiones	15 años y más
Salud, Agua y Alimentación (25%)	12.50%	7. Pobreza extrema por ingresos	Toda población
	12.50%	8. Sin servicio agua por red pública	Toda población
Hábitat, Vivienda y Ambiente sano (25%)	6.25%	9. Hacinamiento	Toda población
	6.25%	10. Déficit habitacional	Toda población
	6.25%	11. Sin saneamiento de excretas	Toda población
	6.25%	12. Sin servicio de recolección de basura	Toda población

Fuente: (Ecuador en Cifras, 2015)

Éste índice será fundamental para poder priorizar los sectores donde se encuentra la población menos pobre, de manera que sea más atractivo en el tema económico para el retorno de inversión.

- **Densidad Poblacional**

Es la relación entre la superficie de una jurisdicción y el total de habitantes dentro de esa jurisdicción.

Este dato ayudará a identificar los sectores donde se encuentra mayor concentración de habitantes por cada kilómetro cuadrado.

- **Cobertura de menos 40% de la Población**

Para poder priorizar los sectores se realizará un análisis en las parroquias para dar cobertura en las parroquias que tengan menos

del 40% de cobertura celular, el objetivo es dar el servicio celular a los sectores que tengan menos cobertura.

3.4 Determinación de localidades prioritarias para su cobertura

El primer paso para la priorización es seleccionar las provincias que tengan la mayor cantidad de población, poniéndolos en rangos de alta población, media población y baja población. Se elegirá las provincias con alta población ya que el objetivo es dar cobertura celular a la mayor cantidad de habitantes en un determinado sector además que tendrían mayor cantidad de usuarios.

Las provincias que entran en este proyecto son las siguientes:

Tabla 7
Provincias para Priorizar

PROVINCIA	POBLACIÓN TOTAL
GUAYAS	3645483
PICHINCHA	2576287
MANABÍ	1369780
LOS RIOS	778115
AZUAY	712127
EL ORO	600659
ESMERALDAS	534092
TUNGURAHUA	504583

(Ecuador en Cifras, 2010)

3.4.1 Metodología de priorización de parroquias

Para realizar la priorización de parroquias se divide en dos fases: la primera fase consiste en un cálculo de la población cubierta de SMA utilizando un sistema de información geográfica (GIS), el cual se requiere de la siguiente información:

- Cobertura del SMA facilitada por la ARCOTEL.
- Información de las localidades dispersas y sectores censales del INEC.
- Información a nivel de parroquias del INEC.

La segunda fase comienza a partir de obtener los datos obtenidos de la población cubierta por el SMA. Primero se clasifica las parroquias que tengan menos del 40% de población cubierta y con la densidad poblacional y el porcentaje de la población No Pobre de la parroquia se obtiene las parroquias de prioridad alta.

3.4.1.1 Cálculo de población cubierta por el SMA.

Para realizar el cálculo de la población cubierta por el SMA primero se adiciona el mapa a nivel parroquial de la provincia junto con la mancha de cobertura celular.

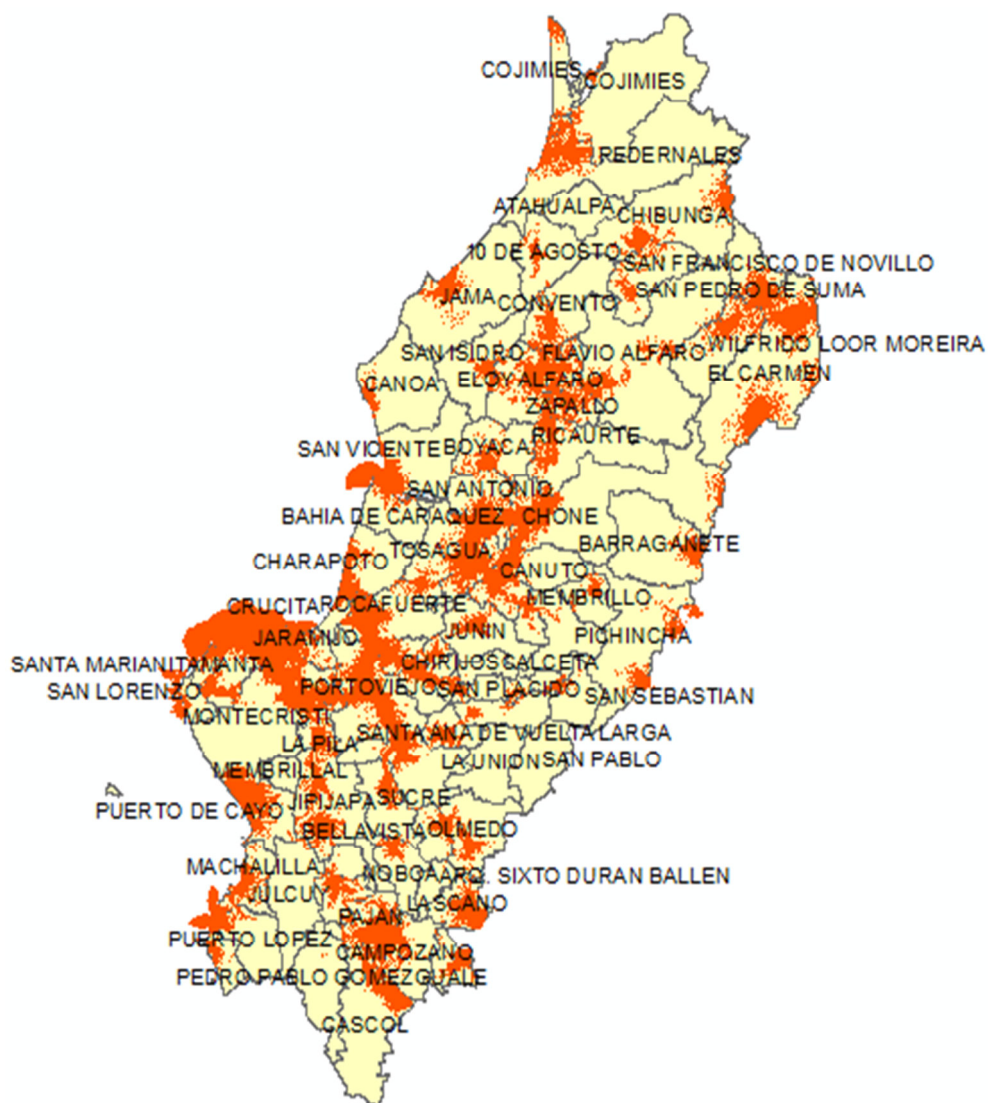


Figura 32 Parroquias de la provincia de Manabí con mancha de cobertura

Con la información adicionada se selecciona una parroquia para el análisis.

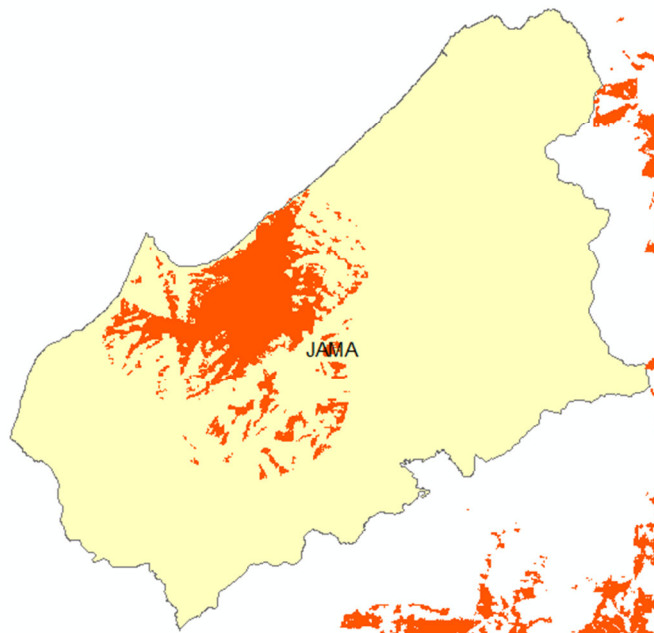


Figura 33 Parroquia Jama

En la parroquia se aumenta las localidades dispersas y sectores censales que se encuentren dentro de la parroquia.

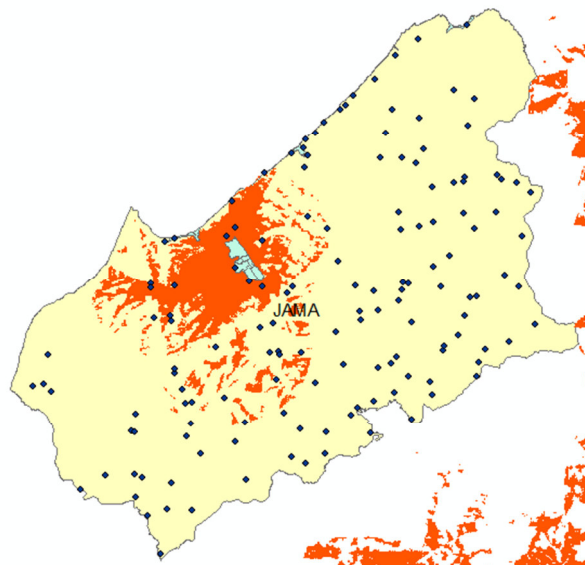


Figura 34 Localidades dispersas y Sectores Censales en la parroquia Jama

Con esta información incluida se realiza el geo procesamiento con la herramienta Clip, con el fin de obtener las localidades dispersas y sectores censales que se encuentren dentro de la mancha de cobertura.

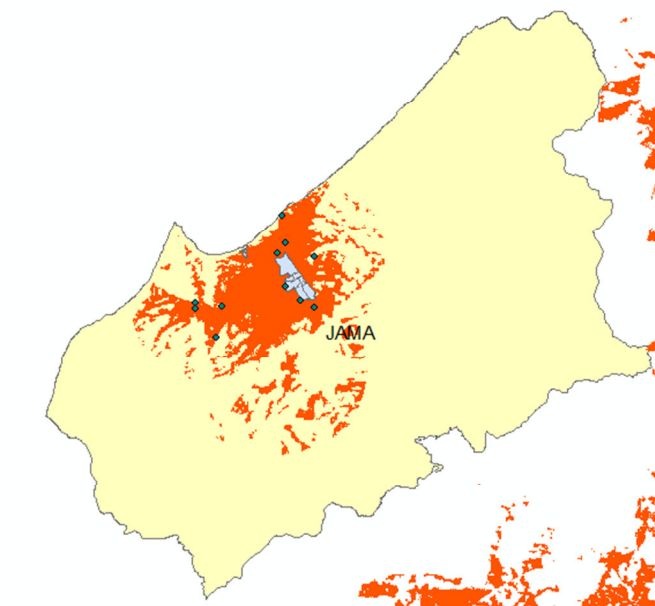


Figura 35 Localidades dispersas y Sectores Censales dentro de Mancha de Cobertura

Con la información anterior se adiciona las localidades dispersas y sectores censales de la parroquia Jama. Con estos datos incluidos se utiliza la herramienta Clip con la superficie cubierta por el SMA con el fin de obtener las localidades y sectores censales que se encuentren dentro de la mancha de cobertura.

Una vez obtenido estos datos se suman los puntos de las localidades y los sectores censales con la finalidad de obtener la población total que se encuentra cubierta por el SMA.

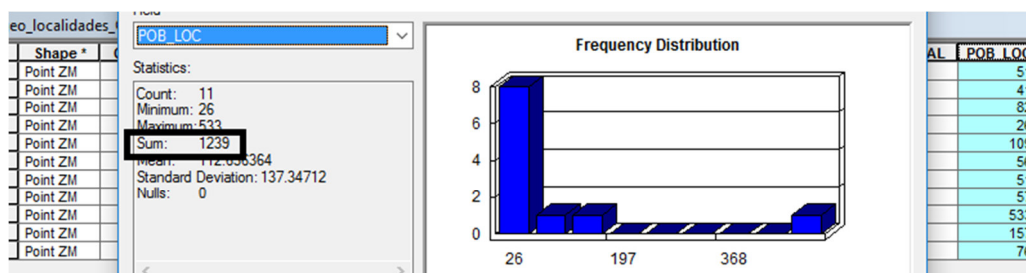


Figura 36. Sumatoria de Localidades Dispersas dentro de Mancha de Cobertura

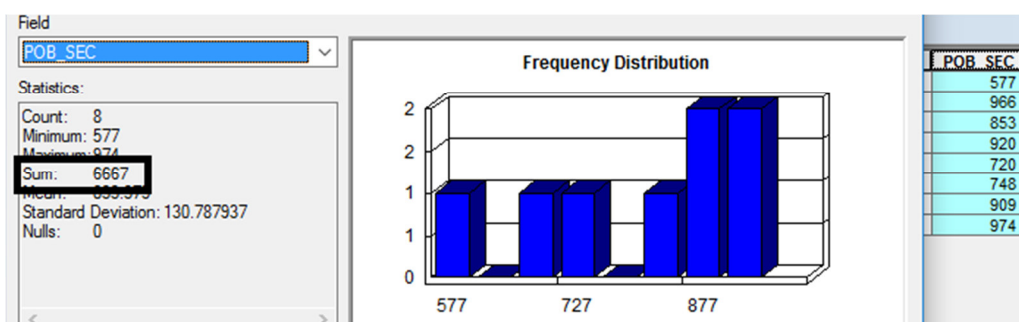


Figura 37. Sumatoria de Sectores Censales dentro de Mancha de Cobertura

A continuación se muestra en la Tabla 8 los datos obtenidos siguiendo la metodología mencionada de la Provincia de Manabí.

Tabla 8
Población cubierta por el SMA de la Provincia de Manabí

PARROQUIA	POBLACION	HABITANTES CON COBERTURA	% POBLACIÓN CUBIERTA
10 DE AGOSTO	5,212	774	14.85
ABDON CALDERON (SAN FRANCISCO)	14,164	9,596	67.75
ALHAJUELA	3,754	2,754	73.36
AMERICA	3,060	506	16.54

PARROQUIA	POBLACION	HABITANTES CON COBERTURA	% POBLACIÓN CUBIERTA
ANGEL PEDRO GILER	6,282	4,815	76.65
ARQ. SIXTO DURAN BALLEN	3,952	0	0.00
ATAHUALPA	2,568	0	0.00
AYACUCHO	7,423	5,005	67.43
BACHILLERO	3,885	3,140	80.82
BAHIA DE CARAQUEZ	26,112	19,348	74.10
BARRAGANETE	7,567	1,377	18.20
BELLAVISTA	4,920	1,330	27.03
BOYACA	4,501	1,521	33.79
CALCETA	33,415	23,395	70.01
CAMPOZANO (LA PALMA DE PAJAN)	8,507	4,206	49.44
CANOA	6,887	2,419	35.12
CANUTO	10,355	4,971	48.01
CASCOL	7,192	3,311	46.04
CHARAPOTO	20,060	17,120	85.34
CHIBUNGA	6,360	1,833	28.82
CHIRIJOS	2,362	0	0.00
CHONE	74,906	61,930	82.68
COJIMIES	13,708	4,236	30.90
CONVENTO	6,578	2,534	38.52

PARROQUIA	POBLACION	HABITANTES CON COBERTURA	% POBLACIÓN CUBIERTA
CRUCITA	14,050	14,039	99.92
EL ANEGADO (CAB. EN ELOY ALFARO)	6,864	3,784	55.13
EL CARMEN	77,743	60,024	77.21
ELOY ALFARO	7,832	3,153	40.26
FLAVIO ALFARO	18,536	8,243	44.47
GUALE	3,931	2,380	60.54
HONORATO VÁSQUEZ	5,886	1,423	24.18
JAMA	23,253	7906	34
JARAMIJO	18,486	18,474	99.94
JIPIJAPA	49,076	42,810	87.23
JULCUY	2,175	0	0.00
JUNIN	18,942	8,199	43.28
LA PILA	2,452	1,786	72.84
LA UNION (JIPIJAPA)	1,941	0	0.00
LA UNION (SANTA ANA)	6,466	0	0.00
LASCANO	5,177	2,838	54.82
MACHALILLA	4,989	4,598	92.16
MANTA	221,122	221,020	99.95
MEMBRILLAL	1,005	424	42.19
MEMBRILLO	3,553	1,120	31.52

PARROQUIA	POBLACION	HABITANTES CON COBERTURA	% POBLACIÓN CUBIERTA
MONTECRISTI	67,842	57,316	84.48
NOBOA	6,548	1,772	27.06
OLMEDO	9,844	4,025	40.89
PAJAN	12,266	10,019	81.68
PEDERNALES	33,640	23,884	71.00
PEDRO PABLO GOMEZ	3,564	53	1.49
PICHINCHA	17,416	4,630	26.58
PORTOVIEJO	223,086	219,910	98.58
PUEBLO NUEVO	3,169	2,053	64.78
PUERTO DE CAYO	3,398	3,199	94.14
PUERTO LOPEZ	10,928	10,314	94.38
QUIROGA	3,767	1,568	41.62
RICAURTE	7,920	3,114	39.32
RIOCHICO (RIO CHICO)	11,757	9,948	84.61
ROCAFUERTE	33,469	28,025	83.73
SALANGO	4,534	1,265	27.90
SAN ANTONIO	8,039	4,022	50.03
SAN FRANCISCO DE NOVILLO	2,779	635	22.85
SAN ISIDRO	10,987	4,327	39.38
SAN LORENZO	2,647	774	29.24

PARROQUIA	POBLACION	HABITANTES CON COBERTURA	% POBLACIÓN CUBIERTA
SAN PABLO (CAB EN PUEBLO NUEVO)	5,312	0	0.00
SAN PEDRO DE SUMA	6,692	2,787	41.65
SAN PLACIDO	7,687	3,287	42.76
SAN SEBASTIAN	5,261	1,506	28.63
SAN VICENTE	15,138	10,132	66.93
SANTA ANA DE VUELTA LARGA	22,298	12,364	55.45
SANTA MARIANITA	2,708	1,935	71.45
SUCRE	13,426	8,578	63.89
TOSAGUA	28,174	18,962	67.30
WILFRIDO LOOR MOREIRA (MAICITO)	4,586	2,028	44.22
ZAPALLO	3,689	2,377	64.43

3.4.1.2 Análisis de priorización de Parroquias con respecto a Densidad Poblacional y Porcentaje de Población No Pobre.

Para el análisis primero se clasifica las parroquias de la provincia que tengan menos del 40% de cobertura de la población, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9
Parroquias con menos del 40% de población cubierta por el SMA de la
Provincia de Manabí

PARROQUIA	POBLACIÓN	HABITANTES CON COBERTURA	% POBLACIÓN CUBIERTA
10 DE AGOSTO	5,212	774	14.85
AMERICA	3,060	506	16.54
ARQ. SIXTO DURAN BALLEN	3,952	0	0.00
ATAHUALPA	2,568	0	0.00
BARRAGANETE	7,567	1,377	18.20
BELLAVISTA	4,920	1,330	27.03
BOYACA	4,501	1,521	33.79
CANOA	6,887	2,419	35.12
CHIBUNGA	6,360	1,833	28.82
CHIRIJOS	2,362	0	0.00
COJIMIES	13,708	4,236	30.90
CONVENTO	6,578	2,534	38.52
HONORATO VÁSQUEZ	5,886	1,423	24.18
JAMA	23,253	7906	34
JULCUY	2,175	0	0.00
LA UNION	1,941	0	0.00
LA UNION	6,466	0	0.00
MEMBRILLO	3,553	1,120	31.52

PARROQUIA	POBLACIÓN	HABITANTES CON COBERTURA	% POBLACIÓN CUBIERTA
NOBOA	6,548	1,772	27.06
PEDRO PABLO GOMEZ	3,564	53	1.49
PICHINCHA	17,416	4,630	26.58
RICAURTE	7,920	3,114	39.32
SALANGO	4,534	1,265	27.90
SAN FRANCISCO DE NOVILLO	2,779	635	22.85
SAN ISIDRO	10,987	4,327	39.38
SAN LORENZO	2,647	774	29.24
SAN PABLO (CAB EN PUEBLO NUEVO)	5,312	0	0.00
SAN SEBASTIAN	5,261	1,506	28.63

Después de obtener la información de parroquias con menos del 40% de cobertura de la población se determinará las parroquias que tengan mayor densidad poblacional y los habitantes que sean menos pobres en las parroquias, con el fin de clasificar a las parroquias en prioridad alta dando una ponderación de 3, prioridad media con una ponderación de 2 y prioridad baja con ponderación de 1. Al tener el rango de la densidad poblacional como se observa en la Tabla 10 y el rango de porcentaje de población no pobres como se observa en la Tabla 11 se realiza un promedio entre los dos valores, los valores más altos de este promedio será la parroquia de priorización de nivel alto como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 10
Rango de Densidad Poblacional de las Parroquias de la Provincia de Manabí

PARROQUIA	DENSIDAD POBLACIONAL	RANGO DE DENSIDAD POBLACIONAL
ATAHUALPA	15.18	1.00
BARRAGANETE	17.72	1.00
BOYACA	19.11	1.00
CANOA	17.82	1.00
CHIBUNGA	11.14	1.00
COJIMIES	18.59	1.00
JULCUY	7.15	1.00
SAN FRANCISCO DE NOVILLO	10.64	1.00
10 DE AGOSTO	22.36	2.00
CHIRIJOS	30.88	2.00
CONVENTO	21.64	2.00
LA UNION	41.63	2.00
PEDRO PABLO GOMEZ	12.55	1.00
SAN PABLO (CAB EN PUEBLO NUEVO)	24.99	2.00
AMERICA	39.22	3.00
ARQ. SIXTO DURAN BALLEEN	49.53	3.00
LA UNION	27.80	3.00
MEMBRILLO	29.34	2.00

PARROQUIA	DENSIDAD POBLACIONAL	RANGO DE DENSIDAD POBLACIONAL
NOBOA	44.78	3.00
RICAUARTE	21.90	2.00
SAN LORENZO	49.32	3.00
BELLAVISTA	47.71	3.00
HONORATO VÁSQUEZ	37.68	3.00
PICHINCHA	34.44	2.00
SAN SEBASTIAN	36.92	3.00
JAMA	40.13	3.00
SALANGO	51.48	3.00
SAN ISIDRO	37.11	3.00

Tabla 11
Rango de Porcentaje de Población No Pobre de las Parroquias de la Provincia de Manabí

PARROQUIA	% DE POBLACIÓN NO POBRE	RANGO % DE POBLACIÓN NO POBRE
ATAHUALPA	1.71	1.00
BARRAGANETE	1.22	1.00
BOYACA	2.27	1.00
CANOA	1.57	1.00
CHIBUNGA	0.00	1.00

PARROQUIA	% DE POBLACIÓN NO POBRE	RANGO % DE POBLACIÓN NO POBRE
COJIMIES	1.39	1.00
JULCUY	0.74	1.00
SAN FRANCISCO DE NOVILLO	2.02	1.00
10 DE AGOSTO	0.86	1.00
CHIRIJOS	0.00	1.00
CONVENTO	0.23	1.00
LA UNION	0.67	1.00
PEDRO PABLO GOMEZ	3.42	2.00
SAN PABLO (CAB EN PUEBLO NUEVO)	0.41	1.00
AMERICA	2.25	1.00
ARQ. SIXTO DURAN BALLEEN	0.78	1.00
LA UNION	0.00	1.00
MEMBRILLO	3.58	2.00
NOBOA	2.03	1.00
RICAUARTE	4.43	2.00
SAN LORENZO	0.46	1.00
BELLAVISTA	3.28	2.00
HONORATO VÁSQUEZ	6.18	2.00
PICHINCHA	9.99	3.00
SAN SEBASTIAN	5.02	2.00

PARROQUIA	% DE POBLACIÓN NO POBRE	RANGO % DE POBLACIÓN NO POBRE
JAMA	9.63	3.00
SALANGO	8.74	3.00
SAN ISIDRO	13.52	3.00

Tabla 12
Parroquias Priorizadas de la Provincia de Manabí

PARROQUIA	PRIORIZAR
JAMA	3.00
SALANGO	3.00
SAN ISIDRO	3.00
BELLAVISTA	2.50
HONORATO VÁSQUEZ	2.50
PICHINCHA	2.50
SAN SEBASTIAN	2.50
AMERICA	2.00
ARQ. SIXTO DURAN BALLEEN	2.00
LA UNION	2.00
MEMBRILLO	2.00
NOBOA	2.00
RICAUARTE	2.00

PARROQUIA	PRIORIZAR
SAN LORENZO	2.00
10 DE AGOSTO	1.50
CHIRIJOS	1.50
CONVENTO	1.50
LA UNION	1.50
PEDRO PABLO GOMEZ	1.50
SAN PABLO (CAB EN PUEBLO NUEVO)	1.50
ATAHUALPA	1.00
BARRAGANETE	1.00
BOYACA	1.00
CANOA	1.00
CHIBUNGA	1.00
COJIMIES	1.00
JULCUY	1.00
SAN FRANCISCO DE NOVILLO	1.00

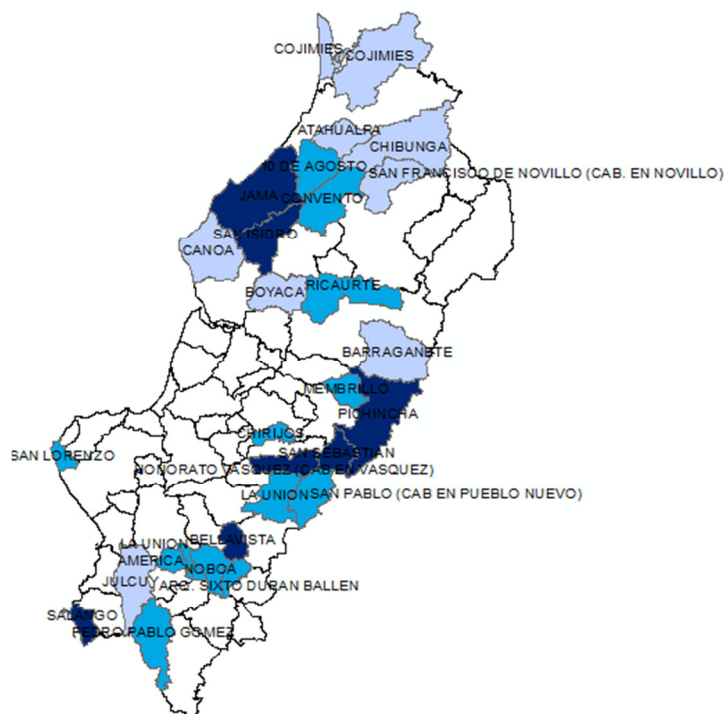


Figura 38. Mapa de parroquias para priorizar

Como se puede observar en la Figura 38 y en la Tabla 12, en la provincia de Manabí las parroquias Bellavista, Honorato Vásquez, Pichincha, San Sebastián, Jama, Salango y San Isidro tienen alta prioridad para aumentar la cobertura del SMA, éstas parroquia tiene alta densidad poblacional y mayor porcentaje de población no pobre con respecto a las otras parroquias de la provincia, por lo tanto las parroquias mencionadas entran en el caso de estudio de este proyecto.

3.4.1.3 Parroquias de Prioridad Alta

Después de realizar la metodología antes mencionada en las provincias de la Tabla 7, se llega a obtener que las parroquias con prioridad alta que se tomarán en cuenta para este proyecto son las siguientes:

Tabla 13
Parroquias de Prioridad Alta

PROVINCIA	PARROQUIA	HABITANTE CON COBERTURA	PORCENTAJE POBLACIÓN CUBIERTA
AZUAY	BULAN	596	27.43
AZUAY	DUG-DUG	686	36.05
AZUAY	LA UNION	477	25.16
AZUAY	PALMAS	235	10.58
AZUAY	SAN GERARDO	31	2.77
EL ORO	ARCAPAMBA	0	0
EL ORO	MALVAS	270	22.78
EL ORO	MILAGRO	114	24.15
EL ORO	SAN JOSE	11	3.01
ESMERALDAS	LA UNION	0	0
ESMERALDAS	SAN JAVIER DE CACHAVI	0	0
ESMERALDAS	TIMBIRE	0	0
GUAYAS	TAURA	3312	30.71
MANABI	BELLAVISTA	1330	27.03
MANABI	HONORATO VÁSQUEZ	1423	24.18
MANABI	JAMA	7906	34
MANABI	PICHINCHA	4630	26.58
MANABI	SALANGO	1265	27.9
MANABI	SAN ISIDRO	4327	39.38

PROVINCIA	PARROQUIA	HABITANTE CON COBERTURA	PORCENTAJE POBLACIÓN CUBIERTA
MANABI	SAN SEBASTIAN	1506	28.63
PICHINCHA	TOCACHI	224	11.28
TUNGURAHUA	COTALO	158	8.53

La Provincia Los Ríos no está incluido en la Tabla 13, por el motivo que después de realizar el análisis de la cobertura de la población con menos del 40% no hubo ninguna parroquia que tenga la población del menos 40% de población cubierta por el SMA, es decir, a nivel general la Provincia Los Ríos se encuentra con una cobertura celular muy buena y por lo tanto sale de esta priorización.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE COBERTURA DEL SMA Y CONECTIVIDAD DE LAS RADIO BASES

4.1 Determinación de la ubicación geográfica de las radio bases en un sistema de georeferenciación.

Para realizar la priorización de las Parroquias se tomó en cuenta el porcentaje de población con cobertura móvil que es de 40%, por lo tanto el objetivo de la propuesta de cobertura se basa en que las parroquias que tengan más del 40% de población cubierta para que salgan de la priorización.

Después de un análisis de las bandas de frecuencia más óptima para áreas rurales, se determinó que la banda de frecuencia de 700 MHz es la más eficaz para este tipo de sectores por sus características de propagación y además es más rentable económicamente para el despliegue de una nueva red, por el momento la operadora CNT es la que tiene adjudicado esta banda de frecuencia, así que la propuesta de cobertura se basa en información de la operadora CNT.

Para realizar la propuesta se utilizó el programa Global Mapper, el cual es una aplicación complementaria GIS, que permite realizar simulaciones de cobertura celular y para esto es necesario los datos de elevaciones SRTM, el cual estos datos ya se los utiliza en Radio Mobile.

La propuesta de cobertura se realiza colocando la estación base en una determinada coordenada, como se muestra en la Figura 39.

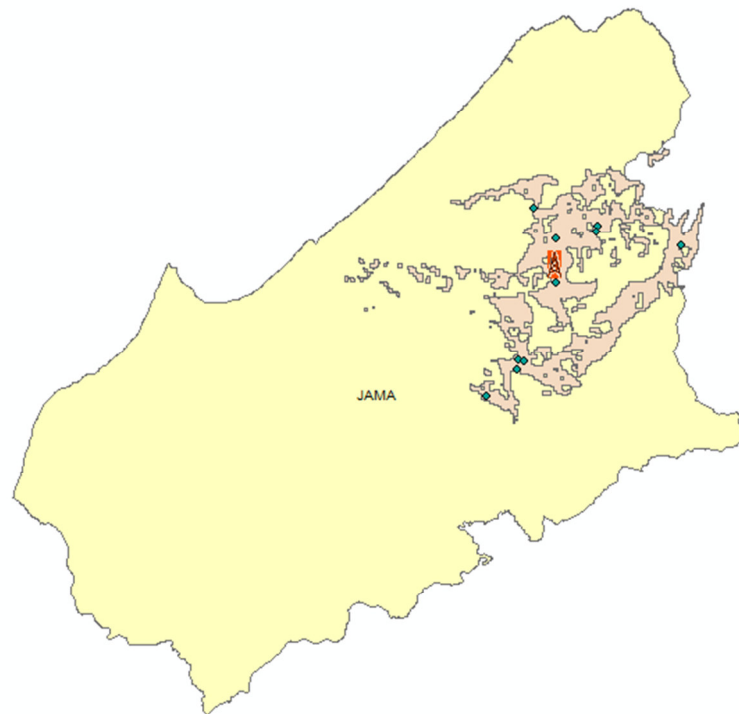


Figura 39 Propuesta de cobertura en un sitio de prueba

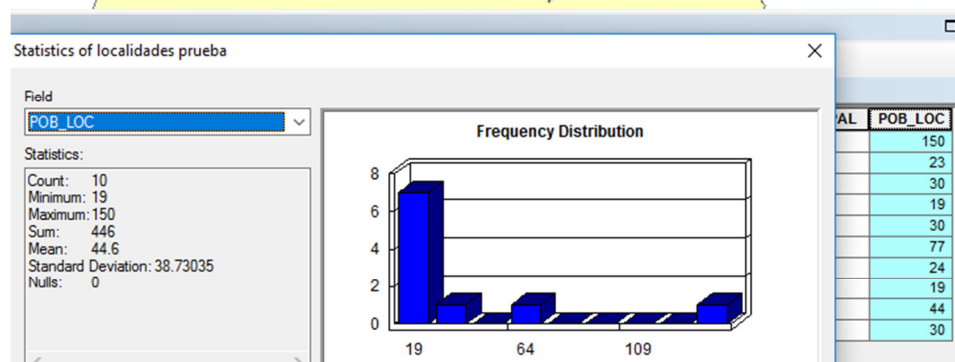
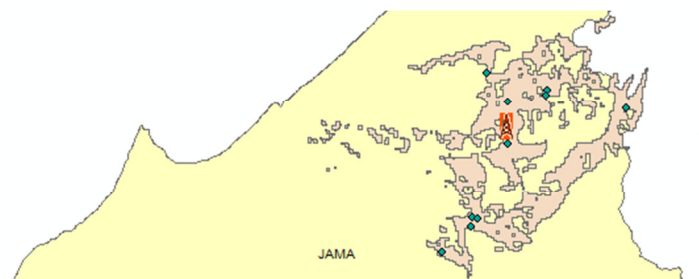


Figura 40 Localidades beneficiadas con la cobertura de prueba

Con esta propuesta de cobertura no cumple el objetivo de pasar el 40% de población que debe tener cobertura de SMA, ya que tiene 446 habitantes que se encuentran dentro de la cobertura como se observa en la Figura 40, por lo tanto no es viable utilizar estas coordenadas de la estación base.

A continuación en la Figura 41 se puede observar la nueva propuesta que se realiza colocando la estación base en otro sitio.

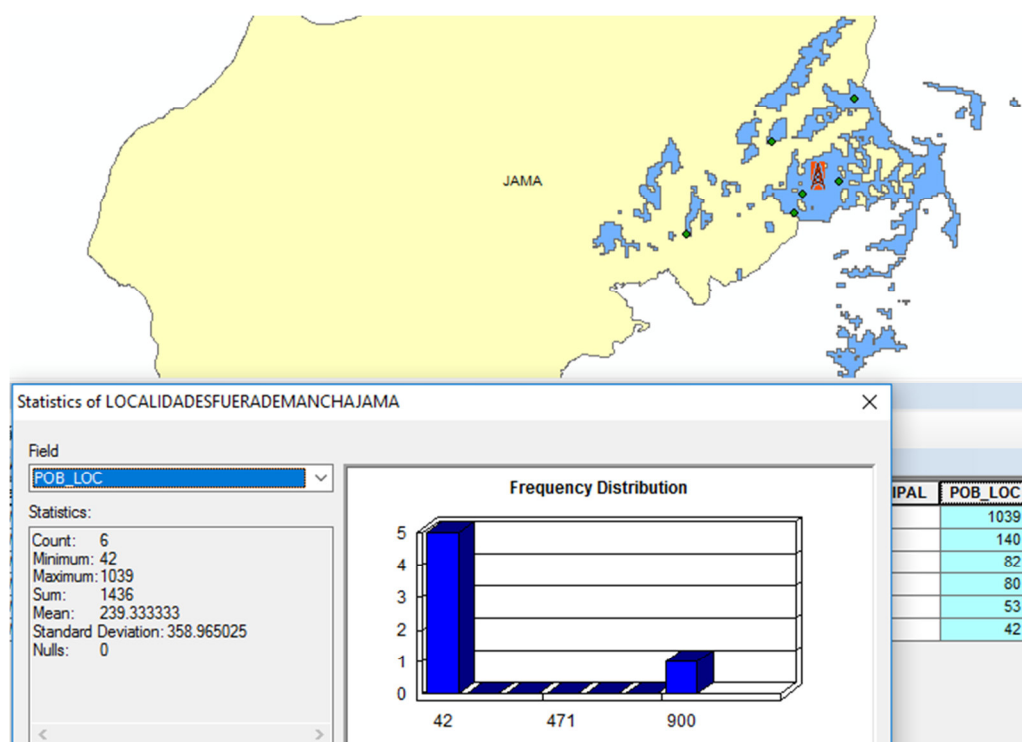


Figura 41 Localidades beneficiadas con la cobertura propuesta

Con esta nueva propuesta se puede observar que tiene 1436 habitantes beneficiados, el cual ya se puede tener más del 40% de población cubierta por el SMA de la Parroquia Jama.

A continuación en la Figura 42 se muestra el mapa de la parroquia Jama de la Provincia de Manabí en un sistema de georeferenciación con la cobertura actual, la propuesta de cobertura, la ubicación de la RBS y las

localidades que son beneficiadas con la nueva propuesta de cobertura. Para obtener las localidades beneficiadas se realiza el mismo procedimiento antes descrito, el cual se necesita la mancha de la nueva propuesta y las localidades de la parroquia.

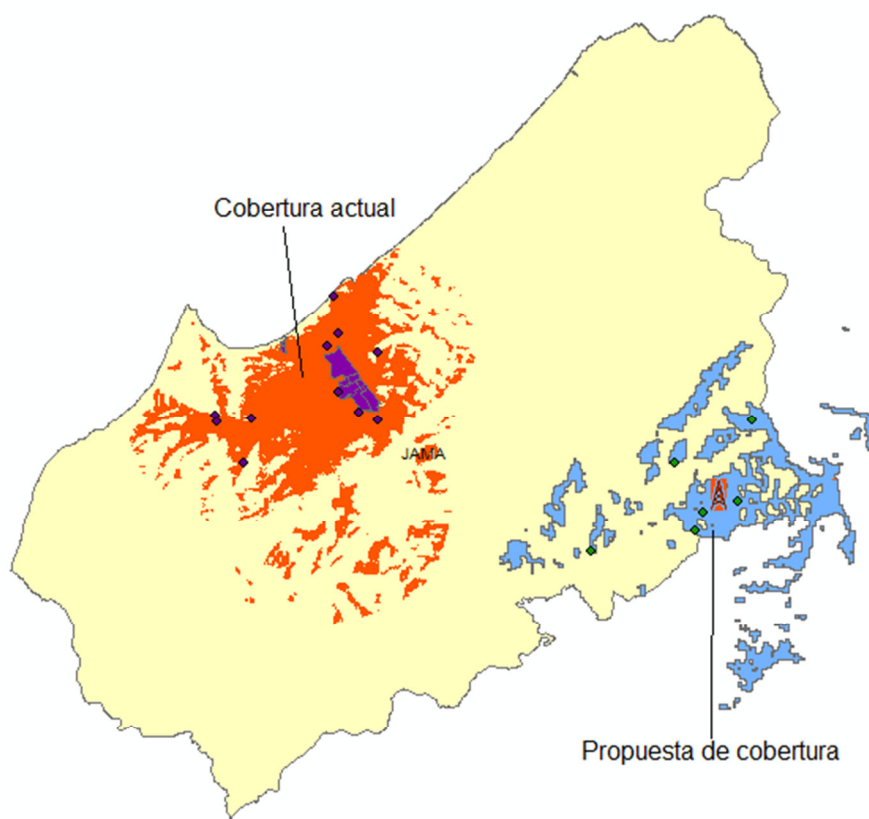


Figura 42 Propuesta de Cobertura de la Parroquia Jama

En la Tabla 14 se muestra un resumen acerca de la población beneficiada de las parroquias priorizadas con su respectivo porcentaje con el fin de cerciorarse que tiene más del 40% de la población cubierta con la nueva propuesta de cobertura.

Tabla 14
Parroquias de Prioridad Alta con Porcentaje Total Beneficiado

PARROQUIA	HABITANTES CON COBERTURA PROPUESTA	POBLACIÓN TOTAL BENEFICIADA	PORCENTAJE TOTAL BENEFICIADO
BULAN	1194	1790	82.37
DUG-DUG	788	1474	77.46
LA UNIÓN	1045	1522	80.27
PALMAS	921	1156	52.05
SAN GERARDO	665	696	62.20
ARCAPAMBA	995	995	100.00
MALVAS	899	1169	98.65
MILAGRO	358	472	100.00
SAN JOSE	324	335	91.78
LA UNIÓN	1045	1045	41.14
SAN JAVIER DE CACHAVI	664	664	100.00
TIMBIRE	940	940	90.65
TAURA	1979	5291	49.05
BELLAVISTA	1564	2,894	58.82
HONORATO VÁSQUEZ	1589	3012	51.17
JAMA	1436	9342	40.18
PICHINCHA	2463	7093	40.73
SALANGO	1698	2963	65.35
SAN ISIDRO	1043	5370	48.88

PARROQUIA	HABITANTES CON COBERTURA PROPUESTA	POBLACIÓN TOTAL BENEFICIADA	PORCENTAJE TOTAL BENEFICIADO
SAN SEBASTIAN	1029	2535	48.18
TOCACHI	1406	1630	82.12
COTALO	1418	1576	85.10

En la Tabla 15 se indica las coordenadas de las RBS propuestas en cada parroquia.

Tabla 15
Coordenadas de las Radio Bases Propuestas

PROVINCIA	PARROQUIA	COORDENADAS RBS PROPUESTO	
		LATITUD	LONGITUD
AZUAY	BULÁN	2°43'13.89"S	78°47'6.04"O
AZUAY	DUG-DUG	2°43'48.21"S	78°43'37.95"O
AZUAY	LA UNION	2°55'36.20"S	78°45'42.25"O
AZUAY	PALMAS	2°39'24.92"S	78°36'28.99"O
AZUAY	SAN GERARDO	3°08'29.21"S	79°12'06.53"O
EL ORO	ARCAPAMBA	3°39'20.13"S	79°37'40.36"O
EL ORO	MALVAS	3°39'20.13"S	79°37'40.36"O
EL ORO	MILAGRO	3°39'20.13"S	79°37'40.36"O
EL ORO	SAN JOSE	3°39'20.13"S	79°37'40.36"O
ESMERALDAS	LA UNIÓN	0°48'28.37"N	79°52'3.11"O
	REPETIDOR LA UNIÓN	0°48'41.6"N	79°51'29.2"O

PROVINCIA	PARROQUIA	COORDENADAS RBS PROPUESTO	
		LATITUD	LONGITUD
ESMERALDAS	SAN JAVIER DE CACHAVI	1°4'0.46"N	78°46'35.19"O
ESMERALDAS	TIMBIRE	0°57'29.85"N	78°51'51.59"O
GUAYAS	TAURA	2°22'33.18"S	79°37'14.11"O
MANABI	BELLAVISTA	1°21'45.77"S	80°18'53.19"O
MANABI	HONORATO VÁSQUEZ	1°5'52.39"S	80°12'4.05"O
MANABI	JAMA	0°14'40.06"S	80°7'33.70"O
MANABI	PICHINCHA	1° 0'43.44"S	79°52'13.00"O
		0°51'31.17"S	79°52'28.80"O
MANABI	SALANGO	1°35'0.36"S	80°49'45.01"O
MANABI	SAN ISIDRO	0°21'59.74"S	80°15'6.13"O
MANABI	SAN SEBASTIAN	1° 5'24.38"S	80° 0'46.62"O
PICHINCHA	TOCACHI	0°2'49.30"N	78°17'17.95"O
TUNGURAHUA	COTALO	1°26'29.34"S	78°30'46.32"O

4.2 Conectividad de las Radio Bases en el Programa Radio Mobile.

Se realizará enlaces punto a punto desde una radio base CNT cercana y con línea de vista al sitio propuesto, esta información es dada por la ARCOTEL con el fin de corroborar que existe conectividad y así dar dicha cobertura de SMA a las parroquias priorizadas.

Para elaborar el radioenlace microonda punto a punto se realiza en bandas superiores a 1 GHz, comúnmente se usan bandas de (7 – 8) GHz y

también la banda de (14 – 15) GHz, con estas bandas se trabajan para que sean enlaces microonda. Para este proyecto se utilizará la banda de 7 GHz, el cual tiene estándares aceptados de excelente calidad y gran fiabilidad. La canalización con un ancho de banda de 28 MHz se encuentra en la tabla 16.

Tabla 16
Canalización de la banda de 7GHz

Banda (7110 - 7750) MHz		
AB = 28 MHz		
n	Tx (Rx)	Rx (Tx)
1	7121	7317
2	7149	7345
3	7177	7373
4	7205	7401
5	7233	7429

Fuente: (ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones))

De acuerdo a la Tabla 16 se utilizará la segunda que compone las frecuencias de (7149 – 7345) MHz y tienen una separación de 196 MHz.

Se utilizará el equipo Nokia Flexi Hopper, el cual opera en la banda de frecuencia de 7 GHz, con una potencia de transmisión de 23 dBm y una sensibilidad de recepción de -86 dBm.

Además se empleará una antena de marca Andrew hp 10-71 con un ancho de banda de 28 MHz y opera en la banda de 7 GHz, el cual tiene una ganancia de 44.1 dBi.

Se realizará los cálculos del radio enlace de microonda punto a punto de pérdidas en el espacio libre, margen de desvanecimiento y potencia de recepción en una parroquia de alta prioridad en la Provincia de Manabí en la parroquia San Sebastián.

- Pérdidas en el espacio libre:

$$L_{bf} = 32.4 + 20 * \log f(MHz) + 20 * \log d (Km)$$

$$L_{bf} = 32.4 + 20 * \log(7247) + 20 * \log 3.71$$

$$L_{bf} = 121 dB$$

- Potencia de recepción:

$$P_R = P_T + G_T - Perd_{.ccT} - L_{bf} + G_R - Perd_{.ccR}$$

$$P_R = 23 + 44,1 - 3 - 121.2 + 44.1 - 3$$

$$P_R = -15.8 dBm$$

- Margen de Desvanecimiento:

$$F_M = P_R - S$$

$$F_M = -15,8 - (-86)$$

$$F_M = 70.2 dB$$

A continuación en la Figura 40 se muestra la conectividad del radioenlace punto a punto en Radio Mobile de la parroquia San Sebastián de la Provincia de Manabí y en la Figura 41 está el perfil del enlace de dicha parroquia.

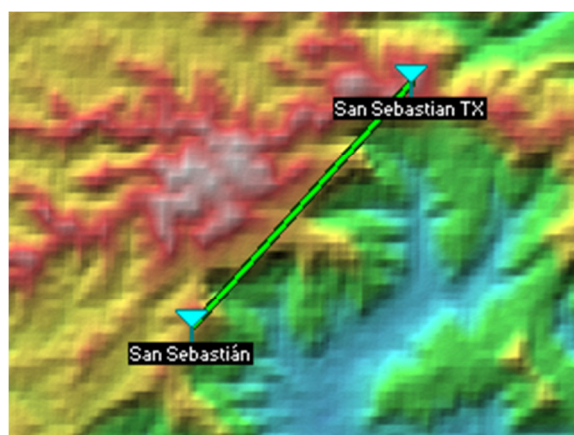


Figura 43 Radioenlace Punto - Punto de la Parroquia San Sebastián

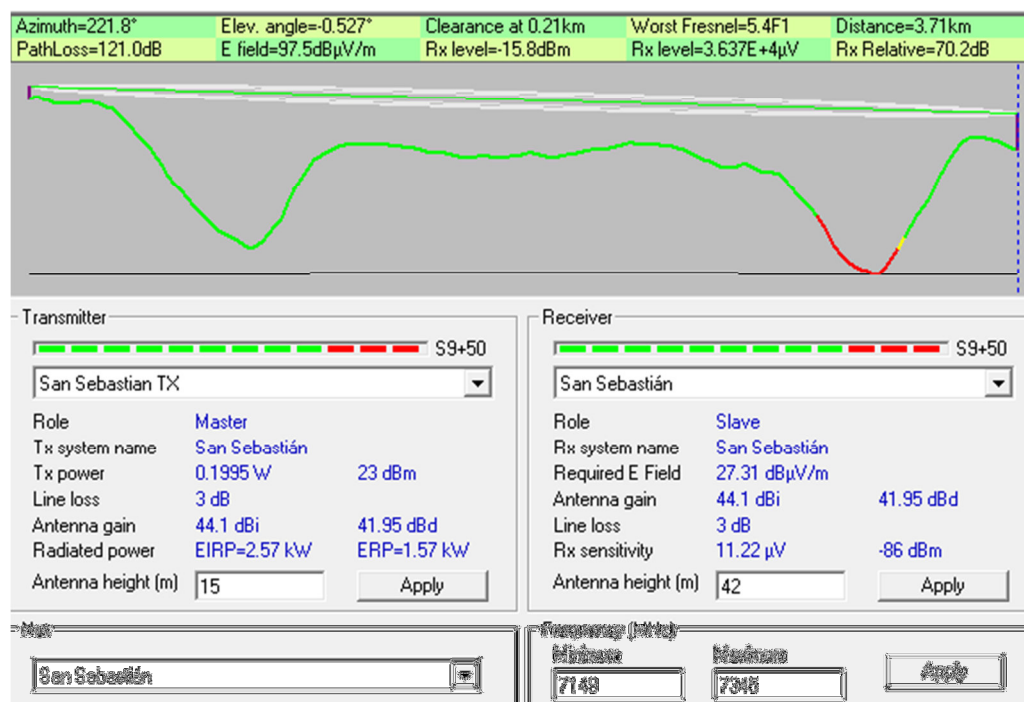


Figura 44 Perfil del Enlace Punto - Punto de la Parroquia San Sebastián

Como se observa en la Figura 41, los valores de espacio libre, potencia de recepción y margen de desvanecimiento coinciden con los valores calculados anteriormente, además que tiene una buena conectividad del radioenlace que por consiguiente se puede aumentar la cobertura de SMA en dicha parroquia.

A continuación en la Tabla 17 se puede observar los valores calculados y los valores simulados de Pérdidas en el espacio libre de los enlaces de las parroquias a priorizar.

Tabla 17
Valores calculados y Simulados de Pérdidas en el espacio libre

Provincia	Parroquia		Pérdidas en el espacio libre (dB)	
			Datos Calculados	Datos Simulados
Azuay	Bulán		129.86	129.8
Azuay	Dug Dug		123.46	123.5
Azuay	La Unión		113.95	113.9
Azuay	Palmas		124.74	124.7
Azuay	San Gerardo		124.60	124.6
El Oro	Arcapamba		127.02	127
El Oro	Malvas		127.02	127
El Oro	Milagro		127.02	127
El Oro	San José		127.02	127
Esmeraldas	La Unión	La Unión (Súa - Repetidor)	125.21	125.2
Esmeraldas		La Unión (Repetidor - La Unión)	110.59	110.6
Esmeraldas	San Javier		129.40	129.4
Esmeraldas	Timbire		137.60	137.5
Guayas	Taura		132.40	132.4
Manabí	Bellavista		123.79	123.8

Provincia	Parroquia		Pérdidas en el espacio libre (dB)	
			Datos Calculados	Datos Simulados
Manabí	Honorato Vásquez		115.58	115.6
Manabí	Jama		129.17	129.2
Manabí	Pichincha	Pichincha 1	131.39	131.4
Manabí		Pichincha 2	136.12	136.1
Manabí	Salango		126.83	126.8
Manabí	San Isidro		131.15	131.1
Manabí	San Sebastián		120.99	121
Pichincha	Tocachi		131.03	131
Tungurahua	Cotalo		130.38	130.4

A continuación en la Tabla 18 se puede observar los valores calculados y los valores simulados de la Potencia de Recepción de los enlaces de las parroquias a priorizar.

Tabla 18
Valores calculados y Simulados de la Potencia de Recepción

Provincia	Parroquia		Potencia de Recepción (dBm)	
			Datos Calculados	Datos Simulados
Azuay	Bulán		-24.66	-24.6
Azuay	Dug Dug		-18.26	-18.3
Azuay	La Unión		-8.75	-8.7
Azuay	Palmas		-19.54	-19.5

Provincia	Parroquia		Potencia de Recepción (dBm)	
			Datos Calculados	Datos Simulados
Azuay	San Gerardo		-19.40	-19.4
El Oro	Arcapamba		-21.82	-21.8
El Oro	Malvas		-21.82	-21.8
El Oro	Milagro		-21.82	-21.8
El Oro	San José		-21.82	-21.8
Esmeraldas	La Unión	La Unión (Súa - Repetidor)	-20.01	-20
Esmeraldas		La Unión (Repetidor - La Unión)	-5.39	-5.4
Esmeraldas	San Javier		-24.20	-24.2
Esmeraldas	Timbire		-32.40	-32.3
Guayas	Taura		-27.20	-27.2
Manabí	Bellavista		-18.59	-18.6
Manabí	Honorato Vásquez		-10.38	-10.4
Manabí	Jama		-23.97	-24
Manabí	Pichincha	Pichincha 1	-26.19	-26.2
Manabí		Pichincha 2	-30.92	-30.9
Manabí	Salango		-21.63	-21.6
Manabí	San Isidro		-25.95	-25.9
Manabí	San Sebastián		-15.79	-15.8
Pichincha	Tocachi		-25.83	-25.8

Provincia	Parroquia	Potencia de Recepción (dBm)	
		Datos Calculados	Datos Simulados
Tungurahua	Cotalo	-25.18	-25.2

A continuación en la Tabla 19 se puede observar los valores calculados y los valores simulados del Margen de Desvanecimiento de los enlaces de las parroquias a priorizar.

Tabla 19
Valores calculados y Simulados del Margen de Desvanecimiento

Provincia	Parroquia	Margen de Desvanecimiento (dB)		
		Datos Calculados	Datos Simulados	
Azuay	Bulán	61.34	61.4	
Azuay	Dug Dug	67.74	67.7	
Azuay	La Unión	77.25	77.3	
Azuay	Palmas	66.46	66.5	
Azuay	San Gerardo	66.60	66.6	
El Oro	Arcapamba	64.18	64.2	
El Oro	Malvas	64.18	64.2	
El Oro	Milagro	64.18	64.2	
El Oro	San José	64.18	64.2	
Esmeraldas	La Unión	La Unión (Súa - Repetidor)	65.99	66
Esmeraldas		La Unión (Repetidor - La Unión)	80.61	80.6

Provincia	Parroquia		Margen de Desvanecimiento (dB)	
			Datos Calculados	Datos Simulados
Esmeraldas	San Javier		61.80	61.8
Esmeraldas	Timbire		53.60	53.7
Guayas	Taura		58.80	58.8
Manabí	Bellavista		67.41	67.4
Manabí	Honorato Vásquez		75.62	75.6
Manabí	Jama		62.03	62
Manabí	Pichincha	Pichincha 1	59.81	59.8
Manabí		Pichincha 2	55.08	55.1
Manabí	Salango		64.37	64.4
Manabí	San Isidro		60.05	60.1
Manabí	San Sebastián		70.21	70.2
Pichincha	Tocachi		60.17	60.2
Tungurahua	Cotalo		60.82	60.8

Como se puede observar en la Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19 los valores calculados difieren en lo más mínimo de los valores simulados en el programa Radio Mobile.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE COSTOS DE LA AMPLIACIÓN DE LA RED CELULAR 4G

5.1 Costo de Radio Bases para Tecnología 4G.

El cálculo estimado de costos para las estaciones base se basará en la parte de la arquitectura de LTE de E-UTRAN, esta parte es la de acceso de radio de LTE que compone una única entidad denominada eNodeB como se puede observar en la Figura 42.

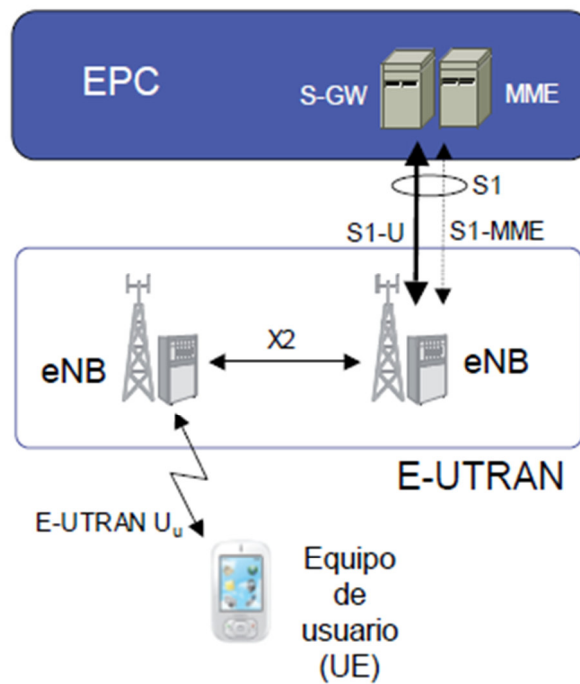


Figura 45 Red de Acceso E-UTRAN

Fuente: (Ramon Agusti Comes, Francisco Bernardo Álvarez, Fernando Casadevall Palacio, Ramon Ferrús Ferre, Jordi Pérez Romero, Oriol Sallent Roig, 2010)

Además que también es necesario conocer el costo estimado de la obra civil y la obra eléctrica que es indispensable para la propuesta el cual también se incluye.

A continuación en la Tabla 20 se muestra los costos necesarios por unidad para la implementación de los eNodeB. En total son 20 estaciones base nuevas que se necesitan realizar el estimado de costos y una torre extra para el repetidor que también se incluye en el estimado de costos.

Tabla 20
Costos estimados para la estación base

Detalle	Total requerido	Costo por unidad (\$)	Total (\$)
Antenas	20	2568.48	51369.6
Instalación e-Node B	20	7369	147380
Hardware de e-Node B	20	15200	304000
Software de e-Node B	20	3875	77500
Obra civil	21	50000	1050000
Sistemas puesta a tierra	21	7000	147000
Estructura Torre Autosoportada	21	72000	1512000
Equipos de radioenlace de Tx y Rx(Equipo y antena)	21	10600	222600

Fuente: (Operadores Móviles, 2017)

El costo estimado total para la infraestructura propuesta de los 21 sitios es de 3511849.60 dólares.

5.2 Costo de la conectividad entre Radio Bases.

Para realizar el cálculo del costo del radioenlace entre radio bases se basará en el Reglamento de Tarifas de la ARCOTEL en el artículo 9, el cual es la tarifa por el uso de frecuencias para el Servicio Fijo, enlaces punto – punto y se basa en la distancia que existe entre las estaciones y el ancho de banda que se utiliza, la ecuación para el cálculo es la siguiente:

$$T(US\$) = K_a * \alpha_3 * \beta_3 * A * (D)^2$$

Dónde:

T(US\$)	= Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América, por frecuencia asignada.
Ka	= Factor de ajuste por inflación.
α_3	= Coeficiente de valoración del espectro del Servicio Fijo para enlaces punto – punto (De acuerdo a la Tabla 2, Anexo 3 del Reglamento de Tarifas).
β_3	= Coeficiente de corrección para el sistema fijo, enlace punto – punto.
A	= Anchura de banda de la frecuencia asignada en MHz.
D	= Distancia en kilómetros entre las estaciones fijas.

Esta ecuación se aplica a cada frecuencia del enlace y por enlace. Si una estación fija opera con más de una frecuencia en la misma dirección, la tarifa resultante será la suma de las tarifas individuales calculadas por cada frecuencia de transmisión y recepción.

Para el cálculo de tarifas se usarán los valores de distancia máxima y mínima que se encuentran en la Tabla 21.

Tabla 21
Distancias máximas aplicables para fines de cálculo de las tarifas del Servicio Fijo, enlaces punto - punto

Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación)	Distancia máxima aplicable (km)	Distancia mínima aplicable (km)
0 GHz < f <= 1 GHz	70	30
1 GHz < f <= 5 GHz	50	15
5 GHz < f <= 10 GHz	30	12
10 GHz < f <= 15 GHz	25	9
15 GHz < f <= 20 GHz	20	8
20 GHz < f <= 25 GHz	15	6
f > 25 GHz	10	5

Fuente: (ARCOTEL, Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico, 2009)

El Coeficiente de valoración del espectro α_3 a aplicarse para el Servicio Fijo, enlaces punto – punto para las distintas bandas se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22
Coeficiente de valoración del espectro aplicable para fines de cálculo de las tarifas del Servicio Fijo, enlaces punto - punto

Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación)	Coeficiente de valoración del espectro α_3
0 GHz < f <= 1 GHz	0.0815313
1 GHz < f <= 5 GHz	0.0323876
5 GHz < f <= 10 GHz	0.0237509
10 GHz < f <= 15 GHz	0.0215917

Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación)	Coefficiente de valoración del espectro α_3
15 GHz < f <= 20 GHz	0.0194325
20 GHz < f <= 25 GHz	0.0183529
f > 25 GHz	0.0172734

Fuente: (ARCOTEL, Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico, 2009)

A continuación se muestra en la Tabla 23 el costo mensual por el uso de frecuencia de los radio enlaces punto – punto de las parroquias priorizadas.

Tabla 23
Costo mensual por el uso de frecuencias

PROVINCIA	PARROQUIAS	TARIFA MENSUAL T(US\$)	
Guayas	Taura	260.12	
Manabí	Bellavista	196.68	
	Honorato Vásquez	196.68	
	Jama	196.68	
	Pichincha	Pichincha 1	206.32
		Pichincha 2	612.72
	Salango	196.68	
	San Isidro	196.68	
	San Sebastián	196.68	

PROVINCIA	PARROQUIAS	TARIFA MENSUAL T(US\$)
Pichincha	Tocachi	196.68
Tungurahua	Cotalo	196.68

El costo total mensual por el uso de frecuencias de los enlaces Punto – Punto de las parroquias priorizadas es de 5284.58 Dólares.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Las bandas de frecuencia que utiliza los operadores son 850 MHz, 1900 MHz y AWS, la operadora OTECEL tiene implementado LTE en la banda de 1900 MHz, CONECEL ha implementado en la banda AWS y CNT por su parte tiene LTE en la banda AWS y 700 MHz que no lo utiliza aun comercialmente.
- De acuerdo a los análisis de otros países se puede observar que al momento de la licitación de una banda de frecuencia se les impone algún tipo de obligación, por ejemplo en Alemania antes de dar servicio a una mayor cantidad de población, el adjudicatario debe dar servicio primero a poblaciones bajas.
- Para realizar la priorización se utiliza la densidad poblacional y el porcentaje de población no pobre, datos obtenidos del INEC, con la finalidad de llegar a la mayor cantidad de población y a la población menos pobre, de esta manera será más atractivo económicamente para las operadoras dar el servicio de telefonía celular.
- Se optó desarrollar la propuesta de cobertura basándose en las radio bases de la operadora CNT, por el motivo que éste tiene adjudicado la banda de frecuencia de 700 MHz, el cual esta banda es la más óptima para dar servicio celular en áreas rurales.

- El criterio de escoger menos del 40% de población cubierta para saber si se prioriza fue establecida por el MINTEL de acuerdo a análisis y políticas de dicha entidad.
- Para saber las localidades y sectores censales que están cubiertas por el SMA se utiliza la unión de las manchas de cobertura dada por las operadoras a la ARCOTEL.
- La ubicación de las radio bases se realiza considerando la mayor cobertura poblacional posible y que se pueda conectar a la red de la operadora con enlaces microonda.
- En la Provincia El Oro, en las parroquias priorizadas Arcapamba, Malvas, Milagro y San José se logró obtener más del 40% de población con cobertura celular con una sola radio base, se consideró de esta manera el análisis ya que cada parroquia no tenía muchos habitantes el cual no es muy atractivo económicamente.
- La Provincia Los Ríos queda fuera del análisis por el motivo que el porcentaje de cobertura celular existente sobre los sectores censales y localidades dispersas se obtuvo un resultado de más del 40% de cobertura del SMA en todas las parroquias, es decir, en términos generales sobre esta provincia tiene una cobertura muy buena.
- En la Parroquia Pichincha de la Provincia de Manabí se necesitó colocar dos radio bases para que pueda pasar el límite del 40% de población cubierta, esto ocurrió por la topografía de la parroquia que tiene varias elevaciones.

- De acuerdo al análisis de priorización se obtuvo 22 parroquias con prioridad alta de las 8 provincias analizadas que tienen mayor población.
- Para poder cubrir las 22 parroquias priorizadas se utiliza 20 estaciones base LTE en la banda de 700 MHz y para la conectividad entre estaciones base se utilizó 21 enlaces de microonda, donde en uno de ellos fue necesario colocar un repetidor en razón que no existía línea de vista con una radio base cercana.
- Los equipos utilizados se escogieron de acuerdo a la base de equipamiento que usan las operadoras móviles.
- Para los radioenlaces se considera la banda de 7GHz de acuerdo a la canalización utilizada por la ARCOTEL, en razón que proporciona mejores características de propagación y además es la más utilizada por las operadoras.
- Todos los radioenlaces punto - punto tienen conectividad entre el sitio propuesto y la estación base más cercana, es decir, los sitios propuestos de las nuevas estaciones base son viables para el aumento de cobertura 4G en dichas parroquias priorizadas.
- El costo estimado de implementación de una estación base es 168612.48 dólares, y el costo estimado total para la implementación de los 21 sitios es de 3511849.60 dólares.
- La utilización de frecuencias para los enlaces microonda genera un costo mensual de 5284.58 dólares por los 21 enlaces, este valor se paga a la ARCOTEL, uno de los parámetros para calcular el costo por

el uso de frecuencia es la distancia del enlace, por lo que cada enlace puede tener un valor diferente.

6.2 Recomendaciones

- Con las experiencias internacionales se ha demostrado que se debe promover el incentivo a la inversión de nuevas tecnologías y expansión de infraestructura para que de esta manera haya una constante evolución de las Telecomunicaciones.
- Al realizar el análisis de priorización en el programa Arcgis en el geo procesamiento se tuvo algunos inconvenientes con algunas coberturas, este hecho ocurrió por los datos que no tienen un estándar de recepción de dichos mapas de coberturas, por tal motivo se recomienda que todos los mapas en el programa Arcgis tengan un mismo estándar para realizar este tipo de trabajos.
- De acuerdo al análisis de este proyecto se recomienda usar la banda de frecuencia de 700 MHZ para LTE en áreas rurales, ya que por sus características de propagación cubre una mayor área y se utiliza menos radio bases, además se recomienda que las operadoras restantes tengan acceso a esta banda para mejorar la cobertura rural en el país.
- Se recomienda seguir avanzando con la priorización del resto de provincias que tienen menos habitantes, además también con el análisis de parroquias de prioridad media y baja, para que en un futuro exista el estudio sobre en qué sectores rurales es más factible aumentar la cobertura 4G.

- Se recomienda analizar nuevas políticas de promover el aumento de cobertura celular en áreas rurales con incentivos de manera que sea de mayor interés aumentar el SMA por parte de las operadoras.

BIBLIOGRAFÍA

- 4G Americas. (s.f.). Recuperado el 20 de 06 de 2016, de <http://www.4gamericas.org/es/newsroom/press-releases/adjudicacion-de-espectro-radioelectrico-en-700-mhz-sera-clave-para-acelerar-la-adopcion-de-lte-en-america-latina/>
- 4G Americas. (Agosto de 2015). *Adjudicación de Espectro Radioeléctrico en 700 MHz en América Latina*.
- ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones). (s.f.). ARCOTEL.
- ARCOTEL. (2009). *Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico*.
- ARCOTEL. (2009). *Reglamento sobre el Acceso y Uso Compartido de Infraestructura Física Necesaria para Fomentar la Sana y Leal Competencia en la Prestación de Servicios de Telecomunicaciones*.
- ARCOTEL. (2012). Plan Nacional de Frecuencias.
- ARCOTEL. (2014). *Servicio Móvil Avanzado: Boletín Estadístico del Sector de Telecomunicaciones*.
- ARCOTEL. (Marzo de 2015). Obtenido de http://controlenlinea.arcotel.gob.ec/wps/portal/informacion/informacion-tecnica/telefoniamovil/estadisticasmovil!/ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8zjY08DAw8_A28DUJcHQ0cg50d3QPDTAwNgoz0C7IdFQH9kQkn/
- Coimbra, E. (18 de 08 de 2011). *SlideShare*. Recuperado el 10 de 06 de 2016, de <http://es.slideshare.net/edisoncoimbra/71-redes-por-satlite-sh>
- Ecuador en Cifras*. (2010). Recuperado el 25 de Julio de 2016, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>
- Ecuador en Cifras*. (2015). *Medición de la Pobreza Multidimensional en Ecuador*. Recuperado el 18 de 08 de 2016, de *Medición de la Pobreza Multidimensional en Ecuador*: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Sitios/Pobreza_Multidimensional/assets/ipm-metodologia-oficial.pdf

EcuRed. (s.f.). Recuperado el 20 de Mayo de 2016, de

https://www.ecured.cu/Tecnolog%C3%ADa_4G

INEC. (31 de Diciembre de 2011). *Provincias por Parroquia (SHAPEFILE)*.

Obtenido de

http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=303

Jorge Pérez Martínez, Zoraida Frías Barroso, Carlos González Valderrama.

(2014). *Claves y Desafíos del Despliegue de Redes de Acceso LTE de 30 MBPS para las Áreas Rurales en España*.

Kenechi Okeleke, Jan Stryjak. (s.f.). *Cerrar la Brecha de Cobertura: Inclusión Digital en América Latina*.

La Asociación de Fibra Óptica. (2014). Recuperado el 16 de 01 de 2017, de

<http://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.htm>

Martínez Hernández, O. (s.f.). *Monografías*. Recuperado el 20 de Mayo de

2016, de <http://www.monografias.com/trabajos75/tecnologias-gsm-cdma-tdma-gprs/tecnologias-gsm-cdma-tdma-gprs2.shtml>

Martínez, E. (Mayo de 2001). La Evolución de la Telefonía Móvil. *RED*.

Mayoraz, G. (03 de Diciembre de 2010). *Tecnovortex*. Recuperado el 20 de

Mayo de 2016, de <http://tecnovortex.com/diferencias-entre-2g-2-5g-3g-3-5g-y-4g/>

MINTEL (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información.

(s.f.). *Penetración de Banda Ancha incide directamente en crecimiento del PIB*. Obtenido de

<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/penetracion-de-banda-ancha-incide-directamente-en-crecimiento-del-pib/>

Operadores Móviles. (2017).

Peredo Álvarez, S. (2004). *Software para el análisis del presupuesto de*

enlace para comunicaciones vía satélite, tesis de grado, Universidad de las Américas Puebla, México.

- Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones. (Octubre de 2015).
Costa Rica.
- Prieto Donate, F. (s.f.). Recuperado el 30 de Mayo de 2016, de
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11372/fichero/Memoria%252F03+-+GPRS.pdf>
- Radioenlaces De Microondas*. (s.f.). Recuperado el 09 de 06 de 2016, de
<http://radioenlaces-dear-microondas.blogspot.com/>
- Ramon Agusti Comes, Francisco Bernardo Álvarez, Fernando Casadevall
Palacio, Ramon Ferrús Ferre, Jordi Pérez Romero, Oriol Sallent Roig.
(2010). *LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles*.
- Stallings, W. (s.f.). *Comunicaciones y Redes de Computadoras*.
Textos Científicos. (2005). Recuperado el 16 de 01 de 2017, de
<https://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.).
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (Octubre de 2015).
*Recomendación UIT-R M.1036-5: Disposiciones de frecuencias para
la implementación de la componente terrenal de las
telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en las bandas
identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) para
las IMT*.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2017). Compartir la
Infraestructura móvil.
- Vázquez, J. L. (s.f.). *El Radioenlace en la Red de Acceso GSM*.
- Zdenek Becvar, Pavel Mach, Ivan Pravda. (s.f.). *Redes Móviles*.