UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO TÉCNICO:

"DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE COBERTURA CELULAR A LA POBLACIÓN DEL RECINTO CABUYAL DEL CANTÓN SANTA LUCÍA PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DEL GUAYAS"

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

AUTOR(ES):

PAUL ALEJANDRO MOSQUERA HERRERA
JULIO ISAAC OROZCO AGUILERA

TUTOR:

ING. PABLO ECHEVERRIA MSC.

GUAYAQUIL – ECUADOR
2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, PAUL ALEJANDRO MOSQUERA HERRERRA con documento de identificación Nº 1717414534 y JULIO ISAAC OROZCO AGUILERA con documento de identificación Nº 0953489390, manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 12 de marzo del año 2022

PAUL ALEJANDRO MOSQUERA HERRERA
1717414534

JULIO ISAAC OROZCO AGUILERA
0953489390

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, PAUL ALEJANDRO MOSQUERA HERRERRA con documento de identificación Nº 1717414534 y JULIO ISAAC OROZCO AGUILERA con documento de identificación Nº 0953489390, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE COBERTURA CELULAR A LA POBLACIÓN DEL RECINTO CABUYAL DEL CANTÓN SANTA LUCÍA PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DEL GUAYAS", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico con énfasis en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 12 de marzo del año 2022

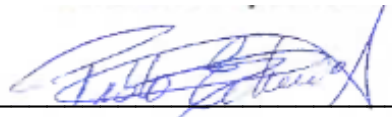
PAUL ALEJANDRO MOSQUERA HERRERA
1717414534

JULIO ISAAC OROZCO AGUILERA
0953489390

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, PABLO FABIAN ECHEVERRIA AVILA con documento de identificación N° 0916893357, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE COBERTURA CELULAR A LA POBLACIÓN DEL RECINTO CABUYAL DEL CANTÓN SANTA LUCÍA PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DEL GUAYAS" realizado por PAUL ALEJANDRO MOSQUERA HERRERA con documento de identificación N° 1717414534 y por JULIO ISAAC OROZCO AGUILERA con documento de identificación N° 0953489390, obteniendo como resultado el final trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 12 de marzo del año 2022



Ing. Pablo Echeverría MSc.
0916893357

DEDICATORIA

A mis padres por haberme dado ese apoyo incondicional durante todos estos años, por su guía necesaria para seguir el camino del bien. A mi hijo por ser la fuerza que me inspira en seguir adelante y mi mayor fortaleza para alcanzar mis objetivos.

PAUL ALEJANDRO MOSQUERA HERRERA.

Primeramente, dedico este logro a Dios, quien me dio la sabiduría y la paciencia para llegar a esta meta tan anhelada. A mis padres, que sin ellos no podría haberlo conseguido, ya que han estado en toda mi etapa universitaria y han sido mis ejemplos a seguir en esta vida. A mi esposa, por ser una persona incondicional, especialmente en los momentos más adversos, en donde siempre no faltaba un consejo o un impulso de ella para seguir adelante en mi carrera universitaria y en mi vida. A mi hija, mi pequeña primogénita le dedico este gran logro, y así me tome a futuro como ejemplo a seguir y quiera superarme, ya que sería lo más gratificante como padre. Por último, a mis compañeros, amigos, ya que fueron parte de esta gran trayectoria universitaria, no sin antes agradecer de antemano a mis docentes por su tiempo y dedicación en la enseñanza.

JULIO ISAAC OROZCO AGUILERA

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo con un estudio sobre el diseño y simulación de una estación base, con la integración de las telefonías celular, donde se utilizó tecnologías avanzadas de 3G y 4G, para generar beneficios universales como el envío y recepción de mensajes, llamadas de voz y sobre todo el acceso a la red. Este estudio se inició con el conocimiento del estado actual de la cobertura de telefonía inalámbrica, mismo que sirvió para realizar la simulación de cobertura 3G y 4G en el Recinto Cabuyal del cantón Santa Lucía perteneciente a la provincia del Guayas, conociendo así la funcionalidad de esta. Se encuentra en una zona rural con escasa cobertura por lo cual se traduce a un índice de acceso a las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) considerablemente inferior; es decir afecta a la actividad socio-económica del Recinto Cabuyal y de la vía principal de acceso.

A lo largo del trabajo se hace mención al marco técnico que se utilizó, generando la solución del proyecto, presentando un esquema de la viabilidad técnica y financiera de una propuesta de implantación de una estación de base operadora. Para complementar todos aquellos componentes que participan en la iniciativa y con la ayuda de las simulaciones realizadas se comprobó la mejor ubicación geográfica dentro del Recinto Cabuyal, sector desde el cual se determinó el direccionamiento de las antenas que brindaran el servicio esperado.

No obstante, se pone a consideración todos aquellos dispositivos tecnológicos a utilizarse dentro de la propuesta, mismas que están detallados mediante gráficos y sobre todo precios que se estiman al momento de la adquisición. Finalmente, al tener clara la viabilidad técnica-financiera, se realiza el respectivo análisis económico y social, los mismos que son de suma importancia para el desarrollo del proyecto, ya que sin este tipo de análisis el trabajo no podría concretarse.

ABSTRACT

The present work was carried out with a study on the design and simulation of a base station, with the integration of cellular telephony, where advanced 3G and 4G technologies were used, to generate universal benefits such as sending and receiving messages, voice calls and especially network access. This study began with the knowledge of the current state of wireless telephony coverage, which served to perform the simulation of 3G and 4G coverage in the Cabuyal Campus of the Santa Lucía canton belonging to the province of Guayas, thus knowing the functionality of this. It is located in a rural area with little coverage, which translates into a considerably lower rate of access to TIC (Information and Communications Technologies); that is, it affects the socio-economic activity of the Cabuyal Campus and the main access road.

Throughout the work, mention is made of the technical framework that was used, generating the project solution, presenting a scheme of the technical and financial feasibility of a proposal for the implementation of an operating base station. To complement all those components that participate in the initiative and with the help of the simulations carried out, the best geographical location was verified within the Cabuyal Campus, a sector from which the direction of the antennas that would provide the expected service was determined.

However, all those technological devices to be used within the proposal are put into consideration, which are detailed by means of graphics and, above all, prices that are estimated at the time of acquisition. Finally, having the technical-financial viability clear, the respective economic and social analysis is carried out, the same ones that are of the utmost importance for the development of the project, since without this type of analysis the work could not be carried out.

INDICE GENERAL

Contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .. 2
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA 3
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN 4
DEDICATORIA 5
RESUMEN 6
ABSTRACT 7
INDICE GENERAL 8
INDICE DE FIGURAS 11
INDICE DE TABLAS 15
INTRODUCCIÓN 16
1. CAPITULO I 17
1.1. Planteamiento del problema. 17
1.2. Metodología. 18
1.3. Resultados. 19
1.4. Delimitación 19
1.4.1. Delimitación Espacial 19
1.4.2. Delimitación Temporal 19
1.4.3. Delimitación Académica 20
1.5. Justificación. 20
1.6. Objetivos 20
1.6.1. Objetivo General 20
1.6.2. Objetivos Específicos 21
2. Capítulo II 21
Fundamentación Teórica 21
2.1. Marco teórico 21
2.1.1. Codificación de la señal celular 24
2.1.2. Antenas direccionales 25
2.1.3. Difusión de mensajes y buscapersonas 26
2.1.4. Movimiento de celda a celda y entrega 26
2.1.5. Red de telefonía móvil 27
2.1.6. Estructura de la red celular de telefonía móvil 28
2.1.7. Cobertura media 28
2.1.8. Traspaso celular en redes de telefonía móvil 29
2.1.9. Elección de frecuencia celular en redes de telefonía móvil 29

2.1.10. Beneficios de las redes celulares 31
2.1.11. Tecnologías de redes celulares.....31
2.1.12. ¿Qué pueden hacer las redes celulares? 32
2.1.13. Tecnología móvil 32
2.1.14. Desventajas de la tecnología celular 32
2.1.15. Identificación de redes celulares 33
2.1.16. La forma y el papel de las redes celulares 34
2.1.17. Telecomunicaciones: Una Definición En Evolución 35
2.1.18. La industria de las telecomunicaciones 36
2.1.19. Importancia de una estación de cobertura celular 37
2.2. Diseño de la estación base remota (RBS).....39
2.3. Grupo electrógeno 40
2.3.1. Componentes de un grupo electrógeno 40
2.4. Componentes de la planta de poder (Power Plant) 42
2.4.1. Smart Pack o Unidad de Control 43
2.4.2. Flat Pack o Rectificadores de Media Onda.....44
2.4.3. Sistema de Baterías.....45
2.5. Componentes y diseño de la red celular.....45
2.5.1. RRU (UNIDAD DE RADIO REMOTA). 45
2.5.2. RRU HUAWEI 3942 46
2.5.3. Parte exterior de la RRU 47
2.5.4. BBU (UNIDAD DE BANDA BASE). 51
2.5.5. BBU 3900.....52
2.5.6. UBBP (Unidad de procesamiento de banda base universal) 52
2.5.7. UPEU.....53
2.5.8. WBBP 54
2.5.9. UMPT.....54
2.5.10. UBRI 57
2.5.11. FAN.....57
2.5.12. DCDU (UNIDAD DE DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE DIRECTA). 57
2.5.13. Antena sectorial 59
2.5.14. CABLES JUMPER 62
2.5.15. TRANSCEIVER DE FIBRA ÓPTICA (SFP) 63
2.6. Componentes y diseño de Enlace PDH.....64
2.6.1. Implementación de equipos.....66
2.6.2. IDU (UNIDAD INTERIOR).....67
2.6.3. ODU (UNIDAD EXTERIOR).....69
2.6.4. RF (Radio Frecuencia). 70

2.6.5. Acoplador hibrido 74
2.6.6. Antenas parabólicas (microondas) 75
2.6.7. Antenas de polarización simple.....75
2.6.8. Antenas de polarización doble 75
2.6.9. Cables de conexión.....75
2.7. Diseño de Infraestructura 76
2.7.1. Ubicación geográfica de la RBS. 77
2.8. Torre Monopolo.....77
2.9. Distribución de equipos 79
3. Capítulo III.....79
3.1. Problemas de cobertura en sitio 79
3.1.1. Fortaleza e intensidad de las señales. 84
3.2. Diseño de la estación de cobertura celular. 90
3.2.1. Sistema de Energía.....90
3.2.2. Sistema de baterías. 94
3.2.3. Diseño del enlace PDH. 96
3.2.4. Diseño y simulación de la red de acceso.....105
3.3. Simulación de Cobertura celular - RBS CABUYAL.....109
3.3.1. Comparación de Cobertura de estaciones aledañas. 111
4. CAPITULO IV 112
4.1. Estudio técnico e impacto social 112
4.2. Análisis económico 112
4.3. Análisis social.....115
4.3.1. Las comunicaciones y la sociedad 116
4.4. Viabilidad técnica 117
4.4.1. Proceso para un estudio de viabilidad técnica.....117
CONCLUSIONES 120
RECOMENDACIONES 121
ANEXOS.....122
BIBLIOGRAFÍA 131

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Cantidad de Radio Base distribuidas a nivel nacional.....17
Figura 1.2. Cantidad de Radio Base distribuidas a nivel nacional.....18
Figura 2.1. Diagrama de la estación RBS 39
Figura 2.2. Generador Abierto GRUPEL 41
Figura 2.3. Generador Insonorizado GRUPEL.....42
Figura 2.4. Especificaciones de los generadores 42
Figura 2.5. SMARTPACK ELTEK 43
Figura 2.6. FLATPACK ELTEK.....44
Figura 2.7. Implementación de rectificadores y reguladores ELTEK.....44
Figura 2.8. Banco de baterías.....45
Figura 2.9. RRU HUAWEI 46
Figura 2.10. RRU-PARTE EXTERIOR 47
Figura 2.11. Dimensiones RRU.....47
Figura 2.12. Puertos e indicadores de la RRU.....48
Figura 2.13. BBU - HUAWEI 52
Figura 2.14. Diagrama BBU 3900.....52
Figura 2.15. Tarjeta física UBBP.....53
Figura 2.16. Conexiones LTE UBBP.....53
Figura 2.17. Tarjeta UPEU HUAWEI.....54
Figura 2.18. Puertos de WBBP 54
Figura 2.19. UMPT 55
Figura 2.20. Topología RNC Y NODO B 55
Figura 2.21. Puerto GPS.....56
Figura 2.22. HANDOVER 56
Figura 2.23. UBRI HUAWEI 57
Figura 2.24. DCDU HUAWEI.....58
Figura 2.25. DCDU parte exterior.....58
Figura 2.26. DCDU parte interior 58
Figura 2.27. Antena sectorial de 6 puertos (UNNPX206R3).....60
Figura 2.28. Puertos de conexión ANTENA SECTORIAL.....60
Figura 2.29. Especificaciones técnicas 1 ANTENA SECTORIAL.....61
Figura 2.30. Especificaciones técnicas 2 ANTENA SECTORIAL.....61
Figura 2.31. Conexión cables jumper 62
Figura 2.32. CABLE JUMPER 63
Figura 2.33. Transceiver HUAWEI LTF8503-BH1(SFP) 64
Figura 2.34. Conexión de Transceiver en RRU.....64
Figura 2.35. IDU AGS-20 - SIAE 65

Figura 2.36. Componentes del equipo 66
Figura 2.37. IDU AGS 20 SIAE 67
Figura 2.38. Espacio de Canales de rendimiento. 68
Figura 2.39. RANGOS APLICADOS EN ODUS 69
Figura 2.40. Funcionamiento interno ODU 70
Figura 2.41. Montaje directo 72
Figura 2.42. Microonda 72
Figura 2.43. Montaje separado de la ODU 73
Figura 2.44. Montaje separado de dos ODU 73
Figura 2.45. Montaje separado de antena de doble polarización. 74
Figura 2.46. Acoplador hibrido 74
Figura 2.47. Antenas microondas 75
Figura 2.48. Cable 5D 76
Figura 2.49. Cable RG-8U / ½ pulgada 76
Figura 2.50. TORRE MONOPOLO 78
Figura 2.51. Distribución de equipos 79
Figura 3.1. Aplicación Operador Móvil 80
Figura 3.2. Datos básicos del operador. 81
Figura 3.3. Ruido y velocidad. 81
Figura 3.4. Estadística de conectividad. 82
Figura 3.5. Velocidad de datos. 82
Figura 3.6. Mapa 83
Figura 3.7. Información de la tarjeta SIM 83
Figura 3.8. Dispositivo y SIM 84
Figura 3.9. Representación de la fortaleza de la señal. 85
Figura 3.10. Indicadores de barras de señal 85
Figura 3.11. Medición en sitio 86
Figura 3.12. Datos del Operador Móvil (CLARO) 87
Figura 3.13. Determinación de valores de señal PRX 87
Figura 3.14. Celeridad de datos 88
Figura 3.15. Estados de Red. 88
Figura 3.16. Ubicación Recinto Cabuyal. 89
Figura 3.17. Información del móvil y operadora 89
Figura 3.18. Power Plant Eltek y sus componentes internos 91
Figura 3.19. Datashett - Batería de Litio Inteligente HUAWEI 92
Figura 3.20. Configuración de valores de tensión del sistema acorde al fabricante de baterías HUAWEI. 92

Figura 3.21. Visualización de limitación de corriente para 2 bancos de baterías modelo ESM48100B1 - HUAWEI 93

Figura 3.22. Sistemas de rectificación conformado por tres rectificadores FLATPACK2……94

Figura 3.23. Distancia desde Guayaquil al Recinto Cabuyal.....95

Figura 3.24. Sistema de baterías conformado por 2 bancos de capacidad 100A.....96

Figura 3.25. COORDENADAS - RBS STA LUCIA.....97

Figura 3.26. COORDENADAS - RBS CABUYAL (PROYECTADA) 98

Figura 3.27. RBS STA LUCIA – GPS.....98

Figura 3.28. RBS CABUYAL - GPS.....99

Figura 3.29. Simulación de enlace donde se aprecia libre la zona de Fresnel. 99

Figura 3.30. AGS-20 DUAL IF Configuración 1+1 (HSTBY) 100

Figura 3.31. Pérdidas y Ganancias de un Radioenlace 103

Figura 3.32. Sitio proyectado para la ubicación de la RBS (Cabuyal) 106

Figura 3.33. Coordenadas de la RBS PROYECTADA. 106

Figura 3.34. Simulación de conexión hacia el Recinto cabuyal. 107

Figura 3.35. Simulación de una conexión directa de usuario – dispositivo móvil en el Recinto Cabuyal. 107

Figura 3.36. Simulación de conexión hacia la vía cabuyal. 108

Figura 3.37. Simulación de una conexión directa de usuario – dispositivo móvil hacia Vía Cabuyal. 108

Figura 3.38. Ubicación de los sectores X - Y. 109

Figura 3.39. Simulación de cobertura hacia el sector X (recinto cabuyal) por medio de Google Earth Pro y Radio Mobile 110

Figura 3.40. Simulación de cobertura hacia el sector Y (vía cabuyal) por medio de Google Earth Pro y Radio Mobile 110

Figura 3.41. Simulación de cobertura de las RBS SANTA-LUCIA Y JUNQUILLAL capturada desde GEODATA (MAPA DE COBERTURA). 111

Figura 3.42. Simulación de cobertura de la RBS CABUYAL (PROPUESTA) capturada desde Google Earth Pro junto al SW RADIO MOBILE 111

Figura 4.1. COMPONENTES DE UNA POWER PLANT 122

Figura 4.2. MODELO DE RRU 3942 DE 850 MHZ 122

Figura 4.3. MODELO DE RRU 3942 DE 1900 MHZ 123

Figura 4.4. BBU 3900 - HUAWEI en funcionamiento con sus respectivas etiquetas...123

Figura 4.5. Conexiones a sus respectivos puertos de cada tarjeta electrónica que contiene la BBU 3900 – HUAWEI.....124

Figura 4.6. Verificación en sitio de APM 124

Figura 4.7. Verificación de coordenadas en el Recinto Cabuyal de la RBS (proyectada) por medio de la app MAPSME y el GPS GARMING ETREX 125

Figura 4.8. Verificación de uno los sitios que serán beneficiados en el Recinto Cabuyal 125

Figura 4.9. Conexiones de cables jumper en Antena 126
Figura 4.10. Acoplador Hibrido desmontado.....126
Figura 4.11. IDU AGS 20 SIAE 127
Figura 4.12. Monopolo 127
Figura 4.13. Especificaciones del Transceiver HUAWEI LTF8503-BH1 (SFP).....128
Figura 4.14. Ubicación Geográfica de las RBS en SW RADIO MOBILE.....129
Figura 4.15. Ubicación y anchos de haz de las RBS en SW RADIO MOBILE.....129
Figura 4.16. Ubicación de RBS STA LUCIA en Google Earth Pro 130
Figura 4.17. Visualización de la distancia de las estaciones en Google Earth Pro 130
Figura 4.18. Línea de vista (sin obstáculos) del enlace PDH en Google Earth Pro. 130

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Puertos con su respectivo funcionamiento RRU – HUAWEI 48
Tabla 2 *Detalle de costos DBS 3900 3G – 4G* 112
Tabla 3 Detalle de costos MW SIAE AGS20 113
Tabla 4 Detalle de costos POWER PLANT 114
Tabla 5 Detalle de costo total de la RBS CABUYAL 115

INTRODUCCIÓN

Como punto de partida se evaluó el servicio de telefonía celular en el Recinto Cabuyal por medio de un software libre que permite medir los niveles de recepción que llegan al sector, de esta actividad se obtuvieron lecturas intermitentes y muy bajos de señal, por ello para solventar esta deficiencia en el servicio es necesario la implementación de una Radio Base.

El desarrollo de las comunicaciones móviles en Ecuador ha crecido considerablemente en los últimos años, lo que ha generado un incremento exponencial de usuarios solicitando tanto el servicio de telefonía como el servicio de datos.

Este considerable crecimiento de usuarios demandando por el servicio de telefonía celular es originado por el rápido avance de las tecnologías como por ejemplo GSM y UMTS, lo que ha obligado a las operadoras que brindan este servicio a desplegar cobertura a nuevos sitios con objetivos e incrementar capacidad en las zonas ya cubiertas para poder manejar el tráfico cursado que cada vez crece aún más.

Esto genera la necesidad de diseñar nuevas estaciones bases para ampliar cobertura a nuevas zonas pobladas las cuales demandan servicio de telefonía celular y en otros escenarios incrementar la capacidad de la red para manejar un mayor tráfico de llamadas y datos ya que los canales de comunicación en una estación base son limitados y solo se puede brindar servicio a un número determinado de usuarios.

En el presente proyecto se realiza un diseño y simulación de una estación de cobertura celular a la población del Recinto Cabuyal del Cantón Santa Lucía perteneciente a la Provincia del Guayas, localidad donde las actividades principales se basan en la agricultura, estos predios carecen de servicios de telecomunicaciones y se vuelve una prioridad con el objetivo de que mejoren la comunicación con sus proveedores y mejoren la comercialización de sus productos agrícolas.

Para ello se realizarán revisiones de literatura, objetivos, planteamientos del problema, conclusiones, recomendaciones, etc., para que de esta manera se permita observar que es lo que necesitaremos al realizarlo.

Adicional se mencionarán y se indicaran las características técnicas de los sistemas y elementos que intervienen en el funcionamiento de una estación de telefonía celular.

1. CAPITULO I

1.1. Planteamiento del problema.

En el Ecuador la cobertura SMA (Servicio Móvil Avanzado) presentan algunos indicadores importantes de este servicio, para lo cual se ha utilizado información estadística actualizada a mayo del 2018. Respecto de la población del país que tiene acceso al servicio móvil avanzado, se menciona que el 89,54% lo tiene; y, que el prestador CONECEL S.A. tiene la mayor participación del mercado con el 59,82%. Se realiza un análisis de líneas activas del SMA por modalidad prepago y pospago, presentando sendos incrementos respecto al año pasado, cuyos porcentajes actuales son de 70,04% y 29,72% respectivamente. (ARCOTEL, 2018)

A continuación, se detalla el análisis de la infraestructura del SMA a través del despliegue de Radio bases (RBS) que se implementan para prestar el servicio móvil avanzado, en las diferentes tecnologías 2G (CDMA, GSM), 3G (UMTS) y 4G (LTE), en las bandas concesionadas a los prestadores por parte del Estado ecuatoriano. La Figura 12 permite observar que, al mes de enero de 2018, se cuenta con un total de 16.917 RBS instaladas en el todo el territorio nacional, de ellas el 52,05% corresponde al operador CONECEL S.A., el 32,71% OTECEL S.A. y el 13,24% CNT EP (ARCOTEL, 2018)

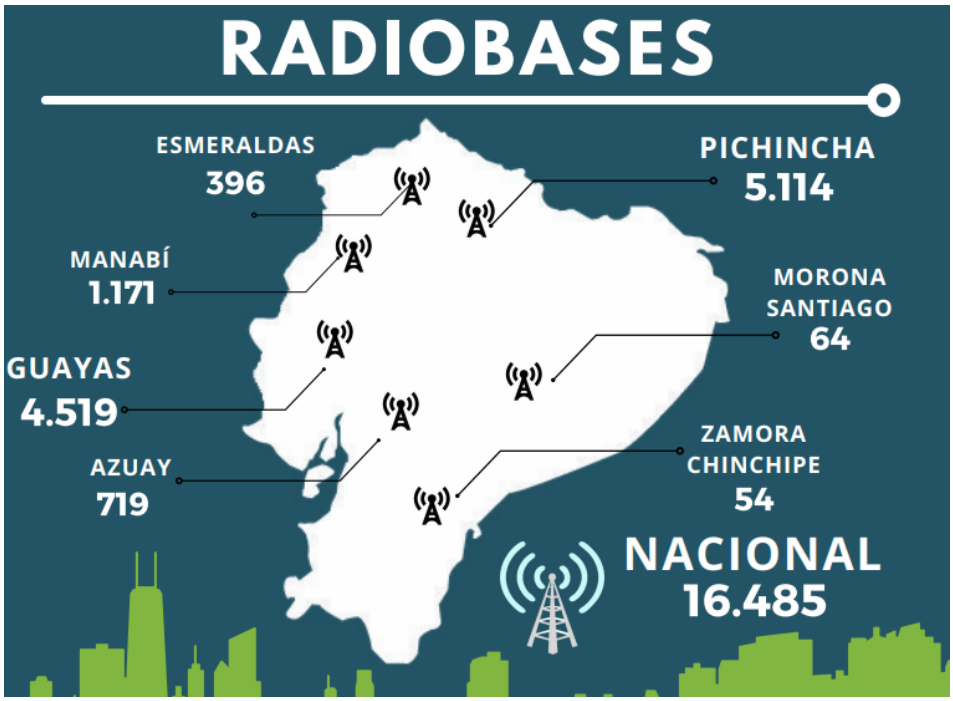


Figura 1.1. Cantidad de Radio Base distribuidas a nivel nacional.

Fuente: (ARCOTEL, 2018)

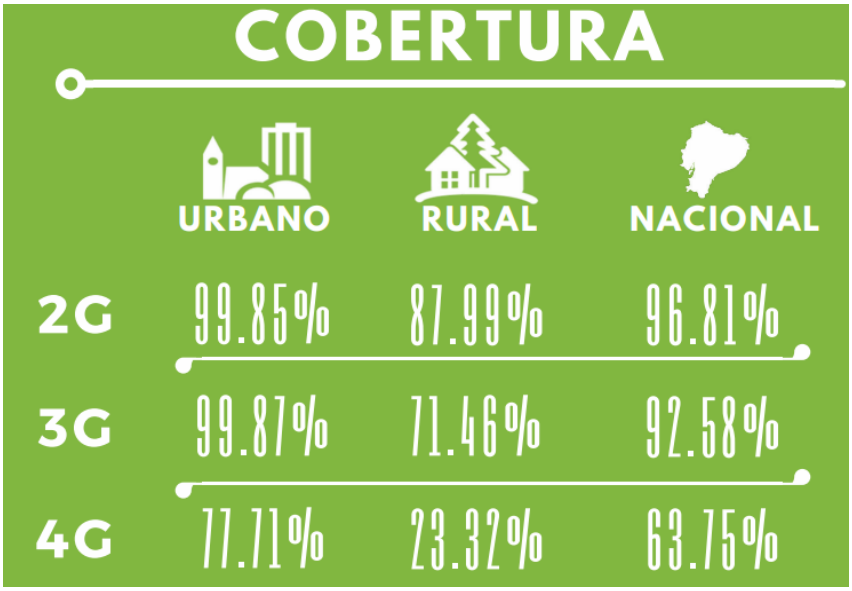


Figura 1.2. Cantidad de Radio Base distribuidas a nivel nacional.

Fuente: (ARCOTEL, 2018)

Para el caso del Recinto Cabuyal del Cantón Santa Lucia perteneciente a la provincia del Guayas, donde las actividades principales se basan en la agricultura, en la cual existe la carencia en servicios de telecomunicaciones y se vuelve una necesidad, ya que el bajo nivel de señal de cobertura celular, sumado a la intermitencia de la misma, como consecuencia de que no existe una radio base que brinde el servicio de telefonía inalámbrica, limita a que la población del recinto Cabuyal, especialmente los agricultores puedan mejorar su logística en la producción y comercialización de sus productos agrícolas, de igual manera impide que exista una comunicación oportuna y de buena calidad al resto del recinto, como por ejemplo: la teleeducación, llamadas de emergencia, etc.

1.2. Metodología.

Se efectuará una indagación en el sector, con el propósito de realizar el respectivo levantamiento de datos. Luego se mencionará parte del marco teórico en el que se respaldará la información de los componentes o dispositivos que corresponden a la radio base operadora.

Después se detallará el diseño del sistema propuesto, razones por las cuales se selecciona las tecnologías, sus ventajas, sus condiciones y un esquema de sus particularidades técnicas, destacando la importancia de su uso en el sitio.

Consecutivamente se desplegará el diseño y la simulación de la estación base operadora, la cual incluye un enlace microondas PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) en el que se analizará con que radio base presente tendrá transmisión el

nuevo sector y la RBS respectiva para dar cobertura a la población del recinto especificado.

Una vez obtenido el respectivo enlace junto a la información requerida, se hará uso de softwares de simuladores libres para adquirir datos del enlace PDH con la respectiva topografía del terreno y las posibles áreas que cubriría la nueva estación base operadora. Prontamente se desarrollará un estudio de una viabilidad técnica y financiera, respaldando con presupuestos de los equipos y detallando cada uno de ellos con sus respectivas características (datashett).

1.3. Resultados.

Este proyecto técnico tiene como objetivo el diseño y la simulación de cobertura de red 3G/4G, establecido en los requerimientos técnicos precisos para brindar el Servicio de Telefonía Inalámbrica (datos móviles) a la población del Recinto Cabuyal del Cantón Santa Lucía perteneciente a la Provincia del Guayas, logrando así una mayor unificación tecnológica.

Se establecerá una ubicación factible para la radio base con el objetivo principal de proveer una mayor cobertura en el recinto, llegando a cubrir sectores aledaños como es la vía principal Cabuyal y la vía a Junquillal.

Se planteará que el diseño pueda ser reutilizado para futuras modificaciones; es decir que los componentes y antenas recurran a una migración hacia tecnologías superiores como por ejemplo 5G por parte de las operadoras, alcanzando así a elaborar una oferta basada en Ingeniería verde y económica para futuras implementaciones.

1.4. Delimitación

1.4.1. Delimitación Espacial

El proyecto será simulado en el recinto Cabuyal perteneciente al cantón Santa Lucia de la provincia del Guayas.

1.4.2. Delimitación Temporal

Este proyecto fue programado para realizarlo en un plazo aproximado de 6 meses a partir de la aprobación del mismo, sin embargo, debido a la pandemia (COVID19) que se presenta a nivel mundial, se extendió el tiempo esperado.

1.4.3. Delimitación Académica

El proyecto planeado cumplirá con las medidas solicitadas por la Universidad Politécnica Salesiana basado en su grado investigativo y modelo de presentación para proyectos de titulación, adicional respaldados en las asignaturas recibidas a lo largo del periodo académico, teniendo en consideración como principales las siguientes materias: Comunicaciones Digitales, Antenas, Propagación, Administración de Proyectos y Redes Inalámbricas.

1.5. Justificación.

Toda sociedad para poder intercambiar cualquier tipo de servicio requiere mantener con su receptor una buena comunicación, y una de las fuentes más utilizadas en la actualidad es el uso de telefonía inalámbrica (celular), considerando que ésta es la forma más versátil, fácil y asequible; sin embargo, existen muchos lugares en la provincia del Guayas que a pesar de tener un alto flujo de mercado de bienes y servicios no cuentan con la cobertura de telefonía celular que les permita mantener una comunicación fluida para el desarrollo de sus actividades que les generan los respectivos ingresos y que a su vez optimicen el tiempo para hacerlo.

Por lo anteriormente expuesto es menester presentar un proyecto de simulación en el que permita conocer el impacto positivo que pudiera tener el recinto Cabuyal del cantón Santa Lucia, si tuviera acceso a una cobertura óptima si se implementara una estación que dé este respectivo servicio, considerando que en este sitio actualmente no cuenta con una cobertura óptima de telefonía celular (siendo muy pocos los sectores de este recinto que les llega una cobertura intermitente).

Con el desarrollo de este proyecto que específicamente se refiere a realizar una simulación a través de un software para comparar el estado actual (sin cobertura) y el posible escenario (con cobertura), permitirá establecer una toma de decisiones para que en un futuro pueda implementarse una estación de cobertura de telefonía celular que permita un crecimiento socioeconómico de la población.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Elaborar el diseño y simulación de una estación base para su integración de telefonía celular utilizando tecnologías 3G y 4G en el recinto Cabuyal del cantón Santa Lucía perteneciente a la provincia del Guayas.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Conocer el estado actual de la cobertura de telefonía inalámbrica en el recinto Cabuyal perteneciente al cantón Santa Lucía.
- Realizar la simulación de cobertura 3G en el recinto Cabuyal para conocer la funcionalidad de la misma.
- Presentar un esquema de la viabilidad técnica y financiera de una propuesta de implantación de una estación base operadora, estimando la capacidad de servicios de datos.

2. Capítulo II

Fundamentación Teórica

2.1. Marco teórico

En telecomunicaciones, la cobertura de una estación de radio es el área geográfica donde la estación puede comunicarse. Las empresas de radiodifusión y telecomunicaciones suelen producir mapas de cobertura para indicar a los usuarios el área de servicio prevista de la estación.

La cobertura depende de varios factores, como la orografía (es decir, las montañas) y los edificios, la tecnología, la radiofrecuencia y quizás lo más importante para las telecomunicaciones bidireccionales, la sensibilidad y la eficiencia de transmisión del equipo de consumo. Algunas frecuencias proporcionan una mejor cobertura regional, mientras que otras frecuencias penetran mejor a través de obstáculos, como edificios en ciudades (Saigí, 2017)

La capacidad de un teléfono móvil para conectarse a una estación base depende de la intensidad de la señal. Eso puede verse impulsado por transmisiones de mayor potencia, mejores antenas, mástiles de antena más altos o soluciones alternativas como pico células en edificios.

Las señales normales de macro células deben potenciarse para pasar a través de edificios, lo cual es un problema particular al diseñar redes para grandes áreas metropolitanas con rascacielos modernos, de ahí el impulso actual para celdas pequeñas y micro y pico celdas (Sagñay, 2018)

Las señales tampoco viajan a gran profundidad, por lo que se utilizan soluciones de transmisión especializadas para brindar cobertura de telefonía móvil en áreas como estacionamientos y trenes subterráneos.

Un notificador de cobertura es un dispositivo que emite un pitido (o vibra) cuando se encuentra en una zona que carece de cobertura (punto blanco). Esto es fundamental para los servicios críticos (seguridad, emergencia, etc.).

Cuando el usuario va a un área cubierta, el noticiero deja de emitir pitidos. De manera similar, los mapas de cobertura se utilizan a menudo para visualizar la cobertura, estos son producidos por las propias redes y por empresas independientes (Cruz, 2018)

Los notificadores de cobertura también se pueden integrar en un teléfono móvil y existen varias aplicaciones para mostrar mapas de cobertura en los dispositivos.

Una red celular o red móvil es una red de comunicación donde el último enlace es inalámbrico. La red se distribuye sobre áreas terrestres llamadas "células", cada una de las cuales cuenta con al menos un transceptor de ubicación fija, pero más normalmente, tres sitios de células o estaciones transceptoras base.

Estas estaciones base proporcionan a la celda la cobertura de red que se puede utilizar para la transmisión de voz, datos y otros tipos de contenido. Una celda generalmente usa un conjunto diferente de frecuencias de las celdas vecinas, para evitar interferencias y brindar una calidad de servicio garantizada dentro de cada celda (Guingla, 2018)

Cuando se unen, estas celdas brindan cobertura de radio en un área geográfica amplia. Esto permite que numerosos transceptores portátiles (por ejemplo, teléfonos móviles, tabletas y computadoras portátiles equipados con módems de banda ancha móvil, buscapersonas, etc.) se comuniquen entre sí y con transceptores y teléfonos fijos en cualquier parte de la red, a través de estaciones base, incluso si algunos de los transceptores se mueven a través de más de una celda durante la transmisión.

Las redes móviles ofrecen una serie de características deseables:

- Más capacidad que un solo transmisor grande, ya que la misma frecuencia se puede usar para múltiples enlaces siempre que estén en diferentes celdas
- Los dispositivos móviles usan menos energía que con un solo transmisor o satélite, ya que las torres de telefonía celular están más cerca
- Área de cobertura más grande que un solo transmisor terrestre, ya que se pueden agregar torres celulares adicionales de manera indefinida y no están limitadas por el horizonte

Los principales proveedores de telecomunicaciones han desplegado redes celulares de voz y datos en la mayor parte de la superficie terrestre habitada de la Tierra (Villamil & Guarda, 2019)

Esto permite que los teléfonos móviles y los dispositivos informáticos móviles se conecten a la red telefónica pública conmutada y a la Internet pública. Las redes celulares privadas se pueden utilizar para investigación o para grandes organizaciones y flotas, como el envío para agencias de seguridad pública locales o una compañía de taxis.

En un sistema de radio celular, un área terrestre que debe recibir servicio de radio se divide en celdas en un patrón que depende del terreno y las características de recepción. Estos patrones de celda toman aproximadamente la forma de formas regulares, como hexágonos, cuadrados o círculos, aunque las celdas hexagonales son convencionales (Luna, 2018)

A cada una de estas celdas se le asignan múltiples frecuencias que tienen estaciones base de radio correspondientes. El grupo de frecuencias se puede reutilizar en otras celdas, siempre que las mismas frecuencias no se reutilicen en celdas adyacentes, lo que causaría interferencia cocanal.

El aumento de capacidad en una red celular, en comparación con una red con un solo transmisor, proviene del sistema de conmutación de comunicaciones móviles desarrollado por Amos Joel de Bell Labs que permitía que varias personas que llamaban en un área determinada usaran la misma frecuencia mediante la conmutación de llamadas. a la torre celular disponible más cercana que tenga esa frecuencia disponible (Guerra, 2017)

Esta estrategia es viable porque una frecuencia de radio determinada se puede reutilizar en un área diferente para una transmisión no relacionada. Por el contrario, un solo transmisor solo puede manejar una transmisión para una frecuencia determinada. Inevitablemente, existe cierto nivel de interferencia de la señal de las otras celdas que usan la misma frecuencia.

En consecuencia, debe haber al menos un espacio de celda entre las celdas que reutilizan la misma frecuencia en un sistema estándar de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA).

Considere el caso de una empresa de taxis, donde cada radio tiene una perilla selectora de canales operada manualmente para sintonizar diferentes frecuencias. A medida que los conductores se mueven, cambian de un canal a otro.

Los conductores saben qué frecuencia cubre aproximadamente un área. Cuando no reciben señal del transmisor, prueban otros canales hasta encontrar uno que funcione. Los taxistas solo hablan uno a la vez cuando son invitados por el operador de la estación base (Hernández, 2018)

2.1.1. Codificación de la señal celular

Para distinguir señales de varios transmisores diferentes, acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA, utilizado por sistemas analógicos y D-AMPS [cita requerida]), acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, utilizado por GSM) y acceso múltiple por división de código (CDMA, utilizado por primera vez para PCS, y la base de 3G) se desarrollaron.

Con FDMA, las frecuencias de transmisión y recepción utilizadas por diferentes usuarios en cada celda son diferentes entre sí. A cada llamada celular se le asignó un par de frecuencias (una de base a móvil, la otra de móvil a base) para proporcionar una operación de dúplex completo (Miranda, 2018)

Los sistemas AMPS originales tenían 666 pares de canales, 333 cada uno para el sistema CLEC "A" y el sistema ILEC "B". La cantidad de canales se amplió a 416 pares por portadora, pero en última instancia, la cantidad de canales de RF limita la cantidad de llamadas que un sitio celular puede manejar.

Tenga en cuenta que FDMA es una tecnología familiar para las compañías telefónicas, que utilizaron multiplexación por división de frecuencia para agregar canales a sus plantas de línea fija punto a punto antes de que la multiplexación por división de tiempo hiciera obsoleta la FDM (Guerra, 2017)

Con TDMA, los intervalos de tiempo de transmisión y recepción utilizados por diferentes usuarios en cada celda son diferentes entre sí. TDMA generalmente usa señalización digital para almacenar y enviar ráfagas de datos de voz que se ajustan en segmentos de tiempo para la transmisión y se expanden en el extremo receptor para producir una voz con un sonido algo normal en el receptor (Roa, 2017)

TDMA debe introducir latencia (retardo de tiempo) en la señal de audio. Siempre que el tiempo de latencia sea lo suficientemente corto como para que el audio retardado no se escuche como un eco, no es problemático.

TDMA es una tecnología familiar para las compañías telefónicas, que utilizaban multiplexación por división de tiempo para agregar canales a sus plantas de línea fija punto a punto antes de que la conmutación de paquetes dejara obsoleta la FDM (Luna, 2018)

Otros métodos disponibles de multiplexación como MIMO, una versión más sofisticada de la diversidad de antenas, combinada con la formación de haces activa proporciona una capacidad de multiplexación espacial mucho mayor en comparación con las células AMPS originales, que normalmente solo se dirigían a uno a tres espacios únicos (Guingla, 2018)

La implementación masiva de MIMO permite una reutilización de canales mucho mayor, lo que aumenta la cantidad de suscriptores por sitio celular, un mayor rendimiento de datos por usuario o alguna combinación de los mismos. Los módems de modulación de amplitud en cuadratura (QAM) ofrecen un número creciente de bits por símbolo, lo que permite más usuarios por mega Hertz de ancho de banda (y decibeles de SNR), mayor rendimiento de datos por usuario o alguna combinación de los mismos (Hernández, 2018)

2.1.2. Antenas direccionales

Las torres de telefonía móvil utilizan con frecuencia una señal direccional para mejorar la recepción en áreas de mayor tráfico. Se limita las señales de torres celulares omnidireccionales a 100 vatios de potencia. Si la torre tiene antenas direccionales, la FCC permite al operador de la celda transmitir hasta 500 vatios de potencia radiada efectiva (Guerra, 2017)

Aunque las torres celulares originales creaban una señal uniforme y omnidireccional, estaban en el centro de las celdas y eran omnidireccionales, se puede volver a dibujar un mapa celular con las torres de telefonía celular ubicadas en las esquinas de los hexágonos donde convergen tres celdas.

Cada torre tiene tres juegos de antenas direccionales dirigidas en tres direcciones diferentes con 120 grados para cada celda (totalizando 360 grados) y recibiendo / transmitiendo en tres celdas diferentes a diferentes frecuencias. Esto proporciona un mínimo de tres canales y tres torres para cada celda y aumenta en gran medida las posibilidades de recibir una señal utilizable desde al menos una dirección.

Los números de la ilustración son números de canal, que se repiten cada 3 celdas. Las celdas grandes se pueden subdividir en celdas más pequeñas para áreas de gran volumen (Miranda, 2018)

Las empresas de telefonía móvil también utilizan esta señal direccional para mejorar la recepción a lo largo de las carreteras y en el interior de edificios como estadios y arenas.

2.1.3. Difusión de mensajes y buscapersonas

Prácticamente todos los sistemas celulares tienen algún tipo de mecanismo de transmisión. Esto se puede utilizar directamente para distribuir información a varios móviles. Comúnmente, por ejemplo, en los sistemas de telefonía móvil, el uso más importante de la información de transmisión es establecer canales para la comunicación uno a uno entre el transceptor móvil y la estación base. Esto se llama paginación. Los tres procedimientos de búsqueda diferentes generalmente adoptados son la búsqueda secuencial, paralela y selectiva (Sagñay, 2018)

Los detalles del proceso de búsqueda varían algo de una red a otra, pero normalmente conocemos un número limitado de celdas donde se encuentra el teléfono (este grupo de celdas se denomina Área de ubicación en el sistema GSM o UMTS, o Área de enrutamiento si se la sesión de paquetes de datos está involucrada; en LTE, las células se agrupan en áreas de seguimiento).

La búsqueda se realiza enviando el mensaje de difusión a todas esas celdas. Los mensajes de búsqueda se pueden utilizar para la transferencia de información. Esto sucede en buscapersonas, en sistemas CDMA para enviar mensajes SMS y en el sistema UMTS donde permite una baja latencia de enlace descendente en conexiones basadas en paquetes (Sagñay, 2018)

2.1.4. Movimiento de celda a celda y entrega

En un sistema de taxi primitivo, cuando el taxi se alejaba de una primera torre y se acercaba a una segunda torre, el taxista cambiaba manualmente de una frecuencia a otra según fuera necesario. Si la comunicación se interrumpió debido a la pérdida de una señal, el taxista le pidió al operador de la estación base que repitiera el mensaje en una frecuencia diferente.

En un sistema celular, a medida que los transceptores móviles distribuidos se mueven de una celda a otra durante una comunicación continua en curso, la conmutación de una frecuencia de celda a una frecuencia de celda diferente se realiza electrónicamente sin interrupción y sin un operador de estación base o conmutación manual (Hernández, 2018)

Esto se llama traspaso. Normalmente, se selecciona automáticamente un nuevo canal para la unidad móvil en la nueva estación base que le dará servicio. La unidad móvil cambia automáticamente del canal actual al nuevo canal y la comunicación continúa.

Los detalles exactos del movimiento del sistema móvil de una estación base a otra varían considerablemente de un sistema a otro (consulte el ejemplo siguiente para ver cómo gestiona la transferencia una red de telefonía móvil).

2.1.5. Red de telefonía móvil

El ejemplo más común de una red celular es una red de teléfono móvil (teléfono celular). Un teléfono móvil es un teléfono portátil que recibe o realiza llamadas a través de un sitio celular (estación base) o torre de transmisión. Las ondas de radio se utilizan para transferir señales hacia y desde el teléfono celular (Villamil & Guarda, 2019)

Las redes modernas de telefonía móvil utilizan células porque las frecuencias de radio son un recurso compartido limitado. Los sitios y los teléfonos móviles cambian de frecuencia bajo el control de la computadora y utilizan transmisores de baja potencia, de modo que el número normalmente limitado de frecuencias de radio puede ser utilizado simultáneamente por muchas personas que llaman con menos interferencia.

El operador de telefonía móvil utiliza una red celular para lograr tanto cobertura como capacidad para sus abonados. Las grandes áreas geográficas se dividen en celdas más pequeñas para evitar la pérdida de señal en la línea de visión y para admitir una gran cantidad de teléfonos activos en esa área. Todos los sitios celulares están conectados a centrales telefónicas (o conmutadores), que a su vez se conectan a la red telefónica pública (Sagñay, 2018)

En las ciudades, cada sitio celular puede tener un alcance de hasta aproximadamente 1⁄2 milla (0,80 km), mientras que, en las áreas rurales, el alcance podría ser de hasta 5 millas (8,0 km). Es posible que, en áreas despejadas y abiertas, un usuario pueda recibir señales de un sitio celular a 25 millas (40 km) de distancia.

Sin embargo, los teléfonos satelitales son teléfonos móviles que no se comunican directamente con una torre celular en tierra, pero pueden hacerlo indirectamente a través de un satélite.

Hay una serie de tecnologías celulares digitales diferentes, que incluyen: Sistema global para comunicaciones móviles (GSM), Servicio general de radio por paquetes (GPRS), cdmaOne, CDMA2000, Evolución de datos optimizados (EV-DO), Tasas de datos mejoradas para la evolución de GSM (EDGE), Sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS), Telecomunicaciones inalámbricas digitales mejoradas (DECT), AMPS digitales (IS-136 / TDMA) y Red digital mejorada integrada (iDEN) (Miranda, 2018)

2.1.6. Estructura de la red celular de telefonía móvil

Una vista simple de la red de radio móvil celular consta de lo siguiente:

- Red de estaciones base de radio que forman el subsistema de estaciones base.
- La red central de circuitos conmutados para manejar llamadas de voz y texto.
- Una red de conmutación de paquetes para manejar datos móviles
- La red telefónica pública conmutada para conectar a los abonados a la red de telefonía más amplia

Esta red es la base de la red del sistema GSM. Hay muchas funciones que realiza esta red para asegurarse de que los clientes obtengan el servicio deseado, incluida la gestión de movilidad, el registro, el establecimiento de llamadas y el traspaso (Luna, 2018)

Cualquier teléfono se conecta a la red a través de una RBS (estación base de radio) en una esquina de la celda correspondiente que a su vez se conecta al centro de conmutación móvil (MSC). El MSC proporciona una conexión a la red telefónica pública conmutada (PSTN). El enlace de un teléfono al RBS se denomina enlace ascendente, mientras que la otra forma se denomina enlace descendente (Miranda, 2018)

Los canales de radio utilizan eficazmente el medio de transmisión mediante el uso de los siguientes esquemas de multiplexación y acceso: acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), acceso múltiple por división de código (CDMA) y acceso múltiple por división de espacio (SDMA) (Roa, 2017)

2.1.7. Cobertura media

Las celdas pequeñas, que tienen un área de cobertura más pequeña que las estaciones base, se clasifican de la siguiente manera:

- Micro célula -> menos de 2 kilómetros,
- Picocell -> menos de 200 metros,
- Femtocell -> alrededor de 10 metros,
- Attocell -> 1-4 metros

2.1.8. Traspaso celular en redes de telefonía móvil

A medida que el usuario del teléfono se mueve de un área de celda a otra mientras hay una llamada en curso, la estación móvil buscará un nuevo canal al que conectarse para no interrumpir la llamada. Una vez que se encuentra un nuevo canal, la red ordenará a la unidad móvil que cambie al nuevo canal y, al mismo tiempo, cambie la llamada al nuevo canal (Saigí, 2017)

Con CDMA, varios teléfonos CDMA comparten un canal de radio específico. Las señales se separan mediante un código de pseudorruido (código PN) que es específico para cada teléfono. A medida que el usuario se mueve de una celda a otra, el teléfono establece enlaces de radio con múltiples sitios de celda (o sectores del mismo sitio) simultáneamente. Esto se conoce como "transferencia suave" porque, a diferencia de la tecnología celular tradicional, no hay un punto definido en el que el teléfono cambie a la nueva celda (Roa, 2017)

En traspasos de Inter frecuencia IS-95 y sistemas analógicos más antiguos como NMT, normalmente será imposible probar el canal de destino directamente mientras se comunica. En este caso, se deben utilizar otras técnicas como balizas piloto en IS-95. Esto significa que casi siempre hay una breve interrupción en la comunicación mientras se busca el nuevo canal seguido del riesgo de un regreso inesperado al antiguo canal.

Si no hay comunicación en curso o la comunicación puede interrumpirse, es posible que la unidad móvil se mueva espontáneamente de una celda a otra y luego notifique a la estación base con la señal más fuerte (Villamil & Guarda, 2019)

2.1.9. Elección de frecuencia celular en redes de telefonía móvil

El efecto de la frecuencia en la cobertura celular significa que diferentes frecuencias sirven mejor para diferentes usos. Las frecuencias bajas, como 450 MHz NMT, sirven muy bien para cobertura en el campo. GSM 900 (900 MHz) es una solución adecuada para cobertura urbana ligera. GSM 1800 (1.8 GHz) comienza a estar limitado por muros estructurales. UMTS, a 2,1 GHz, es bastante similar en cobertura a GSM 1800.

Las frecuencias más altas son una desventaja cuando se trata de cobertura, pero es una ventaja decidida cuando se trata de capacidad. Pico celdas, cubriendo p. Ej. un piso de un edificio, se hace posible, y la misma frecuencia se puede usar para celdas que son prácticamente vecinas (Cruz, 2018)

El área de servicio de la celda también puede variar debido a la interferencia de los sistemas de transmisión, tanto dentro como alrededor de esa celda. Esto es especialmente cierto en los sistemas basados en CDMA. El receptor requiere una cierta relación señal-ruido, y el transmisor no debe enviar con una potencia de transmisión demasiado alta para no causar interferencia con otros transmisores (Hernández, 2018)

A medida que el receptor se aleja del transmisor, la potencia recibida disminuye, por lo que el algoritmo de control de potencia del transmisor aumenta la potencia que transmite para restaurar el nivel de potencia recibida. A medida que la interferencia (ruido) se eleva por encima de la potencia recibida del transmisor, y la potencia del transmisor ya no puede aumentarse, la señal se corrompe y finalmente se vuelve inutilizable (Miranda, 2018)

En los sistemas basados en CDMA, el efecto de la interferencia de otros transmisores móviles en la misma celda en el área de cobertura es muy marcado y tiene un nombre especial, respiración celular.

Se pueden ver ejemplos de cobertura celular al estudiar algunos de los mapas de cobertura proporcionados por operadores reales en sus sitios web o al mirar mapas de fuentes colaborativas independientes como Pensional o CellMapper. En ciertos casos, pueden marcar el sitio del transmisor, en otros, se puede calcular calculando el punto de cobertura más fuerte (Roa, 2017)

Se utiliza un repetidor celular para extender la cobertura celular a áreas más grandes. Van desde repetidores de banda ancha para uso del consumidor en hogares y oficinas hasta repetidores inteligentes o digitales para necesidades industriales (Saigí, 2017)

El uso de dispositivos móviles está aumentando rápidamente, con dispositivos como Samsung, iPhone y G1 que brindan una amplia variedad de servicios, incluida la comunicación (por ejemplo, voz, SMS, correo electrónico), acceso a Internet (navegación web) y navegación por satélite. (GPS).

Estos avances tecnológicos crean nuevas oportunidades para los delincuentes al tiempo que brindan valiosas fuentes de evidencia. Los traficantes de drogas y los delincuentes organizados dependen en gran medida de teléfonos celulares prepagos de bajo costo que son esencialmente anónimos y desechables.

Las investigaciones de redes móviles también se realizan comúnmente para "delitos convencionales", a menudo centrándose en información de ubicación, registros de llamadas telefónicas, impresiones de mensajes SMS y metadatos asociados (Luna, 2018)

Un dispositivo móvil se define generalmente como cualquier instrumento que puede conectarse y operar en una red móvil, incluidos teléfonos celulares, módems inalámbricos y buscapersonas. Aunque una cantidad significativa de evidencia digital útil asociada con dispositivos móviles como teléfonos celulares se almacena en la memoria flash incorporada

En comparación con la amplia variedad de dispositivos móviles, las tecnologías de red de apoyo son razonablemente consistentes. Las redes móviles centrales tienen componentes similares, el proveedor de servicios de red (NSP) mantendrá registros de uso y facturación, y los investigadores pueden interceptar el tráfico de la red desde dispositivos móviles.

Por lo tanto, es útil para los investigadores comprender las tecnologías de red subyacentes, los tipos de datos que pueden existir en las redes móviles y los enfoques para recopilar y analizar estas fuentes de evidencia digital (Guingla, 2018)

2.1.10. Beneficios de las redes celulares

Las redes celulares se utilizan cada vez más para algo más que llamadas de voz. La mejora de los teléfonos móviles y el aumento de la velocidad de transferencia de datos de las redes han dado como resultado el desarrollo de una gama de teléfonos móviles sofisticados o "teléfonos inteligentes" y computadoras de mano, tabletas y otros dispositivos móviles.

2.1.11. Tecnologías de redes celulares

Las tecnologías conectadas con los servicios de telefonía celular incluyen:

- 4G: los servicios de transmisión de datos de cuarta generación ofrecen altas velocidades de datos equivalentes a las redes rápidas de banda ancha
- 3G: los servicios de transmisión de datos de tercera generación ofrecen velocidades de datos rápidas equivalentes a las redes de banda ancha estándar
- Sistema de posicionamiento global (GPS): permite ubicar con precisión la posición de un dispositivo.
- servicio de mensajes cortos (SMS): mensajes de texto
- Servicios de mensajería multimedia (MMS): permite enviar y recibir otras comunicaciones, como imágenes, audio y video.
- sistema global para comunicaciones móviles (GSM) / servicio general de radio por paquetes (GPRS) - servicios de transmisión de datos transportados a través de redes celulares

La más nueva, la quinta generación de conectividad a Internet móvil, o 5G, aún está en su infancia. Se basa en la nueva tecnología de radio que se ejecuta en frecuencias más altas y promete velocidades de carga y descarga de datos mucho más rápidas, una cobertura más amplia y conexiones más estables. Sin embargo, por ahora, su función principal es aumentar la capacidad de las redes 4G existentes en lugar de reemplazarlas (Miranda, 2018).

2.1.12. ¿Qué pueden hacer las redes celulares?

Las tecnologías celulares ofrecen formas adicionales para la conexión en red de dispositivos móviles. La cobertura mundial de las redes celulares significa que tales instalaciones a menudo están disponibles en lugares donde otros tipos de redes, como las redes de área local (LAN) y las LAN inalámbricas, no pueden llegar. Como resultado, puede utilizar estas tecnologías junto con las WLAN como un medio de "roaming": mantener el contacto mientras viaja.

2.1.13. Tecnología móvil

Los teléfonos inteligentes y otros dispositivos móviles brindan a los trabajadores acceso a Internet, aplicaciones comerciales móviles, pedidos inalámbricos, facturación y compras en línea, cuentas de correo electrónico y otros servicios. Esto les da una flexibilidad mucho mayor, lo que les permite seguir trabajando de forma remota. Más información sobre tecnología móvil.

Las redes 3G / 4G / 5G ofrecen una transferencia de datos más rápida y permiten el desarrollo de más aplicaciones comerciales en tiempo real basadas en teléfonos (Miranda, 2018)

Aunque los servicios de datos GSM y GPRS seguirán estando disponibles durante muchos años, las velocidades de datos más rápidas disponibles con 4G y 5G significan que ofrecen un servicio más atractivo y, con el tiempo, reemplazarán a los otros dos servicios.

2.1.14. Desventajas de la tecnología celular

Si bien la tecnología celular puede ofrecer a las empresas muchos beneficios, es importante tener en cuenta los posibles inconvenientes. Por ejemplo:

- Los costos de los paquetes de los operadores de red y los teléfonos varían enormemente.
- Los servicios de datos pueden ser inicialmente costosos de usar, especialmente para la transmisión de medios enriquecidos.

- Las velocidades de la red móvil no han aumentado tan rápido como se predijo.

El tremendo crecimiento de Internet móvil, con más de 11 mil millones de dispositivos conectados para 2020, y sus implicaciones económicas, han motivado varios informes. Y, sin embargo, todavía no comprendemos el impacto de las redes celulares en todo el mundo (Hernández, 2018)

Hay un número de razones para esto. Para empezar, actualmente es un desafío saber si una dirección IP en particular proviene de un usuario de teléfono celular o fijo.

En gran parte del mundo, los usuarios de celulares residen en redes que combinan clientes de telefonía celular y de línea fija, lo que complica cualquier intento sencillo de identificación.

Conocer un tipo de dispositivo (teléfono inteligente o tableta) tiene un valor limitado ya que la mayoría de los dispositivos móviles tienen múltiples interfaces y los usuarios tienden a descargar el tráfico celular a WiFi cuando está disponible.

Y aunque los dispositivos instrumentados o los datos recopilados del núcleo de un operador de red podrían proporcionar información detallada sobre el uso de la red celular, se ha demostrado que escalar este tipo de estudios es difícil.

Una comprensión integral del acceso celular tiene una amplia gama de aplicaciones para diferentes partes interesadas en Internet. Para los proveedores de contenido y las redes de distribución, la identificación de la tecnología de acceso ayudaría a diagnosticar y abordar los problemas de rendimiento en la naturaleza (Hernández, 2018)

Los investigadores y operadores podrían comprender mejor cómo se utilizan las redes en todo el mundo e identificar tendencias potenciales, mientras que los responsables de la formulación de políticas podrían tener una base estadística más sólida para las decisiones de inversión.

2.1.15. Identificación de redes celulares

La API de información de red permite que las aplicaciones web accedan a información sobre la conexión de red subyacente que utiliza el dispositivo. Si bien no es un estándar W3C, se implementa en varios navegadores móviles populares, sobre todo en el WebKit nativo de Android, Chrome para Android (a partir de la versión 38) y Firefox Mobile (Luna, 2018)

Esta API revela el tipo de conexión que el sistema está usando para comunicarse con la red (por ejemplo, celular, Bluetooth, Ethernet y WiFi) y admite cambios de red de monitoreo. La conectividad se obtiene del navegador, que llama al sistema operativo subyacente para obtener información sobre las interfaces de red activas o para detectar cambios en la conectividad de la red.

Se usa información de conectividad recopilada por balizas de JavaScript, parte del sistema de monitoreo de usuarios reales (RUM) de la CDN. Los registros también incluyen información como el tiempo y la información de carga de la página obtenida de la instrumentación del navegador (la API de tiempo de recursos), y la información de los clientes, como las direcciones IP.

Usando el tipo de conectividad de la API de información de red, etiquetamos cada entrada en este registro como celular o no celular, y usamos esto para calcular una proporción celular para cada / 24 y / 48 CIDR muestreados.

La proporción calculada representa la fracción de una subred determinada que proviene de accesos celulares sobre el número total de accesos habilitados para la interfaz de red para esa subred (Cruz, 2018)

2.1.16. La forma y el papel de las redes celulares

La mayoría de las redes celulares son mixtas y albergan a clientes de banda ancha de línea fija y celular. Dada su prevalencia, los esfuerzos de caracterización de redes deben tener en cuenta la composición tecnológica de las redes estudiadas.

La demanda celular está centralizada en unas pocas redes grandes (los 10 principales AS celulares representan el 38% de la demanda global) y dentro de estas redes el tráfico celular se concentra en una pequeña fracción de las direcciones IP.

Si bien las cinco principales economías por sí solas representan el 55,7% de la demanda mundial de tráfico celular, en la mayoría de estas economías, la conectividad celular proporciona un servicio complementario. Esto contrasta claramente con economías como la República Democrática Popular Lao y Ghana, que son responsables de una fracción muy pequeña del tráfico mundial, pero donde la telefonía celular captura el 87% y el 95,9%, respectivamente, de la demanda económica general (Guerra, 2017)

El creciente papel clave de las redes celulares para proporcionar conectividad a Internet en muchos lugares del mundo justifica que se consideren tales redes como parte de la infraestructura crítica de estas economías.

2.1.17. Telecomunicaciones: Una Definición En Evolución

Antes de la aparición de Internet y otras redes de datos, las telecomunicaciones tenían un significado claro: el teléfono (y antes el telégrafo) era una aplicación de tecnología que permitía a las personas comunicarse a distancia por voz (y antes mediante señales electrónicas codificadas), y El servicio telefónico fue proporcionado por la red telefónica pública conmutada (PSTN).

Gran parte de la red estadounidense era propiedad de American Telephone & Telegraph (AT&T) y la operaba; el resto estaba formado por empresas independientes más pequeñas, incluidas algunas atendidas por GTE (Roa, 2017)

Luego, en la década de 1960, los servicios de fax y datos se superpusieron en la PSTN, agregando la capacidad de comunicar documentos y datos a distancia; las aplicaciones todavía se consideraban telecomunicaciones porque permitían nuevos tipos de comunicación a distancia que también se transmitían a través de la PSTN.

Hoy en día, los consumidores piensan en las telecomunicaciones en términos de productos y servicios. A partir de la decisión de Carterphone de la Comisión Federal de Comunicaciones en 19681, se ha vuelto permisible y cada vez más común que los consumidores compren aplicaciones o equipos de telecomunicaciones como productos y servicios (Roa, 2017)

Por ejemplo, una red de área local WiFi propiedad del cliente e instalada por el cliente puede ser el primer enlace de acceso que admita un servicio de protocolo de voz sobre Internet (VoIP), y un consumidor puede comprar un paquete de software VoIP e instalarlo en su propiedad personal. y una computadora personal operada que se conecta a Internet a través de un proveedor de servicios de Internet.

Las tecnologías utilizadas para las telecomunicaciones han cambiado mucho en los últimos 50 años. Con el poder de la investigación sobre semiconductores y electrónica digital en la industria de las telecomunicaciones, las representaciones analógicas de voz, imágenes y video han sido suplantadas por representaciones digitales (Roa, 2017)

La mayor consecuencia ha sido que todos los tipos de medios pueden representarse en la misma forma básica (es decir, como un flujo de bits) y, por lo tanto, manejarse de manera uniforme dentro de una infraestructura común (más comúnmente como protocolos de Internet o IP, flujos de datos).

Posteriormente, la conmutación de circuitos se complementó con la conmutación de paquetes y es probable que finalmente sea suplantada por ella. Por ejemplo, la

telefonía ahora se transporta de forma rutinaria en varios lugares de la red por Internet (usando VoIP) y redes de cable. Así como la PSTN está dentro del alcance de las telecomunicaciones, también lo está una red de televisión por cable o de Internet que lleva una aplicación de telefonía de sustitución directa (Roa, 2017)

2.1.18. La industria de las telecomunicaciones

Al igual que las telecomunicaciones en sí, la industria de las telecomunicaciones es más amplia de lo que era en el pasado. Abarca múltiples proveedores de servicios, incluidas compañías telefónicas, operadores de sistemas de cable, proveedores de servicios de Internet, operadores inalámbricos y operadores de satélite.

La industria actual incluye aplicaciones basadas en software con énfasis en las comunicaciones y capas intermedias de software incorporadas en los servicios de comunicación de un extremo a otro. También incluye proveedores de equipos de telecomunicaciones y productos de software vendidos directamente a los consumidores y también a los proveedores de servicios, así como a los propios proveedores de servicios de telecomunicaciones (Sagñay, 2018)

Incluye empresas que venden componentes o propiedad intelectual predominantemente de tipo comunicación, incluidos conjuntos de chips de circuitos integrados para teléfonos móviles y módems de línea de abonado digital y de cable (DSL).

Ya no es un negocio integrado verticalmente, la industria de las telecomunicaciones está habilitada por una compleja cadena de valor que incluye proveedores, proveedores de servicios y usuarios. La cadena de valor de las telecomunicaciones comienza con componentes básicos como chips semiconductores y software.

Estos componentes, a su vez, se incorporan a equipos e instalaciones que adquieren los proveedores de servicios y los usuarios. Los proveedores de servicios, a su vez, construyen redes para vender servicios de telecomunicaciones a los usuarios finales.

Los usuarios finales incluyen personas que se suscriben a servicios como telefonía (fijo y celular) y acceso a Internet de banda ancha, empresas y organizaciones que contratan redes de comunicaciones internas y empresas y organizaciones que operan sus propias redes (Saigí, 2017)

Algunas organizaciones importantes de usuarios finales también pasan por alto a los proveedores de servicios y compran, suministran y operan sus propios equipos y software, como una red de área local corporativa (LAN) o un sistema de información de campo de batalla militar de EE. UU.

Los proveedores de software participan en múltiples puntos de la cadena de valor, vendiendo directamente no solo a los proveedores de equipos sino también a los proveedores de servicios (por ejemplo, sistemas de soporte operativo) y a los usuarios finales (por ejemplo, varias aplicaciones basadas en PC para las comunicaciones a través de Internet).

2.1.19. Importancia de una estación de cobertura celular

Un teléfono celular no es más que una radio. Es una radio compleja, pero sigue siendo una radio. Para comprender realmente la forma en que funciona un teléfono celular, debemos discutir parte de la historia de los teléfonos celulares por un momento. A principios de la década de 1950, los teléfonos móviles con radio eran tan comunes como el control de crucero en los automóviles posteriores a la Segunda Guerra Mundial (Sagñay, 2018)

En áreas urbanas seleccionadas, había grandes antenas centrales que fueron asignadas específicamente para estos radioteléfonos. Cada automóvil que tenía un radioteléfono requería una gran antena que pudiera transmitir al menos 40 o 50 millas.

Dado que la tecnología de radio en sí estaba solo en la fase de construcción, solo unos 25 canales estaban disponibles para uso privado. Entonces, básicamente, solo 25 personas podrían estar hablando por sus teléfonos de radio al mismo tiempo (Roa, 2017)

La solución a este problema fue dividir cada ciudad en pequeñas divisiones o "células". La tecnología detrás de las células ha cambiado drásticamente a lo largo de los años, al igual que los teléfonos móviles, pero ahora la mayoría de las células estándar tienen un tamaño de aproximadamente 10 millas cuadradas. Suelen tener la forma de un hexágono. Hoy en día, cada celda individual tiene su propia estación base, en lugar de solo una para toda la ciudad.

Y ahora los teléfonos móviles están hechos para ser transmisores de baja potencia (ya sea de 0,3 vatios o 6 vatios), que es una potencia mucho menor que en décadas pasadas. Esto significa que se puede usar la misma frecuencia en la misma ciudad, al mismo tiempo, pero en diferentes celdas (Miranda, 2018)

No ha cambiado mucho desde entonces y la infraestructura / arquitectura celular básica sigue siendo la misma. Esencialmente es un área que se divide en celdas, servicios y se conectan entre sí mediante una colección de transceptores, controladores, conmutadores, enrutadores y registros. Algunos de los componentes principales y cómo funcionan se proporcionan a continuación:

Equipo móvil (ME): se refiere al teléfono físico en sí. El teléfono debe poder funcionar en una red celular. Los teléfonos más antiguos funcionan con una sola banda. Los teléfonos más nuevos son de banda dual, triple banda e incluso cuádruple. Un teléfono de cuatro bandas tiene la capacidad técnica para operar en cualquier red del mundo.

Cada teléfono está identificado de forma única por el número de identidad internacional de equipo móvil (IMEI). El fabricante graba este número en el teléfono. El IMEI generalmente se puede encontrar quitando la batería del teléfono y leyendo el panel en el compartimento de la batería (Guingla, 2018)

Estación transceptora base (BTS): en realidad, es la antena que ve instalada en la parte superior de la torre. El BTS es el punto de acceso del teléfono móvil a la red. Es el encargado de realizar las comunicaciones por radio entre la red y el Teléfono Móvil. Maneja la codificación de voz, el cifrado, la multiplexación (TDMA) y la modulación / demodulación de las señales de radio.

Un BTS generalmente cubre un solo sector de 120 grados de un área. Por lo general, una torre con 3 BTS se adaptará a los 360 grados alrededor de la torre. Sin embargo, dependiendo de la geografía y la demanda de los usuarios de un área, una celda puede dividirse en uno o dos sectores, o una celda puede recibir servicio de varias BTS con cobertura de sector redundante. A un BTS se le asigna una identidad de celda. La identidad de la celda denota un área de ubicación particular, que proporciona detalles de la celda que cubre la BTS.

¿Qué es una celda? Una estación base (transmisor) que tiene varios canales de RF se llama celda. Cada celda cubre un número limitado de abonados móviles dentro de los límites de la celda (área de cobertura). Aproximadamente un radio de celda es de 30 km, (puesta en marcha), 1 KM (maduro).

Tamaño y capacidad de celda: el tamaño de celda determina la cantidad de celdas disponibles para cubrir el área geográfica y (con la reutilización de frecuencia) la capacidad total disponible para todos los usuarios. Capacidad dentro de la celda limitada por el ancho de banda disponible y los requisitos operativos. Cada operador de red tiene que dimensionar las celdas para manejar la demanda de tráfico esperada (Cruz, 2018)

Controlador de estación base (BSC): el BSC controla múltiples BTS. Maneja la asignación de canales de radio, la administración de frecuencias, las mediciones de potencia y señal de la MS y las transferencias de una BTS a otra (si ambas BTS están controladas por el mismo BSC).

Un BSC también funciona como un "canalizador". Reduce el número de conexiones al Centro de conmutación móvil (MSC) y permite conexiones de mayor capacidad al

MSC. Un BSC puede estar ubicado con un BTS o puede estar separado geográficamente. Incluso puede estar ubicado con el Centro de conmutación móvil (MSC) (Guerra, 2017)

Centro de conmutación móvil (MSC): el MSC es el corazón de la red GSM. Maneja el enrutamiento de llamadas, la configuración de llamadas y las funciones básicas de conmutación. Un MSC maneja múltiples BSC y también interactúa con otros MSC y registros. También maneja traspasos entre BSC, así como coordina con otros MSC para traspasos entre MSC.

2.2. Diseño de la estación base remota (RBS)

Para el diseño de una estación base remota (RBS) como primer paso se debe identificar los componentes primordiales que conforma dicha acción, siendo esta la estación de telefonía celular. Para este diseño, se amerita de dos divisiones o dos sistemas:

Primera. – Relacionado a la energía AC y DC, con el respaldo correspondiente en cada tipo de energía que interviene en el funcionamiento de la RBS.

Segunda. – Formado por un sistema de radiocomunicaciones, encargado de la ganancia, procesamiento y envío de información precisa. Abasteciendo la llamada de voz, mensajes de texto y demás servicios que otorga una red 3G y 4G, para así proveer cobertura a los sectores que no cuentan de los servicios que ofrece la telefonía celular.

En la siguiente figura se muestra la estructura que posee o genera la estación base remota:

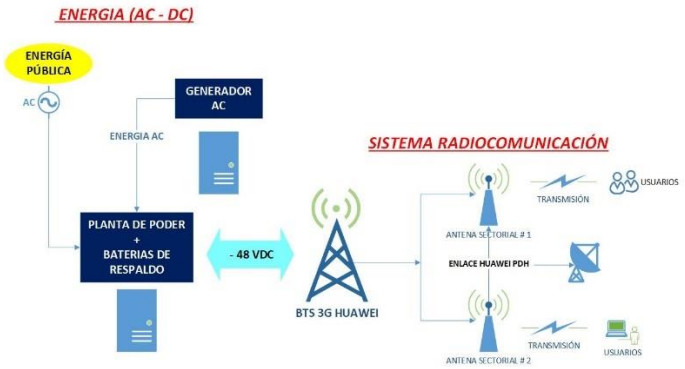


Figura 2.1. Diagrama de la estación RBS

Fuente: Los Autores

Adicional para realizar la comunicación entre la estación de cobertura celular con la Central Telefónica se utilizará un enlace microondas de jerarquía PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona).

2.3. Grupo electrógeno

Un grupo electrógeno es un aparato o un dispositivo que contiene un generador eléctrico, que funciona con un motor a combustión interna, su función es suplir o suministrar electricidad cuando falle el sistema o la red eléctrica, por lo cual con lleva de un motor a Diesel y también un alternador ambos hechos en una base junto a varios aparatos o equipos los cuales cumple con la función principal de respaldo o backup de energía (Lacoste & Corti, 2011).

2.3.1. Componentes de un grupo electrógeno

- **Motor**

Es un componente básico de los generadores, porque es él que transforma el combustible en la energía que alimenta el alternador. Por lo tanto, tiene la capacidad de contribuir a la mejora del rendimiento del grupo electrógeno (Andrino, 2016).

- **Alternador**

Este componente se encarga de generar la energía eléctrica. Acoplado al motor, aprovecha la energía generada por éste para producir electricidad. Por ende, es necesario definir la finalidad y las condiciones de la instalación a alimentar para seleccionar adecuadamente el alternador a elegir para el generador (Andrino, 2016).

- **Panel de control**

Considerado como el "cerebro" del grupo electrógeno, el panel de control es la unidad responsable de su supervisión y protección. En el caso de los generadores Grupel, puede encontrarse en el chasis en las versiones abiertas, o en la carrocería en las versiones insonorizadas (Andrino, 2016).

- **Carrocería**

Este componente consiste en una placa de protección que puede ser de acero, acero inoxidable o aluminio, y que protege al grupo electrógeno contra las condiciones

climáticas adversas, a la vez que reduce la emisión de ruido al exterior (GRUPEL, 2020).

- **Cuadro de conmutación**

Este equipo realiza la conmutación entre la fuente principal (normalmente la red) y la fuente secundaria (normalmente el grupo). De funcionamiento automático, también se utiliza para conectar generadores que trabajan en alternancia. Se recomienda instalar el cuadro de conmutación cuando el grupo electrógeno funciona en régimen de emergencia (Andrino, 2016).

- **Chasis**

Se trata de una estructura de acero con sistema anti vibratorio que soporta el grupo y puede servir para elevarlo mediante carretilla elevadora. (GRUPEL, 2020)

Para el presente proyecto se necesitará un grupo electrógeno de 10KVA como podemos observar en las siguientes figuras, se tomó de referencia el GENERADOR PERKINS 403A-11G1 10KVA de GRUPEL.

Figura 2.2. Generador Abierto GRUPEL

Fuente: (Carazza, 2019)

Figura 2.3. Generador Insonorizado GRUPEL

Fuente: (Carazza, 2019)

De igual manera, en la siguiente figura se detalla las especificaciones de ambos equipos a ser utilizados:

ABIERTO		50hz	60hz
L	1250 mm		
H	1110 mm		
W	850 mm		
Peso	319 Kg		
Depósito	80 lt		

INSONORIZADO		50hz	60hz
L	1600 mm		
H	1110 mm		
W	700 mm		
Peso	494 Kg		
Depósito	40 lt		

Figura 2.4. Especificaciones de los generadores

Fuente: (Carazza, 2019)

2.4. Componentes de la planta de poder (Power Plant)

La planta de poder es la encargada de suministrar la energía DC a los equipos de radiocomunicación, conformados por la BTS y MW, por lo cual la planta de poder requiere de rectificadores de media onda para convertir la energía AC a DC y así alimentar a los equipos activos que contienen la RBS.

La planta de poder también se encarga de controlar la aceleración o activación del generador eléctrico en caso de que carezca de energía publica (AC), impulsando inmediatamente al generador, el cual consta de un motor a Diesel que realizará el suministro de energía AC para que la RBS continúe operante.

2.4.1. Smart Pack o Unidad de Control

El regulador de Smart Pack es una unidad de vigilancia y de control empleada como el eje principal o vital de la planta DC. Admite una alta flexibilidad de expansión, permite controlar y enlazarse directamente con cada uno de los rectificadores y surte de una interfaz digital para el usuario u operador.

Figura 2.5. SMARTPACK ELTEK

Fuente: (Guerra, 2017)

Como podemos observar en la figura 2.5, muestra la parte de frente del SMARTPACK donde encontramos la interfaz digital para el operador la cual nos permite realizar tres puntos importantes que son:

- Admite la monitorización de las baterías sin necesidad de acercarse físicamente.

- Realiza la respectiva carga de temperatura para así mejorar la vida útil de las baterías.

- Y tiene un indicador de vida útil de las baterías.

2.4.2. Flat Pack o Rectificadores de Media Onda

Los rectificadores de media onda se encargan de suministrar la conversión de AC a DC para alimentar a los diferentes equipos o dispositivos que contienen la RBS. También estos rectificadores admiten operar una alta densidad de energía sin reducir la seguridad del sistema con una alta flexibilidad aprobando cubrir aplicaciones desde 2KW hasta 2MW.

Figura 2.6. FLATPACK ELTEK

Fuente: (Villamil & Guarda, 2019)

Cabe recalcar que dependiendo de la implementación y utilización se requerirá un mayor o menor número de rectificadores y a la vez también se requerirá breakers de protección para sobre voltajes y sobre corrientes, como podemos observar en la Figura 2.7.

Figura 2.7. Implementación de rectificadores y reguladores ELTEK

Fuente: Los autores.

2.4.3. Sistema de Baterías

Es un sistema de respaldo o backup de energización, que entrega energía DC rectificada (48 a -54 VDC) a los equipos externos e internos de la BTS y MW, ante un corte de energía y durante el Grupo Electrógeno por medio del tablero de transferencia automática (TTA) que realiza la transferencia y re-transferencia de energía.

Figura 2.8. Banco de baterías

Fuente: (Sagñay, 2018)

2.5. Componentes y diseño de la red celular

2.5.1. RRU (UNIDAD DE RADIO REMOTA).

Una RRU es la interfaz que enlaza a la antena con la tecnología propuesta o requerida a desarrollar, así cumpliendo con las funciones de un amplificador de señal, accediendo a la presencia de radios lógicos (TRX).

Figura 2.9. RRU HUAWEI

Fuente: Los Autores

2.5.2. RRU HUAWEI 3942

Esta RRU es multibanda y multifrecuencia; tiene 4 conectores en su parte inferior, es decir que tiene el funcionamiento de trabajar con dos tecnologías diferentes simultáneamente, ya que para cada tecnología se requieren de 2 conectores, un transmisor y un receptor.

Por lo tanto, la RRU 3942 permite los siguientes modos de configuración:

- GO (GSM Only): Cuando la RRU se configura únicamente para trabajar con la tecnología de GSM en 850MHz o 1900MHz.

- UO (UMTS Only): Cuando la RRU se configura únicamente para trabajar con la tecnología de UMTS en 850MHz o 1900MHz.

- GU (GSM-UMTS): Cuando la RRU se configura para trabajar con ambas tecnologías (GSM y UMTS) en 850MHz o 1900MHz.

2.5.3. Parte exterior de la RRU

Descripción y visualización respectiva del equipo.

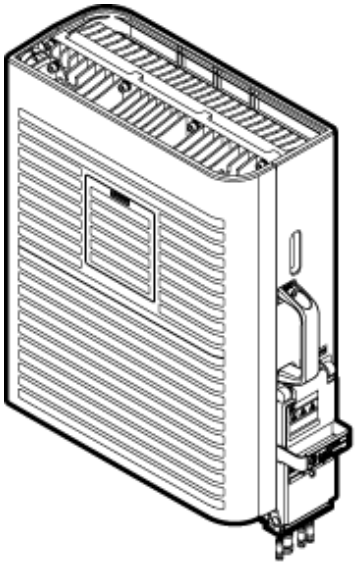


Figura 2.10. RRU-PARTE EXTERIOR

Fuente: (HUAWEI, 2013)

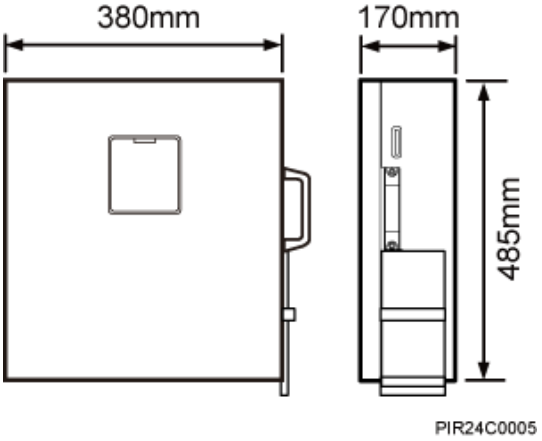


Figura 2.11. Dimensiones RRU.

Fuente: (HUAWEI, 2013)

A continuación, detallaremos el funcionamiento de los puertos en los paneles RRU. Una RRU tiene un panel inferior, un panel de cavidad de cableado y un panel indicador.

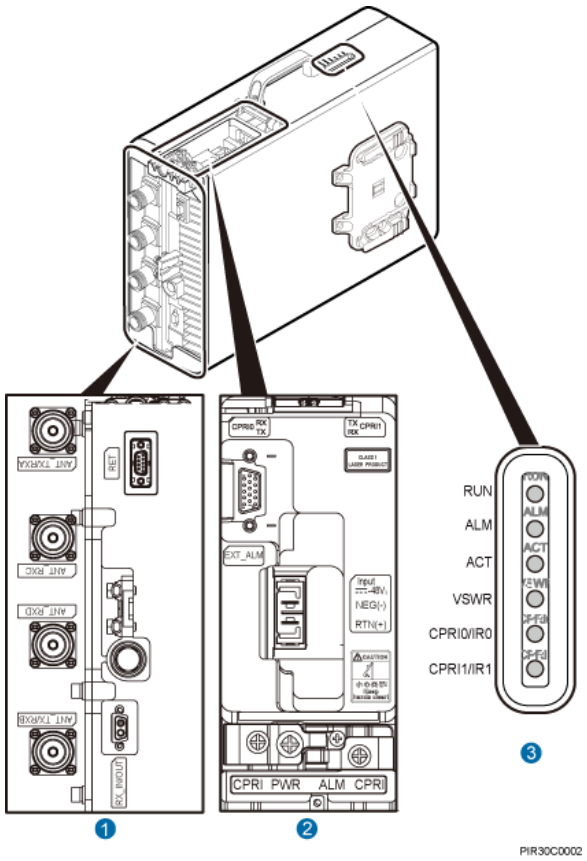


Figura 2.12. Puertos e indicadores de la RRU

Fuente: (HUAWEI, 2013)

Tabla 1 *Puertos con su respectivo funcionamiento RRU – HUAWEI*

ITEM	***TERMINOLOGÍA***	***DESCRIPCIÓN***
(1) PUERTOS EN LA PARTE INFERIOR	ANT_TX/RXA	PUERTO A: TX / RX, COMPATIBLE CON SEÑAL RET TRANSMISIÓN
	ANT_RXC	PUERTO C: RX
	ANT_RXD (PUERTO)	PUERTO D: RX
	ANT_TX/RXB	PUERTO B: TX/RX

	RX_IN/OUT	PUERTO DE INTERCONEXIÓN
	RET	PUERTO DE COMUNICACIÓN PARA LA ANTENA RET, COMPATIBLE CON LA TRANSMISIÓN DE SEÑAL RET
(2) PUERTO EN EL CABLEADO (CAVIDAD)	RTN (+)	TOMA DE ALIMENTACIÓN
	NEG (-)	
	CPRI0	PUERTO ÓPTICO / ELÉCTRICO 0
	CPRI1	PUERTO ÓPTICO / ELÉCTRICO 1
	EXT_ALM	PUERTO DE MONITOREO DE ALARMA USADO PARA MONITOREAR UNA SEÑAL RS485 Y DOS SEÑALES DE CONTACTO SECO

INDICADOR	***COLOR***	***ESTADO***	***FUNCIONAMIENTO***
RUN	VERDE	ON (ENCENDIDO CONSTANTE)	EXISTE FUENTE DE ALIMENTACIÓN, PERO EL MÓDULO ESTÁ DEFECTUOSO.
		OFF (APAGADO CONSTANTE)	NO EXISTE FUENTE DE ALIMENTACIÓN O EL MÓDULO ESTA DEFECTUOSO
		PARPADEANDO (ENCENDIDO PARA 1 S Y APAGADO DURANTE 1 S)	LA PLACA FUNCIONA CORRECTAMENTE
		PARPADEANDO (ENCENDIDO PARA 0,125 S Y APAGADO PARA 0,125 S)	SE ESTÁ CARGANDO EL SOFTWARE EN EL MÓDULO, O EL MÓDULO NO SE INICIA.
ALM	ROJO	ON (ENCENDIDO CONSTANTE)	SE GENERAN ALARMAS Y EL MÓDULO DEBE SER REEMPLAZADO.
		PARPADEANDO (ENCENDIDO PARA 1 S Y APAGADO DURANTE 1 S)	SE GENERAN ALARMAS. LAS ALARMAS PUEDEN SER CAUSADO POR LAS FALLAS EN LOS TABLEROS RELACIONADOS O PUERTOS. POR LO TANTO, DEBE LOCALIZAR LA FALLA, ANTES DE DECIDIR SI REEMPLAZAR EL MÓDULO.

		OFF (APAGADO CONSTANTE)	NO SE GENERA ALARMA.
ACT	VERDE	ON (ENCENDIDO CONSTANTE)	EL MÓDULO ESTÁ FUNCIONANDO CORRECTAMENTE CON TX CANALES HABILITADOS O EL SOFTWARE ESTÁ SIENDO CARGADO SIN RRU EN EJECUCIÓN.
		PARPADEANDO (ENCENDIDO PARA 1 S Y APAGADO DURANTE 1 S)	EL MÓDULO ESTÁ FUNCIONANDO CORRECTAMENTE CON TX DE CANALES DESACTIVADOS.
VSWR	ROJO	OFF (APAGADO CONSTANTE)	RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA SIN VOLTAJE (VSWR). SE GENERA UNA ALARMA.
		PARPADEANDO (ENCENDIDO PARA 1 S Y APAGADO DURANTE 1 S)	LAS ALARMAS VSWR SE GENERAN EN EL PUERTO: ANT_TX/RXB.
		ON (ENCENDIDO CONSTANTE)	LAS ALARMAS VSWR SE GENERAN EN EL PUERTO: ANT_TX/RXA
		PARPADEANDO (ENCENDIDO PARA 0,125 S Y APAGADO PARA 0,125 S)	LAS ALARMAS VSWR SE GENERAN EN LOS PUERTOS: ANT_TX/RXA Y ANT_TX/RXB
CPRI0/IR0	ROJO O VERDE	VERDE (ENCENDIDO CONSTANTE)	EL ENLACE CPRI FUNCIONA CORRECTAMENTE.
		ROJO (ENCENDIDO CONSTANTE)	UN MÓDULO ÓPTICO NO TRANSMITE NI RECIBE SEÑALES PORQUE EL MÓDULO ÓPTICO ESTÁ DEFECTUOSO O EL CABLE DE FIBRA ÓPTICA ESTÁ ROTO.
		PARPADEANDO (ENCENDIDO PARA 1 S Y APAGADO DURANTE 1 S)	EL ENLACE CPRI NO ESTÁ BLOQUEADO DEBIDO A UNA FALLA EN EL BLOQUEO DEL RELOJ ENTRE DOS MODOS O VELOCIDADES DE DATOS NO COINCIDENTES EN LOS PUERTOS CPRI.

		OFF (APAGADO CONSTANTE)	NO SE PUEDE DETECTAR EL MÓDULO ÓPTICO O EL MÓDULO ÓPTICO ESTÁ APAGADO.
CPRI1/IR1	ROJO O VERDE	VERDE (ENCENDIDO CONSTANTE)	EL ENLACE CPRI FUNCIONA CORRECTAMENTE.
		ROJO (ENCENDIDO CONSTANTE)	UN MÓDULO ÓPTICO NO TRANSMITE NI RECIBE SEÑALES PORQUE EL MÓDULO ÓPTICO ESTÁ DEFECTUOSO O EL CABLE DE FIBRA ÓPTICA ESTÁ ROTO.
		PARPADEANDO (ENCENDIDO PARA 1 S Y APAGADO DURANTE 1 S)	EL ENLACE CPRI NO ESTÁ BLOQUEADO DEBIDO A UNA FALLA EN EL BLOQUEO DEL RELOJ ENTRE DOS MODOS O VELOCIDADES DE DATOS NO COINCIDENTES EN LOS PUERTOS CPRI.
		OFF (APAGADO CONSTANTE)	NO SE PUEDE DETECTAR EL MÓDULO ÓPTICO O EL MÓDULO ÓPTICO ESTÁ APAGADO.

Fuente: (Guingla, 2018)

2.5.4. BBU (UNIDAD DE BANDA BASE).

Una BBU (Unidad de banda base), es el módulo donde se alojan las tarjetas que cumple la función de banda base que posee 2 tarjetas WBBPb4 en los slots 2 y 3 respectivamente, y una tarjeta WMPT, además de las tarjetas UEIU y UPEU, por lo consiguiente con la BBU se encuentra la unidad de distribución de corriente continua, más conocida como DCDU.

Figura 2.13. BBU - HUAWEI

Fuente: Los Autores

2.5.5. BBU 3900

Esta establecida en un diseño modular, por medio el cual se configura a una RBS según como se requiera utilizar o a emplear, añadiendo nuevas tarjetas electrónicas para extender la capacidad de transmisión, es decir la de los procesos o una nueva tecnología.

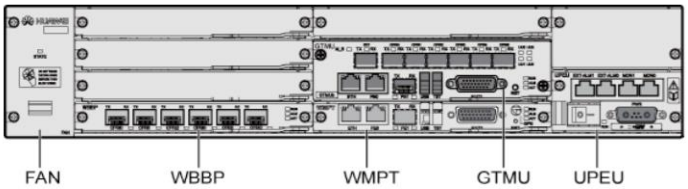


Figura 2.14. Diagrama BBU 3900

Fuente: (Guerra, 2017)

2.5.6. UBBP (Unidad de procesamiento de banda base universal)

Es la tarjeta electrónica encargada de proveer la comunicación o el enlace entre la RRU y la BBU, por lo cual procesa UMTS y LTE.

Figura 2.15. Tarjeta física UBBP

Fuente: (HUAWEI, 2018)

Figura 2.16. Conexiones LTE UBBP

Fuente: Los autores

2.5.7. UPEU

Es la tarjeta electrónica encargada de convertir o transformar de -48V a +12V de corriente continua en la señal de entrada, es decir se encarga de alimentar todo el chasis de la BBU por medio de la tarjeta BACKPLANE que se encuentra en la parte posterior y su función es comunicar o enlazar a todas las tarjetas de la BBU.

La UPEU tiene dos puertos de entrada MON (1-0) y dos puertos para 8 señales EXT-ALM (1-0). Estos puertos nos admitirán la conexión de la BBU a la caja de alarmas externas.

Figura 2.17. Tarjeta UPEU HUAWEI

Fuente: (Guingla, 2018)

2.5.8. WBBP

Es la tarjeta electrónica encargada de procesar señales en banda base, es decir en UPLINK y DOWLINK, al mismo tiempo permite la conexión con las RRU por medio de los puertos CPRI. Hay dos tipos de versiones de la tarjeta electrónica WBBP que son la que limita el número de celdas y el número de elementos de canales (CE) soportado en UPLINK y DOWLINK.

Figura 2.18. Puertos de WBBP

Fuente: (Carazza, 2019)

2.5.9. UMPT

Es la tarjeta electrónica principal que se encarga del procesamiento de datos en el sistema de telefonía móvil y de datos móviles.

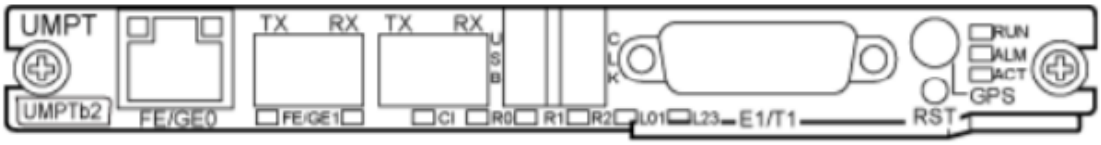


Figura 2.19. UMPT

Fuente: (Hernández, 2018)

Esta tarjeta se interconecta por la red IP del sistema o también conocida como la RNC, que es la que controla todos los sistemas móviles, como observamos en la siguiente figura 2.20.

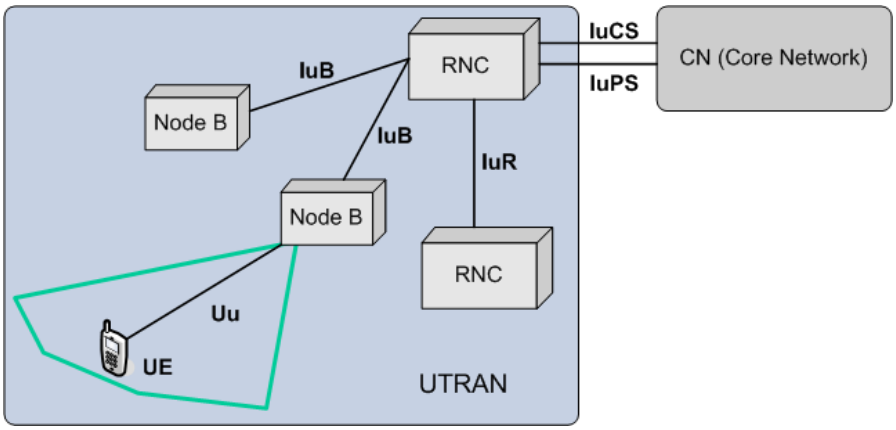


Figura 2.20. Topología RNC Y NODO B

Fuente: (Cruz, 2018)

Esta tarjeta tiene puertos FE/GE0 (FAST ETHERNET – GIGABIT ETHERNET) que se puede conectar por medio UTP (RJ45) o por fibra óptica (SFP), tiene su cable de configuración que es propio de HUAWEI, es de USB a RJ45, a través de UTP podemos configurar el nodo B (BBU) de forma local a través de un browser o navegador. Esta tarjeta se configura remotamente por medio de un software llamado U2000 como podemos observar en la siguiente figura 2.21.

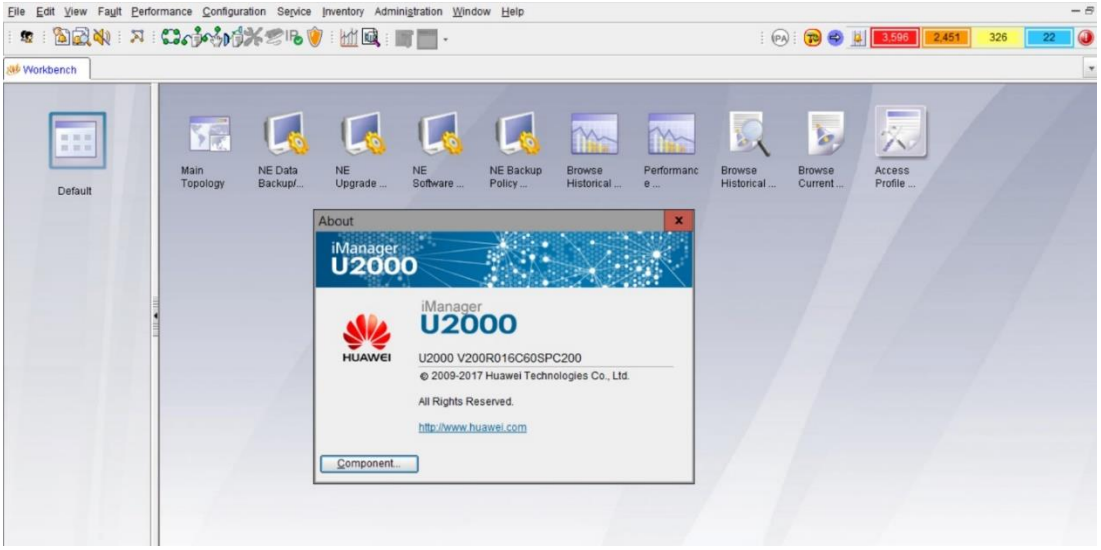


Figura 2.21. Puerto GPS

Fuente: (Villamil & Guarda, 2019)

También tiene el puerto GPS que va conectado directo a la torre para tener controlado el tiempo y sincronismo, porque hay una funcionalidad en ciertos sitios móviles que se conoce como HANDOVER, quiere decir que al momento de estar en una llamada en ese sitio móvil y luego al alejarse de ese sitio , tiene la capacidad de traspasar o transferir la llamada en tiempo real a otro sitio móvil y así no se pierde la llamada pero para que ocurra eso tiene que estar comunicadas las antenas en un tiempo controlado.

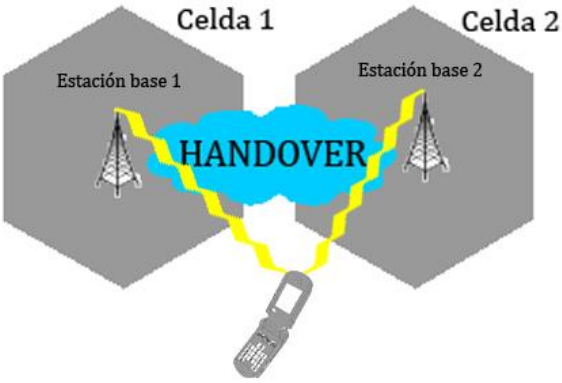


Figura 2.22. HANDOVER

Fuente: (Sagñay, 2018)

Además, otra característica o función principal de la UMPT es controlar todas las tarjetas que están instaladas en los módulos correspondientes, ya que se encarga del funcionamiento de los módulos 2G, 3G y 4G.

2.5.10. UBRI

Es la tarjeta electrónica que contiene 6 puertos CPRI añadidos para facilitar la analogía, repartición y la transmisión de diferentes tecnologías entre la BBU y las RRU.

Figura 2.23. UBRI HUAWEI

Fuente: (Guerra, 2017)

2.5.11. FAN

Es el componente o la unidad que sistematiza la celeridad de los ventiladores y obtiene el estado de los semejantes a la tarjeta electrónica principal o de control, ya que monitoriza la temperatura del equipo y actúa como disipador de calor de la BBU (UNIDAD DE BANDA BASE).

2.5.12. DCDU (UNIDAD DE DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE DIRECTA).

Es la encargada de suministrar la energía de corriente continua necesaria para diferentes dispositivos de alimentación como, por ejemplo: la bbu, etc.

Figura 2.24. DCDU HUAWEI

Fuente: (HUAWEI, 2019)

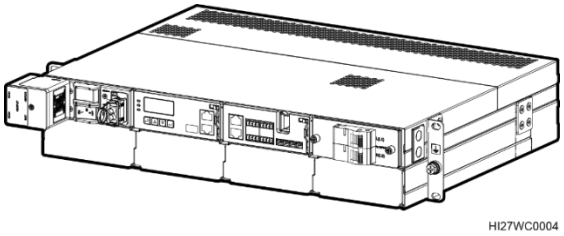


Figura 2.25. DCDU parte exterior

Fuente: (HUAWEI, 2019)

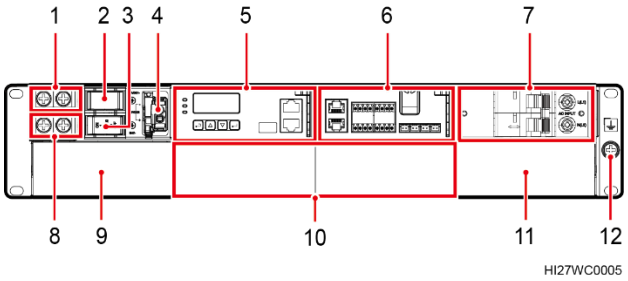


Figura 2.26. DCDU parte interior

Fuente: (HUAWEI, 2019)

- (1) Terminal de cableado de salida 1 de –48 V CC.
- (2) Disyuntor de salida 1 de –48 V CC.
- (3) Disyuntor de Batería.
- (4) Terminal de cableado de salida 2 de –48 V CC.
- (5) SMU02B.
- (6) UIM05D.
- (7) Terminales y disyuntores de entrada de CA.
- (8) Terminal de cableado de la batería.
- (9) Ranura del módulo M48300N1.
- (10) Ranura de la fuente de alimentación.
- (11) Ranura SSU.
- (12) Tornillo de tierra.

2.5.13. Antena sectorial

Las antenas sectoriales son apropiadas para proveer mayor cobertura en grandes áreas con una densidad alta de conexiones, es decir pueden ser usadas en puntos de acceso y para ser utilizadas en enlaces de punto multipunto (PTMP), por tal motivo son la solución para este tipo de conexiones de cobertura celular. También ofrecen menor resistencia al viento, por lo que ocupan menos espacio y son más ligeras.

Para este proyecto utilizaremos la antena sectorial de 6 puertos (UNNPX206R3) que trabaja en las siguientes frecuencias:

- 698 - 894 MHz.

- 1710 - 2180 MHz

Figura 2.27. Antena sectorial de 6 puertos (UNNPX206R3)

Fuente: (COMMSCOPE , 2019)

En la siguiente figura 2.28, podemos observar que en los dos puertos (2-1) de la mitad trabaja en las bandas 698 – 894 MHz y en los cuatro puertos restantes (6-5) (4-3) trabaja en las bandas 1710 – 2180 MHz.

Figura 2.28. Puertos de conexión ANTENA SECTORIAL

Fuente: (COMMSCOPE, 2019)

En este caso trabajaremos desde la banda 850 a 1900 MHz, ya que a menor frecuencia mayor será la cobertura en el sitio, por motivo que la implementación es de tipo rural, por lo tanto, se requerirá de la capacidad máxima de cobertura de las antenas BTS. A continuación, se detalla las características de las antenas anteriormente mencionadas en la figura 2.29 y figura 2.30.

especificaciones electricas

Banda de frecuencia, MHz	698–790	790–894	1710-1920	1920–2180
Ganancia, dBi	17.2	17,7	17,4	18,2
Ancho de haz, horizontal, grados	35	31	34	32
Ancho de haz, vertical, grados	15,8	14,1	13,2	11,8
Inclinación del haz, grados	0-10	0-10	0-10	0-10
USLS (primer lóbulo), dB	18	18	18	18
Relación de adelante hacia atrás a 180 °, dB	30	35	28	32
RCP en Boresight, dB	22	21	20	20
Aislamiento, polarización cruzada, dB	30	30		
Aislamiento por inclinación del haz, dB			28, 0 ° | 1 ° 30, 2 ° - 10 °	28, 0 ° | 1 ° 30, 2 ° - 10 °
Aislamiento, entre bandas, dB	30	30	30	30
VSWR | Pérdida de retorno, dB	1,43 | 15.0	1,43 | 15.0	1,43 | 15.0	1,43 | 15.0
PIM, tercer orden, 2 x 20 W, dBc	-153	-153	-153	-153
Potencia de entrada por puerto, máximo, vatios	500	500	300	300

Figura 2.29. Especificaciones técnicas 1 ANTENA SECTORIAL

Fuente: (COMMSCOPE, 2019)

Especificaciones eléctricas, BASTA

Banda de frecuencia, MHz	698–790	790–894	1710-1920	1920–2180
Ganancia por todas las inclinaciones del haz, promedio, dBi	16,8	17,5	17.0	17,9
Ganancia por todas las tolerancias de inclinación del haz, dB	± 0,4	± 0,3	± 0,5	± 0,6
Ganancia por inclinación del haz, promedio, dBi	0 ° | 16,8 5 ° | 16,8 10 ° | 16,7	0 ° | 17,5 5 ° | 17,5 10 ° | 17,4	0 ° | 16,9 5 ° | 17,0 10 ° | 17.0	0 ° | 17,9 5 ° | 17,9 10 ° | 17,8
Ancho de haz, tolerancia horizontal, grados	± 1,7	± 1.8	± 1,4	± 2,7
Ancho de haz, tolerancia vertical, grados	± 0,9	± 0,7	± 0,9	± 0,7
USLS, pico de haz a 20 ° por encima del pico de haz, dB	18	18	18	18
Potencia total de adelante hacia atrás a 180 ° ± 30 °, dB	24	27	31	33
RCP en Boresight, dB	23	22	21	20

Figura 2.30. Especificaciones técnicas 2 ANTENA SECTORIAL

Fuente: (COMMSCOPE, 2019)

2.5.14. CABLES JUMPER

Es el cable encargado de la conexión entre la RRU y la antena que podemos observar en la figura 2.31.

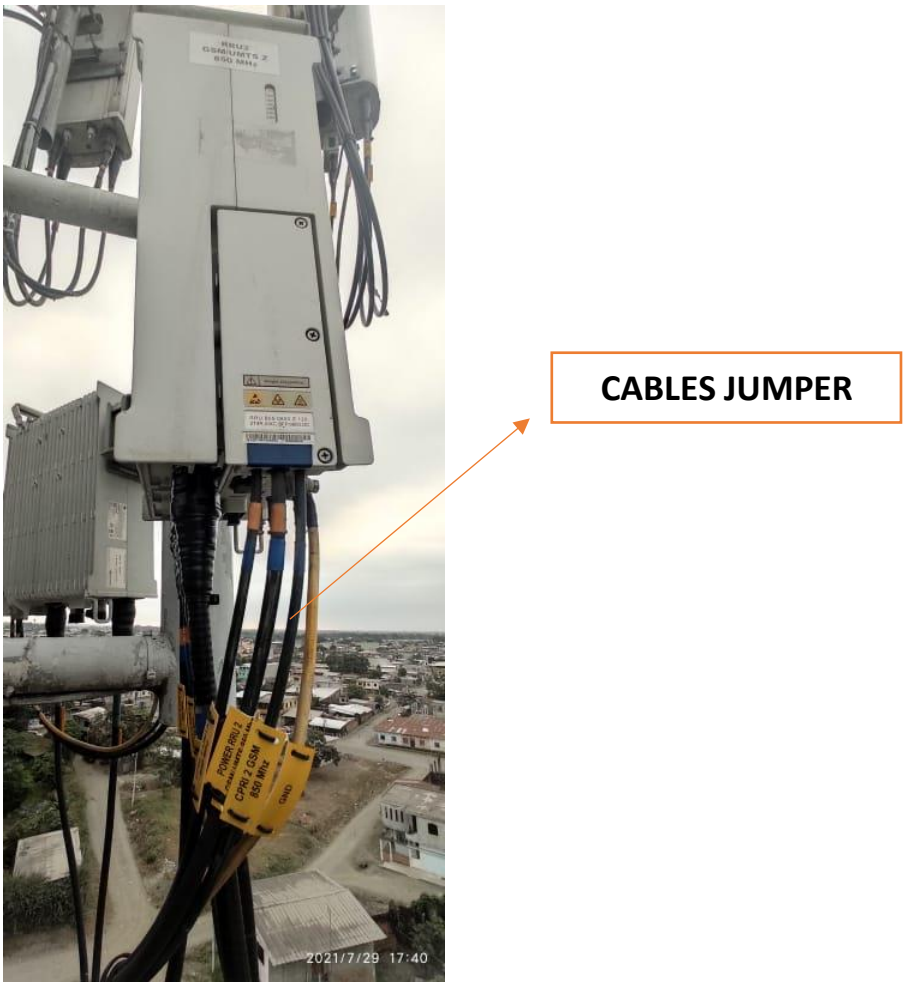


Figura 2.31. Conexión cables jumper

Fuente: Los autores

Como anteriormente mencionado, podemos observar que el cable jumper contiene en ambos extremos adaptadores de transición coaxial 7/16M - 4.3/10M que son apropiadamente para aplicaciones en sistemas de antenas distribuidas (DAS) debido a su excelente Intermodulación pasiva (PIM3) rendimiento de -160dBc, cuenta con resistencia al agua (IP68), por lo tanto, es robusto, incluso después de la exposición de durante años.

Figura 2.32. CABLE JUMPER

Fuente: Los autores

2.5.15. TRANSCEIVER DE FIBRA ÓPTICA (SFP)

Es un transceptor de fibra de forma única y de módulo óptico, ya que es un dispositivo que recibe y transmite datos por medio de la fibra óptica, trabaja en la capa física del modelo OSI. Su función principal es realizar la conversión fotoeléctrica, es decir transforma las señales ópticas en señales eléctricas y las señales eléctricas en ópticas, permitiendo la transmisión de señales en anchos de banda muy elevados, suministrando así la transmisión de señales a trayectos muy largos.

La fibra monomodo tiene tolerancias más estrictas, ya que el cable solo dispone de una forma de propagación, es decir un haz de luz, por lo que el núcleo es más pequeño y la longitud de onda del láser es más angosta. Por lo tanto, permite un mayor ancho de banda de transmisión a distancias más extensas. La fibra monomodo puede llegar a cubrir distancias de 40km, 60 km, 100 km, o más, sin generar perdidas en la señal, siendo la apropiada para aquellos proyectos de telecomunicaciones.

Para nuestro proyecto utilizaremos el Transceiver HUAWEI LTF8503-BH1 (SFP) como podemos observar en la siguiente figura 2.33, por lo cual trabaja en fibra óptica monomodo y en la sección de ANEXOS se detallará las especificaciones del mismo.

Figura 2.33. Transceiver HUAWEI LTF8503-BH1(SFP)

Fuente: Los autores

En la siguiente figura 2.34 podemos observar la ubicación y conexión del TRANSCEIVER HUAWEI LTF8503-BH1 (SFP) dentro de la unidad de radio remota (RRU) en la cual cumple con la función de la comunicación de datos por medio de la fibra óptica monomodo y a la vez admite multiplexar las señales del receptor (RX) y del transmisor (TX) y así permitiendo la transmisión de señales a distancias largas, es decir que las señales RX y TX compartan el mismo camino hacia la antena.

Figura 2.34. Conexión de Transceiver en RRU

Fuente: Los autores

2.6. Componentes y diseño de Enlace PDH

El equipo que se utilizará para este proyecto es la IDU AGS-20 que facilita celeridades de datos escalables de 4 a 500 Mbit / s por módulo de radio con una única plataforma en toda la gama de bandas de frecuencia con licencia.

Figura 2.35. IDU AGS-20 - SIAE

Fuente: Los autores

El IDU AGS-20 ha sido concebido y diseñado para cubrir una amplia gama de aplicaciones, tales como:

- Infraestructura de red celular 2G / 3G / LTE
- Conexiones Ethernet de 10/100/1000 Mbit / s
- Backhauling WiMAX
- Redes de datos privadas (WAN, LAN, etc.)
- Redes de servicios públicos (ferrocarriles, tuberías, etc.)
- Medio de transmisión de respaldo a enlaces de fibra óptica
- Eslabones de estímulo para backbones / anillos

- Extensión de fibra de última milla
- Reemplazo de líneas arrendadas
- Implementación de anillo de radio IP de alta capacidad
- Redes de acceso de banda ancha de alta capacidad

2.6.1. Implementación de equipos.

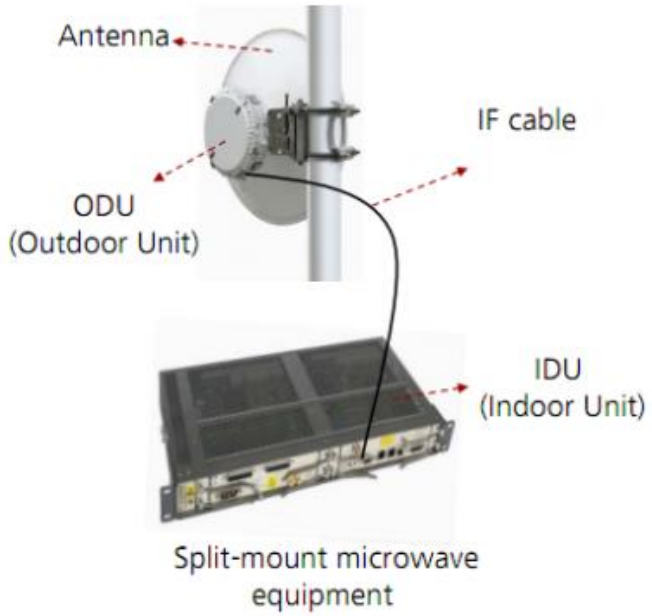


Figura 2.36. Componentes del equipo

Fuente: (MICROONDAS UNAD, 2017)

Principalmente, un sistema de microondas se divide en unidad interior o también llamado IDU por sus siglas en inglés y unidad exterior o también llamado ODU por sus siglas en inglés. Por lo tanto, la unidad RF (RADIOFRECUENCIA), pertenece a la unidad exterior (ODU), cabe recalcar que también las unidades IF (CABLE DE FRECUENCIA INTERMEDIA), procesamiento de señal y MUX/DEMUX están compuestas en la unidad interior (IDU), por lo que se puede observar en la figura anteriormente mencionada que la ODU y la IDU están conectadas por medio de un cable de frecuencia (IF).

2.6.2. IDU (UNIDAD INTERIOR)

La serie PDH / Ethernet ALS MW Radio es la solución ideal para una amplia gama de aplicaciones tanto en redes de acceso como en aprovisionamiento de backbone. También es una alternativa competitiva o solución complementaria a las redes de fibra óptica en cualquier aplicación que requiera:

- Despliegue rápido y rentable e implementación modular de una red
- Conectividad independiente del terreno

La IDU AGS-20 proporciona velocidades de datos escalables de 4 a 500 Mbit / s por módulo de radio con una única plataforma en toda la gama de bandas de frecuencia con licencia.

Un solo estante puede administrar hasta 1 Gbit / s con la versión 1RU. Una arquitectura de procesamiento distribuida única permite expandir la capacidad del nodo hasta 8xGbit / s.

Una amplia gama de interfaces tributarias y configuraciones de sistemas ofrecen la máxima versatilidad en ingeniería de sistemas y planificación de redes. El tráfico de Ethernet es manejado por un poderoso conmutador integrado capaz de administrar VLAN, QoS y ToS. (SIAE MICROELETTRONICA S.P.A., 2017)

Figura 2.37. IDU AGS 20 SIAE

Fuente: (SIAE MICROELETTRONICA S.P.A., 2017)

Las opciones de modularidad, los puntos en común y las amplias capacidades de gestión de software dan como resultado la rentabilidad y la escalabilidad, lo que genera un producto que cumplirá fácilmente cualquier requisito futuro. El enfoque de licencias de software completo permite una migración muy fluida de redes TDM puras a redes IP, con un CAPEX inicial muy bajo.

El equipo ALS es administrado por un agente SNMP usando puertos de comunicación que pueden conectarse a IP y OSI DCN. Este enfoque simplifica enormemente los esfuerzos de integración en las redes NMS existentes.

El IDU AGS-20 está disponible en todas las bandas de frecuencia desde 6 GHz (6L y 6U) hasta 42 GHz (4GHz también está disponible), configuración no duplicada o duplicada y con capacidad de radio de 4 a 500 Mbit / s por módulo de radio con TDM mixto e Interfaces ETH.

El esquema de modulación es programable por software de 4QAM a 2048QAM para Universal AGS-20 IDU, con ACM sin golpes con todas las funciones. ALS explota un innovador motor de radio nativo dual capaz de transmitir tanto nativo TDM (16xE1) y ETH nativo (hasta 1Gbps).

AGS-20, es una nueva plataforma de hardware universal concebida para admitir los últimos protocolos Carrier Ethernet MPLS / VPLS, MPLS-TP, PBB, PBB-TE (HW ready, disponibilidad futura de acuerdo con la hoja de ruta).

Proporciona compatibilidad retroactiva completa con ASN / ASNk ODU y admite cualquier radio exterior completa en bandas tradicionales (6 a 42 GHz) y bandas de ondas milimétricas (70/80 GHz).

En cuanto a funcionalidades y capacidades, AGS-20 agrega nuevas características importantes y avanzadas. En primer lugar, la capacidad del backplane IDU se amplía a 25 Gbit / s, es decir, más de 4 veces que la generación anterior. Otra clave la actualización es el soporte del esquema de modulación 2048QAM que permite usarlo en combinación a ningún cambio o modificación de la base exterior (ODU) ya instalada.

Esto alinea el nuevo sistema Split Mount (AGS-20 más ASN / ASNk ODU) con el equipo ALFOplus Full Outdoor en términos de rendimiento máximo (500 Mbps) en un solo canal de radio de 56MHz sin compresión de encabezado. (SIAE MICROELETTRONICA S.P.A., 2017)

Channel Spacing	Maximum Ethernet Throughput [Mbps] without Header Compression 64 bytes Ethernet Frame										
	4QAM "Strong"	4QAM	16QAM "Strong"	16QAM	32QAM	64QAM	128QAM	256QAM	512QAM	1024QAM	2048QAM
7MHz	11	13	19	25	29	35	42	49	56	63	-
14MHz	19	26	38	50	58	72	85	99	113	127	132
28MHz	38	52	77	100	116	144	172	199	227	255	267
56MHz	77	103	154	200	233	288	343	398	454	509	538

Figura 2.38. Espacio de Canales de rendimiento.

Fuente: (SIAE MICROELETTRONICA S.P.A., 2017)

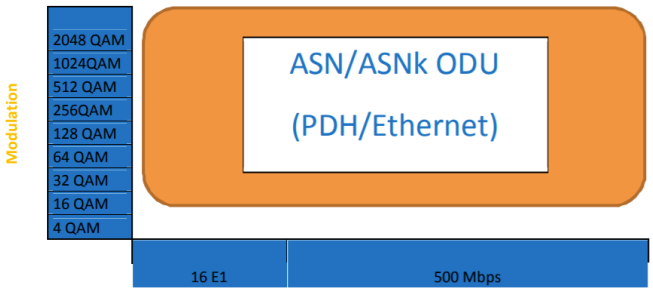


Figura 2.39. RANGOS APLICADOS EN ODUS

Fuente: (SIAE MICROELETTRONICA S.P.A., 2017)

2.6.3. ODU (UNIDAD EXTERIOR)

La unidad de radiofrecuencia (RFU) es parte del sistema de transmisión de microondas digital. Admite un servicio de radio fijo digital punto a punto y un sistema de transmisión inalámbrica de larga distancia. La RFU trabaja junto con la unidad interior (IDU) para proporcionar múltiples tipos de interfaces de servicio.

Las series XMC-LH y WL-LH son la nueva generación de RFU. Estos productos de microondas de larga distancia de montaje dividido pueden permitir un rendimiento ultra alto y una fiabilidad ultra alta.

El espectro de radiofrecuencia incluye el conjunto de frecuencias del marco electromagnético que van desde 30 Hz a 300 GHz. Se divide en varios rangos o bandas y se le asignan etiquetas, como baja frecuencia (LF), media frecuencia (MF) y alta frecuencia (HF), para facilitar su identificación.

Con la excepción del segmento de frecuencia más baja, cada banda representa un aumento de frecuencia correspondiente a un orden de magnitud (potencia de 10). La siguiente tabla muestra las ocho bandas del espectro de RF, mostrando los rangos de frecuencia y ancho de banda. Las bandas de frecuencia súper alta (SHF) y de frecuencia extremadamente alta (EHF) a menudo se denominan espectro de microondas.

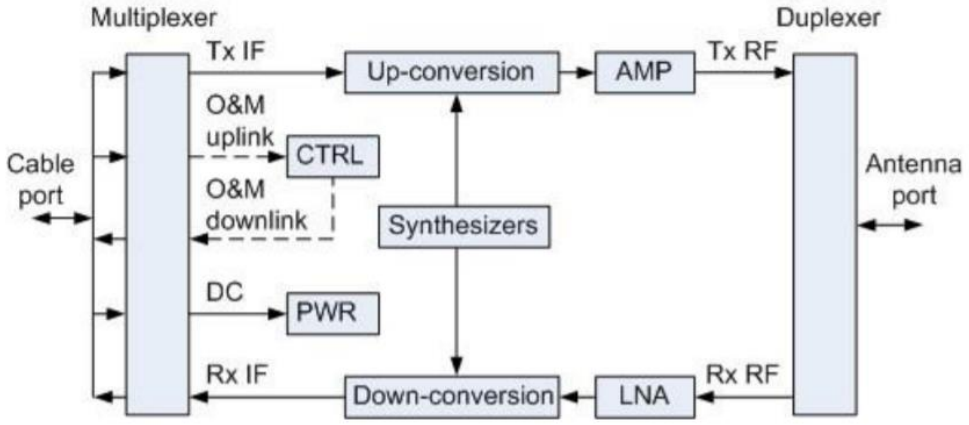


Figura 2.40. Funcionamiento interno ODU

Fuente: (Saigí, 2017)

2.6.4. RF (Radio Frecuencia).

La competencia por el ancho de banda y los canales de los usuarios de Internet ha aumentado drásticamente en los últimos años, lo que ha provocado problemas de señal. Además, la distribución entre frecuencias no es equitativa. En muchos lugares, es posible encontrar emisoras (estaciones de radio y televisión) con sus propias frecuencias individuales, mientras que una multitud de fuentes compiten por el espacio en las frecuencias sin licencia.

El aumento de la demanda ha dado lugar a una serie de innovaciones orientadas a mejorar la eficiencia del espectro, incluida la gestión dinámica del espectro, la radio troncalizada, la combinación de frecuencias, el espectro ensanchado, la radio cognitiva y la banda ultra ancha.

Una red celular generalmente cubre un área geográfica específica dividida en celdas. A cada celda se le asigna un conjunto de frecuencias a las que se les asignan estaciones base de radio. Cuando se inicia una comunicación, como una llamada de teléfono celular, el dispositivo busca la estación base más cercana para establecer un enlace de radio. Al recibir la llamada, la antena de la estación base establece una conexión con el teléfono. Los teléfonos están diseñados para conectarse periódicamente a la red, lo que les facilita recibir una señal de radio de calidad sustancial desde una antena de estación base cercana.

La tecnología de RF permite utilizar un conjunto de frecuencias en otras celdas, siempre que las celdas no estén colindantes entre sí. Es posible que numerosas personas que llaman en un área utilicen la misma frecuencia porque las llamadas se

pueden cambiar a la estación base más cercana con esa frecuencia en particular. Esto aumenta la capacidad de la red celular. Sin embargo, la reutilización de frecuencias funciona solo para transmisiones no relacionadas. Los usuarios aún pueden experimentar algunas interferencias de señales provenientes de otras celdas que usan la misma frecuencia. Esta es la razón por la que las redes inalámbricas utilizan un sistema de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), en el que debe haber al menos una celda entre las celdas que reutilizan la misma frecuencia.

FDMA permite a numerosos usuarios enviar y recibir datos a través del mismo canal de comunicación. Los usuarios de la red celular también pueden moverse de una celda a otra mientras llaman, sin que se corten las llamadas. A través del proceso de transferencia, el dispositivo móvil se mantiene al tanto de la calidad de la señal y de la antena más cercana con la menor congestión. Cuando es necesario, el dispositivo móvil cambia a un canal nuevo y más conveniente.

- **Cómo 5G usa RF**

Los dispositivos inalámbricos habilitados para 5G se conectan a Internet y redes telefónicas mediante ondas de radio que atraviesan una antena cercana. Como la próxima iteración de la tecnología de red de banda ancha inalámbrica, 5G proporciona velocidades máximas de hasta 10 gigabits por segundo (Gbps) para descargas. 5G puede operar en bajas frecuencias (por debajo de 6 GHz), así como en rangos de HF, comúnmente conocidos como ondas milimétricas u ondas MM (superiores a 6 GHz). Cuanto mayor sea la frecuencia, es más probable que el usuario experimente velocidades de transferencia de datos más altas.

Las redes 5G, por lo tanto, proporcionarán más capacidad y servirán como canal para los proveedores de servicios de Internet (ISP) que pueden competir con los servicios de Internet por cable. Las redes 5G también pueden facilitar una mayor conectividad para Internet de las cosas (IoT), ciudades inteligentes y procesos de fabricación avanzados, por nombrar algunos.

5G logra su mayor capacidad mediante el uso de hasta tres tipos diferentes de celdas: macro celda, celda pequeña y fotocelda, cada una con diseños de antena únicos. Algunas de estas antenas proporcionarán velocidades más altas, mientras que otras cubrirán distancias más largas. Debido a que 5G opera en bandas LF, MF y HF, el hardware apropiado depende de la mejor ruta posible para los usuarios y sus datos.

Las redes 5G también son capaces de reducir la latencia para lograr una respuesta más rápida. Se espera que brinden una experiencia de usuario (UX) más consistente, incluso cuando los usuarios se mueven con frecuencia. También se espera que la llegada de los nuevos estándares de radio 5G (5G NR) aumente las áreas de cobertura y mejore la calidad de la conexión, así como la velocidad y las tasas de datos.

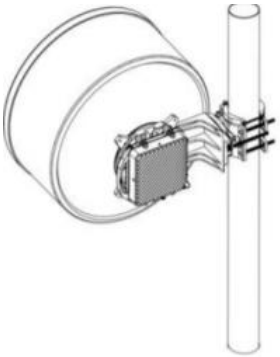


Figura 2.41. Montaje directo

Fuente: (Guingla, 2018)

Figura 2.42. Microonda

Fuente: Los autores

- Montaje separado de la ODU

Hay diferentes modos de instalación disponibles para una ODU, según el tipo de configuración de antena. Hay dos métodos para montar la ODU y la antena: montaje directo y montaje separado.

El método de montaje directo se adopta normalmente cuando se utiliza una antena de diámetro pequeño y unipolarizado. En esta situación, si una ODU está configurada

para una antena, la ODU se monta directamente en la parte posterior de la antena. Si se configuran dos ODU para una antena, se debe montar un combinador / divisor de señales de RF (en lo sucesivo, acoplador híbrido) para conectar las ODU a la antena, por lo tanto, la figura 2.41 muestra el método de montaje directo.

El método de montaje directo se adopta cuando es necesario instalar dos ODU con diferentes direcciones de polarización en una antena. En esta situación, las dos ODU comparten la antena y se debe montar un transductor de modo ortogonal (OMT) para conectar las ODU a la antena.

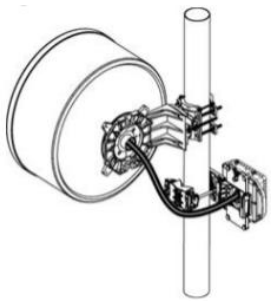


Figura 2.43. Montaje separado de la ODU

Fuente: (Carazza, 2019)

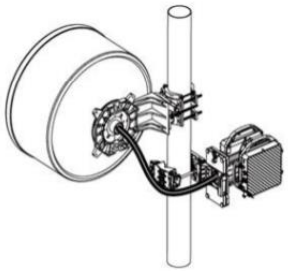


Figura 2.44. Montaje separado de dos ODU

Fuente: (Cruz, 2018)

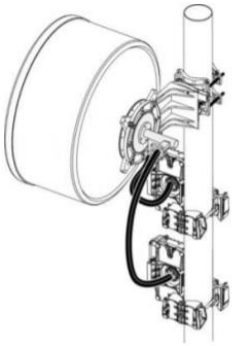


Figura 2.45. Montaje separado de antena de doble polarización.

Fuente: (Guingla, 2018)

2.6.5. Acoplador hibrido

La configuración básica de un acoplador híbrido, que ilustra dos líneas de transmisión cruzadas en una longitud de un cuarto de longitud de onda, correspondiente a la frecuencia central de funcionamiento. Cuando se introduce energía en el puerto IN, la mitad de la energía (3dB) fluye al puerto de 0 ° y la otra mitad se acopla (en la dirección opuesta) al puerto de 90 °. Los reflejos de los desajustes enviados de vuelta a los puertos de salida fluirán directamente al puerto ISO o se cancelarán en la entrada. Esta es la razón por la que los híbridos se utilizan tan ampliamente para dividir señales de alta potencia en aplicaciones donde los reflejos no deseados podrían dañar fácilmente el dispositivo del controlador.

Figura 2.46. Acoplador hibrido

Fuente: Los autores

2.6.6. Antenas parabólicas (microondas)

Se las utiliza para transmisión y recepción de ondas electromagnéticas, que son apropiadas para la implementación de enlaces directivos. La función principal de las antenas microondas es transformar las señales RF entregadas a partir de la ODU y las ondas electromagnéticas radiadas en el espacio.

Figura 2.47. Antenas microondas

Fuente: Los autores

2.6.7. Antenas de polarización simple

Su función es la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas en una trayectoria específica, esta antena provee una interfaz de alimentación en la cual consiste la configuración respectiva e identificar la polarización vertical u horizontal.

2.6.8. Antenas de polarización doble

Su función es la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas en ambos sentidos de polarización vertical u horizontal en el mismo lapso o tiempo.

2.6.9. Cables de conexión

A continuación, detallaremos la información de los cables empleados.

- Cable IF.

También es conocido como cable de frecuencia intermedia (IF) se encarga de conectar a la ODU con la IDU y así transmite las señales de frecuencia intermedia y la potencia de – 48 V entre la ODU e IDU.

El cable IF se clasifica en:

- Cable 5D, utilizado para distancias menor a 120 m.

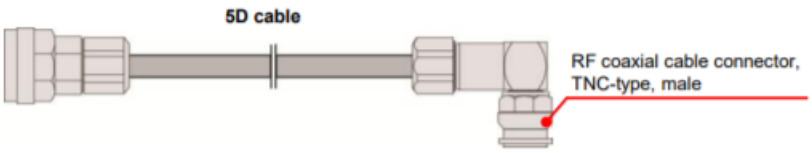


Figura 2.48. Cable 5D

Fuente: (Roa, 2017)

- Cable RG-8U, utilizado para distancias entre 120 m a 180 m

- Cable de ½ pulgada, que es para distancias entre 180 m a 300 m

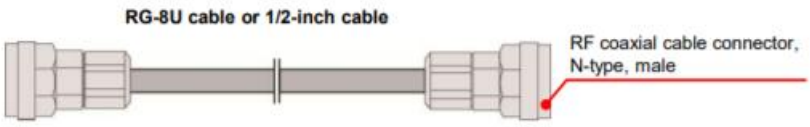


Figura 2.49. Cable RG-8U / ½ pulgada

Fuente: (Cruz, 2018)

2.7. Diseño de Infraestructura

Al momento de diseñar la RBS es muy importante la ubicación del sitio en donde se llevará a cabo la implementación del monopolo, en el mismo se definirá la altura y azimut de los mástiles donde se llevará a cabo la instalación de las antenas de telefonía celular para que así proporcione la cobertura esperada en los sectores de la población y sus alrededores.

Como siguiente acción, es recomendable definir los sectores que recibirán la cobertura, entendiendo que esto va de la mano con la instalación de los equipos acorde a la recomendación de los fabricantes.

2.7.1. Ubicación geográfica de la RBS.

Mediante la visita técnica se localizó la ubicación geográfica idónea para la implementación de la estación de cobertura celular, con lo cual en la misma se determinaron los siguientes parámetros:

- Altura del predio
- Coordenadas geográficas del terreno
- Identificar los lugares idóneos para recibir la cobertura.

Se determina que el área requerida para la implementación de la RBS es de 50 metros cuadrados, la cual ha sido medida acorde a los equipos y antenas, los cuales han sido suministrados conforme que no interfiera al correcto funcionamiento y así facilitar el mantenimiento respectivo que necesitara la RBS.

2.8. Torre Monopolo

La infraestructura física primordial de la RBS es la antena monopolo que tendrá una altura de 35 metros, esta estructura será la encargada de delegar los sectores de la BTS, a modo de que la antena apropiada permita el enlace inalámbrico desde el punto STA LUCIA.

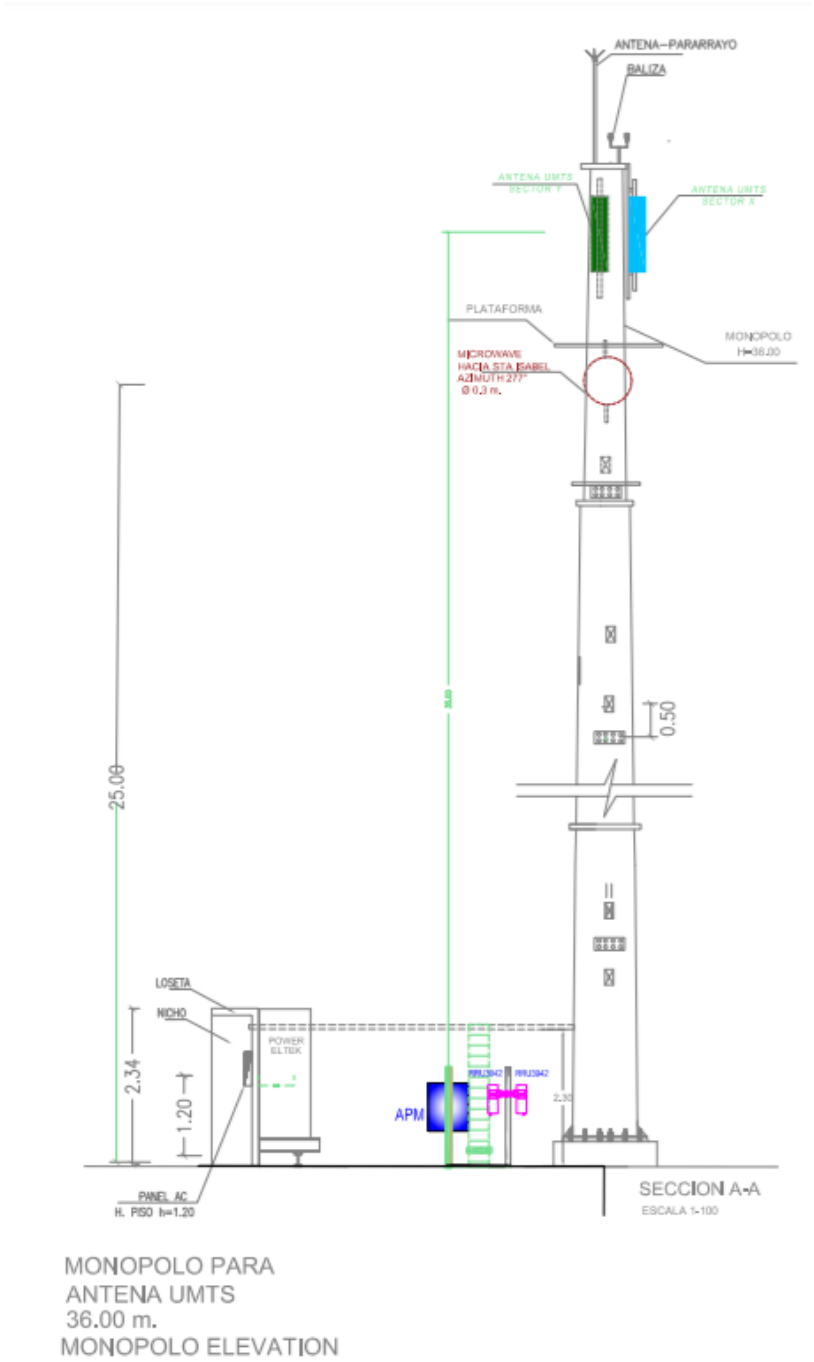


Figura 2.50. TORRE MONOPOLO

Fuente: Los autores.

2.9. Distribución de equipos

Los equipos necesarios para la RBS son la power plant y generador, los cuales han sido ubicados de tal manera que admitan el fácil camino o acceso para los trabajos de mantenimiento preventivos o correctivos que están determinados en su generalidad por los racks, tal cual como se muestra en la siguiente imagen.

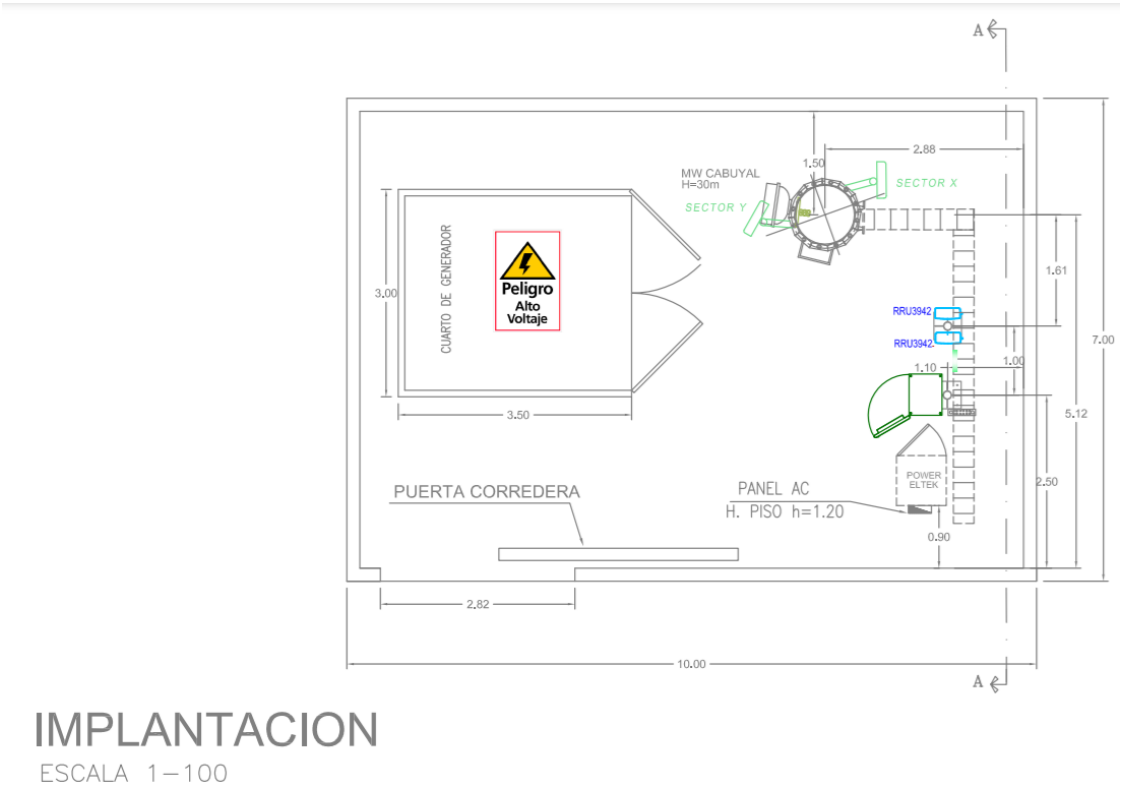


Figura 2.51. Distribución de equipos

Fuente: Los autores

3. Capítulo III

3.1. Problemas de cobertura en sitio

Para la ejecución del diseño y la simulación propuesta, como primera acción, se utilizó la aplicación NETWORK CELL INFO LITE, es una aplicación Android que permite comprobar la cobertura que se recibe en los dispositivos a utilizarse. Esta aplicación cubre todas las redes celulares incluyendo LTE, HSPA+, HSPA, WCDMA, EDGE, GSM, CDMA, EVDO, la cual está disponible en la Play Store, además, también existe una versión de pago más completa, pero en este caso la que se ha utilizado para realizar este trabajo es la gratuita. Esta app, es muy indispensable para comprobar la

cobertura de red móvil que tenemos en un determinado momento y si fuera necesario, también se puede usarla durante un periodo de tiempo más largo y así obtener datos más concretos (Lorenzo, 2017).

Al momento de utilizar la aplicación Network Cell Info Lite, se mostrará la pantalla del apartado MEDIR, tal como se muestra en la siguiente figura:

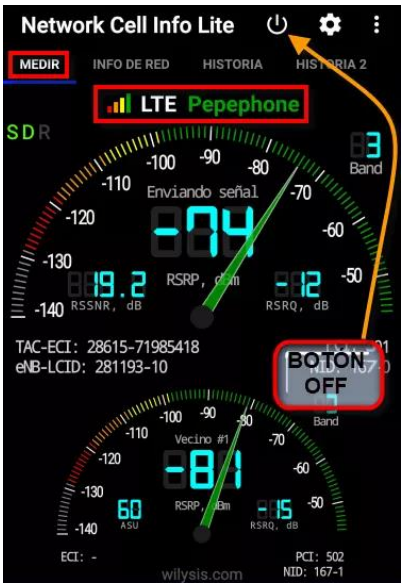


Figura 3.1. Aplicación Operador Móvil

Fuente: (Lorenzo, 2017)

En base a la figura anterior, se puede observar el nombre del operador a utilizar y el tipo de red móvil a la que está conectado, en el caso de la figura se tiene una red LTE, que se refiere a una conexión 4G. Seguido se muestra medidores de color rojo, naranja, amarillo y verde, los cuales muestran la señal enviada y recibida, ante esto, lo ideal es que permanezca siempre el color verde ya que si se encuentra en rojo se tiene problemas de conectividad.

Por otro lado, se muestra de igual forma los indicadores que posee, siendo el RSSNR (Reference Signal To Noise Radio) la cual mide el nivel de ruido de la línea móvil en dB.

Hay que tener presente que la aplicación funciona para tomar datos siempre y cuando esté activa. En la siguiente figura se muestra los datos básicos que tiene el operador de red:

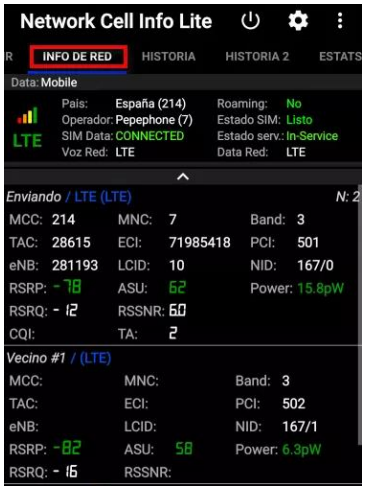


Figura 3.2. Datos básicos del operador.

Fuente: (Lorenzo, 2017)

Como se puede apreciar en la Figura 2, se muestra todas las redes de voz como las de datos siendo estas LTE, de igual manera se hace referencia al Roaming, que en este caso no se está utilizando, ya que se activa cuando está en otros países, de este modo la tarjeta estará lista para ser utilizada.

Por consiguiente, en la siguiente figura se muestra los gráficos con los valores RSRP (Reference Signal Received Poer) lo que en español significa señal de referencia de potencia recibida, la cual se encuentra en la pestaña de HISTORIA:

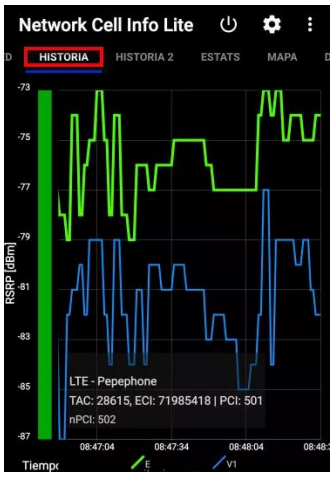


Figura 3.3. Ruido y velocidad.

Fuente: (Lorenzo, 2017)

Luego se prosigue hacia la HISTORIA 2, donde se muestra una gráfica con cuatro valores, que están relacionados con el ruido y la velocidad de los móviles.

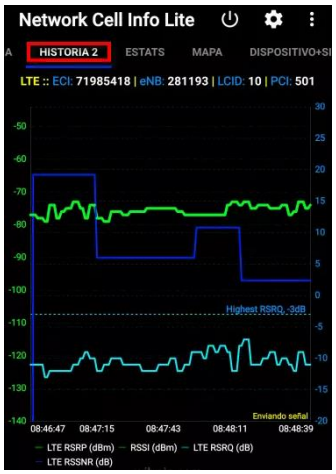


Figura 3.4. Estadística de conectividad.

Fuente: (Lorenzo, 2017)

Seguidamente se pasa a la pestaña de STATS, donde se indica las estadísticas de conectividad del equipo o dispositivo, para que, de este modo el porcentaje de tiempo se muestre sin problemas, al igual que al tipo de conexión, la cual puede ser 4G, 3G O 2G.

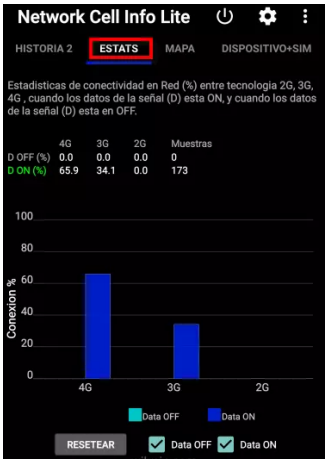


Figura 3.5. Velocidad de datos.

Fuente: (Lorenzo, 2017)

Este paso es útil cuando se hace una comprobación y se muestra la velocidad en que los datos fluctúa, pero el cambio puede ser drástico con el paso de 3G al 2G, debido a que la señal baja considerablemente.

El penúltimo apartado es MAPA, donde se indica con un punto azul que muestra la ubicación en donde se encuentra y el ícono de una antena mostrando el lugar de donde se procede la señal.

Figura 3.6. Mapa

Fuente: (Lorenzo, 2017)

Para concluir, se muestra en la pestaña DISPOSITIVO+SIM, donde se muestra toda la información referente a la tarjeta insertada en el móvil.

Figura 3.7. Información de la tarjeta SIM

Fuente: (Lorenzo, 2017)

Y, por último, en la siguiente pestaña se tiene TELEFONÍA DISPOSITIVO e INFO DISPOSITIVO, donde se encuentra el modelo del dispositivo, la versión y más características.

Figura 3.8. Dispositivo y SIM

Fuente: (Lorenzo, 2017)

Y estas han sido todas las características que posee la aplicación Network Cell Info Lite, mismo que es una aplicación muy completa en relación con lo que sucede en la red móvil (Lorenzo, 2017).

Por lo tanto, nos acercamos al recinto Cabuyal perteneciente al cantón Santa Lucia y se realizó la verificación de cobertura celular por medio de la aplicación anteriormente mencionada y se captó los siguientes datos, pero antes se detallará brevemente sobre la fortaleza e intensidad de las señales móviles.

3.1.1. Fortaleza e intensidad de las señales.

La figura siguiente simboliza la fortaleza de señal móvil en 2G, por lo cual muestra la correspondencia con los valores dBm y asu, que nos refleja en nuestros dispositivos, cabe recalcar que también da la información acerca de los itinerarios de barra en los dispositivos móviles.

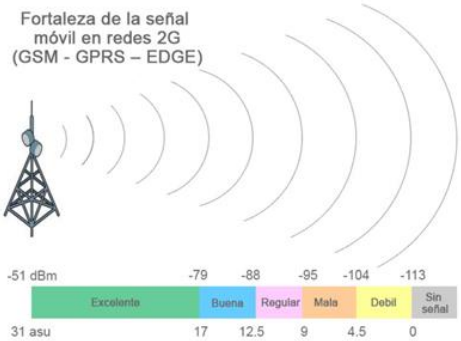


Figura 3.9. Representación de la fortaleza de la señal.

Fuente: (Carrodeguas, 2010)

Para mejor explicación, dBm es una unidad de medida de potencia, y ASU también es otra unidad de medida, pero sirve para determinar la fortaleza de la señal.

En la siguiente figura se puede observar y a la vez determinar la relación que existe entre la fortaleza de la señal y los indicadores de barras en los dispositivos móviles.

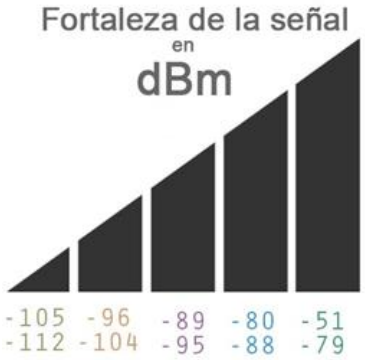


Figura 3.10. Indicadores de barras de señal

Fuente: (Carrodeguas, 2010)

Determinando la figura anterior se detallará los niveles de señal:

- Un indicador de señal (-105 / - 112) es considerada como señal frágil.
- Dos indicadores de señal (-96 / -104) es considerada como señal mala.

- Tres indicadores de señal (-89 / -95) es considerada como señal normal o regular.

- Cuatro indicadores de señal (-80 / -88) es considerada como señal buena o aceptable.

- Cinco indicadores de señal (-51 / -79) es considerada como señala excelente.

Una vez explicado la intensidad de las señales comparamos con las mediciones realizada en el recinto Cabuyal perteneciente al cantón Santa Lucia.

Figura 3.11. Medición en sitio

Fuente: Los autores

En la figura 3.11 se puede observar que la medición obtenida mediante el SW es de -113 dBm en el recinto Cabuyal, con lo cual se concluye que el nivel de la señal es malo, esta novedad se experimentó al intentar realizar una comunicación mediante el uso de la red de datos la misma que fue fallida.

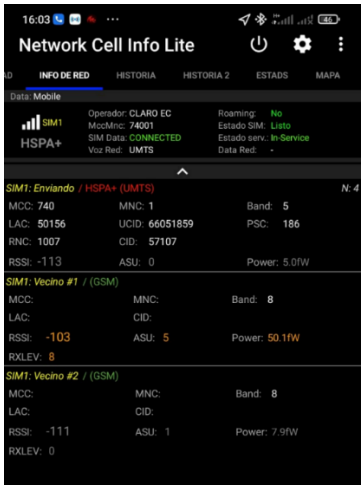


Figura 3.12. Datos del Operador Móvil (CLARO)

Fuente: Los autores

En la figura 3.12 nos muestra la información detallada en la que trabaja nuestro operador móvil (CLARO) en tiempo real al medirnos -113 dBm.

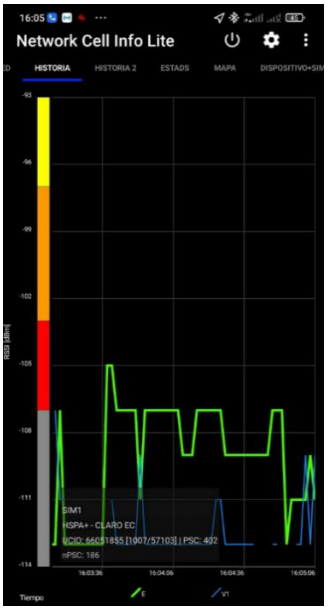


Figura 3.13. Determinación de valores de señal PRX

Fuente: Los autores

En la figura 3.13 podemos determinar los valores de la señal de referencia de potencia recibida en un periodo de tiempo que se actualiza cada 2 segundos.

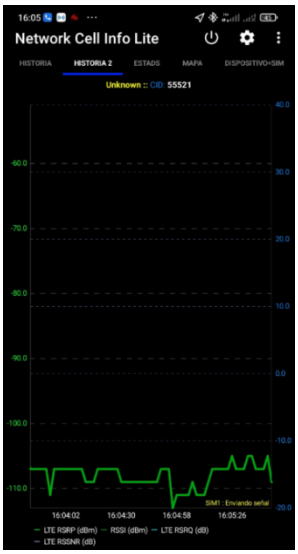


Figura 3.14. Celeridad de datos

Fuente: Los autores

En la figura 3.14 podemos observar una gráfica que está relacionada con la potencia y la celeridad de los datos móviles, en base a los -113 dBm que obtuvimos en el sector.

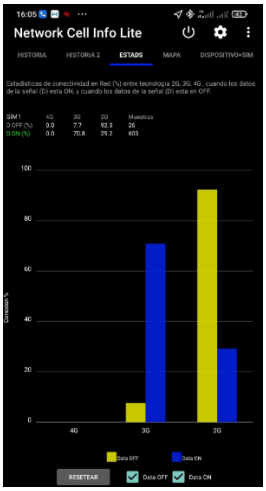


Figura 3.15. Estados de Red.

Fuente: Los autores.

En la figura 3.15 se observa los estados de red o tipo de conexión 2G, 3G y 4G, nos muestra los patrones de conectividad del dispositivo, para que así el porcentaje de tiempo se muestre sin inconvenientes.

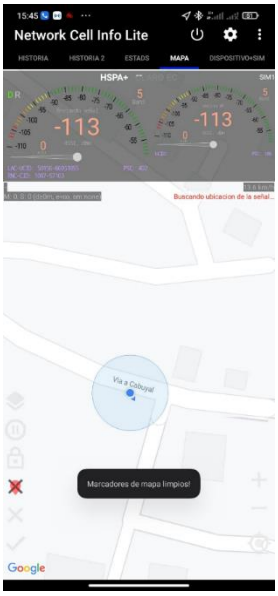


Figura 3.16. Ubicación Recinto Cabuyal.

Fuente: Los autores

En la siguiente figura 3.16 se ilustra que estando en el recinto Cabuyal no existe una RBS cercana de donde se pueda recibir algo de señal.

Figura 3.17. Información del móvil y operadora

Fuente: Los autores

Finalmente, en la figura 3.17 se tiene la información de la telefonía operadora y del dispositivo móvil. Según los datos obtenidos, no cumplen con el estándar establecido para una comunicación de datos.

3.2. Diseño de la estación de cobertura celular.

Para una mejor estructura el diseño de la estación de cobertura celular se la dividirá en tres sistemas:

i. Sistema de energía.

ii. Sistema MW (micro wave)

iii. Red de acceso celular.

Dado a que el modelo de negocio cuando se trata de la implementación de una estación de cobertura ha dado un giro, no se tratara el sistema de Obra Civil, ya que actualmente las operadoras de telefonía celular alquilan la estructura donde serán instalados los elementos de la red evitando así realizar estudios de suelos, permisos ambientales y la instrucción en sí de la estructura.

3.2.1. Sistema de Energía

Para energizar los distintos equipos de telecomunicaciones que se plantea utilizar, se planifica emplear una power plant marca Eltek Valere, la misma se alimenta de la energía comercial del sector y su función principal por medio de un contactor de carga (K1) es de realizar el cambio de energía publica a la energía del sistema de baterías, acción que ejecuta cuando se presenta un corte o falla en la red de distribución pública.

Adicional en su interior permite alojar distintos equipos (MW, ALU, etc.) y bancos de baterías, por ello y dado a que estos equipos generan un aumento de temperatura adicional al interior, la power cuenta con un sistema de ventilación, el mismo que consta de dos ventiladores, uno se encarga de expulsar el aire caliente interno y el restante ingresa el aire exterior realizando así la renovación de aire interna.

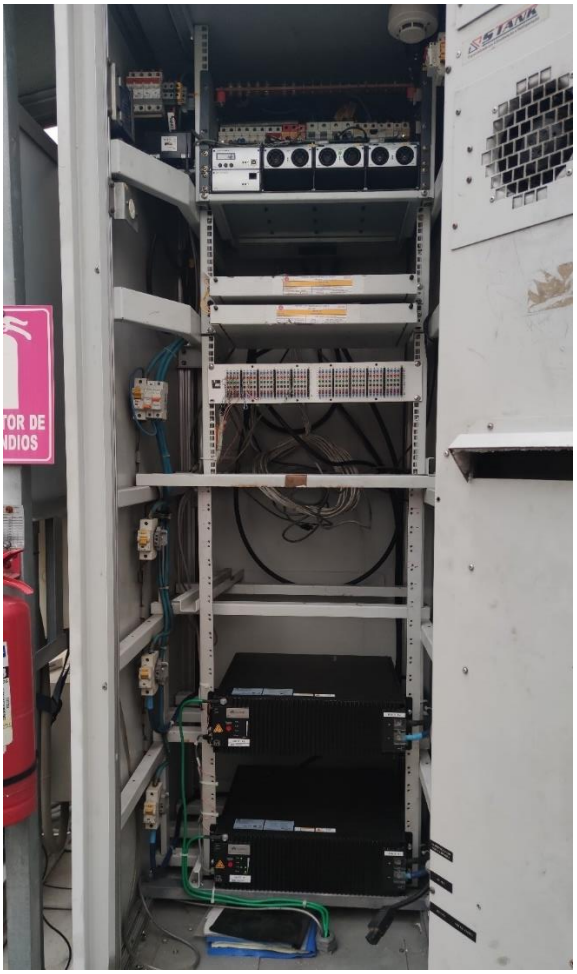


Figura 3.18. Power Plant Eltek y sus componentes internos

Fuente: Los autores

A continuación, se revisarán los elementos que conforman la power y como se dimensiono su cantidad y configuración acorde a las necesidades de la estación de cobertura celular.

- **Smart Pack.**

Siendo este el módulo de control de la power plant, en el mismo se configuran a partir de las recomendaciones del fabricante de baterías, los voltajes de flotación, ecualización, desconexión, y también se sestearán los valores que reporte la alarma de bajo voltaje, como requisito indispensable es necesario una laptop previamente instalada el SW Power Suite, un cable de conexión USB tipo A ha USB tipo B.

Model	ESM-48100B1 01074746-010 (new)
Appearance	 Change: The panel style is unified. The cooling fins are expanded to the entire panel, and the ON/OFF button is changed from the right to the left.
Capacity	100 Ah
Performance	1. Maximum charge/discharge current: 100 A 2. Cycle performance: 3500 cycles@0.5C, 85% DOD, 70% EOL, 35°C 3. Equalized charge voltage: 56.4 V Float charge voltage: 54.5 V Battery disconnection voltage: 44 V
Structure	130 mm x 442 mm x 396 mm (H x W x D)
Weight	43 kg

Figura 3.19. Datashett - Batería de Litio Inteligente HUAWEI

Fuente: Los autores

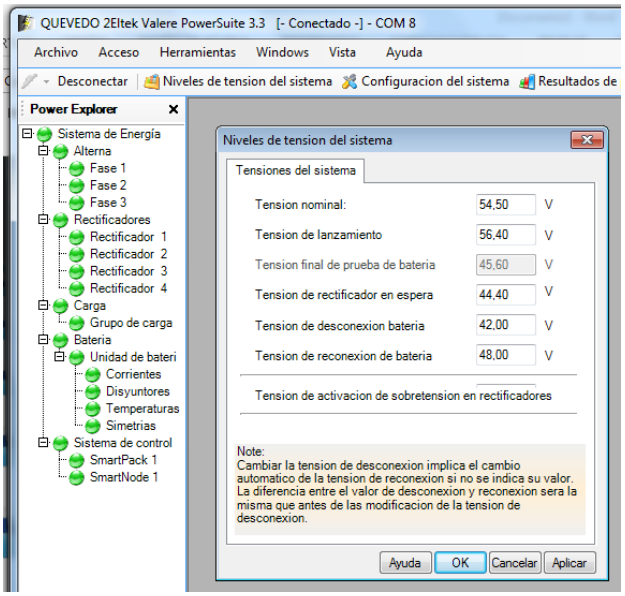


Figura 3.20. Configuración de valores de tensión del sistema acorde al fabricante de baterías HUAWEI.

Fuente: Los autores

También entre los valores principales a configurar, se debe limitar la corriente de carga de baterías, el mismo que no debe exceder del 15% de la capacidad de cada banco.

En este caso, partiendo de que se emplearan dos bancos de baterías de capacidad 100 A DC, la limitación debe quedar configurada en 30 A DC, de no realizar esta acción las baterías pudiesen demandar el 100% de su capacidad, es decir 200 A DC, valor que los rectificadores no pueden entregar y al intentarlo tienen un alto riesgo de afectar su operación.

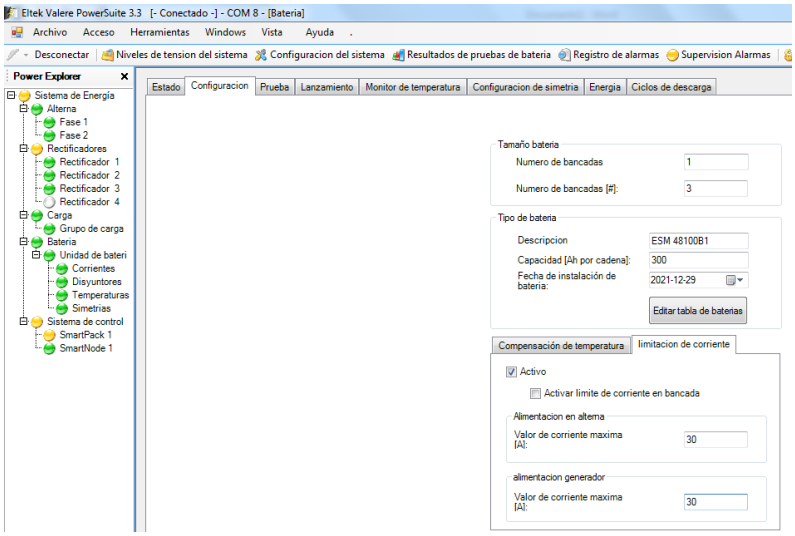


Figura 3.21. Visualización de limitación de corriente para 2 bancos de baterías modelo ESM48100B1 - HUAWEI

Fuente: Los autores

- **Flat Pack 2.**

Los distintos equipos que conforman la estación de telefonía celular operan con -48 VCD, partiendo de ello se plantea utilizar los rectificadores de media onda Flat pack2 para obtener señalado voltaje.

En su capacidad la power plant puede alojar 6 rectificadores flat pack 2, sin embargo, para no realizar un gasto innecesario y aumentar el consumo de energía en sitio se debe realzar el dimensionamiento de cargas detallado a continuación.

$$P= V*I$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{3000\ W}{54\ V\ DC} = 55{,}5\ A\ DC$$

- Consumo DC de la Rbs. 50 ADC
- Consumo de baterías 30 A DC
- Consumo total = 50 ADC + 30 ADC =80 ADC

Partiendo del consumo total del sitio y de que cada rectificador puede entregar 55.5 ADC, con dos rectificadores se puede asumir la carga total, sin embargo, el sistema de rectificación debe contar con un rectificador de contingencia que asuma la carga en el caso de que uno de estos elementos sufra alguna avería. En total la estación debe contar con tres rectificadores flat pack 2.

Figura 3.22. Sistemas de rectificación conformado por tres rectificadores FLATPACK2.

Fuente: Los autores

3.2.2. Sistema de baterías.

El sistema de baterías es el encargado de asumir la alimentación de los equipos de la radio base ante un corte de energía pública o falla en algún elemento propio de la red (transformador, corte de la línea de media tensión, etc.).

Para realizar el dimensionamiento de baterías consideraremos los siguientes factores:

- Carga de la Rbs. - La estación de cobertura celular tendrá un consumo aproximado de 50 A DC

- Tiempo de llegada desde la ciudad base del grupo de soporte que atienda el evento de energía: desde Guayaquil hasta el recinto Cabuyal hay 75 KM, el último tramo de 9 KM se los realiza en una vía lastrada de tercer orden, la misma que exige sea disminuya significativamente la velocidad del vehículo, en tal virtud al grupo de soporte le tomara 2 horas aproximadamente llegar a la Rbs.

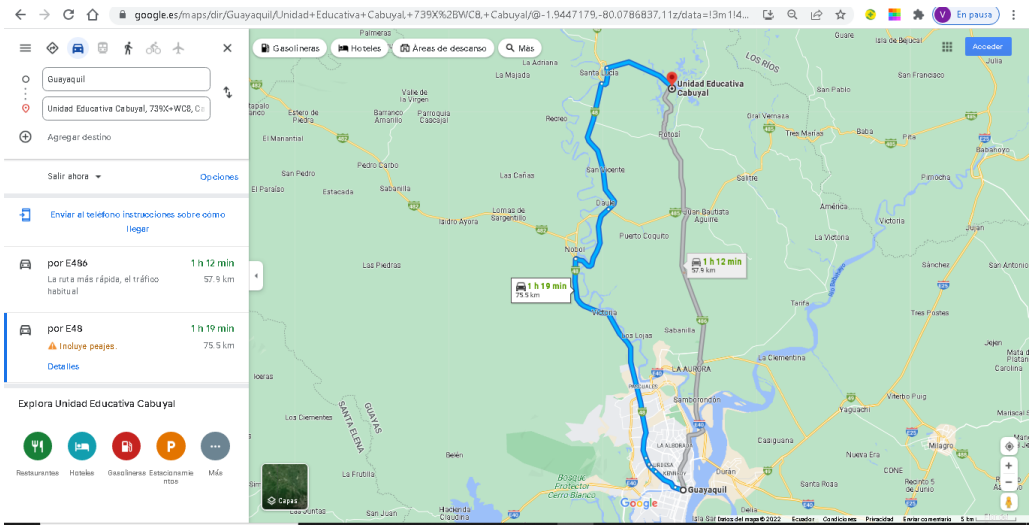


Figura 3.23. Distancia desde Guayaquil al Recinto Cabuyal

Fuente: Los autores

- Importancia de la Rbs. - La estación de cobertura celular CABUYAL no tiene una celda vecina que pueda asumir su tráfico ante una posible falla en operación de la misma, por lo cual es una estación de cobertura única, por ello se debe aumentar significativamente el respaldo de energía de las baterías en el caso de que la solución al problema presentado requiera más tiempo del normal para su solución.

Con base a los factores mencionados, se platea utilizar 2 bancos de baterías de capacidad 100 Ah, con lo cual se tendría un respaldo total de 200 Ah los cuales repartidos para para la carga de RBS, dan un respaldo teórico de 4 horas.

$$Respaldo = \frac{200\ Ah}{50\ A} = 4\ horas$$

Figura 3.24. Sistema de baterías conformado por 2 bancos de capacidad 100A

Fuente: Los autores

3.2.3. Diseño del enlace PDH.

Para elaborar el diseño del enlace microonda se utilizará el SW Radio Mobile al igual que se realizarán varios cálculos para determinar los parámetros del enlace propuesto, a continuación, se indican los más relevantes:

- Remoto del enlace microonda.
- Determinar azimut y alturas de las antenas parabólicas
- Radio (IDU) apropiada para la implementación.
- Frecuencia de operación
- Perdidas en elementos pasivos y en espacio libre (FSL)

- Nivel de recepción y ganancia de antena parabólica

- Diámetro de la antena parabólica.

- **Remoto del enlace microonda.**

Para integrar la estación CABUYAL a la Central de telefonía se plantea el uso de un enlace microonda, el mismo tendrá como punto remoto la Rbs. SANTALUCIA, señalada estación es la más idónea para este propósito porque recibe su trasmisión del nodo DAULE, adicional cuenta con un grupo electrógeno (generador) para suministrar de energía la estación ante un corte de energía.

- **Determinar azimut y alturas de las antenas parabólicas**

Para determinar los azimut de las antenas microonda y distancia entre los dos puntos, se obtuvieron las coordenadas geográficas de la estación SANTALUCIA y del punto remoto en el recinto CABUYAL, señala información se ingresó al SW Radio Mobile y se realizó la simulación de la misma se obtuvo que la antena de SANTALUCIA debe estar a 97 ° y del lado de CABUYAL a 277°, adicional para validar que la zona de Fresnel se encuentra libre de obstrucciones se determinó que la antenas estén a 30 (m) en cada lado obteniendo un resultado positivo en la simulación.

Especificamos el respaldo de las coordenadas obtenidas por medio de MAPS.ME

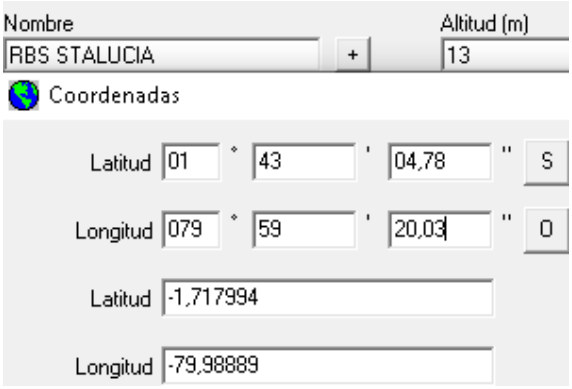


Figura 3.25. COORDENADAS - RBS STA LUCIA

Fuente: Los autores

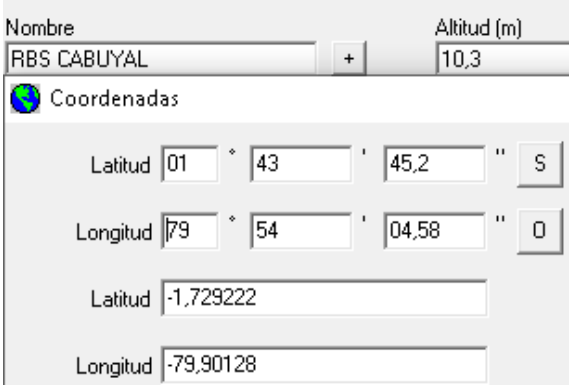


Figura 3.26. COORDENADAS - RBS CABUYAL (PROYECTADA)

Fuente: Los autores

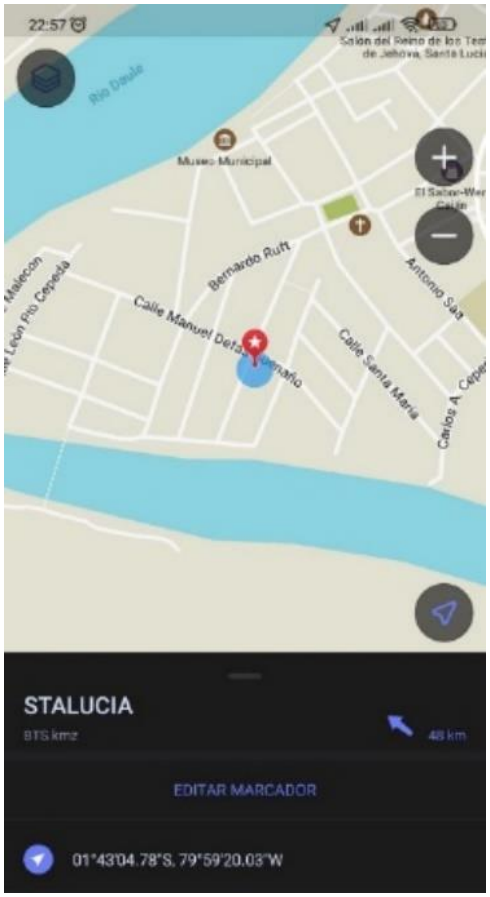


Figura 3.27. RBS STA LUCIA – GPS

Fuente: Los autores

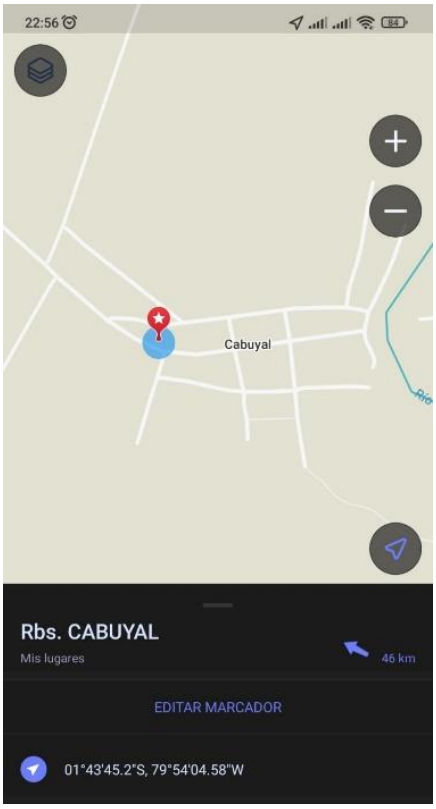


Figura 3.28. RBS CABUYAL - GPS

Fuente: Los autores

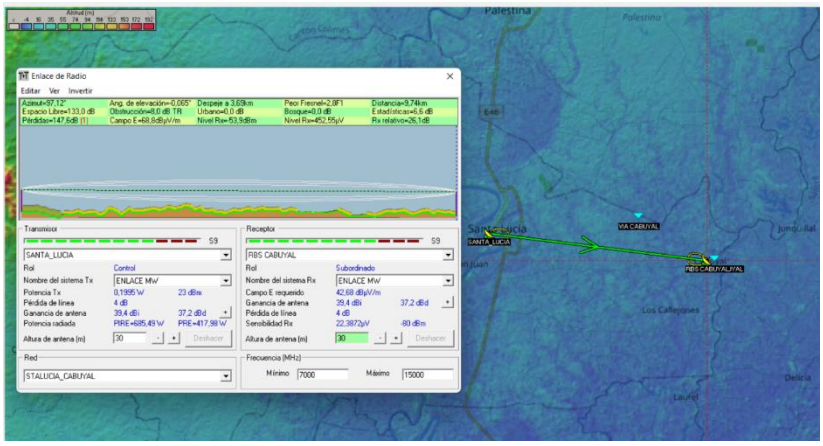


Figura 3.29. Simulación de enlace donde se aprecia libre la zona de Fresnel.

Fuente: Los autores

Una vez comprobado que el enlace microonda es viable, se procede a realizar el diseño del mismo acorde las características de los equipos apropiados para una posible implementación.

- **Radio (IDU) apropiada para la implementación.**

En la parte de radio (IDU), se plantea elegir el equipo marca SIAE modelo AGS 20 dual IF, el mismo por ser dual IF permite tener una protección a nivel de ODUs, de igual manera tiene redundancia de fuentes de energía, en lo que se refiere al tráfico posee 2 puertos que pueden transformarse en ópticos por medio de un transceiver, lo cual permite que el tráfico de la estación se lo direccione conectando un Patch Cord de fibra, adicional posee puertos ethernet que permiten direccionar tráfico de datos para servicios específicos.

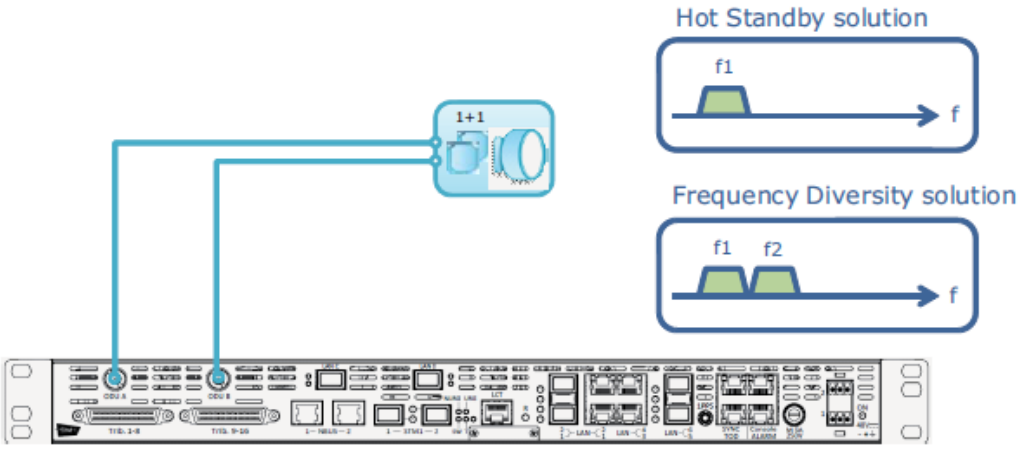


Figura 3.30. AGS-20 DUAL IF Configuración 1+1 (HSTBY)

Fuente: Los autores

- **Frecuencia de operación.**

En el espectro radioeléctrico, las bandas de operación más utilizadas en el país para la operación de un enlace microonda son 7 GHz y 15 GHz, siendo utilizadas en enlaces de jerarquía PDH, SDH o de última milla.

Partiendo de lo enunciado y de la fórmula:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Donde:

- λ: es la longitud de onda.

- c: es la velocidad de propagación de una onda en el vacío, cuyo es valor es $3x10^8$

- f: es la frecuencia de operación.

$$\lambda = \frac{3x10^8}{7x10^9} = 0.042 \qquad \lambda = \frac{3x10^8}{15x10^9} = 0.02$$

Remplazando las frecuencias en la formula indicada, se obtiene que en la banda de operación de 7 GHz el valor de la longitud de onda es 0,042 m y para la banda de 15 GHz es de 0,02m.

Analizando los resultados obtenidos, se puede concluir que la longitud de onda (λ) es inversamente proporcional a la frecuencia, es decir que mientras más pequeña sea la frecuencia mayor será la longitud de onda y se tendrá un alcance mayor en cuanto a la distancia entre transmisor y receptor.

Partiendo de la relación Planck, existe una relación la cantidad de energía que necesita una onda de acuerdo a la frecuencia de onda en la que viaja.

E= h * f

Donde:

E: es la energía electromagnética

h: es la constante de Planck cuyo valor es $6.63x10^{-34}$ j s

f: es la frecuencia

De señalada formula se puede determinar que la energía es directamente proporcional a la frecuencia, es decir que para transmitir con frecuencias altas se requiere una cantidad de energía mayor.

Adicional es conocido que las ondas de frecuencias altas pueden transportar más datos, ya que su ciclo de onda es mayor.

De este análisis concluimos que la frecuencia de operación para el enlace planteado es de 15 GHz considerando que se desea tener un alto procesamiento de voz y datos.

- **Perdidas en cables IF, conectores y en espacio libre.**

Para la conexión entre la IDU y ODUs por sus características físicas se propone utilizar el cable CNT 400, el mismo que según datos del fabricante por el recorrido de 120 m tiene una pérdida de 9.96 dB.

Los conectores generan 0.25 dB de perdida, considerando que 2 se conectan a nivel de IDUs y 2 a nivel de ODUs, generan una perdía total de 4 dB.

A continuación, se realza el cálculo de la perdida en espacio libre (FSL), este trayecto donde el enlace presenta la mayor atenuación, para este propósito se utilizará la siguiente formula:

$$FSB_{dB} = 32{,}40 + 20\ \log_{10} D + 20\ \log_{10} F$$

Donde:

D: es la distancia entre transmisor y receptor expresada en Km.

F: es la frecuencia de operación expresada en MHz

Con los datos conocidos y remplazado en señalada ecuación se tiene:

$$FSB_{dB} = 32{,}40 + 20\ \log_{10} 9{,}83 + 20\ \log_{10} 15000$$

$$FSB_{dB} = 32{,}40 + 19{,}85 + 83{,}52$$

$$FSB_{dB} = 135{,}77\ dB$$

- **Nivel de recepción y cálculo de la ganancia de la antena parabólica.**

Como ya se indicó, se plantea utilizar como equipo transceptor el modelo de radio AGS 20 dual IF de la marca SIAE, el mismo que permite configurar en sus respectivas ODUs una potencia de 23 dBm, con una sensibilidad de -80 dBm.

Para este diseño se considerará que el nivel de recepción captada por el receptor debe ser aproximadamente el 60% del nivel de sensibilidad de la IDU, el mismo es:

Rx= - 80 dBm * 0.6

Rx= - 48 dBm

Para realizar estos cálculos se debe considerar todas las pérdidas y ganancias que existen desde del transmisor hasta el receptor.

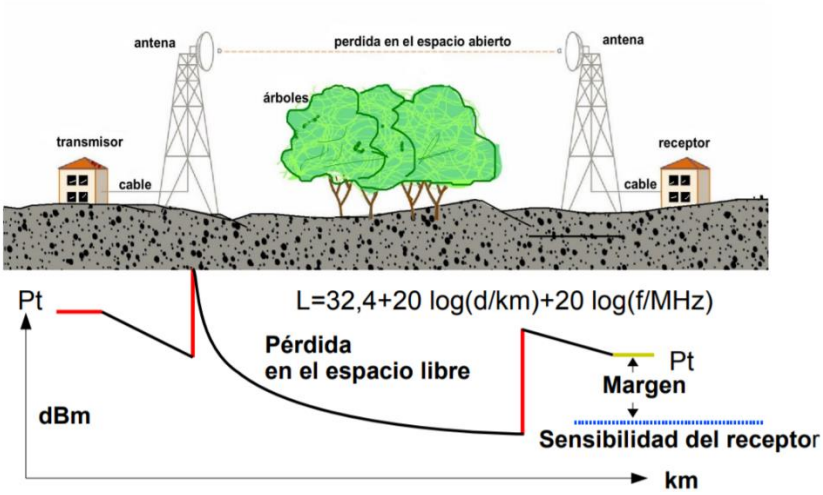


Figura 3.31. Pérdidas y Ganancias de un Radioenlace

Fuente: (Buettrich, 2007)

El cálculo de presupuesto de enlace está dado por la siguiente ecuación:

$$Rx_{dBm} = P_{TX} - Lc_{TX} - Lw_{TX} + Gant_{TX} - FSL + Gant_{RX} - Lw_{RX} - Lc_{RX}$$

Donde:

Rx_{dBm} nivel de señal recibida,

P_{TX} potencia del transmisor

Lc_{TX} perdida en los conectores de trasmisión

Lw_{TX} perdidas en el cable de trasmisión

$Gant_{TX}$ ganancia de la antena de trasmisión

FSL perdida en espacio libre

$Gant_{RX}$ ganancia de la antena de recepción

Lw_{RX} perdidas en el cable de recepción

Lc_{RX} perdidas en los conectores de recepción

Con los datos obtenidos y remplazando en la formula se tiene:

$$-48dBm = 23dBm - 2dB - 4{,}98dB + Gant - 135{,}77dB + Gant - 2dB - 4{,}98dB$$

$$2Gant = -48 - 23 + 2 + 4{,}98 + 135{,}77 + 2 + 4{,}98$$

$$2\,Gant = 77.73$$

$$Gant = 39{,}36\,dBi$$

- **Diámetro de la antena parabólica:**

Para determinar el diámetro de la antena parabólica se empleará la siguiente formula considerando un 80% de eficiencia.

$$Gant_{dBi} = 10\,log\left[\frac{4\pi\,.\,A}{\lambda^2} * 0.80\right]$$

$$\frac{Gant}{10} = log\left[\frac{4\pi\ .\ A}{\lambda^2} * 0.80\right]$$

$$\frac{\lambda^2\left[10^{G/10}\right]}{4\pi * 0.80} = A$$

$$A = \pi r^2 = \frac{\lambda^2\left[10^{G/10}\right]}{4\pi * 0.80}$$

$$r^2 = \frac{\lambda^2\left[10^{G/10}\right]}{4\pi^2 * 0.80}$$

$$r^2 = \frac{(0.02^2)(10^{39.36/10)}}{4 *\ 3.1416^2 * 0{,}80}$$

$$r^2 = \frac{3.4519}{25{,}66}$$

r =0,3 m

3.2.4. Diseño y simulación de la red de acceso.

Con la finalidad de definir los sectores que requieren el servicio de cobertura, se realizó una visita técnica al recinto Cabuyal, de señalada actividad se definió el predio donde debería ser ubicada la estructura la estación y el direccionamiento de las antenas celulares, para tratar este punto se lo realizo bajo los siguientes ítems.

- Ubicación de la estructura de la estación.
- Área de cobertura.
- Simulación de cobertura.

- **Ubicación de la estructura de la estación.**

Como ya se había señalado, actualmente la obra civil no es ejecutada por las empresas de Telecomunicaciones, sin embargo, si está en su potestad indicar la ubicación en que debe ser construida la misma.

Por ello se en la visita técnica se ubicó el predio donde no exista una construcción o sembrío que impida la negociación del encargado de la obra civil para que pueda cumplir el cometido, siendo así, el lote tiene las coordenadas 01°43’45.2” S, 79°54’04.58” W.

Figura 3.32. Sitio proyectado para la ubicación de la RBS (Cabuyal)

Fuente: Los autores.

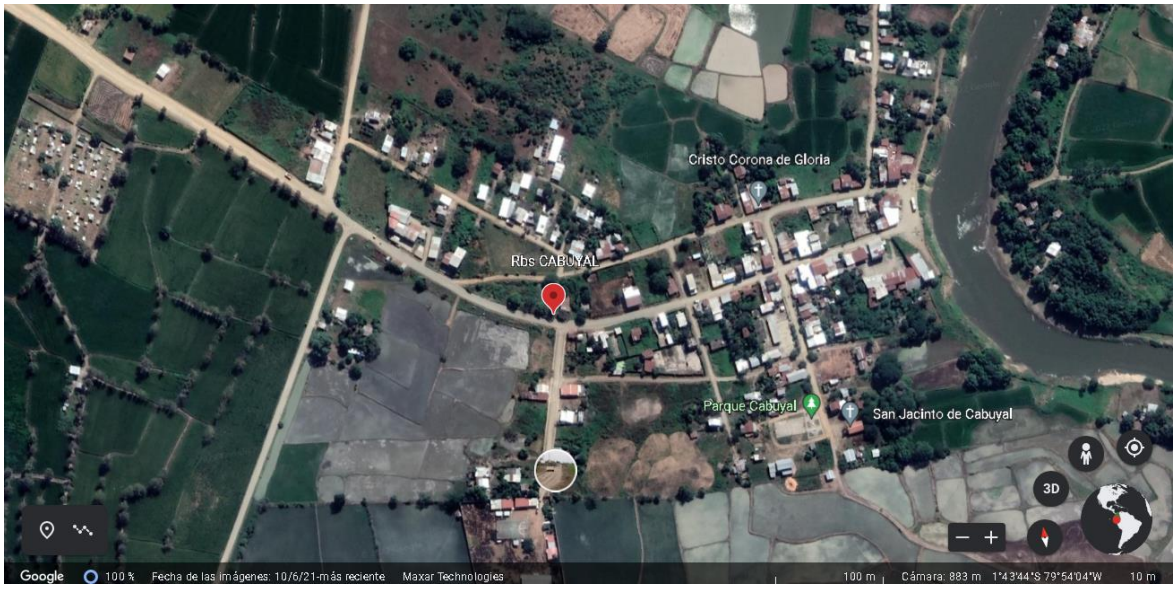


Figura 3.33. Coordenadas de la RBS PROYECTADA.

Fuente: Los autores.

- **Área y simulación de cobertura**

Mediante la visita técnica al recinto Cabuyal se evidencio que las viviendas, escuela, tenencia Política e Iglesia se ubican geográficamente en conjunto, por ello una antena celular debe estar direccionada hacia este bloque; mediante la ayuda del SW Radio Mobile se determinó que la dirección óptima de la antena sectorial es de 120° a una altura de 30 m.

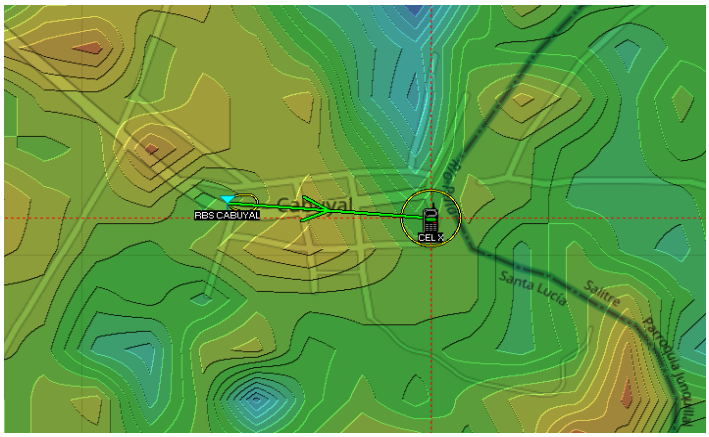


Figura 3.34. Simulación de conexión hacia el Recinto cabuyal.

Fuente: Los autores

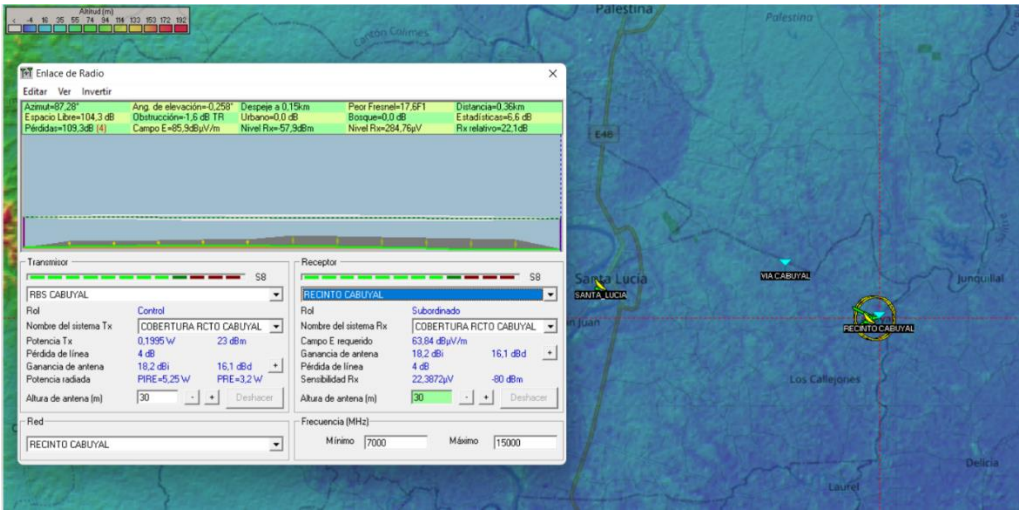


Figura 3.35. Simulación de una conexión directa de usuario – dispositivo móvil en el Recinto Cabuyal.

Fuente: Los autores.

Adicional, en la vía principal de acceso que es la gran parte de los cultivos del recinto, sumado a que es la vía por donde transitan los buses de transporte público, vehículos particulares y de proveedores del recinto, esto otro sector al que se debe direccionar la cobertura de una antena sectorial, de igual forma, con la ayuda del SW Radio Mobile se determinó que la dirección de estar a 310° a una altura de 30 m.

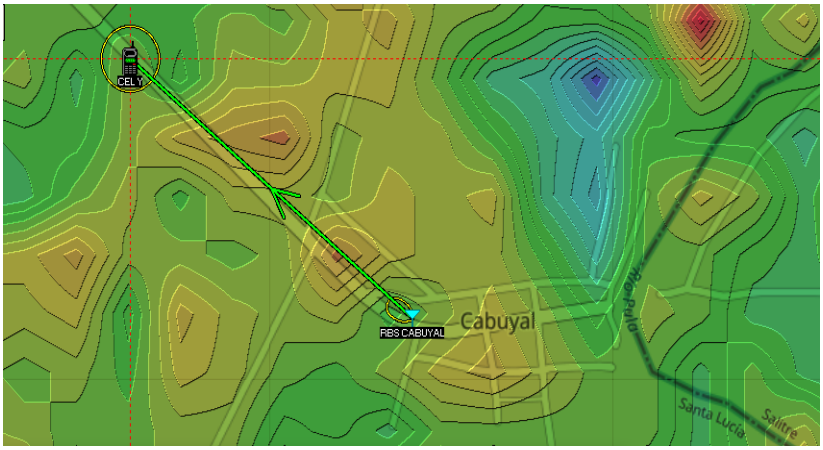


Figura 3.36. Simulación de conexión hacia la vía cabuyal.

Fuente: Los autores

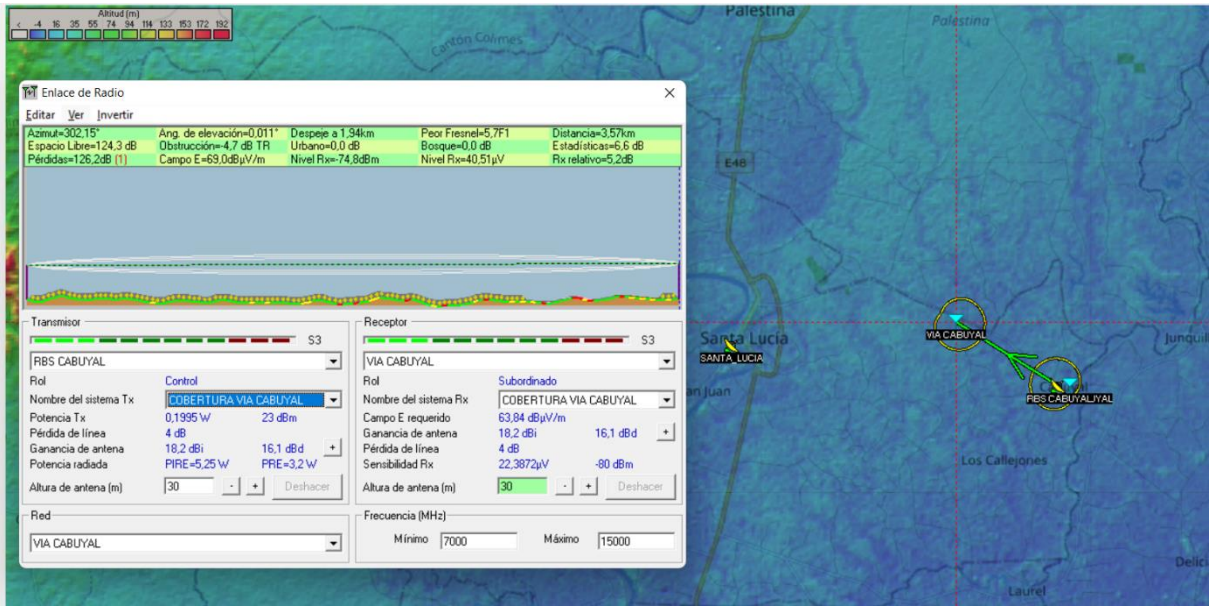


Figura 3.37. Simulación de una conexión directa de usuario – dispositivo móvil hacia Vía Cabuyal.

Fuente: Los autores.

3.3. Simulación de Cobertura celular - RBS CABUYAL

La cobertura de la RBS está conformada por dos antenas sectoriales, las cuales irradiaran hacia los sectores X – Y que mediante una indagación de cobertura por medio de la aplicación NETWORK CELL INFO LITE se encontró y se reconoció a ambos lugares o sectores que son en la Vía Cabuyal y en el RECINTO CABUYAL, los cuales carecen del servicio de datos, para aquello se utilizó el Google Earth Pro para identificar las coordenadas geográficas de ambos sitios y a la vez poder simular la cobertura deseada que se obtuvo del SW Radio Mobile.

Para realizar la simulación de una solicitud de acceso y uso de la red de cobertura CABUYAL, primero ubicamos la posición de la radio base, luego ubicamos los dispositivos móviles que enlazaran inalámbricamente con los sectores de cobertura de la estación base, señaladas acciones las ilustramos en la siguiente figura 3.38.

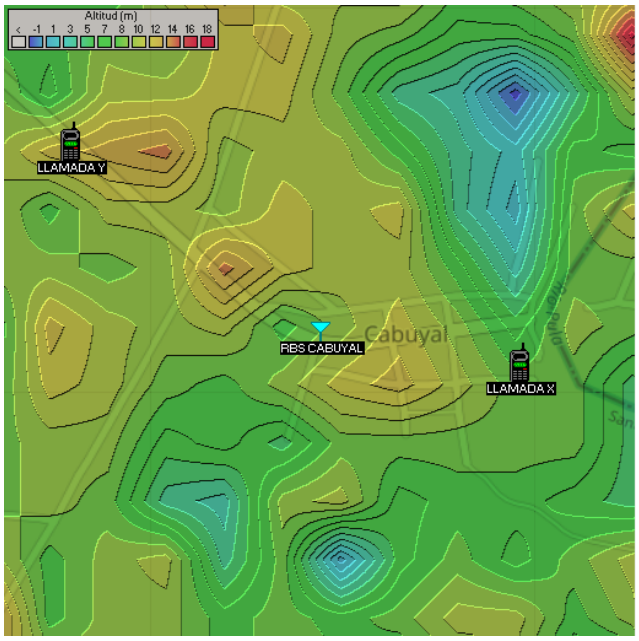


Figura 3.38. Ubicación de los sectores X - Y.

Fuente: Los autores

Se configura el sistema y con los parámetros definidos para los sectores X-Y de la RBS CABUYAL y los dispositivos móviles que intervendrán en la simulación, según las necesidades de los sectores.

Figura 3.39. Simulación de cobertura hacia el sector X (recinto cabuyal) por medio de Google Earth Pro y Radio Mobile

Fuente: Los autores

En la figura 3.39 se puede observar la cobertura del sector X hacia el Recinto Cabuyal, la misma que cubre a las viviendas, escuela, tenencia política e iglesia que se ubican geográficamente en un mismo conjunto.

Figura 3.40. Simulación de cobertura hacia el sector Y (vía cabuyal) por medio de Google Earth Pro y Radio Mobile

Fuente: Los autores

En la figura 3.40 se puede observar la cobertura del sector Y hacia la vía principal de acceso, la misma que cubre la carretera donde se encuentran los sectores agrícolas,

tránsito de vehículos particulares, buses de transporte público y distribuidores del recinto.

3.3.1. Comparación de Cobertura de estaciones aledañas.

Se realiza una comparativa de estación de cobertura celular con las celdas aledañas como podemos observar las RBS de Santa Lucia y Junquillal, no llegan a cubrir el recinto cabuyal, mientras que con la simulación del proyecto propuesto se solucionaría el acceso a la red.

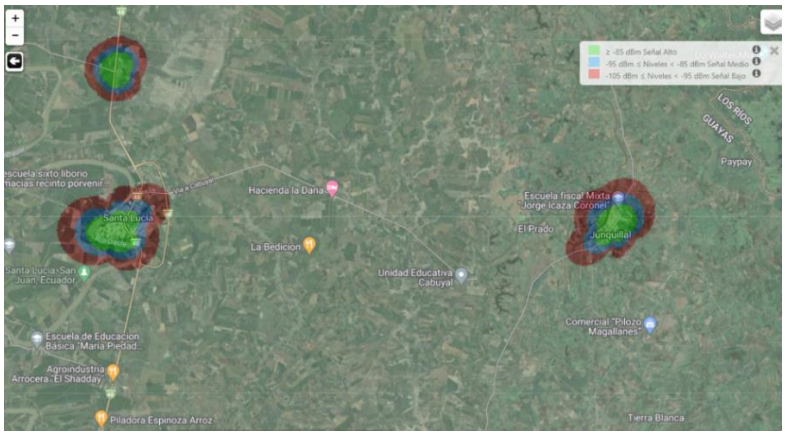


Figura 3.41. Simulación de cobertura de las RBS SANTA-LUCIA Y JUNQUILLAL capturada desde GEODATA (MAPA DE COBERTURA).

Fuente: Los autores

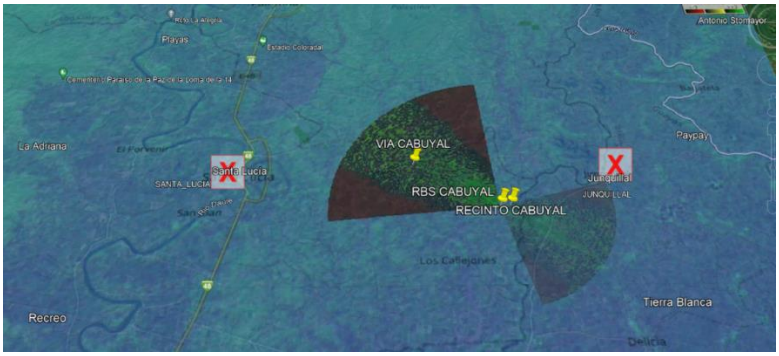


Figura 3.42. Simulación de cobertura de la RBS CABUYAL (PROPUESTA) capturada desde Google Earth Pro junto al SW RADIO MOBILE

Fuente: Los autores

Adicional, con la simulación de los sectores de la Rbs. CABUYAL se puede observar que la comunicación se la puede realizar de manera ininterrumpida cuando los usuarios se movilicen hacia el Cantón Santa Lucia, o la parroquia Junquillal, esto dado a que la estación propuesta debe realizar HAND-OVER con los sectores de las estaciones vecinas, es decir que los procesamientos continúen desde otra Rbs.

4. CAPITULO IV

4.1. Estudio técnico e impacto social

El presente capítulo, presenta un análisis económico y social, donde se determina el nivel de factibilidad con la rentabilidad que se puede incentivar en la ejecución del proyecto que plantea, presentar un esquema de viabilidad técnica y financiera de una propuesta de implementación de una estación base operadora, estimando la capacidad de servicios de datos recolectados.

Por ende, se considerarán los datos en costos y valores necesarios para el esquema, en el cual estará detallado, los ingresos generados a partir del consumo y adquisición de productos electrónicos. De igual manera, se busca cuantificar el impacto social que generará el proyecto, obteniendo resultados positivos para la población.

4.2. Análisis económico

En esta sección se muestra el análisis que se obtiene de acuerdo a la adquisición de productos electrónicos, esto para la ejecución de la viabilidad del proyecto, es así que en esta sección se busca establecer el nivel de rentabilidad esperada, donde se muestra los costos necesarios que se deberán considerar para los artículos.

Para presentar un esquema de la viabilidad técnica y financiera de una propuesta de implementación de una estación base operadora, se debe estimar la capacidad de servicios de datos.

Tabla 2 *Detalle de costos DBS 3900 3G – 4G*

DBS 3900 / 3G - 4G			
CANTIDAD	**DETALLE**	**COSTO**	**TOTAL**
2	RRU3942 for Multi-mode 2100MHz	$3.200	$6.400
1	BBU3900 Main Equipment	$237	$237
1	UMPT (Universal Main Processing & Transmission unit with 4E1 and 2FE/GE interface UMPTb1)	$622	$622
2	UBBP (WD22UBBPd6, WD2DUB BPD600, Baseband Processing and Interface Unit)	$1.716	$3.432
1	APM30H, Outdoor Power Cabinet	$1.800	$1.800
1	DCDU Power Distribution Box 12C	$348	$348
4	High Speed Transceiver, QSFP-DD LR8-8*56Gb/s PAM4(1310nm) -425Gb/s--2.8dbm-5.3dbm--9.1dbm-LC-SMF-10km	$117	$468
4	Patch Cord Monomodo Dúplex LC/LC 50 MT	$100	$400
2	Antena sectorial UNNPX206R3	$260	$520
200	Cable coaxial de 1/2 superflex	$100	$20.000
		TOTAL	**$34.227**

Fuente: Los autores

Es así que el estudio económico-financiero del proyecto, se lo ha realizado con criterios que comparan flujos de beneficios y costos, donde se determina si es conveniente realizar la compra de artículos electrónicos.

Al proyecto, es necesario incluir información adicional relacionada a los efectos tributarios, depreciación y pérdidas. Los valores han sido determinados de acuerdo con el diseño de las dimensiones. Es así que en la siguiente tabla se muestran los costos de los productos a utilizarse:

Tabla 3 *Detalle de costos MW SIAE AGS20*

MW SIAE AGS20			
CANTIDAD	**DETALLE**	**COSTO**	**TOTAL**
2	ODU (GE8533-42 ODUASNK7L/161SB=4H)	$730,00	$1.460
2	ODU (GE8532-42 ODUASNK7L/161SB=4L)	$730,00	$1.460
2	COMBINER EVO 190 PBR EQP	$180	$360
2	MW Antenna, SLU1278D6B-P	$2.500	$5.000
2	IDU (AGS-20 DUAL-IF)	$3.800	$7.600
4	Guias flexibles	$140	$560
160	Cable CNT 400 (IF)	$1,50	$240
		TOTAL	**$16.680**

Fuente: Los autores

Tabla 4 *Detalle de costos POWER PLANT*

POWER PLANT			
CANTIDAD	**DETALLE**	**COSTO**	**TOTAL**
1	Power Plant ELTEK VALERE con intercambiador de calor	$9.736	$9.736
1	Unidad de control Smart Pack	$451	$451
3	Rectificador Flat Pack2 -48V/3000W	$448	$1.344
2	Batería de Litio - HUAWEI	$300	$600
		TOTAL	**$12.131**

Fuente: Los autores

Tabla 5 *Detalle de costo total de la RBS CABUYAL*

RESUMEN - RBS CABUYAL	
DBS 3900 HUAWEI	$34.227
Enlace SIAE AGS20	$16.200
Power Plant	$12.131
TOTAL	**$65.094**

Fuente: Los autores

Las cantidades y precios mostrados anteriormente han sido establecidos en función del diseño y extensión que será utilizado en el área de estudio, el mismo que será proyectado en el recinto Cabuyal del cantón Santa Lucía, provincia del Guayas.

4.3. Análisis social

Tal como indica la Asociación Internacional de evaluación de impacto, el análisis del impacto social es el proceso de analizar controlar las consecuencias que puedan surgir, ya sean intencionalmente, positivas o negativas. El impacto social son los cambios repentinos que pueden darse en las comunidades o personas, cambios que pueden afectar en la vida diaria, estilo de vida, ambiente, salud, derechos de propiedades etc.

Dentro de este apartado se muestra el impacto social que tendrá el esquema de viabilidad, considerando a la población del recinto Cabuyal del cantón Santa Lucía, perteneciente a la provincia del Guayas, mismos que, este recinto posee geográficamente sitios adecuados para la estación de cobertura celular, de igual manera la población aledaña será beneficiada mediante ciertas características según Serrano (2015), las cuales se exponen a continuación:

- Mejoramiento de la calidad de vida de las personas, ya que contarán con el servicio con mayor exactitud y navegabilidad avanzada.

- Contarán con el acceso de redes de internet, que será de vital importancia para el desarrollo social enfocado a la educación de niños y adolescentes.

- Mayor comunicación, con oportunidades de negocios y contacto entre los recintos aledaños.

Ante eso, se puede mencionar que los beneficios sociales inician con el compromiso de llegar a aportar una solución al recinto Cabuyal, sea con viabilidad técnica de implementación de una estación de cobertura celular o la viabilidad económica-social, que de igual manera beneficiará el desarrollo y progreso del recinto.

Por otro lado, para tener presente una terminal de telefonía en una zona muy habitada, implican dos impactos principales que generan estas estaciones, el impacto social, donde el principal afectado es la población ya que esto demanda incomodidad a las personas al momento del proyecto y el montaje de la estructura, inclusive enemistades entre vecinos, y el impacto ambiental donde el principal factor es la proyección de las radiación que lanzan las antenas de telefonía, y estas son las RNI, esto es lo que se comenta en el planeta, por lo perjudicial que pueda ser para los seres vivos (Solorzano, 2019).

4.3.1. Las comunicaciones y la sociedad

Las telecomunicaciones y el impacto social dentro de la fabricación de antenas bases celulares tenemos diferentes tipos de perspectivas de los usuarios. De tanto que se menciona los proyectos sobre antenas ocasiona preocupación con la palabra ¨radiación¨. Hay personas que sin ningún tipo de documentación y sin asesoramiento publican falsa información con respecto a las antenas que son dañinas, que son negativas para los usuarios que conviven en el medio (Solorzano, 2019).

Existe muchas personas que no saben cómo es realmente el funcionamiento de las Antenas de Telecomunicaciones. Sin este tipo de conocimiento, es natural la reacción al miedo relacionado a su presencia. Por ende, para que no exista este tipo de inconvenientes, es preciso dar a conocer el trabajo que se realizará, brindando a la población la información necesaria, para que estos entiendan el nivel de beneficio que se les otorgará.

El impacto social que posee la construcción de estas estaciones es muy eminente por los ciudadanos, por lo cual se levantó un estudio para saber sus comentarios de esta situación tecnológica. Donde los moradores manifiestan que el problema es su ubicación, ya que está dentro de la comunidad y tienen temor de que la radiación de la antena vaya afectar a su salud, sus cultivos o el ganado, mientras otros moradores están de acuerdo con el proyecto que se realizó en el sector.

4.4. Viabilidad técnica

Todos los estudios de viabilidad ofrecen increíbles beneficios, financieros o sociales como se mostró anteriormente, de igual manera ayudan a tener mayor visión del presupuesto, las fortalezas y modos de operación, en este caso de la estación de cobertura celular para la población del recinto Cabuyal.

A continuación, se mencionan ciertos beneficios que se obtienen al llevar a cabo un proceso de viabilidad técnica de un proyecto:

- Permite explorar nuevas oportunidades para desarrollar un proyecto.
- Mejora la comunicación a través del servicio celular.
- Aumenta los niveles de sustentabilidad del proyecto.
- Mejora el proceso en la toma de decisiones.
- Brinda claridad frente a las necesidades que originan en el proyecto.

Por otro lado, la viabilidad técnica de un proyecto mide el nivel de recursos técnicos que una organización tiene al alcance. Dicha evaluación se enfoca en determinar si los recursos a disposición se ajustan a las necesidades del proyecto y si el capital humano cuenta con la destreza técnica para llevar a cabo el proyecto. En términos más concretos, la viabilidad técnica de un proyecto analiza en detalle los requisitos de hardware, software y tecnología varia que se requiere para completar un determinado proyecto (OBERLO, 2015).

4.4.1. Proceso para un estudio de viabilidad técnica

- **Análisis preliminar**

El presente esquema se centra en la viabilidad técnica y financiera que se generará en la propuesta de implementación de una estación base operadora, la misma que se implementará beneficios como el servicio de datos a la población del recinto Cabuyal.

Mediante esta propuesta se espera conseguir el apoyo de los habitantes y sobre todo de los entes gubernamentales, ya que estará al servicio de todos quienes integren esta red.

- **Proyección financiera**

Los recursos financieros surgirán inicialmente de convenios y alianzas entre empresas privadas, las mismas que ayudarán al desarrollo inicial de la propuesta. Y para aquello se ha establecido precios de los equipos a utilizarse para la implementación de la estación base operadora, la cual se puede observar en la tabla 2 del presente documento. De igual manera se indica el personal que estará encargado de coordinar el tema financiero.

- **Análisis de mercado**

Para la propuesta del proyecto existe una demanda muy grande, debido a que en la actualidad la mayoría de las personas, optan por manejar un teléfono celular, la misma que necesita de cobertura y sobre todo acceso a internet en el recinto Cabuyal.

Por ende, se alude que es un buen mercado para la implementación de la propuesta, sin dejar de lado el riesgo que acarrea al no contar con toda la demanda de mercado, debido al precio que se establecerá por el uso de los servicios.

- **Plan organizacional y operativo**

Dentro de este apartado, se establecen los equipos de trabajo, mismos que se contarán con un gerente de estación, administrador, secretaria-contadora, operadores y guardias, quienes mantendrán el orden y desarrollo de la estación base operadora.

De igual manera, se obtendrá el soporte de proveedores, quienes cubran la falta de artículos y productos necesarios para el abastecimiento de la estación.

- **Revisión de datos**

En este punto se establecen todos los pro y contras que se originan para el desarrollo de la propuesta, identificando riesgos adicionales como la falta de cooperación por parte de los habitantes de sector, falta de inversión, productos o equipos incorrectos, entre otros. Y ante este problema no cabe duda de que se deben corregir a tiempo, caso contrario no se puede establecer la propuesta planteada en el lugar identificado.

- **Toma de decisión**

Al tener una expectativa positiva de crecimiento sobre la propuesta, se debe llevar a cabo todos los compromisos necesarios para la implementación, siendo estos el

análisis de la viabilidad operativa, técnica, financiera y de mercado, ya que gran parte de la ejecución de cualquier tipo de propuesta depende de la disponibilidad y confianza que se le da a este.

Siempre hay que arriesgar a realizar un proyecto enfocado al desarrollo de un sector, ya que, sin lugar a duda, esto puede generar grandes beneficios y así producir emprendimientos que vayan de la mano con lo expuesto.

CONCLUSIONES

- Se concluye que con el estudio realizado y con la ayuda de la simulación aplicada, se determinó que el proyecto es viable, y que el mismo ayudaría a los habitantes del recinto para que así puedan acceder a una red de telefonía celular con la cual mejorará la comunicación y principalmente tengan acceso a navegar en una red de datos que les permita obtener información en tiempo real y principalmente les admita acceder a las clases virtuales tanto en su desarrollo como en las investigaciones de distintas actividades que deban realizar los estudiantes.

- Se concluye que los equipos con los que se realizó el estudio para la estación de cobertura celular Rbs. CABUYAL proporcionan una disponibilidad de uso de la red ininterrumpida y de calidad, adicional su migración hacia una nueva tecnología o cambios de configuración se la puede realizar utilizando la mayoría de los elementos existentes en la red.

- Se concluye que la simulación realizada del enlace microonda permite verificar la viabilidad técnica para implantar el enlace, dado a que el software libre permite simular la altura geográfica a nivel del suelo y antena, ya que es de mucha ayuda para verificar que exista línea de vista, es decir no haya posibles elevaciones que obstruyan el paso de la señal entre las dos parábolas, lo que en telecomunicaciones conocemos como la Zona de Fresnel.

- Se concluye que, con base al análisis financiero, se tiene una idea del costo en el que se va incurrir al implementar la estación de cobertura celular, adicional en el caso de que se tenga que modificar la configuración o migrar hacia una nueva tecnología, se puede utilizar muchos componentes de la red, por lo cual el uso de estos elementos ayuda a bajar el costo de futuras implementaciones.

RECOMENDACIONES

- La estación de telefonía celular propuesta es catalogada como de cobertura única ya que al tener una posible afectación no puede recibir soporte de las celdas aledañas (RBS SANTA-LUCIA y RBS JUNQUILLAL), por ello se recomienda que la estación ofertada reciba el mantenimiento acorde a las recomendaciones de los fabricantes de equipos con la finalidad de tener la disponibilidad de la red al 100%.

- Se recomienda que previo a la implementación del proyecto diseñado, se realice el estudio de suelo y el respectivo análisis de impacto ambiental, para que la estación cuente con todas las exigencias por parte de las autoridades pertinentes del Ecuador.

- Aprovechando la implementación del enlace microondas se recomienda ofrecer servicios de datos por medio de tecnologías como WIMAX, Enlaces Ultima Milla, dirigidos a las distintas instituciones del recinto como, por ejemplo: escuela, tenencia política, etc.

- Se recomienda la instalación de equipos con su respectivo cableado acorde a las normas establecidas por el fabricante con la finalidad de que no se presenten fallas de servicio que afecten la disponibilidad de la red.

- Se recomienda realizar la valoración de las estadísticas de calidad con el propósito analizar la implementación de un nuevo sector, aprovechando que se tiene la estructura necesaria para este cometido.

ANEXOS

Figura 4.1. COMPONENTES DE UNA POWER PLANT

Fuente: Los autores

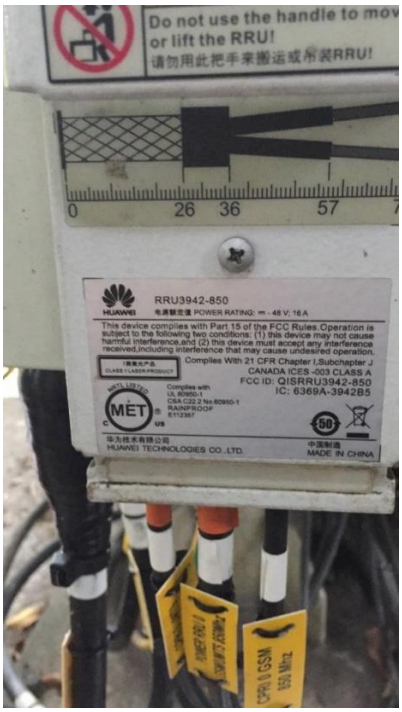


Figura 4.2. MODELO DE RRU 3942 DE 850 MHZ

Fuente: Los autores

Figura 4.3. MODELO DE RRU 3942 DE 1900 MHZ

Fuente: Los autores

Figura 4.4. BBU 3900 - HUAWEI en funcionamiento con sus respectivas etiquetas

Fuente: Los autores

Figura 4.5. Conexiones a sus respectivos puertos de cada tarjeta electrónica que contiene la BBU 3900 – HUAWEI

Fuente: Los autores

Figura 4.6. Verificación en sitio de APM

Fuente: Los autores

Figura 4.7. Verificación de coordenadas en el Recinto Cabuyal de la RBS (proyectada) por medio de la app MAPSME y el GPS GARMING ETREX

Fuente: Los autores

Figura 4.8. Verificación de uno los sitios que serán beneficiados en el Recinto Cabuyal

Fuente: Los autores

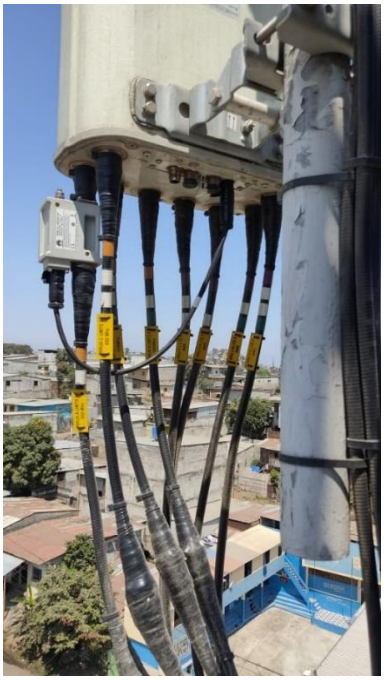


Figura 4.9. Conexiones de cables jumper en Antena

Fuente: Los autores

Figura 4.10. Acoplador Hibrido desmontado

Fuente: Los autores

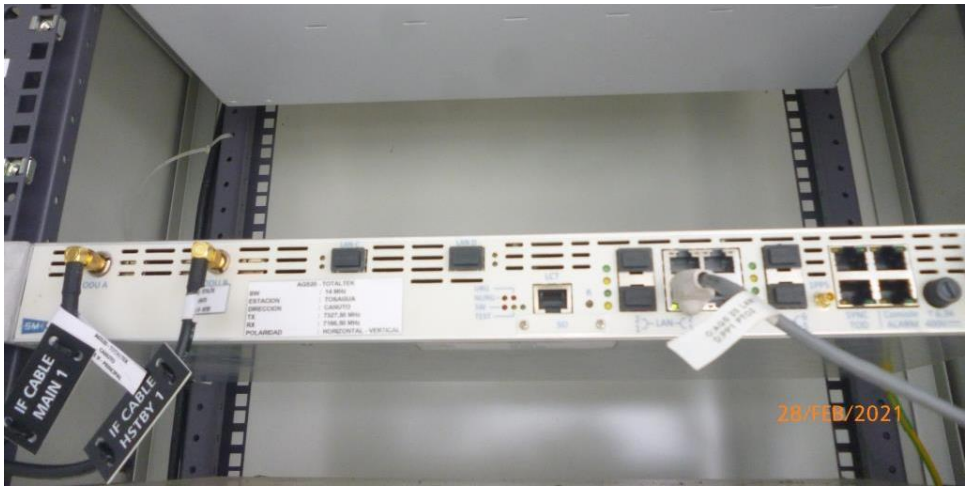


Figura 4.11. IDU AGS 20 SIAE

Fuente: Los autores

Figura 4.12. Monopolo

Fuente: Los autores

Item	Specification			
Working band	Frequency band	Receiving band	Transmitting band	
	Band class 0 (800 MHz)	824 MHz to 849 MHz	869 MHz to 894 MHz	
	Band class 15 (AWS)	1710 MHz to 1755 MHz	2110 MHz to 2155 MHz	
	Band class 1 (1900 MHz)	1850 MHz to 1910 MHz	1930 MHz to 1990 MHz	
	Band class 14 (US PCS 1.9 GHz)	1850 MHz to 1915 MHz	1930 MHz to 1995 MHz	
	Band class 6 (2 GHz)	1920 MHz to 1980 MHz	2110 MHz to 2170 MHz	
Max. number of carriers supported by one CRFU	8			
Transmitter and receiver specifications	Frequency band	Receiver sensitivity	Max. transmit power	
	Band class 0 (800 MHz)	–130 dBm	100 W	
	Band class 15 (AWS)	–127 dBm	80 W	
	Band class 1 (1900 MHz)	–127 dBm	80 W	
	Band class 14 (US PCS 1.9 GHz)	–127 dBm	80 W	
	Band class 6 (2 GHz)	–127 dBm	80 W	
Transmission ports	Max. configuration		Number of available ports	
	One CMPT (4E1) and two UTRPs		One FE electrical port and one FE optical port (supporting a maximum of 20 E1/T1 links)	
	One CMPT (8E1) and two UTRPs		One FE electrical port (supporting a maximum of 24 E1/T1 links)	
	NOTE The CMPT (8E1) does not support the ATM transmission. The CMPT (8E1) does not support transmission over the optical port.			
External clock source	GPS/GLONASS, RGPS, 1PPS +TOD, IP CLK			
Dimensions (H x W x D)	900 mm x 600 mm x 450 mm (35.43 in. x 23.62 in. x 17.72 in.)			
Weight	Fully-configured cabinet: not more than 150 kg (330.75 lb)			
Input power supply	Voltage range for –48 V DC: –57 V DC to –38.4 V DC			
Power consumption	BTS type	Configuration	Max. power consumption	Average power consumption
	BTS3900 (–48 V DC)	S(1/1/1)	559 W	430 W
		S(2/2/2)	694 W	514 W
		S(3/3/3)	884 W	647 W
		S(4/4/4)	1037 W	749 W
	NOTE The power consumption provided in the preceding table is measured when the system is operating in typical configuration at 800 MHz. The power consumption of the transmission equipment and the charging power consumption of batteries are not included. The power consumption of BTSs varies with bands and configurations.			

hongtelecom.en.alibaba.com

Figura 4.13. Especificaciones del Transceiver HUAWEI LTF8503-BH1 (SFP)

Fuente: (Guingla, 2018)

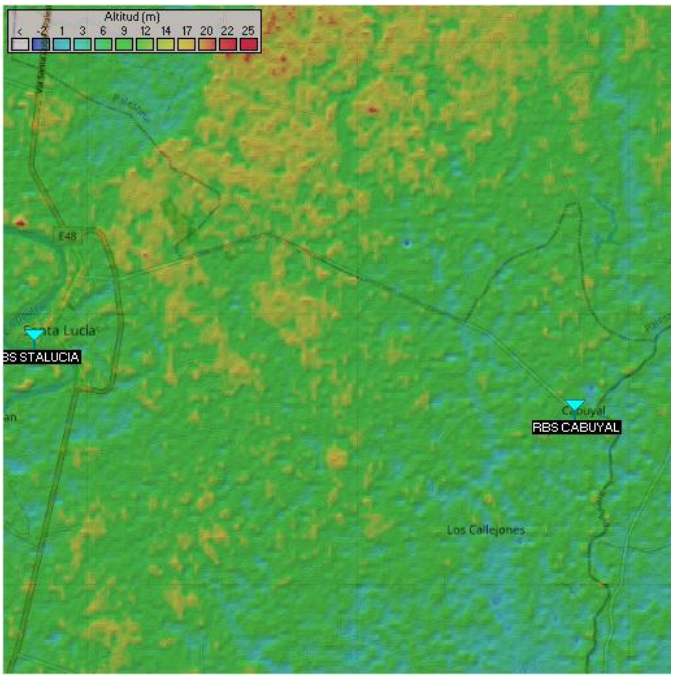


Figura 4.14. Ubicación Geográfica de las RBS en SW RADIO MOBILE

Fuente: Los autores.

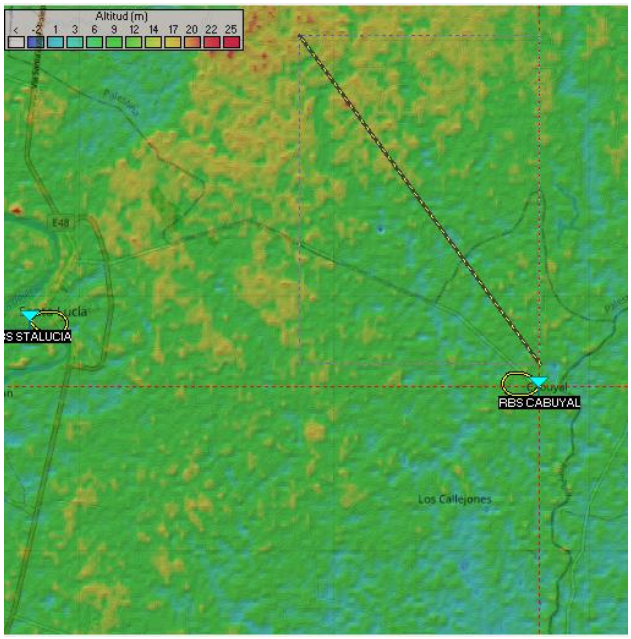


Figura 4.15. Ubicación y anchos de haz de las RBS en SW RADIO MOBILE

Fuente: Los autores

Figura 4.16. Ubicación de RBS STA LUCIA en Google Earth Pro

Fuente: Los autores.

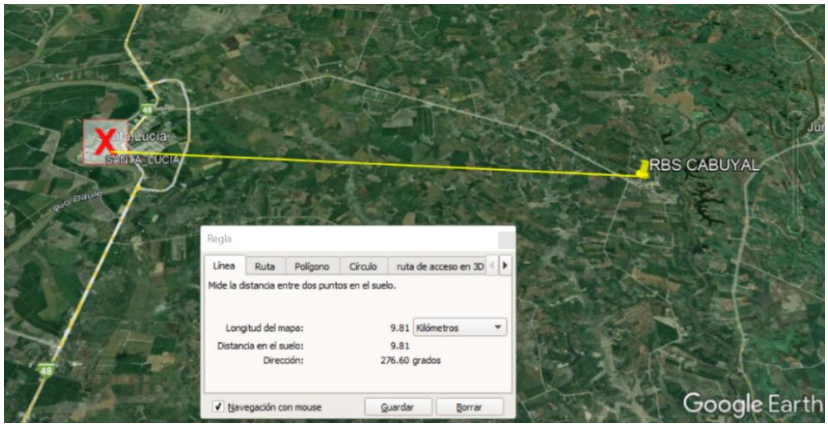


Figura 4.17. Visualización de la distancia de las estaciones en Google Earth Pro

Fuente: Los autores

Figura 4.18. Línea de vista (sin obstáculos) del enlace PDH en Google Earth Pro.

Fuente: Los autores

BIBLIOGRAFÍA

Andrino, J. (2016). *Mecánica y entetenimiento simple del automóvil.* Madrid: Dirección General de Tráfico.

ARCOTEL. (MAYO de 2018). *ARCOTEL.* Obtenido de ARCOTEL: https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADISTICO-Junio-2018_f.pdf

Buettrich, S. (octubre de 2007). *analfatecnicos.net.* Obtenido de analfatecnicos.net: https://www.analfatecnicos.net/archivos/24.CalculoDeRadioenlace.pdf

Carazza, V. (2019). Sistema de Medição e Análise de Qualidade de Redes Celulares Móveis. XXXV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais. *São Pedro-Sp*.

Carrodeguas, N. (2010). *Norfipc.com*. Obtenido de Norfipc.com: https://norfipc.com/redes/intensidad-nivel-senal-redes-moviles-2g-3g-4g.php

COMMSCOPE . (mayo de 2019). *SOLIDSIGNAL*. Obtenido de SOLIDSIGNAL: https://www.solidsignal.com/commscope-698-894-and-2x-1710-2180-mhz-tri-band-antenna-unnpx206r3

COMMSCOPE. (2019). *COMMSCOPE*. Obtenido de COMMSCOPE: https://www.commscope.com/product-type/antennas/base-station-antennas-equipment/base-station-antennas/itemunnpx206r3/

Cruz, K. (2018). Diseño de un sistema distribuido de antenas para mejorar la red móvil en el interior de centros comerciales de Piura. *Dialnet, 1*, 12.

GRUPEL. (26 de Mayo de 2020). *Los principales componentes de un grupo electrógeno*. Obtenido de GRUPEL: https://grupel.eu/es/grupel-es/los-principales-componentes-un-grupo-electrogeno/

Guerra, P. (2017). Interconexión de dos regiones de una red móvil y el core IP de una operadora de servicios móviles en el Ecuador. *Dialnet, 1*, 12.

Guingla, T. (2018). Implementación de una aplicación móvil en un entorno ad hoc para el intercambio de información. *Revista Científica Ecociencia, 1*, 12.

Hernández, J. (2018). Propuesta de mejoramiento del uso del espectro radioeléctrico para la reducción de costos operativos de enlaces microondas en la red de transporte de la empresa de telecomunicaciones. *Colombia móvil SA ESP, 2*, 12.

HUAWEI. (2013). *RRU3942&RRU3642.* Bantian, Longgang: HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.

HUAWEI. (28 de SEPTIEMBRE de 2018). *UBBP HUAWEI*. Obtenido de https://forum.huawei.com: https://forum.huawei.com/enterprise/en/bbu3900-bbu3910-configuration-slots-for-ubbp-boards/thread/469103-100305

HUAWEI. (18 de NOVIEMBRE de 2019). *ALIBABA*. Obtenido de ALIBABA: https://uonel.en.alibaba.com/product/60815231697-807234005/HUAWEI_DCDU_80A1_Telecom_power_supply.html

HUAWEI. (2018 de NOVIEMBRE de 2019). *SUPPORT HUAWEI*. Obtenido de SUPPORT HUAWEI: https://support.huawei.com/enterprise/es/doc/EDOC1000102897/26181449/dcdu-80a1

HUAWEI TECHNOLOGIES . (27 de febrero de 2017). *FCC ID.io*. Obtenido de FCC ID.io: https://fccid.io/ANATEL/02739-08-03257/Descritivo-Tecnico-do-produto/EF0AE2B4-8F05-48E9-BCDF-E1E7B908084A

HUAWEI TECHNOLOGIES. (27 de febrero de 2017). *FCC ID.io*. Obtenido de FCC ID.io: https://fccid.io/ANATEL/02739-08-03257/Descritivo-Tecnico-do-produto/EF0AE2B4-8F05-48E9-BCDF-E1E7B908084A

Lacoste, J., & Corti, E. (2011). *Grupos electrógenos.* Universidad Nacional de la Plata.

Lorenzo, J. (29 de JULIO de 2017). *RZ REDES ZONE*. Obtenido de Network Cell Info Lite: Una aplicación para ver las estadísticas de tu red móvil.: https://www.redeszone.net/2017/07/29/network-cell-info-lite-una-aplicacion-ver-las-estadisticas-red-movil/

Luna, R. (2018). Observaciones acerca de los dispositivos móviles. *Dominio de las Ciencias, 2*, 18.

MICROONDAS UNAD. (31 de octubre de 2017). *microwaveunad2017*. Obtenido de microwaveunad2017: http://microwaveunad2017.blogspot.com/2017/10/interfaz-iduodu-de-un-sistema-de.html

Miranda, K. (2018). Algoritmos de autodespliegue para redes de relevos móviles. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información, 2*, 29.

OBERLO. (2015). *Viabilidad de un proyecto*. Obtenido de OBERLO: https://www.oberlo.es/blog/viabilidad-de-un-proyecto

Roa, M. (2017). Panorama del dinero móvil en América Latina y el Caribe. *Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos, 1*, 15.

Sagñay, A. (2018). Determinar y comparar la precisión en los dispositivos móviles Android de gama media y alta en modo Sps vs A-Gps por la red móvil . *Dialnet*, 21.

Saigí, F. (2017). Red CYTED-RITMOS: hacia la búsqueda de soluciones para fomentar la salud móvil en América Latina. *Revista Panamericana de Salud Pública, 4*, 13.

Serrano, A. (2015). *Provisión de servicios universales con telefonía celular.* Guayaquil: Escuela Suerior Politécnica del Litoral.

SIAE MICROELETTRONICA S.P.A. (07 de MARZO de 2017). *FCC ID.io.* Obtenido de FCC ID.io: https://fccid.io/ANATEL/03064-15-01397/Manual/9F86FC88-4242-4B32-8738-A2917BEC694B

Solorzano, C. (2019). *Análisis del impacto social y ambiental producto de la implementación de estaciones de bases de telefonia.* Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Villamil, X., & Guarda, T. (2019). App Móvil Desarrollada con Metodología Ágil para IoT Controlada desde una Red LAN/WAN con Placa de Desarrollo de Hardware Libre (Arduino). *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 2*, 14.