

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

TEMA:

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN NODO-B DE
TECNOLOGÍA (3.5G) EN LA PARROQUIA “LA MERCED
DE BUENOS AIRES”, DEL CANTÓN “SAN MIGUEL DE
URCUQUÍ”, PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE
TELECOMUNICACIONES (C.N.T. EP)”**

AUTOR: VÍCTOR HUGO POZOANDRADE

DIRECTOR: ING. ÉDGAR MAYA

IBARRA – ECUADOR 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de Identidad	100354644-5
Apellidos y Nombres	Pozo Andrade Víctor Hugo
Dirección	Ibarra, Portoviejo 36-10 y Zumba
E-mail	victorcorozao@hotmail.com
Teléfono fijo	062602416
Teléfono móvil	0994371201
DATOS DE LA OBRA	
Título	Estudio de factibilidad de un Nodo-B de tecnología (3.5G) en la parroquia “La Merced de Buenos Aires”, del cantón “San Miguel de Urcuquí”, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (C.N.T. EP)
Autor	Pozo Andrade Víctor Hugo
Fecha	18 de abril del 2016
Programa	Pregrado
Título por el que se aspira	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Édgar Maya

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Víctor Hugo Pozo Andrade, con cédula de identidad Nro. 100354644-5, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

Firma



Pozo Andrade Víctor Hugo

C.I.: 1003546445



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Víctor Hugo Pozo Andrade**, con cédula de identidad Nro. 100354644-5, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN NODO-B DE TECNOLOGÍA (3.5G) EN LA PARROQUIA “LA MERCED DE BUENOS AIRES”, DEL CANTÓN “SAN MIGUEL DE URQUQUÍ”, PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (C.N.T. EP)”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Victor Hugo Pozo Andrade', is written over a light blue horizontal line.

Pozo Andrade Víctor Hugo

C.I.: 1003546445



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, abril del 2016

Firma

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Victor Hugo', is written over a light blue horizontal line.

Pozo Andrade Víctor Hugo

C.I.: 1003546445



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Víctor Hugo Pozo Andrade, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normativa vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Victor Hugo Pozo Andrade', is written over a light blue horizontal line.

Pozo Andrade Víctor Hugo

C.I.: 1003546445



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

CERTIFICACADO DEL ASESOR

En calidad de director del trabajo de grado presentado por Víctor Hugo Pozo Andrade, certifico, que el presente trabajo de titulación **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN NODO-B DE TECNOLOGÍA (3.5G) EN LA PARROQUIA “LA MERCED DE BUENOS AIRES”, DEL CANTÓN “SAN MIGUEL DE URQUQUÍ”, PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (C.N.T. EP)”** fue desarrollado en su totalidad bajo mi supervisión.

Considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, abril del 2016

Ing. Édgar Maya
DIRECTOR DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

A mi Madre, Ligia Eunice Andrade Montenegro quien me apoyo constantemente en el trascurso de mi carrera estudiantil, siempre alentándome a seguir adelante y no desmayar frente a cualquier adversidad

A mi Padre y hermanos, que siempre me apoyaron moralmente y económicamente para el desarrollo de mi vida profesional.

Víctor H. Pozo Andrade



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A la vida por darme la oportunidad de seguir adelante con mis estudios, demostrando que todo es posible y que no existen barreras para seguir adelante.

A la universidad y a su personal docente por haberme instruido y guiado para el desempeño de mi nueva vida profesional.

A mi director de tesis, Ing. Édgar Maya quien supo guiarme adecuadamente con sus conocimientos para el desarrollo del presente proyecto.

Víctor H. Pozo Andrade

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el estudio de factibilidad de un Nodo-B de tecnología (3.5G) en la parroquia “La Merced de Buenos Aires”, del cantón “San Miguel de Urcuquí”, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (C.N.T. EP), con la finalidad de proveer cobertura de telefonía móvil celular.

El primer capítulo describe el problema, el objetivo general y los objetivos específicos, el alcance y la justificación.

El segundo capítulo contiene un estudio teórico de la tecnología HSDPA, principios de funcionamiento, reseña histórica de la tecnología móvil, arquitectura de red, elementos básicos de una red de telefonía móvil y las diferentes consideraciones para el diseño de un radio enlace punto a punto.

El tercer capítulo consta todo el desarrollo del proyecto, iniciando por el estudio de la situación actual de la parroquia; situación geográfica, número de habitantes y posibles usuarios, usando la encuesta como método de recolección de información.

Luego se procedió a determinar el sitio para la ubicación de la nueva estación, considerando la Loma de Quillopamba como el lugar apropiado, de acuerdo a un estudio previo por la CNT EP.

Una vez determinado el sitio, se consideró a la estación Pablo Arenas como la más óptima para la salida de la nueva estación Quillopamba, a la red de acceso CNT EP, y de esta forma se realizaron los cálculos necesarios para el enlace punto a punto en los dos tramos; Pablo Arenas-Quillopamba y Quillopamba-Buenos Aires.

Realizado el diseño del enlace punto a punto, se describió los equipos a utilizar basados en la tecnología Huawei, puesto que CNT EP tiene un contrato específico con esta empresa por lo que no se puede usar otras marcas de equipos. Ya determinado los equipos, se realizó el análisis económico del proyecto.

Finalmente en el cuarto capítulo se encuentran las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron durante el desarrollo del proyecto.

ABSTRACT

This project entails the feasibility study of a Node-B (3.5G) technology in the "La Merced de Buenos Aires" community, Canton "San Miguel de Urucuquí" for the National Telecommunications Corporation (CNT EP), with the purpose of providing cellular mobile telephone coverage.

The first chapter describes the problem, the general objective and specific objectives, scope and justification.

The second chapter contains a theoretical study of the HSDPA technology, operating principles, historical overview of mobile technology, network architecture, mobile phone network basic elements and the different considerations for designing a radio link point to point.

The third chapter contains the entire project development, starting with the study of the current situation of the community; geographical location, population and potential users, using the survey as a method of gathering information.

Then proceeded to determine the site for the location of the new station, considering the Loma de Quillopamba as appropriate, according to a previous study by the CNT EP.

Once determined the site, Pablo Arenas station was considered the most optimal for the release of the new Quillopamba station, access network CNT EP, and it proceeded to make the necessary calculations for the point-to-point link in the two sections; Pablo Arenas-Quillopamba and Quillopamba-Buenos Aires.

Made design point to point link, it described the equipment using technology Huawei, since CNT EP has a special contract with this company so it cannot use other equipment brands. Already it determined the equipment, project economic analysis was performed.

Finally in the fourth chapter are the conclusions and recommendations obtained during the project.

PRESENTACIÓN

En la actualidad los servicios de telecomunicaciones son indispensables para el desarrollo económico y social de las diferentes comunidades tanto urbanas como rurales, por lo que se planteó el estudio de factibilidad de un nodo-B de tecnología HSDPA, en la parroquia La Merced de Buenos Aires, del cantón San Miguel de Urququí de la provincia de Imbabura.

La tecnología HSDPA nace con el fin de satisfacer las exigencias de los usuarios en cuanto a servicios y aplicaciones, ya que de acuerdo al número de habitantes y su baja tasa de crecimiento es la apropiada para el uso de telefonía celular, tomando en cuenta que tiene total compatibilidad con tecnologías antecesoras y posteriores: 3G (UMTS) y 4G (LTE) respectivamente.

El presente proyecto se centró en el diseño de una estación base de tecnología HSDPA, realizando los cálculos necesarios para un enlace punto a punto entre la nueva estación y la estación Pablo Arenas, haciendo uso de dos software PathLoss y Radio Mobile que permitieron verificar la factibilidad del enlace para una posible implementación del proyecto.

Luego se procede al análisis económico del diseño e implementación del proyecto, puesto que la CNT EP, siendo una empresa pública siempre factura a sus usuarios, por lo que es necesario determinar el coste de implementación y el futuro retorno de la inversión del proyecto.

INDICE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	II
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	III
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE	IV
GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	IV
CONSTANCIA	V
DECLARACIÓN	VI
CERTIFICACADO DEL ASESOR	VII
DEDICATORIA	VIII
AGRADECIMIENTO	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XII
PRESENTACIÓN.....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
CAPÍTULO 1	23
ANTECEDENTES	23
1.1 NOMBRE DEL PROYECTO.....	23
1.1.1 UBICACIÓN	23
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	24
1.3 OBJETIVOS.....	25
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	25
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
1.4 ALCANCE.....	25
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	27
CAPÍTULO 2	29
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	29
2.1 HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS (HSDPA).....	29
2.1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA TECNOLOGÍA MÓVIL	29
2.1.2 ESTADO ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES	33
2.1.3 ELEMENTOS BÁSICOS DE UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL	34
2.1.4 TECNOLOGÍA HSDPA	37
2.2 NODO B	49
2.2.1 UNIDAD BANDA BASE.....	50
2.2.2 UNIDAD DE RADIO REMOTA (RRU/WRFU/MRFU).....	52
2.2.3 ANTENAS	53

2.2.4	PARÁMETROS DE LAS ANTENAS.....	57
2.3	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UN RADIO ENLACE PUNTO A PUNTO	61
2.3.1	FACTOR DE CURVATURA DE LA TIERRA (FACTOR K)	61
2.3.2	TRAZO DE PERFIL DEL TERRENO.....	64
2.3.3	LAS ZONAS DE FRESNEL.....	66
2.3.4	MARGEN DE DESPEJE DEL OBSTÁCULO (<i>hc</i>).....	67
2.3.5	ALTURA DE LA ANTENA	68
2.3.6	PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE	69
2.3.7	REFLEXIÓN O ATENUACIÓN POR LA ARISTA	70
2.3.8	GANANCIA DE LA ANTENA	71
2.3.9	DISPONIBILIDAD DEL ENLACE.....	74
2.3.10	RELACIÓN SEÑAL A RUIDO (S/N).....	76
2.3.11	TASA DE ERRORES	78
2.4	MODELO DE PROPAGACIÓN OKUMURA-HATA.....	78
CAPÍTULO 3		80
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL DISEÑO DE LA ESTACIÓN BUENOS AIRES DE TECNOLOGÍA 3.5G (HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS).....		80
3.1	SITUACIÓN ACTUAL DE LA PARROQUIA LA MERCED DE BUENOS AIRES DEL SAN MIGUEL CANTÓN URCUQUÍ.....	81
3.1.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	81
3.1.2	LÍMITES	83
3.1.3	HABITANTES	83
3.1.4	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PARROQUIA LA MERCED DE BUNOS AIRES 84	
3.1.5	TOPOGRAFÍA	85
3.1.6	DENSIDAD POBLACIONAL.....	85
3.1.7	POBLACIÓN DE LA PARROQUIA LA MERCED DE BUENOS AIRES SEGÚN EL SEXO 86	
3.1.8	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	88
3.1.9	MIGRACIÓN DE LA POBLACIÓN PARROQUIAL	89
3.1.10	ESTRUCTURA FUNCIONAL DEL GAD PARROQUIAL LA MERCED DE BUENOS AIRES 90	
3.1.11	POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA) DE LA PARROQUIA LA MERCED DE BUENOS AIRES.....	91
3.2	TÉCNICAS DE INFORMACIÓN	92
3.2.1	INVESTIGACIÓN DE MERCADO.....	92
3.2.2	ESTUDIO DE LA DEMANDA ACTUAL	94

3.2.3	MUESTREO	95
3.2.4	ENCUESTA.....	95
3.2.5	CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	96
3.2.6	ANÁLISIS Y TABULACIÓN DE LAS ENCUESTAS	98
3.3	DEMANDA ESTIMADA EN LA PARROQUIA LA MERCED DE BUENOS AIRES	118
3.3.1	INTERPRETACIÓN DE LA DEMANDA.....	119
	DETERMINACIÓN DEL SITIO PARA LA UBICACIÓN DE LA NUEVA ESTACIÓN BASE	121
3.4	ALTERNATIVAS DE SALIDA DE LA ESTACIÓN BASE QUILLOPAMBA PARA EL ACCESO A LA RED CNT E.P.....	124
3.4.1	SIMULACIÓN CON LAS ESTACIONES ALEDAÑAS LA BELLEZA Y PABLO ARENAS	125
3.5	CÁLCULO DEL ENLACE DE MICROONDAS ENTRE LA ESTACIÓN BASE PABLO ARENAS Y LA REPETIDORA BUENOS AIRES	128
3.5.1	PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS PARA UN SERVICIO FIJO	128
3.5.2	CÁLCULO DEL ENLACE ENTRE LA ESTACIÓN PABLO ARENAS Y LA NUEVA ESTACIÓN PROPUESTA QUILLOPAMBA.....	130
3.5.3	CÁLCULO DEL ENLACE ENTRE LA ESTACIÓN QUILLOPAMBA Y LA REPETIDORA BUENOS AIRES.....	140
3.6	EQUIPOS Y ACCESORIOS A UTILIZAR EN EL ENLACE PABLO ARENAS BUENOS AIRES. 149	
3.6.1	DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS.....	150
3.6.2	DETERMINACIÓN DE EQUIPOS REQUERIDOS PARA LA INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE	150
3.7	ELEMENTOS DE RED A UTILIZAR ESTACIÓN BASE DISTRIBUIDA DBS3900 Y ANTENA HUAWEI RTN 900	157
3.7.1	ESTACIÓN BASE DISTRIBUIDA DBS3900	157
3.7.2	UNIDAD DE BANDA BASE BBU	159
3.7.3	UNIDAD DE RADIO REMOTA RRU 3908.....	161
3.7.4	Antena Huawei Agissson DX-1710-2170-65-18i-2F	163
3.7.5	ANTENA MICROONDAS RTN 900.....	166
3.8	MODELO DE PROPAGACIÓN OKUMURA-HATA.....	167
3.8.1	ESTUDIO DE TRÁFICO	169
3.9	PRUEBAS DE DISEÑO	171
3.9.1	LEVANTAMIENTO DE PUNTOS DE REFERENCIA PARA EL ENLACE	171
3.9.2	ENLACE PABLO ARENAS-QUILLOPAMBA.....	172
3.9.3	ENLACE QUILLOPAMBA-BUENOSAIRES.....	175
3.9.4	COBERTURA.....	177
3.10	ANÁLISIS ECONÓMICO	178
3.10.1	COSTOS DE INGENIERÍA.....	180

3.10.2	COSTOS TOTALES DE IMPLEMENTACIÓN.....	181
3.10.3	INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	181
3.10.4	INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	183
CAPÍTULO 4		188
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		188
4.1	CONCLUSIONES.....	188
4.2	RECOMENDACIONES.....	189
GLOSARIO DE TÉRMINOS		190
REFERENCIAS LINGÜÍSTICAS.....		193
ANEXOS		196
ANEXO A ENCUESTA REALIZADA A LOS HABITANTES DE LA PARROQUIA LA MERCED DE BUENOS AIRES.....		197
ANEXO B TABLA DE VALORES ERLANG.....		198
ANEXO C CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE TABLEROS ELÉCTRICOS.....		200
ANEXO D RECOMENDACIONES ITU-T K27.....		201
ANEXO E DISEÑO DE TORRES		212
ANEXO F RECOMENDACIÓN UITR F.636-4		216
ANEXO G ANTENA HUAWEI DX-1710-2170-65-18i-2F.....		226
ANEXO H ESTACIÓN BASE DE TELEFONÍA CELULAR MINDO CNT EP		227
ANEXO I PROCESO DE CONTRATACIÓN CNT EP. Y PROFORMA HUAWEI		228
ANEXO J PLANES TARIFARIOS CNT EP.		229
ANEXO K TASA DE INTERÉS VIGENTE EN EL MERCADO		230

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Línea de evolución de las tecnologías móviles.....	33
Figura 2:	Elementos de una red de telefonía móvil.....	35
Figura 3:	Cluster con reuso de frecuencia	37
Figura 4:	Arquitectura HSDPA	39
Figura 5:	Cabina RNC	41
Figura 6:	Estructura de canales HSDPA	44
Figura 7:	Modulación QPSK.....	45
Figura 8:	Modulación 16-QAM	46
Figura 9:	Funcionamiento HSDPA	48
Figura 10:	Hardware de una BBU	50

Figura 11: Ejemplo de una unidad de control de radio remoto RRU 3908.....	53
Figura 12: Conexión entre un RRU y BBU.....	53
Figura 13: Patrón de radiación de una antena omnidireccional.....	54
Figura 14: Patrón de radiación de una antena direccional.....	55
Figura 15: Patrón de radiación de una antena sectorial.....	56
Figura 16: Ejemplo de antena sectorial en tres sectores y cada sector con 120°.....	56
Figura 17: Directividad de una atena.....	58
Figura 18: Polarización Lineal.....	59
Figura 19: Polarización circular.....	60
Figura 20: Polarización Elíptica.....	60
Figura 21: Patrón de propagación terrestre.....	62
Figura 22: Factor de corrección del radio de la tierra. Para que la propagación sea rectilínea.....	63
Figura 23: Ejemplo de perfil de terreno.....	65
Figura 24: Elipsoide de Fresnel.....	67
Figura 25: Margen de despeje hc	68
Figura 26: Difracción y refracción de una microonda.....	70
Figura 27: Ángulo azimut 270 grados.....	73
Figura 28: Ubicación geográfica del cantón San Miguel de Urququí.....	82
Figura 29: Mapa de la Parroquia La Merced de Buenos Aires.....	82
Figura 30: Gráfico población según la edad.....	87
Figura 31: Tasa de crecimiento en 10 años.....	89
Figura 32: Estructura funcional del GAD parroquial Buenos Aires.....	90
Figura 33: Edad de los encuestados.....	99
Figura 34: Género.....	101
Figura 35: Nivel de instrucción.....	102
Figura 36: Tipo de vivienda.....	104
Figura 37: Miembros que habitan en cada vivienda.....	105
Figura 38: Jefes de familia.....	107
Figura 39: Ingresos de los encuestados.....	108
Figura 40: Habitantes con telefonía fija.....	110
Figura 41: Costo de planilla telefónica según encuestas realizadas.....	111
Figura 42: Personas interesadas en tener servicio de telefonía celular.....	113
Figura 43: Personas que se interesan en el servicio de internet.....	114

Figura 44: Personas que cuentan con equipo celular.....	116
Figura 45: Valores que los habitantes están dispuestos a pagar por el servicio de telefonía celular	118
Figura 46: Ubicación de la loma Quillopamba en el software Google Earth.....	122
Figura 47: Croquis de la parroquia “La Merced de Buenos Aires”	123
Figura 48: Estaciones la Belleza, Pablo Arenas, Quillopamba y la repetidora Buenos Aires	125
Figura 49: Perfil del terreno entre la loma de Quillopamba y la estación Pablo Arenas	126
Figura 50: Perfil del terreno entre la loma de Quillopamba y la estación “La Belleza”.	127
Figura 51: Perfil del terreno entre la estación Pablo Arenas y la nueva estación Quillopamba	132
Figura 52: Perfil del terreno entre la estación Quillopamba y Buenos Aires	141
Figura 53: Diagrama de distribución de equipos.....	150
Figura 54: Tablero de energía.....	151
Figura 55: Pozo a tierra	153
Figura 56: Equipos de radio base	154
Figura 57: Antena microondas	154
Figura 58: Torre celular autosoportada	155
Figura 59: Antenas sectoriales.....	156
Figura 60: Escenarios de aplicación de BBS3900.....	157
Figura 61: BBU3900	160
Figura 62: Conexión entre la BBU, RRU y la antena	162
Figura 63: Antena Huawei Agissson DX-1710-2170-65-18i-2F.....	163
Figura 64: Lóbulos de radiación de una antena DX-1710-2170-65-18i-0F	166
Figura 65: OptiX RTN 900 Hybrid TDM/IP.....	167
Figura 66: Tabla de Erlangs	170
Figura 67: Puntos de referencia Pablo Arena-Quillopamba.....	172
Figura 68: Ingreso de datos de la estación Pablo Arenas	173
Figura 69: Ingreso de datos de la estación Quillopamba.....	174
Figura 70: Enlace Pablo Arenas-Quillopamba	174
Figura 71: Distribución de la señal.....	175
Figura 72: Enlace Quillopamba-Buenos Aires.....	176

Figura 73: Distribución de la señal.....	177
Figura 74: Zona de Cobertura.....	178

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variaciones del factor K de acuerdo a la región	64
Tabla 2: Variación del radio de la tierra para el factor K.....	64
Tabla 3: Disponibilidad del sistema y tiempo fuera para; 1 año, 1 mes y 1 día.....	75
Tabla 4: Población de las parroquias del cantón San Miguel de Urucuquí.....	84
Tabla 5: Características generales La Merced de Buenos Aires	84
Tabla 6: Población Según el sexo.....	86
Tabla 7: Población según grupos de edad	87
Tabla 8: Crecimiento Poblacional de las parroquias del cantón Urucuquí.....	88
Tabla 9: Migración Poblacional	90
Tabla 10: PEA de las parroquias de San Miguel de Urucuquí	91
Tabla 11: Edades a quienes va dirigida la encuesta.....	95
Tabla 12: Edad de los encuestados	99
Tabla 13: Género	100
Tabla 14: Nivel de instrucción	102
Tabla 15: Tipo de vivienda.....	103
Tabla 16: Miembros que habitan en cada familia.....	105
Tabla 17: Número de habitantes como jefes de familia	106
Tabla 18: El tipo de ingresos que tienen en la parroquia.....	108
Tabla 19: Número de habitantes que poseen el servicio de telefonía fija	109
Tabla 20: Costo de planilla telefónica	111
Tabla 21: Personas que les interesa tener el servicio de telefonía celular.....	112
Tabla 22: Personas que les interesa el servicio de internet.....	114
Tabla 23: Personas que cuentan con equipo celular	115
Tabla 24: Valor que los habitantes están dispuestos a pagar por el servicio de telefonía celular	117
Tabla 25: Costos de llamada de telefonía móvil CNT E.P. ¡Error! Marcador no definido.	

Tabla 26: Alternativas de enlace a la nueva estación Quillopamba	124
Tabla 27: Plan de frecuencias para el tramo Pablo Arenas-Quillopamba	129
Tabla 28: Plan de frecuencias Quillopamba-Buenos Aires	130
Tabla 29: Características del sistema.....	130
Tabla 30: Datos de los dos puntos del radioenlace.....	131
Tabla 31: Características del sistema.....	140
Tabla 32: Datos de los dos puntos del radioenlace.....	140
Tabla 33: Resumen de datos del enlace Pablo Arenas Buenos Aires.....	149
Tabla 34: Especificaciones técnicas DBS3900	159
Tabla 35: Especificaciones técnicas de BBU3900	160
Tabla 36: Propiedades eléctricas de una antena DX-1710-2170-65-18i-0F.....	164
Tabla 37: Propiedades Mecánicas de una antena DX-1710-2170-65-18i-0F.....	165
Tabla 38: Puntos referenciales del diseño	171
Tabla 39: Costos de equipos ofrecidos por Huawei y por el portal de compras públicas.	179
Tabla 40: Costos de Ingeniería	180
Tabla 41: Costos de Implementación	181
Tabla 42: Planes de referencia para flujo de caja.	182
Tabla 43: Flujo de caja a 10 años	182
Tabla 44: Flujos netos hasta cubrir la inversión	186

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

En el presente capítulo se describe la problemática, el objetivo general y los objetivos específicos, el alcance y la justificación.

1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

Estudio de factibilidad de un Nodo-B de tecnología (3.5G) en la parroquia “La Merced de Buenos Aires”, del cantón “San Miguel de Urququí”, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (C.N.T. EP).

1.1.1 UBICACIÓN

Parroquia: La Merced de Buenos Aires

Cantón: San Miguel de Urququí

Provincia: Imbabura

País: Ecuador



Figura 1: Ubicación geográfica de la parroquia La Merced de Buenos Aires

Fuente: Gobierno Municipal de Urququí. Recuperado al 22 de mayo de 2015 de:
<http://www.municipiourcuqui.gob.ec/munurcuqui/index.php/2014-08-15-16-40-26/ubicacion-geografica>.

En la figura 1 se puede apreciar la ubicación geográfica de la parroquia La Merced de Buenos Aires dentro del país y dentro de la provincia de Imbabura.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El Ecuador mediante el Plan de Desarrollo de Telecomunicaciones está implementando telefonía e internet móvil, basándose en los requerimientos de los ciudadanos, considerando que todos los habitantes tengan acceso a estos servicios, sin importar el sector; sea urbano o rural. Con este antecedente la parroquia “La Merced de Buenos Aires”, que pertenece al cantón “San Miguel de Urquí”, provincia de Imbabura, cuenta con un sistema de telefonía convencional por satélite, implementado por la Corporación Nacional De Telecomunicaciones E.P., que representa un coste alto para la empresa brindando una velocidad de transmisión de 8 Mbps, que no satisface las necesidades de los usuarios, ya que solo proporciona servicio de voz.

Debido a las condiciones geográficas del lugar, la parroquia ha estado desvinculada con los demás centros urbanos y rurales, en lo que se refiere a la telefonía celular, que es un medio necesario para comercializar sus productos o en si comunicarse en cualquier momento. Esto ha producido desplazamientos innecesarios de los individuos a las zonas urbanas, tanto a la hora de saber los precios actuales de sus productos, como a la hora de cualquier catástrofe natural que impide el comercio normal del sector.

Aunque la comunicación satelital representa movilidad, no es lo apropiado ya que los equipos móviles son teléfonos convencionales con antenas, que dificulta a las personas llevar consigo este equipo. Esto hace que sea necesario una estación base que se enlace con la red de telefonía celular que cuenta CNT EP, para proveer los servicios de voz y datos, con la que los usuarios puedan comunicarse de manera adecuada y en el momento preciso, y así acceder a los beneficios que esto representa para la comunidad.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar el diseño de una estación base o nodo-B, mediante un estudio de factibilidad en la parroquia “La Merced de Buenos Aires” del cantón “San Miguel de Urququí” utilizando la tecnología HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) para cobertura telefónica móvil.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio teórico sobre la tecnología celular HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), principios de funcionamiento, cómo se debe implementar, nodos-B y equipos que se utilizan, arquitectura de red, antenas y los servicios que puede ofrecer.
- Levantar información sobre la situación actual de la parroquia para determinar el ancho de banda, con respecto a los servicios que los usuarios demanden.
- Determinar la ubicación de la nueva estación base o nodo-B.
- Analizar las estaciones aledañas; La Belleza y Pablo Arenas para determinar el enlace más adecuado con la nueva estación Buenos Aires.
- Determinar los equipos necesarios para la implementación del nodo-B.
- Simular el enlace con la nueva estación base, para determinar el correcto funcionamiento de la misma.
- Realizar análisis económico.

1.4 ALCANCE

El presente anteproyecto tiene como finalidad el diseño de una estación base con tecnología 3.5G (High Speed Downlink Packet Access) en la parroquia “La Merced de Buenos Aires”, perteneciente al cantón “San Miguel de Urququí”, con el propósito de proveer cobertura telefónica móvil, de acuerdo a la demanda de los usuarios.

En primera instancia se realizará el estudio teórico de la tecnología HSDPA, como sus principios de funcionamiento, la forma en que se debe implementar, nodos-B y equipos que se utilizan, arquitectura de red, antenas, los servicios que puede ofrecer y su compatibilidad con LTE (Long Term Evolution).

Luego se procederá a levantar información de la parroquia, para la previsión de la capacidad de la nueva estación base, aquí se tiene en cuenta el mercado actual posible, esto se hace mediante encuestas en el sector, una tasa crecimiento del mismo basado en los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y la densidad de tráfico que va a cruzar por la red: cobertura, requerimientos de ancho de banda, número de posibles usuarios y el tipo de aplicaciones o servicios que impongan.

A continuación se analizará la ubicación de la nueva estación base, a través de una inspección de la condición geográfica del lugar. Aquí se proponen parámetros de hardware que deben ir configurados en las antenas: azimuth, tilt eléctrico, tilt mecánico y medio de transmisión.

Debido a la distancia que tendría la nueva estación Buenos Aires con la estación de radio control (RNC), se procede a analizar las características de las estaciones aledañas; La Belleza y Pablo Arenas, mediante una inspección técnica de los diferentes lugares, para realizar una simulación con dichas estaciones; aquí se consideran algunos aspectos; mecanismos de potencia de los terminales y el nodo-B, interferencia entre celdas, interferencia cocanal. Y así determinar con que estación se realizará el nuevo enlace.

En dicha estación se procede a verificar la compatibilidad con la tecnología 3.5G, caso contrario se propone realizar los cambios, como es la capacidad del enlace descendente, este es necesario modificar para apoyar los nuevos esquemas de la modulación 16QAM. También se propone aumentar una nueva sección de proceso, para apoyar: el procesado, el buffer, la transmisión y la retransmisión de los bloques de datos que se reciben del RNC. Éste es el cambio más significativo porque requiere la

introducción de una entidad de procesador programable junto con un buffer para retransmitir.

Luego se procede a determinar los equipos del nodo-B, en base a los siguientes parámetros: cobertura, capacidad, balance del enlace de subida y bajada, Soft Handover, ganancia de procesado, margen de interferencia, potencia de transmisión, estimación de la carga y eficiencia espectral. Con los equipos determinados se prevé el sistema de alimentación, tablero de energía y sistema de puesta a tierra para el nodo-B. Finalmente, para que la RNC reconozca la nueva estación se propone añadir un bloque denominado Mac-d, para establecer la comunicación con el Nodo-B.

Con todo lo anterior se procede a realizar las pruebas correspondientes de la nueva estación base, mediante la simulación respectiva y así determinar el correcto funcionamiento del diseño.

Seguidamente se realizará un análisis socio-económico, mediante la recolección de datos en la parroquia donde se determinará: ingresos y egresos en la población y así conocer las condiciones de los futuros usuarios para poder acceder al nuevo servicio de telefonía móvil.

Finalmente realizar el análisis económico del proyecto, basándose en el presupuesto referencial del diseño y los indicadores de rentabilidad como: relación costo beneficio (B/C) y el periodo de recuperación de la inversión.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Según “El Régimen Del Servicio Universal”, en el artículo 22, del Reglamento General a La Ley Especial De Telecomunicaciones; es extender el acceso de un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones a todos los habitantes del territorio nacional, aprobado por el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información

sin perjuicio de su condición económica, social o su localización geográfica, a precio asequible y con la calidad debida.

Según el marco del Programa de Acceso Universal a Las Tecnologías de la Información y la Comunicación, CNT tiene el compromiso de mejorar la calidad de vida a poblaciones vulnerables a través de la inclusión digital, cumpliendo con Los Objetivos Del Plan Nacional Del Buen Vivir; ya que debido a sus condiciones económicas y geográficas se les dificulta tener acceso a las nuevas tecnologías, que son necesarias para el intercambio de información y conocimiento y de esta forma reducir la distancia existente entre la parroquia “La Merced de Buenos Aires” y los demás sectores del país.

Considerando los aspectos anteriores, HSDPA es la tecnología móvil compatible con la nueva tecnología 4G, LTE (Long Term Evolution), que mejor se adapta a la densidad poblacional de la parroquia y su futuro crecimiento, ya que según la biografía de la misma, se sabe que tiene alrededor de 500 habitantes en su cabecera parroquial y muchos cuentan un equipo móvil, siendo esto un posible mercado que hace más factible realizar el diseño de un nodo-B 3.5G para este sector.

Con el diseño de HSDPA, se ofrecerá un mejor coste y ventajas competitivas tanto para operadores como para futuros usuarios móviles.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se realiza una pequeña descripción de la evolución de las tecnologías móviles, principalmente haciendo hincapié a la tecnología 3.5G (HSDPA) y lo referente a: principios de funcionamiento, la forma en que se debe implementar, nodos-B y equipos que se utilizan, arquitectura de red, antenas, los servicios que puede ofrecer y su compatibilidad con LTE (Long Term Evolution).

2.1 HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS (HSDPA)

HSDPA es la evolución de la tecnología celular 3G UMTS¹, usada en la mayoría de ciudades, proporcionando una mayor velocidad de bajada de datos, lo que hace que la mayoría de usuarios móviles utilicen la tecnología celular para diferentes actividades en internet como; el uso de correos electrónicos, aplicaciones de video llamada y un sin número de aplicaciones que se utilizan en la actualidad. Es compatible en su totalidad con WCDMA² lo que hace que proveedores y usuarios de UMTS puedan hacer uso y dar soporte a todo lo referido de HSDPA. Una característica importante es que HSDPA es considerada como una etapa antes de la evolución a 4G que es la homologación de todas las redes en un futuro.

2.1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA TECNOLOGÍA MÓVIL

En nuestro día a día siempre escuchamos que 3G o 4G pero en realidad ¿de qué se trata?, ¿dónde están las 2G o 1G? A continuación una breve historia de estas tecnologías que han evolucionado de forma transparente para los usuarios.

¹ **UMTS:** Universal Mobile Telecommunications System.

² **WCDMA:** Wideband Code Division Multiple Access (Acceso múltiple por división de código de banda ancha).

2.1.1.1 Primera Generación 1G

Fue introducida en los años 70, basada en un conjunto de celdas interconectadas, por lo que desde el inicio estos equipos fueron llamados celulares. Sus sistemas de transmisión fueron análogos y sus equipos móviles muy grandes y pesados en comparación con los actuales.

Entre sus características; la calidad de voz era muy baja, la transmisión de datos se hacía en el orden de kilo bits por segundo, las baterías duraban muy poco apenas un par de horas, aun así los usuarios se extendieron hasta alcanzar un total de 20 millones en los años 90´.

2.1.1.2 Segunda Generación 2G

Al inicio de los años 90´ despliega la tecnología GSM³ y se introducen los nuevos celulares 2G. Esta nueva tecnología móvil ya utiliza un sistema de modulación digital la cual mejora notablemente la calidad de voz, pero los servicios que ofrece todavía son limitados.

En este entonces apareció el primer concepto denominado roaming, debido a que su primer objetivo era la interconexión entre redes con un mismo terminal.

Al aparecer la segunda generación los servicios de telefonía móvil se volvieron más populares, ya que trajo mejores ventajas como; mayor velocidad de datos en la transmisión (56 kilo bits por segundo), transmisión de faxes y empezó el envío de mensajes de texto llamados SMS.

³ **GSM:** Global System for Mobile communications (Sistema global para las comunicaciones móviles).

En este mismo periodo hubo una mejora en la transmisión de datos que permitía navegar por internet y los usuarios podían intercambiar imágenes, esta mejora vino con la aparición de la tecnología GPRS⁴.

2.1.1.3 Tercera Generación 3G

Es el inicio de la internet móvil que por primera vez permitió a los usuarios el uso de aplicaciones de video, audio e imágenes, todo esto a partir de una mejora en la potencia de las antenas llegando a una tasa de transmisión de hasta 2Mbps, con esta tasa de transmisión se puede ver videos en tiempo real, de cierta forma limitados por la capacidad de la red a la que se conecta el equipo móvil.

El 3G soporta voz y datos al mismo tiempo y es compatible con muchos estándares alrededor del mundo haciéndolo compatible con una variedad de equipos móviles. El 3G se refiere a la tecnología UMTS en general, la que hace posible el roaming global y un acceso a internet de cualquier parte del mundo. Y para mantener la velocidad de crecimiento en los servicios móviles UMTS adoptó el uso de protocolos comunes IP/TCP-IP⁵

Los servicios que ofrece 3G son; banda ancha, acceso a internet, roaming internacional e inter-operatividad, por los cuales las empresas empiezan a utilizar aplicaciones como videoconferencia o el comercio electrónico que ayuda de manera considerable el incremento de utilidades en sus negocios.

HSDPA se encuentra en el release 5 de 3GPP⁶, por lo que es importante evaluar el proceso de evolución de las tecnologías móviles.

⁴ **GPRS:** General Packet Radio Service (servicio general de paquetes vía radio).

⁵ **TCP-IP:** Transmission Control Protocol (Protocolo de Control de Transmisión), e, IP Internet Protocol (Protocolo de Internet).

⁶ **3GPP:** Generation Partnership Project (Proyecto Asociación de Tercera Generación).

- Release 99: Es la versión inicial de UMTS publicado en 1999. Contenía todo lo referente a la tecnología WCDMA.
- Release 4: Incluye todas las funciones y servicios del Release 99.
- Release 5: Es en este Release se detalla la tecnología HSDPA, que es una evolución de UMTS en la interfaz de radio.

2.1.1.4 Generación Intermedia 3.5G y 3.75G

Esta es una generación intermedia donde se obtiene la tecnología HSPA⁷, es el conjunto de dos tecnologías HSDPA (3.5G) y HSUPA⁸ (3.75G), se considera como el paso previo a tecnologías 4G. Ofrece tasas de hasta 42 Mbps en enlace de bajada y 22 Mbps en enlaces de subida, esto quiere decir que en HSPA se puede ejecutar cualquier tipo de aplicación y descargar archivos de gran tamaño en poco tiempo, por ejemplo un archivo de 20 MB en HSPA se puede descargar en tan solo 8 segundos, mientras que con UMTS, puede demorar hasta 30 minutos

2.1.1.5 Cuarta Generación 4G

Es una tecnología de nueva generación basada solo en el protocolo IP como la convergencia de redes alámbricas e inalámbricas es decir es una red de redes, con la capacidad de transmitir a velocidades de acceso a 100Mbps en movimiento y de 1G en reposo sin perder la calidad del servicio en ningún instante. Todo esto con la mayor seguridad posible y a un costo relativamente bajo.

A continuación en la figura 2 donde se puede ver con claridad las diferentes tecnologías móviles de los últimos años.

⁷ HSPA: High Speed Packet Access

⁸ HSUPA: High-Speed Uplink Packet Access (Acceso ascendente de paquetes a alta velocidad)

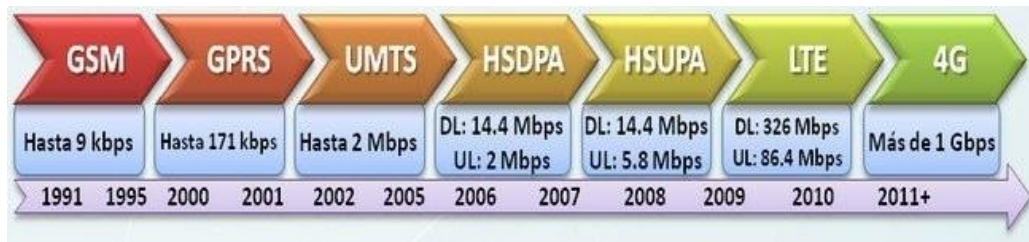


Figura 2. Línea de evolución de las tecnologías móviles

Fuente: LTE-Advanced, todo lo que necesitas saber sobre la auténtica Cuarta Generación de la Internet móvil.

Publicado el 17 de septiembre del 2014. Recuperado el 22 de abril del 2015 de

<http://www.xatakamovil.com/conectividad/lte-advanced-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-autentica-cuarta-generacion-de-la-internet-movil>.

2.1.2 ESTADO ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES

En el mundo actual, la tecnología que más se destaca es la comunicación inalámbrica, esto significa la liberación de cables y específicamente con esto. Tener la posibilidad de llegar a sectores de muy difícil acceso, que es extremadamente imposible llegar por medio de cables. De esta manera las comunicaciones inalámbricas han permitido dar servicio de telefonía e internet a comunidades ubicadas en lugares remotos, con la finalidad de acercarlas de cierta forma a la zona urbana.

A continuación se describe de como sucede este tipo de comunicación en el espacio libre y con sus interferencias como: montañas, ríos y zonas de mucha área forestal.

2.1.2.1 Forma de Transmisión en el Espacio Libre

Un sistema de radio, a través de sus antenas radioeléctricas transmite señales en el espacio libre, con la finalidad de llegar más lejos o más cerca dependiendo de su frecuencia de operación. De esta forma se eliminan los cables que y evita interferencia

con los mismos, ya que un sistema cableado necesita de mayor inversión y solo es más óptimo en zona de cobertura pequeña.

Ventajas de la Transmisión en el Espacio Libre

- Una principal ventaja de ésta forma de comunicación, es poder cruzar zonas de difícil acceso como; lagos, ríos y quebradas, donde la instalación de cables es un poco complicada, ya que se podría tener humedad y por ende insuficiencia en la transmisión.
- Otra gran ventaja de ésta tipo de transmisión es superar todo los obstáculos como la presencia de; montañas y valles de mucha profundidad, donde instalar cables sería muy costoso y muy difícil de dar el respectivo mantenimiento.
- Con un sistema de comunicación inalámbrica, el propósito es llegar a mayores distancias, con la finalidad de disminuir la colocación de postes.

En fin un sistema radioeléctrico puede ser usado como la forma de conectar dos estaciones de radio, que estén separadas remotamente y en lugares poco accesibles.

2.1.3 ELEMENTOS BÁSICOS DE UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL

En una red de telefonía celular básicamente tenemos los siguientes elementos que se visualizan en la figura 3:

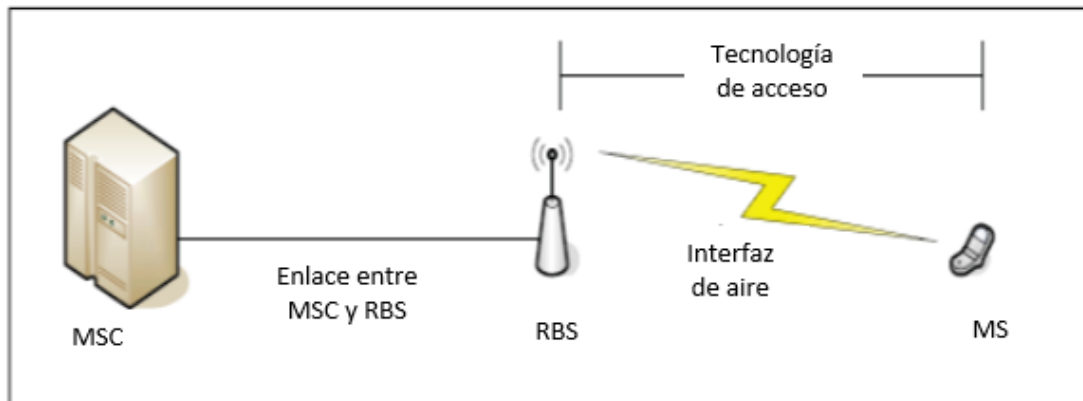


Figura 3: Elementos de una red de telefonía móvil

Fuente: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS DE BANDA ANCHA PARA ACCESO A INTERNET, HSPA (HIGH SPEED PACKET ACCESS) Y WiMAX (802.16e-2005), Ortiz Diego, p. 20.

Editado por: Víctor Pozo

a) Central de Conmutación Móvil (MSC)

La Central de Conmutación Móvil es donde se encuentra la parte cerebral de la red, esta contiene un sistema de conmutación celular y un procesador central. Una MSC puede conectarse a varias estaciones base (RBS). La Central de conmutación móvil se conecta por lo regular a la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN).

b) Estación Radio Base (RBS)

La estación base o también conocida como Nodo B, contiene los diferentes equipos de transmisión y recepción, alimentación de voltaje, antenas y sistemas de aire acondicionado. Un RBS se comunica únicamente con una sola Central de Conmutación Móvil, en fin se encarga de proveer las interfaces entre la estación móvil y el MSC.

c) Estación Móvil (MS)

Es el equipo móvil de usuario también se lo conoce como UE (Equipo de Usuario). Su función principal es encaminar las señales hacia el medio físico al momento de entablar una comunicación. Está compuesto por un transceptor, la unidad de control y una antena.

d) Interfaz de Aire

Es el enlace de radio entre el UE y el Nodo B para su comunicación simultánea.

e) Celda

La celda es el área geográfica de cobertura de una estación base, puede tener varias formas, en telefonía móvil se considera de forma hexagonal.

f) Cluster

Un Cluster es la agrupación de varias celdas o agrupación de agrupaciones de celdas. Cada celda está asignada con un grupo de frecuencias diferente para su correcto funcionamiento, por lo que en un cluster no se puede reusar ningún grupo de frecuencias. Para poder realizar esto, es necesario usar patrones de reuso de frecuencia y la distancia entre celdas que utilizan estos patrones se las denomina distancia cocanal.

g) Reuso de frecuencias

El reuso de frecuencias se refiere a la utilización de las mismas frecuencias en diferentes celdas separadas a una distancia conveniente para evitar interferencia entre celdas o interferencia co-canal con la finalidad de mejorar la capacidad de comunicación sin afectar el ancho de banda de cada usuario. El reuso de frecuencias se basa en la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3 * N} \quad (1)$$

D: distancia co-canal

R: radio de la celda

N: número de celdas por cluster.

Q: Relación co-canal – reuso

En la figura 4 se tiene un ejemplo de un cluster con reuso de frecuencias.

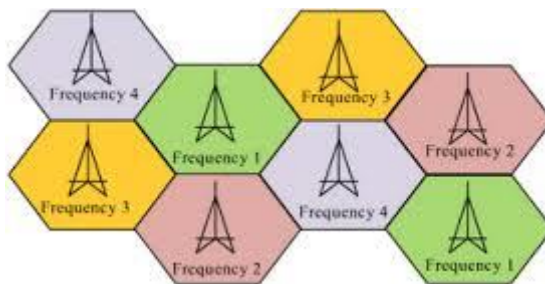


Figura 4: Cluster con reuso de frecuencia

Fuente:

https://www.google.com.ec/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAcQjRw&url=http%3A%2F%2Fes.wikipedia.org%2Fwiki%2FHistoria_del_tel%25C3%25A9fono_m%25C3%25B3vil&ei=Z2hSVZiDJ4abNrDwgMqB&bvm=bv.92885102,d.eXY&psig=AFQjCNHB0ZhaUvMZU6z6j5hARDqtq8fXTA&ust=143154514990280

8.

2.1.4 TECNOLOGÍA HSDPA

HSDPA es la tecnología móvil que soporta tasas de velocidad teóricas de hasta 14.4 Mbps en downlink y en uplink mantiene la velocidad UMTS de 384 Kbps, su objetivo es lograr un alta tasa en bajada de datos BS⁹ y UE¹⁰. Para lograr esto de una manera eficiente utiliza un canal de transporte HS-DSCH¹¹ que permite a todos los usuarios compartir todos los recursos en un mismo sector.

En release 99 existen 3 métodos para el funcionamiento del enlace de bajada; el canal dedicado DCH, el canal común descendente FACH y el canal dedicado compartido DSCH el cual ha sido reemplazado en HSDPA por lo que no se detalla nada acerca de este canal.

- DCH es la parte principal del sistema en HSDPA, de hecho las conexiones en HSDPA están formadas por estos canales en paralelo. Este canal se usa para

⁹ BS: Estación Base.

¹⁰ UE: Equipo de usuario.

¹¹ HS.DSCH: Control Channel Structure for High Speed.

cualquier tipo de servicio y reserva los recursos de código correspondientes a la velocidad máxima de conexión.

- FACH este canal se usa para transferencia de datos de poco volumen durante el establecimiento y cambio de estado de las conexiones.

También han sido introducidos nuevos canales para la operación de HSDPA, y para los datos de usuario el canal HS-DSCH y su correspondiente canal físico. En el caso de la señalización asociada se encuentran dos canales físico, HS-SCCH¹² en downlink y el HS-DPCCH¹³ en uplink.

El funcionamiento principal de HSDPA, se basa en el Nodo B en el que se prevé la calidad del canal asignado para cada usuario. Los recursos son asignados de manera muy rápida dependiendo de los algoritmos de enlace implementados para cada usuario. Los paquetes en el Nodo B siempre son almacenados incluso cuando ya son enviados al usuario, si existe algún fallo se lleva a cabo la retransmisión sin la necesidad de intervención del RNC como era el caso del release 99.

2.1.4.1 Arquitectura HSDPA

La principal característica de HSDPA, es retener el correcto funcionamiento de la versión 99, dividido entre capas y nodos lo más posible que se pueda. La minimización en los cambios de arquitectura es deseable, y simplifica la migración a HSDPA, en redes UMTS ya instaladas y también permite operaciones seguras en ambientes donde no todas las celdas han sido actualizadas a las funcionalidades de HSDPA (MORILLO, 2010, pág. 54).

En HSDPA se introduce una nueva sub-capa MAC en el nodo B denominada; MACHs, que es la responsable de la programación y el control de velocidad, también realiza operaciones del protocolo H-ARQ, para reducir el tiempo de retransmisión con

¹² HS-SCCH: Canal de control de alta velocidad-compartida.

¹³ HS-DPCCH: High-Speed Dedicated Physical Control Channel.

respecto a la versión 99. Por lo que se considera que no solo es necesario realizar mejoras en la RNC (Radio Network Control) sino que la parte principal donde afecta la inclusión de esta nueva tecnología es en el Nodo B o también denominado BTS (estación Base)

La arquitectura básica de la red HSDPA consiste en tres subsistemas:

- User Equipment (UE),
- Universal Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) y
- Core Network (CN)

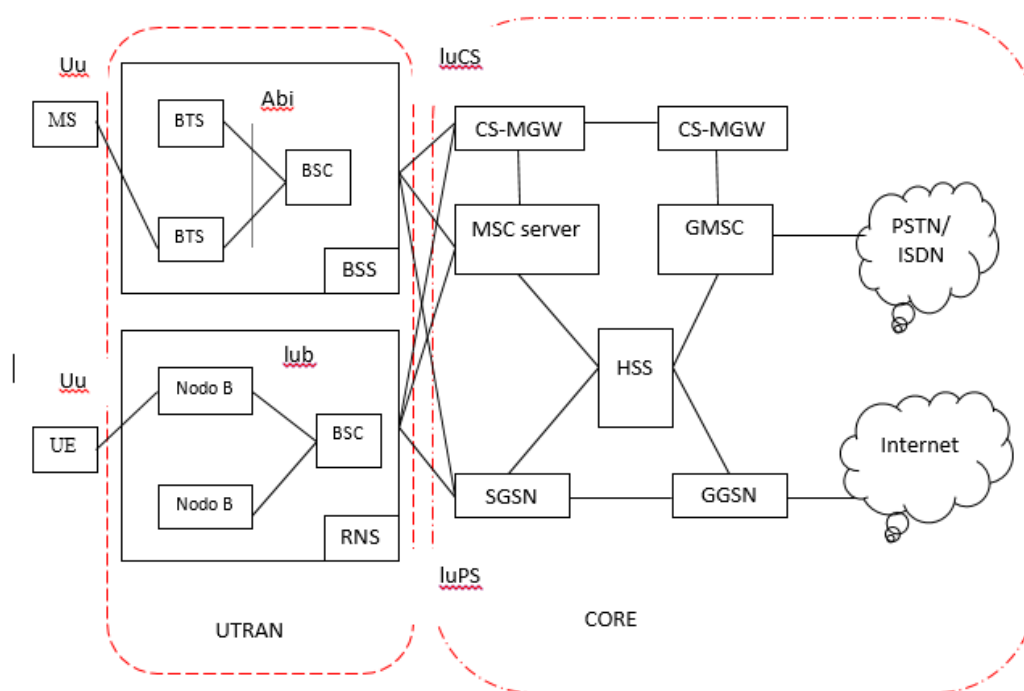


Figura 5: Arquitectura HSDPA

Fuente: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS DE BANDA ANCHA PARA ACCESO A INTERNET, HSPA (HIGH SPEED PACKET ACCESS) Y WiMAX (802.16e-2005), Ortiz Diego.

Editado por Víctor Pozo

Como se puede observar en la figura 5 anterior se muestra los componentes cada uno de estos subsistemas previamente dichos, los que se describen a continuación.

El UE

Conocido como el terminal móvil, es el encargado de realizar la comunicación entre el usuario y el Nodo B. En este está incluida la USIM¹⁴, la cual contiene la información con la que se identifica al usuario.

La UTRAN

Es la que provee la conexión entre el CN y los terminales móviles. Tiene dos conexiones a través de dos interfaces conocidos como Uu y lu. La interfaz lu es la más importante ya que es la encargada de conectar a la UTRAN con la red central (CN); la interfaz lu se clasifica en dos sub-interfaces denominadas; Lu-Cs y lu-Ps, estas sub-interfaces partieron desde la conmutación de paquetes y circuitos para brindar diferentes servicios (Natalí, 2009)

Dentro de la UTRAN se encuentran la RNC (Radio Network Controller) y el Nodo B:

a) Nodo B

Es el que se encarga de la transmisión y recepción vía radio desde y hacia el UE.

- b) **Radio Network Controller (RNC)**, este se encarga de manejar los recursos en su área y también controla las estaciones base que forman parte de él. Por otro lado también es el encargado de controlar parámetros de calidad y es el responsable del handover. En la figura 6 se puede ver una cabina RCN estándar.

¹⁴ USIM: Universal Subscriber Identity Module o Módulo de Identificación del Abonado



Figura 6: Cabina RNC

Fuente: (Natalí, 2009)

Radio Network Subsystem (RNS), está formado por un RNC y sus respectivos Nodos B. Una UTRAN está formada por algunos RNS's, estos RNS's cubren un área geográfica determinada.

El núcleo de red (CN), es el que realiza las funciones de transporte inteligente como; enrutamiento, lógica y control de los servicios de los usuarios. Está formado por las siguientes partes:

- Core Switch Media Gateway (CS-MGW), es la terminación de redes de transporte PSTN¹⁵ y relaciona la UTRAN con el CN.
- Gateway MSC (GMSC) es el encargado de realizar la función de enrutamiento de las llamadas entrante hacia donde está ubicado el usuario móvil.
- Mobile Switching Centre Server (MSC Server), está compuesto de principales partes de control de llamadas y movilidad. Proporciona información a los CS-MGW para indicar el camino que deben optar los paquetes.
- Home Subscriber Server (HSS), es el que posee toda la información de los usuarios; numeración, dirección, identificación de usuario, contiene la información para brindar la seguridad de usuario y ubicación de usuario.

¹⁵ PSTN: Public Switched Telephone Network.

- Serving GPRS Support Node (SGSN), es el encargado de seguir y mantener la posición de las MS's en toda su área y además realiza funciones de seguridad y control de acceso.
- Gateway GPRS Support Node (GGSN), se encarga de proporcionar la compatibilidad de redes externas en conmutación de paquetes.

2.1.4.2 Modos de Transmisión Duplex

Para la comunicación entre el equipo móvil y el nodo B es necesario usar dos canales simultáneos, tanto el de subida como el de bajada, con la finalidad de transmitir y recibir al mismo tiempo.

Los modos de transmisión son:

- Duplexación por división de frecuencia (FDD)
- Duplexación por división de tiempo (TDD)

Duplexación por División de Frecuencia

Es un método donde los enlaces simultáneos, para no interferirse a la hora de la transmisión y recepción respectivamente, utilizan frecuencias diferentes separadas a 130 MHz. Como la transmisión se realiza al mismo tiempo en esta parte es necesario que los duplexores se encuentren en orden para separar las señales de recepción transmisión de la antena.

Los duplexores están formados de filtros con la finalidad de aumentar la complejidad de hardware. FDD no es muy óptimo por lo que no maneja eficientemente el ancho de banda para los diferentes tipos de servicios, por lo que en muchas ocasiones

se necesita mayor ancho de banda para aplicaciones como el acceso a internet. Siendo necesario ajustar la velocidad en el enlace de subida y de bajada.

Duplexación por División de Tiempo

En este tipo de duplexación los enlaces de subida y bajada usan la misma frecuencia, pero se separan en periodos de tiempo. El tiempo se divide en tramas, estas tramas se dividen en espacios de tiempo con una duración muy pequeña. Estos espacios de tiempo se asignan a cualquiera de los dos enlaces de subida o de bajada. Es más eficiente que FDD en la utilización del espectro de frecuencias, ya que puede específicamente mejorar cada intervalo de tiempo que necesite más ancho de banda.

TDD no requiere de duplexores, lo que hace que sea menos complejo en sus terminales. Sin embargo, TDD al tratarse de slots de tiempo, requiere una sincronización con mayor precisión entre el usuario y el Nodo B, debido que la estación base no transmite al mismo tiempo que los equipos móviles.

Como existen tiempos que se demoran las señales en llegar a su destino, es necesario un periodo de guarda, con la finalidad de asegurar que solo un enlace se active al mismo tiempo. Aquí se puede producir un fenómeno denominado la interferencia inter-símbolo sucede cuando reflexiones de una misma señal arriben al mismo tiempo y sus espectros se traslapen (MORILLO, 2010).

2.1.4.3 Características de HSDPA

A continuación las diferentes características de HSDPA:

Transmisión por canal compartido y multicódigo

La potencia de transmisión y los códigos de canal en una celda son compartidos por los usuarios, esto resulta más eficiente que el uso de un canal dedicado. El canal HS-DSCH esta mapeado sobre la fuente de código compartido, el cual puede contener hasta 15 códigos. El número de códigos que se usan depende de cuantos soporte el terminal o el sistema (Revilla, 2011, p. 20). En la figura 7 se muestra como están estructurados los canales compartidos de HSDPA.

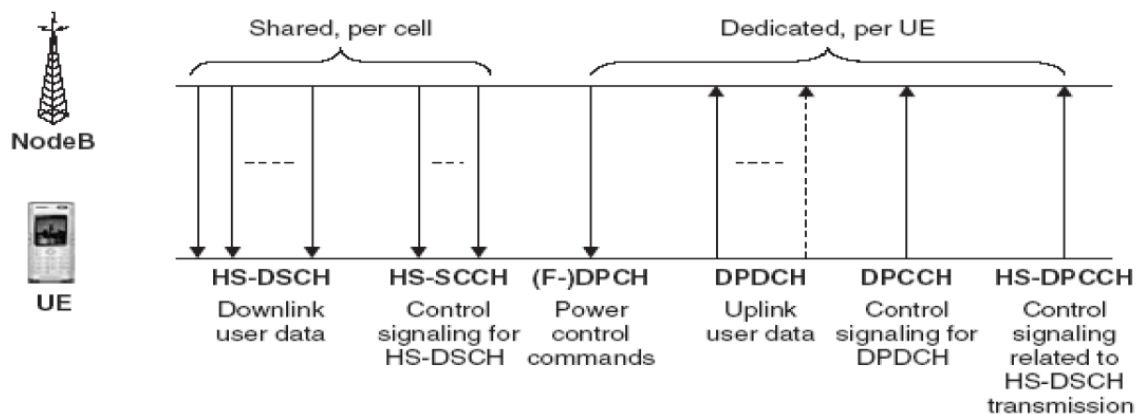


Figura 7: Estructura de canales HSDPA

Fuente: (MORILLO, 2010)

- A) **Canal HS-PDSCH**, es el canal compartido entre usuarios tanto en código como en tiempo.
- B) **Canal HS-DSCH**, En este canal consiste en uno o varios códigos con un factor de dispersión fijo de 16.
- C) **Canal HS-SCCH**, Es el canal de bajada, es el encargado de llevar la información de control de la señal la cual se transmite al canal HS-DSC, usando diferente código de canal.

D) Canal HS-DPCCH, Es el canal de subida, se usa para el transporte de señales de reconocimiento hacia el Nodo B para cada bloque de transporte. Este canal también se usa como indicador de la calidad del canal (CQI) y para la codificación y modulación adaptiva (AMC).

Tipos de modulación

Con respecto a UMTS en el release 99 se utiliza la modulación QPSK (Modulación por Desplazamiento Cuadrafásica), mientras que en HSDPA se incorpora una nueva modulación 16-QAM (Modulación de amplitud en cuadratura de 16 estados), este tipo de modulación sirve para aumentar la velocidad de datos para usuarios que se encuentran dentro de una zona de cobertura óptima.

A continuación se describe los dos tipos de modulación:

QPSK: “Consiste en que el tren de datos a transmitir se divida en pares de bits consecutivos llamados Dibits, codificando cada bit como un cambio de fase con respecto al elemento de la señal anterior” (UTC, 2009, p. 14). Ver figura 8.

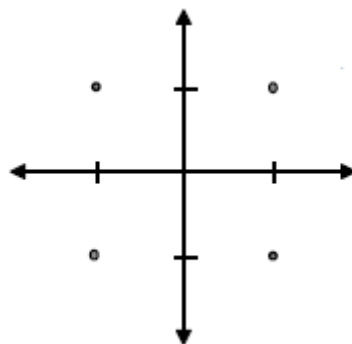


Figura 8: Modulación QPSK

Fuente: Holma y Toskala, 2006, p. 57

Editado por: Víctor Pozo

En la figura anterior de la modulación QPSK cada símbolo es de 2 bits y cada uno está diferenciado por su fase y los cuatro puntos se encuentran en el mismo círculo, lo que indica que la amplitud es la misma para los cuatro símbolos.

16-QAM: “Cada flujo de datos se divide en grupos de cuatro bits, y a su vez en subgrupos de 2 bits, codificando cada bit en 4 estados o niveles de amplitud y fase de las portadoras” (UTC, 2009, p. 17). Ver figura 9.

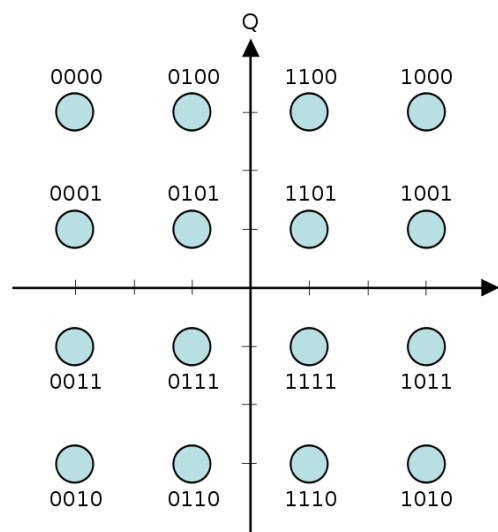


Figura 9: Modulación 16-QAM

Fuente: (UTC, p. 17)

Programación rápida (Fast Scheduling)

Se encarga de monitorear las condiciones del canal de equipo de usuario y de adaptar el lugar de la tasa de datos con el objetivo de mejorar el servicio transmisión de datos escogiendo el canal de transmisión compartido más conveniente.

- **Retrasmitir mensajes en caso de error**

Es un mecanismo muy importante que utiliza HSDPA para disminuir el tiempo de retardo en la comunicación, retrasmitiendo los mensajes en caso de error y de esta forma mejora el tiempo de latencia observado por el usuario.

- **Mayor tasa de transferencia en el enlace descendente**

Teóricamente se pueden conseguir velocidades de 14,4 Mbps en los mejores casos. Pero en la realidad se espera tasas favorables de 10 a 12 Mbps en las condiciones más óptimas esto significa que si las condiciones, son peores la tasa de transmisión también empeora.

- **Solicitud de repetición automática (ARQ)**

Cuando se pierden los datos transmitidos al equipo de usuario, este puede mandar una petición de retransmisión de datos perdidos y combinar las transmisiones originales con las transmisiones posteriores antes de intentar decodificar el mensaje. En el caso de que los datos se reciban correctamente se envía un ACK¹⁶ y si los datos se reciben incorrectamente se envía un NACK¹⁷. En el caso del UMTS las retransmisiones las hacia el RNC pero con HSDPA lo hace el Nodo B (Revilla, 2011, p. 21).

- **Handover en HSDPA**

Cada UE que usa HSDPA recibirá la transmisión en el HS-DSCH de la *celda servidora*. La celda servidora es responsable por la programación, control de velocidad, H-ARQ, y todas las funciones MAC-hs usadas por HSDPA. En el Uplink, se soporta el soft handover, donde la transmisión de datos, será recibida en múltiples celdas y el UE recibirá órdenes de control de potencia de múltiples celdas. La movilidad, desde celdas que soportan HSDPA a celdas que no soportan HSDPA es manejado fácilmente. Se puede proveer servicio sin interrupciones a los usuarios, aunque a bajas velocidades de transmisión, usando conmutación de canal compartido en el RNC, y conmutando a dichos usuarios a un canal no dedicado en celdas que no soportan HSDPA. Similarmente, un usuario equipado con un terminal HSDPA puede conmutar de un canal dedicado a HSDPA, cuando dicho usuario entra a una celda que soporta HSDPA (MORILLO, 2010, pág. 67).

¹⁶ ACK: Acuse de recibo al envío de datos en una transmisión para avisar que un mensaje fue enviado con éxito.

¹⁷ NACK: Acuse de recibo negativo.

2.1.4.4 Funcionamiento de HSDPA

A continuación se describe el funcionamiento de la tecnología HSDPA (ver figura 10), donde se explicará en tres partes; la una es la comunicación entre el terminal y el Nodo B a través del protocolo MAC-hs tanto en transmisión y retransmisión de paquetes, la segunda la interfaz de usuario con los diferentes canales físicos y de transporte, y por último tenemos un algoritmo sencillo para la asignación de recursos al canal HS-DSCH entre equipos terminales y usuarios.

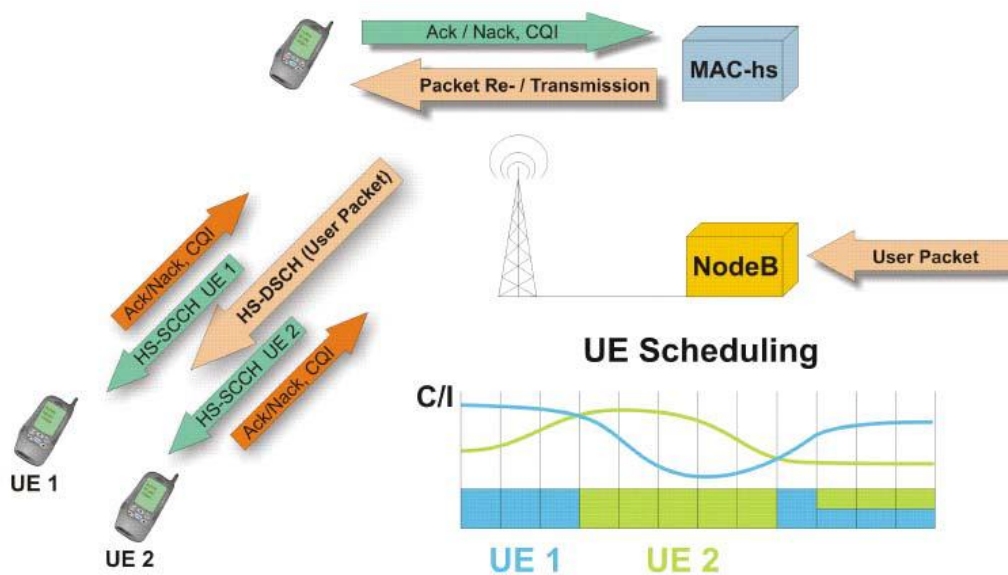


Figura 10: Funcionamiento HSDPA

Fuente: Gonzales, p. 20

- **MAC-hs**

Es una tarjeta que se encuentra incorporada en el Nodo B la que se encarga de recibir los paquetes de usuario que son enviados desde el RNC. También es el que se encarga de las transmisiones y retransmisiones en caso errores en la recepción.

- **Nuevos canales**

En la figura se puede observar que los terminales UE1 y UE2 están recibiendo datos a través del canal HS-DSCH. En esta parte los canales físicos son necesarios para decodificar cada HS-DSCH. Una vez decodificados los paquetes de usuario tanto el UE1 como el UE2 tienen que indicar a la MAC-hs si fue o no correcta la recepción de paquetes de datos.

- **Asignación de terminales**

El Nodo B tiene una función que asigna los terminales que determinan cuando una transmisión o retransmisión será realizada en un momento dicho.

2.2 NODO B

A partir de la tercera generación de telefonía móvil un Nodo B es equivalente a una BTS (Estación Base) de segunda generación y es el encargado de emitir y recibir las señales 3,5G y está conectado a los emplazamientos de las antenas que se describirán en páginas posteriores.

A continuación se describe más a detalle sobre los componentes de un Nodo B y en sí cómo funcionan cada uno de sus elementos.

Un Nodo B se puede apreciar en aquellos lugares donde nos encontramos con antenas de color blanco o gris que se encuentran al final de grandes torres que pueden llegar a medir hasta 40 metros de altura. Según los manuales técnicos de un Nodo B, es un gabinete con los elementos electrónicos que realizan los diferentes servicios de telefonía, pero se excluyen las antenas, torres, cables, etc. En 3.5G se considera un conjunto de todos esos elementos instalados en el sitio.

Los elementos de un Nodo B son:

- **Unidad Banda Base (BBU)**

- **Unidad de Radio Remota (RRU)**
- **Antenas**

2.2.1 UNIDAD BANDA BASE

La BBU es la unidad de procesamiento de banda base de los sistemas de telecomunicaciones. Una unidad de banda base tiene diferentes ventajas como su diseño en base a módulos, un tamaño relativamente pequeño, alta integración y un bajo consumo de energía. La BBU se instala en el cuarto de equipos y se conecta con la unidad de radio remota (RRU) mediante fibra óptica. La BBU es la responsable de la comunicación a lo largo de la interfaz física.

La unidad de banda base de telefonía celular está compuesta de un procesador de señal para las señales de voz en la transmisión del UE hacia adelante y de inverso respectivamente. El procesador de señales sirve para producir un tono de supervisión denominado SAT, que se usa para la transmisión hacia el UE mediante de diferentes. En la figura 11 se aprecia la forma de una BBU estándar.

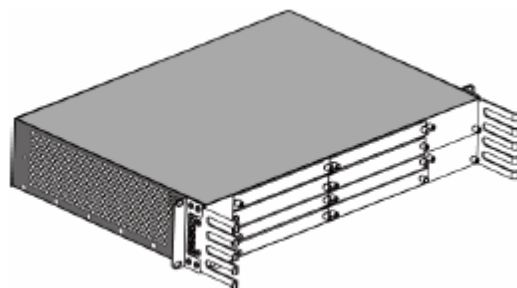


Figura 11: Hardware de una BBU

Fuente: (DÍAZ, 2010, pág. 21)

Características principales del BBU:

- Contiene puertos que se usan para el paso de datos entre la RNC y el Nodo B.
- Posee puertos para la comunicación entre el módulo de radio frecuencia y el Nodo B.
- Proporciona un canal de comunicación para la operación y mantenimiento entre el Nodo B y el software que diagnostica y opera el BBU, por lo que procesa señales de uplink y downlink.
- Controla todo respecto con el Nodo B, en términos de mantenimiento y operación.
- También proporciona el sincronismo en base a un reloj de referencia.

El BBU está compuesto por cuatro elementos principales:

- 1. Subsistema de banda base**
- 2. Subsistema de transporte**
- 3. Subsistema de control**
- 4. Módulo de energía.**

2.2.1.1 Subsistema de Banda Base

Este subsistema es el encargado de procesar la información de banda base del enlace uplink y de downlink. Consta de dos módulos que realizan las funciones de este subsistema; el módulo de procesamiento de datos que consiste en la modulación y decodificación en el enlace de subida, y el módulo de procesamiento de la señal banda base en el enlace de bajada realizando el proceso de codificación y modulación, por lo que se lo denomina unidad de modulación y codificación.

2.2.1.2 Subsistema de Transporte

El subsistema de transporte es el encargado de proporcionar o seleccionar los puertos físicos de comunicación de datos entre la RNC y el Nodo B. También provee los canales para operación y mantenimiento entre el BBU y el Canal de Operación y Mantenimiento (OMC), conocido como el agente de mantenimiento y prevención al equipo.

2.2.1.3 Subsistema de control que administra al Nodo B

En este subsistema se realizan las funciones de operación y mantenimiento, además de realizar todos los procesos de señalización provee el reloj para el sincronismo que sirve de referencia al sistema. El módulo de control está encargado de la administración de los equipos y los diferentes módulos conectados, maneja las actualizaciones, alarmas, configuraciones, manejo de software y acondicionamiento del nodo (DÍAZ, 2010, pág. 22).

2.2.1.4 Módulo de energía

El módulo de energía es el encargado de convertir la señal de entrada al sistema que está entre -48V y 24V en corriente continua al voltaje requerido por las diferentes tarjetas de interfaz y provee un puerto para un dispositivo de monitoreo externo (DÍAZ, 2010).

2.2.2 UNIDAD DE RADIO REMOTA (RRU/WRFU/MRFU)

El módulo de radiofrecuencia (WRFU/MRFU) del Nodo B ofrece un bajo consumo de energía, con técnicas de producción optimizadas y una alta eficacia del amplificador de potencia. Además, reduce las necesidades de disipación del calor de la fuente de alimentación y de los equipos, con lo que se mejora la estabilidad de los equipos y se reducen los costos de operación. En la figura 12 se puede ver un ejemplo de una RRU con sus diferentes partes de estructura.

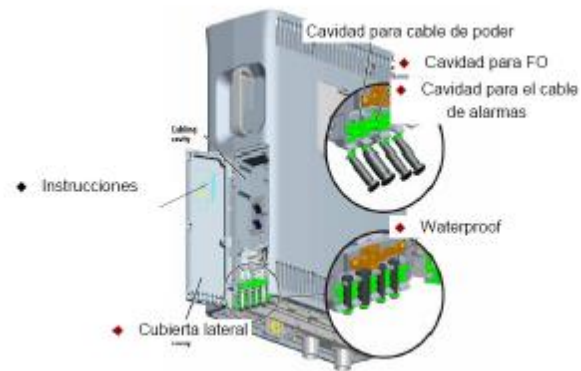


Figura 12: Ejemplo de una unidad de control de radio remoto RRU 3908

Fuente: (DÍAZ, 2010, pág. 26)

La conexión entre el BBU y el RRU (ver figura 13) se lo realiza mediante fibra óptica con la finalidad de reducir las pérdidas de atenuación en el cable, lo que hace que proporcione una mayor cobertura.



Figura 13: Conexión entre un RRU y BBU

Fuente: (DÍAZ, 2010)

2.2.3 ANTENAS

La antena es que se encarga de transmitir y recibir ondas de radio. Su función es convertir una señal eléctrica en ondas electromagnéticas, estas ondas electromagnéticas se emiten a través del espacio libre como única medio de comunicación.

Las antenas se clasifican según su directividad en:

- Antenas Omnidireccionales
- Antenas Direccionales
- Antenas Sectoriales

2.2.3.1 Antenas Omnidireccionales

Se definen como radiadores con un patrón isotrópico que significa: La energía es radiada en todas las direcciones de la misma forma (ver figura 14). Este tipo de antenas son adecuadas para entornos con radiofrecuencia sencillo, por lo que no se conoce la dirección de radiación específica, con este antecedente las antenas omnidireccionales son usadas para cubrir áreas de gran escala cubriendo los 360° de radiación.

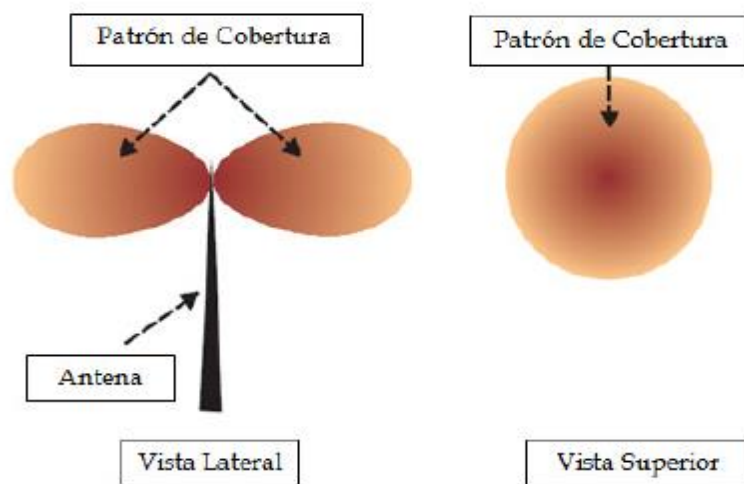


Figura 14: Patrón de radiación de una antena omnidireccional

Fuente: (DÍAZ, 2010)

Editado por: Víctor Pozo

2.2.3.2 Antenas Direccionales

Las antenas omnidireccionales fueron siempre muy ineficientes, por lo que se dio lugar a las antenas direccionales, las cuales ya intentan controlar la dispersión de energía de radiación por sectores, donde cada sector es de 120° . Lo que quiere decir que se divide en tres partes a los 360° de la celda en sectores de 120° . Esto provee mayor alcance ya que se utiliza la misma potencia de una antena omnidireccional, lo que hace que la señal a transmitir pueda viajar más lejos, también existe un aumento considerable en la eficiencia espectral y la capacidad de usuario (ver figura 15).

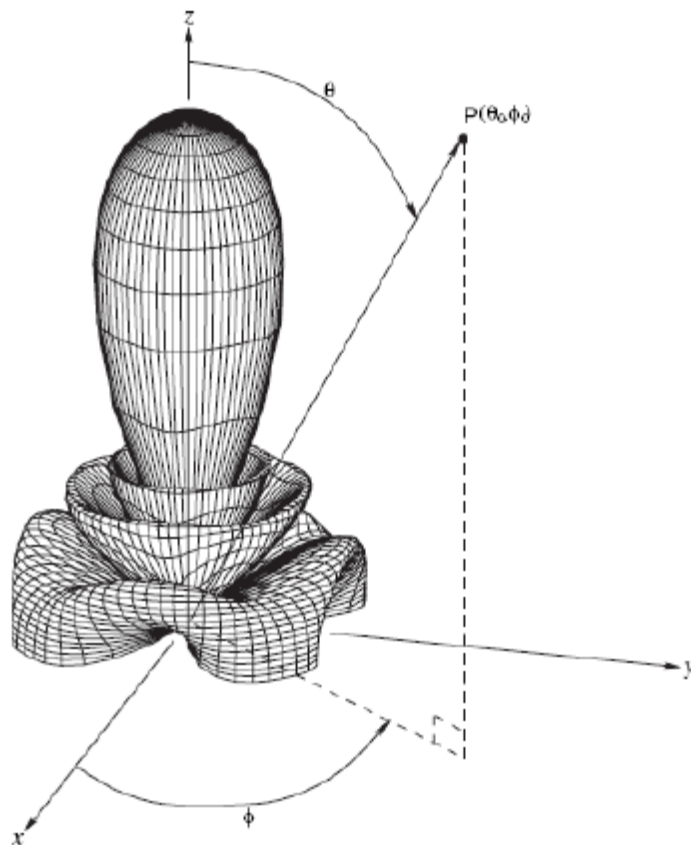


Figura 15: Patrón de radiación de una antena direccional

Fuente: Fundamentos de antenas. Recuperado el 20 de mayo del 2015 de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15/8/Capitulo1.pdf>.

2.2.3.3 Antenas Sectoriales

Las antenas sectoriales no son más que una combinación de las antenas direccionales con las antenas omnidireccionales (ver figura 16 y 17). Son las antenas más adecuadas para la planificación de redes móviles celulares. La intensidad de radiación de una antena sectorial es mayor a la de la antena omnidireccional por lo que se obtiene un largo alcance como en las antenas direccionales. En sistemas de telefonía celular es necesario instalar cuatro antenas sectoriales de 90° .

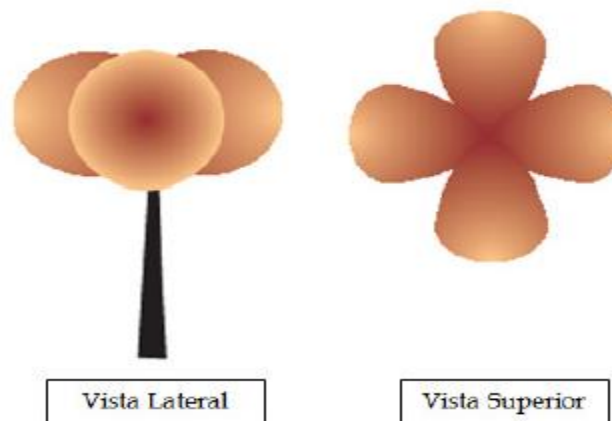


Figura 16: Patrón de radiación de una antena sectorial



Figura 17: Ejemplo de antena sectorial en tres sectores y cada sector con 120°

Fuente: Fundamentos de antenas. Recuperado el 20 de mayo del 2015 de <http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15/8/Capitulo1.pdf>.

2.2.4 PARÁMETROS DE LAS ANTENAS

En las antenas se consideran los siguientes parámetros:

- Densidad de potencia radiada
- Directividad
- Polarización
- Impedancia
- Ancho de banda

2.2.4.1 Densidad de potencia radiada

La densidad de potencia radiada está definida como la potencia por unidad de superficie en una dirección específica. Está dada por la siguiente expresión en vatios:

$$\vec{P}(\theta, \phi) = \text{Re}(\vec{E} \times \vec{H}^*) \quad (2)$$

La densidad de potencia radiada también se puede calcular a partir de las dos componentes del campo eléctrico.

$$\vec{P}(\theta, \phi) = \frac{E_{\theta}^2 + E_{\phi}^2}{n}, \quad n = \frac{|\vec{E}|}{|\vec{H}|} \quad (3)$$

La potencia total radiada se puede obtener de:

$$W_r = \iint \vec{P}(\theta, \phi) \cdot \vec{d}s \quad (4)$$

La intensidad de radiación es igual a la potencia radiada por unidad de ángulo sólido en una determinada dirección.

$$K(\theta, \phi) = P(\theta, \phi)r^2 \quad (5)$$

De ahí obtenemos que la potencia total se puede calcular de la siguiente forma:

$$W_r = \iint K(\theta, \phi)d\Omega = \iint K(\theta, \phi) \sin(\theta)d\theta d\phi \quad (6)$$

2.2.4.2 Directividad

La directividad de una antena es la relación que existe entre la densidad de potencia que es radiada en una dirección específica, a una distancia determinada y la densidad de potencia de una antena isotrópica, a igual potencia radiada (SN, pág. 10).

$$D(\theta, \phi) = \frac{P(\theta, \phi)}{\frac{W_t}{4\pi r^2}} \quad (7)$$

También se puede obtener a partir del diagrama de radiación de la antena (ver figura 18):

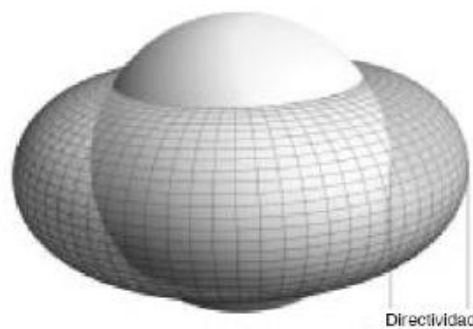


Figura 18: Directividad de una antena

Fuente: Fundamentos de antenas. Recuperado el 20 de mayo del 2015 de <http://dsp.space.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15/8/Capitulo1.pdf>.

$$D = \frac{4\pi}{\iint \frac{P(\theta, \phi)}{P_{max}} \sin(\theta)d\theta d\phi} = \frac{4\pi}{\Omega_e} \quad (8)$$

Ω_e : Ángulo sólido equivalente

2.2.4.3 Polarización

La polarización de una antena se define por la dirección del campo eléctrico de la onda radiada. La polarización de una onda electromagnética es la figura representada por un vector campo eléctrico en función del tiempo.

Existen tres tipos de polarización:

- Polarización lineal
- Polarización circular
- Polarización elíptica

Polarización lineal: El campo eléctrico se propaga en forma de línea recta, puede ser vertical, horizontal (ver figura 19).

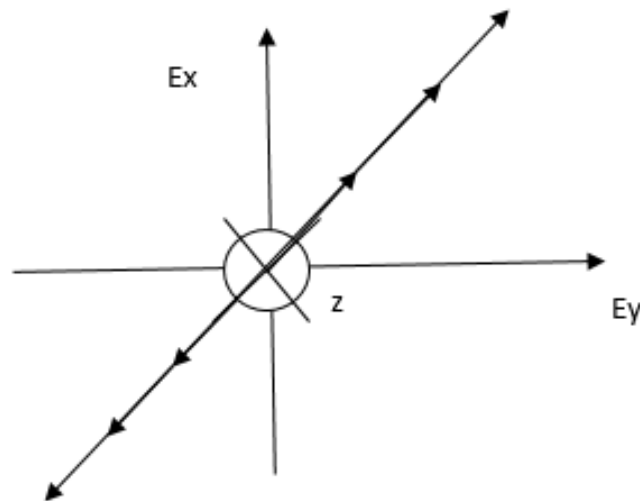


Figura 19: Polarización Lineal

Polarización circular: Sucede cuando el campo eléctrico se propaga describiendo una forma geométrica circular. Si el giro se hace en sentido de las manecillas de reloj se lo

conoce como polarización de derechas y si lo hace en sentido contrario a las manecillas del reloj se lo denomina polarización de izquierdas (ver figura 20).

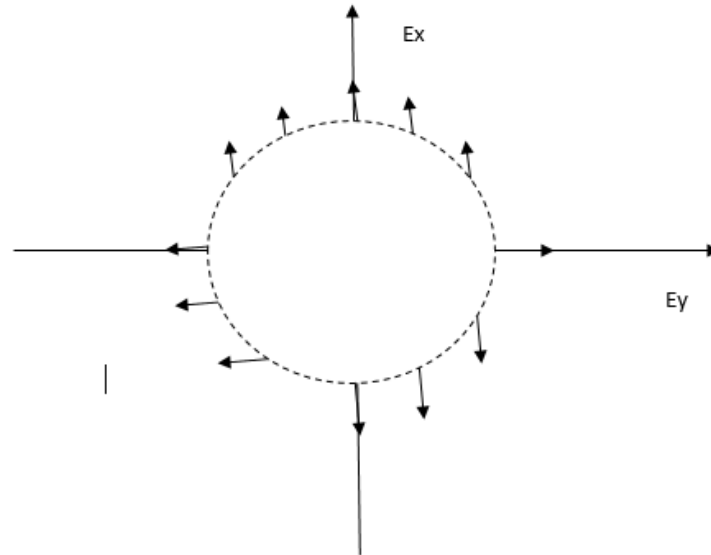


Figura 20: Polarización circular

Polarización Elíptica: Su propio nombre ya indica la forma que toma el campo eléctrico; en forma de elipse (ver figura 21).

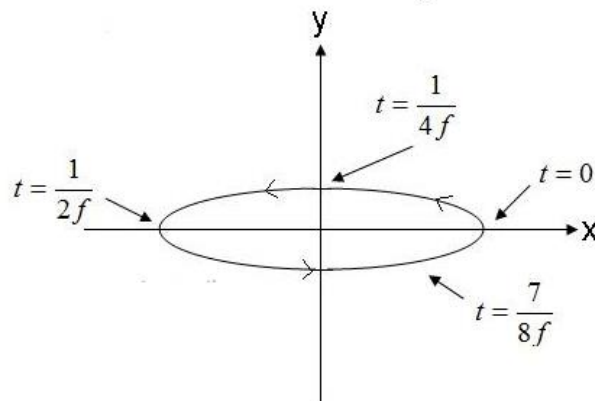


Figura 21: Polarización Elíptica

Fuente: Polarization of Plane Waves. Recuperado el 21 de mayo de 2015 de <http://www.antenna-theory.com/basics/polarization.php>

2.2.4.4 Impedancia

La impedancia de una antena es la relación que existe entre el voltaje de entrada y corriente de entrada a los terminales, se define por la siguiente fórmula:

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} = R_a + jX_a \quad (9)$$

Z_i = Impedancia de entrada

V_i = Voltaje de entrada

I_i = Corriente de entrada

R_a = Resistencia de antena

jX_a = Reactancia de entrada

2.2.4.5 Ancho de Banda

El ancho de banda es un parámetro de gran importancia en la antena, ya que según este dato, se conoce la gama de frecuencias con las que puede radiar correctamente una antena.

2.3 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UN RADIO ENLACE PUNTO A PUNTO

2.3.1 FACTOR DE CURVATURA DE LA TIERRA (FACTOR K)

Para entender acerca del factor de curvatura de la tierra se considera dos trayectorias curvas, una que se relaciona con la curvatura de la tierra y la segunda a la estratificación de la tropósfera (ver figura 22). Si se entiende que la temperatura y la

humedad que existe sobre la atmósfera, bajan sus valores en proporción a la altura sobre el nivel del mar, afecta a la reflexión de las ondas electromagnéticas en un gran porcentaje, por lo que el patrón de propagación se refracta en la atmósfera.

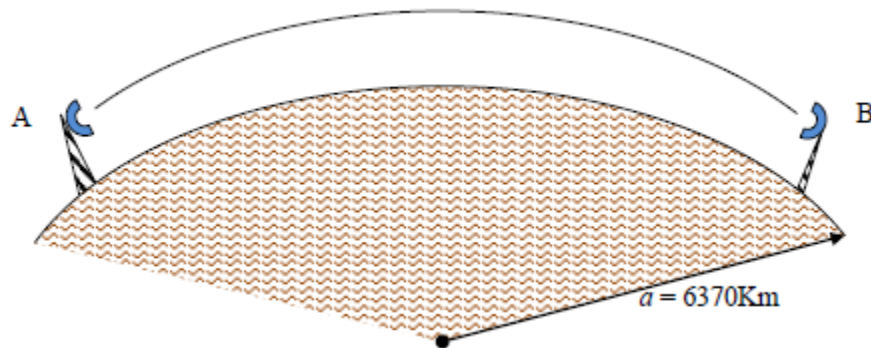


Figura 22: Patrón de propagación terrestre

Fuente: (LAZCANO, 2009)

En casos donde existan problemas por despejamiento y difracción, es necesario considerar trayectorias rectilíneas de las ondas electromagnéticas. Para esto se debe considerar la curvatura relativa de una de las trayectorias con respecto a la otra y realizar una equivalencia a través de un modelo que permita mantener la línea de vista entre una y otra del modelo real. De aquí sale la curvatura ficticia de la tierra, que será igual a la curvatura real modificada por un factor K (factor de radio efectivo de la tierra).

El valor de K en condiciones atmosféricas normales, puede variar de acuerdo a la región. Si se consideran regiones elevadas y secas la variación viene desde 1,2 hasta 2 o 3 en regiones costeras húmedas.

Cuando K tiende a un valor infinito, representa que la tierra es perfectamente plana, debido a que su curvatura es igual a la de la tierra.

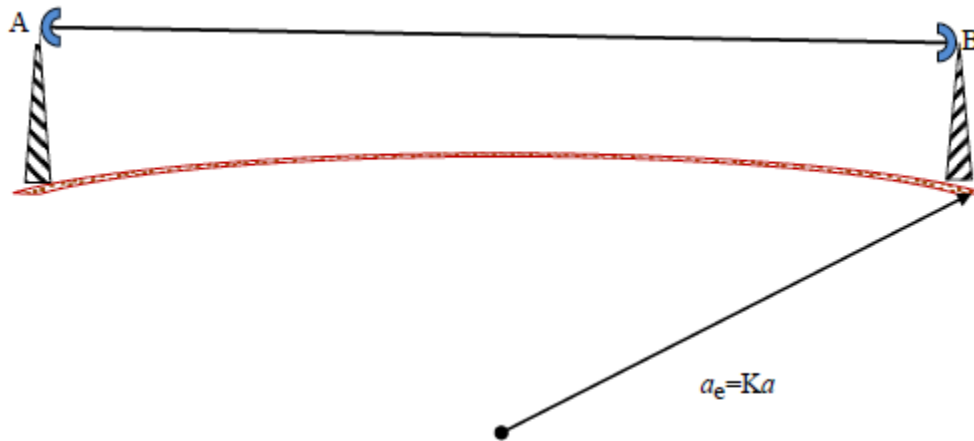


Figura 23: Factor de corrección del radio de la tierra. Para que la propagación sea rectilínea

Fuente: (LAZCANO, 2009)

En la figura 23 se puede apreciar como el radio es afectado y ahora se denomina a_e , siendo el radio equivalente afectado por el factor K .

Otro caso tenemos para la forma opuesta de curvatura de la tierra, esto se produce cuando el valor K disminuye a menos de 1. Este efecto produce anomalías de propagación, por lo que el trayecto podría quedar obstruido y sería muy vulnerable a los desvanecimientos provocados por el efecto de trayectos múltiples.

El valor de K como se describió anteriormente, no siempre será un valor constante, sino que depende de las condiciones atmosféricas. El factor K varía de acuerdo con las estaciones del año, como es en invierno o verano. En veranos es mayor que en invierno por lo que se ha determinado ciertos valores para un valor de K razonable; los cuales se muestran a continuación.

En la tabla 1 se puede ver como el factor K varía de acuerdo a la región que pertenece.

Tabla 1: Variaciones del factor K de acuerdo a la región

TIPO DE REGIÓN	FACTOR K
En zonas polares	6/5 o 4/3
En zonas templadas	4/3
En zonas tropicales	4/3 o 3/2
En México	4/3

Elaborado por: Víctor Pozo

Fuente: (LAZCANO, 2009)

El valor del radio de la tierra también se afecta en relación al factor de curvatura. A continuación se detallan los nuevos valores del radio de la tierra en la tabla 2.

Tabla 2: Variación del radio de la tierra para el factor K

FACTOR K	NUEVO RADIO DE LA TIERRA en Km
2/3	4246
1	6370
6/5	7644
4/3	8493
3/2	9555

Elaborado por: Víctor Pozo

Fuente: (LAZCANO, 2009)

2.3.2 TRAZO DE PERFIL DEL TERRENO

Antes de realizar las pruebas de propagación de un enlace punto a punto, es necesario trazar el perfil del terreno entre los dos sitios que se escogieron para el

radioenlace, incluyendo todas las alturas de los puntos y de los obstáculos obtenidos de los mapas geográficos.

Mediante el trazo del perfil del terreno, se puede determinar la influencia de la superficie terrestre en la propagación de las ondas.

Para realizar esta figura se parte de un corte transversal de la tierra desde, el punto de transmisión hasta el punto de recepción y se denomina “perfil”, a continuación un ejemplo de perfil de terreno (ver figura 24).

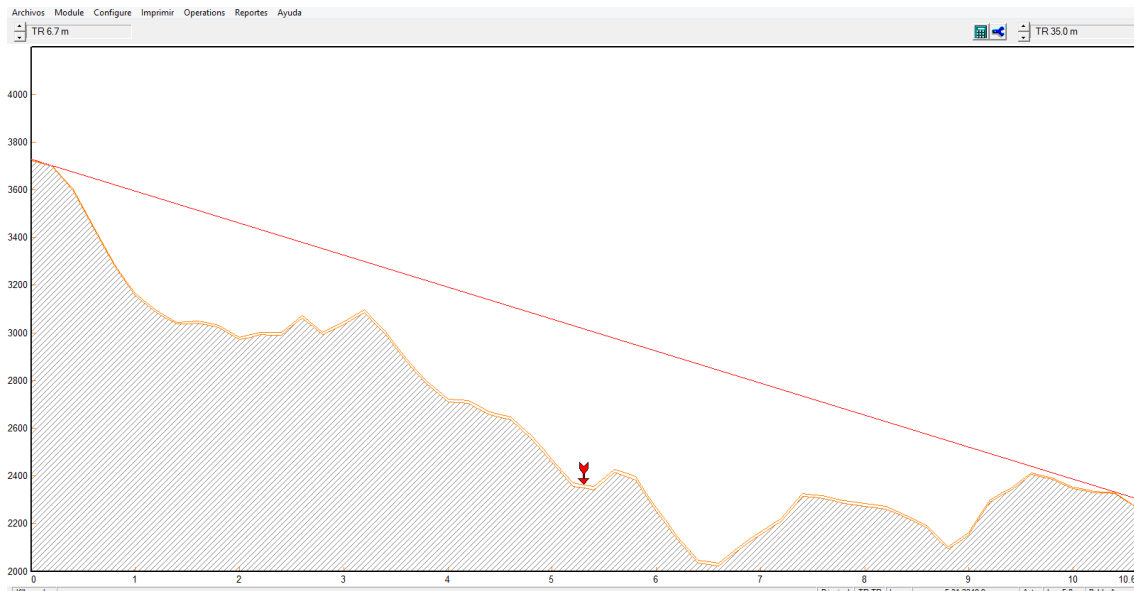


Figura 24: Ejemplo de perfil de terreno elaborado en el software PathLoss

Elaborado por: Víctor Pozo

Para cambiar la trayectoria de curva de propagación por una recta, los perfiles de terreno se elaboran tomando un radio conveniente al factor de curvatura K , en esta forma el eje vertical representa la altura y el eje horizontal la superficie terrestre.

2.3.3 LAS ZONAS DE FRESNEL

Se considera como zona de Fresnel al volumen que existe entre el espacio del transmisor y receptor de una onda electromagnética, de tal forma que el desfase entre las ondas no supere los 180°.

La primera zona de Fresnel comprende hasta que la fase este próximo o llegue a 180°, lo que hace que adopte forma de una elipse. La segunda zona de Fresnel comprende hasta un desfase un desfase de 360°, y esta elipse contiene a la primera elipse de la primera zona de Fresnel (ver figura 25). De esta misma manera se siguen conteniendo las zonas de Fresnel superiores.

2.3.3.1 ¿Qué se debe considerar para la zona de Fresnel?

Antes de proceder al cálculo de la zona de Fresnel, lo primero que se debe tener en cuenta es la línea de vista entre los focos de recepción y transmisión. La segunda cosa que se debe considerar es, la obstrucción máxima permisible, que es del 40% de la primera zona de Fresnel.

En radiocomunicaciones la zona de Fresnel depende del factor K (curvatura de la tierra); si se considera un factor $K=4/3$, la primera zona de Fresnel debe tener un despeje del 100%, pero si se hace un estudio para un factor $K=2/3$, el despeje es de un 60% de la primera zona de Fresnel.

La fórmula de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$h_0 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{D}} \quad (10)$$

Donde:

h_0 = radio de la enésima zona de Fresnel en metros ($n=1, 2, 3\dots$).

d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en metros.

d_2 = distancia desde el objeto al receptor en metros.

λ = longitud de onda de la señal transmitida en metros.

D = distancia total del trayecto.

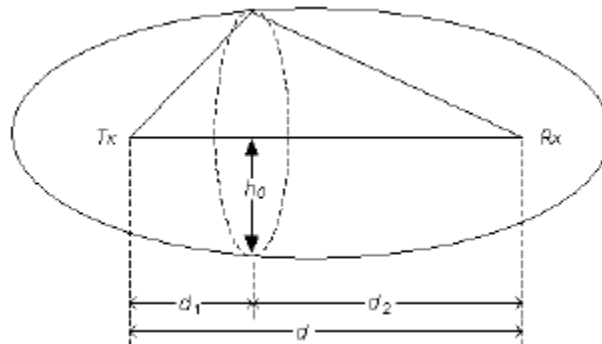


Figura 25: Elipsoide de Fresnel

Fuente: (LAZCANO, 2009)

2.3.4 MARGEN DE DESPEJE DEL OBSTÁCULO (h_c)

Otro aspecto a considerar al momento de realizar un radio enlace, es el lugar donde se encuentra el obstáculo y ver si es factible o no el enlace (ver figura 26).

La ecuación que define el margen de despeje sobre un obstáculo es la siguiente:

$$h_c = h_1 - \frac{d_1}{D}(h_1 - h_2) - \frac{d_1 d_2}{2Ka} - h_s = [\text{metros}] \quad (11)$$

Donde:

h_1 =altura del transmisor

h_2 =altura del receptor

h_s = altura de un obstáculo

d_1 = distancia del trayecto al obstáculo (Km)

d_2 =es la distancia del trayecto al obstáculo (Km)

D = es la distancia total del trayecto (Km)

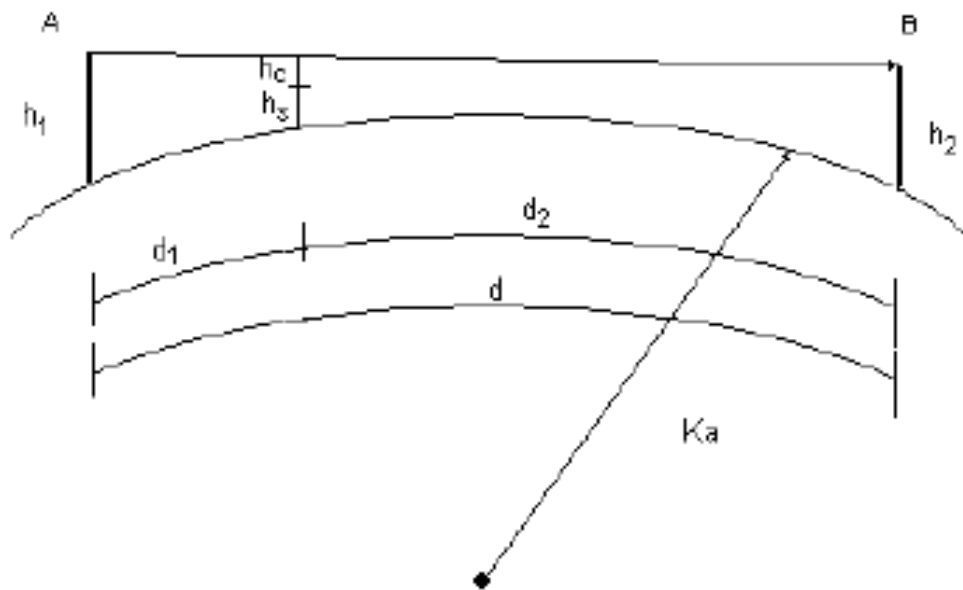


Figura 26: Margen de despeje h_c

Fuente: (LAZCANO, 2009)

2.3.5 ALTURA DE LA ANTENA

Luego de calcular la primera zona de Fresnel, es necesario proponer la altura de la antena en el primer sitio.

Con la altura del primer sitio propuesto, se procede al cálculo de la altura del segundo sitio, a través de la siguiente ecuación.

$$h_2 \geq \frac{D}{d_1}(h_0 + h_s) - \frac{d_2}{d_1}(h_1) + \frac{Dd_2}{2Ka} = [\text{metros}] \quad (12)$$

h_0 = radio de la primera zona de Fresnel

h_1 = altura propuesta para el primer sitio

d_1 = es la distancia del trayecto al obstáculo (Km)

d_2 = es la distancia del trayecto al obstáculo (Km)

D = es la distancia total del trayecto (Km)

h_s = es la altura de obstáculo

Ka = equivale a $(4/3)$ (6.37×10^6 m)

2.3.6 PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

Al momento de realizar un radioenlace es necesario saber que, las ondas electromagnéticas son afectadas por la Tierra y la atmósfera que rodea la onda. En el caso de un enlace punto a punto se debe tener en cuenta, la porción baja de la atmósfera no ionizada, que se encuentra debajo de los 20 Km (Tropósfera).

En el diseño del trayecto se define una posición de referencia, donde no afecte por la tierra; esto se denomina pérdidas en el espacio libre.

Estas pérdidas se relacionan directamente con la frecuencia y distancia del radioenlace, mediante la siguiente ecuación.

$$L = 32.46 + 20 \log(f_{MHz}) + 20 \log(d_{km}) \quad (13)$$

2.3.7 REFLEXIÓN O ATENUACIÓN POR LA ARISTA

Un problema que existe con las microondas es que si se topan con un obstáculo en su trayectoria, este impide su propagación y detrás del obstáculo en su trayectoria, aparece una intensidad de campo eléctrico (ver figura 27). A este fenómeno se lo conoce como difracción.

La pérdida por difracción está dada por la siguiente ecuación:

$$L_d = \frac{D}{\sqrt{\lambda}} \quad (14)$$

Donde:

L_d = Pérdida por difracción

D = Distancia entre los dos puntos

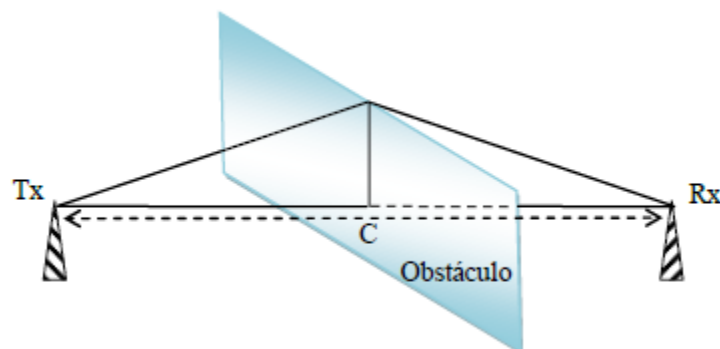


Figura 27: Difracción y refracción de una microonda

Fuente: (LAZCANO, 2009)

2.3.7.1 Pérdidas de transmisión por difracción debido a la arista aguda

Se calcula mediante la ecuación:

$$\text{Pérdidas de Tx por difracción (dB)} = 16 + 20\log\left(\frac{h_c}{h_0}\right) \quad (15)$$

Conciderando que $\frac{h_c}{h_0} \geq 3$

2.3.8 GANANCIA DE LA ANTENA

En una antena directiva, la antena directiva se enfoca a una dirección específica más que en otras. La antena es un dispositivo pasivo, así que la potencia de salida total no puede ser mayor que la de entrada. Se considera que la antena tiene mayor ganancia en su dirección o direcciones de máxima radiación, cuando se compara con una fuente isotrópica (LAZCANO, 2009, pág. 40).

La ganancia de una antena parabólica se define como:

$$G = 10 \log \left[\eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \right] = dB \quad (16)$$

Donde:

D= diámetro de la antena en metros

λ = longitud de onda en metros

η = eficiencia de la antena

2.3.8.1 Potencia de Recepción

Es la potencia que llega al receptor, la cual es afectada por la potencia de transmisión, la ganancia de las antenas, la pérdida en el espacio libre y también se incluyen las pérdidas que aportan los elementos pasivos como; guías de onda, filtros, circuladores, etc.

La expresión siguiente nos permite calcular la potencia de recepción:

$$Pr(dBm) = P_{Tx}(dBm) + G_{antTx}(dB) + G_{antRx}(dB) - L(dB) - L_F(dB) \quad (17)$$

2.3.8.2 Potencia Isotrópica Efectiva Radiada (PIRE)

El PIRE se refiere a la cantidad de potencia que emitirá una antena isotrópica hacia el receptor. El PIRE tiene en cuenta la ganancia de la antena y las pérdidas en la línea de transmisión, se expresa en decibelios.

Está definido por la siguiente expresión:

$$PIRE = P_{Tx} - L_c + G_a \quad (18)$$

Donde:

P_{Tx} = potencia de transmisión

L_c = pérdidas en la línea de transmisión

G_a = ganancia de la antena

2.3.8.3 Ángulo Azimut

El ángulo de azimut, es el ángulo que se mide desde el norte en sentido de las manecillas del reloj. Su valor varía desde 0° hasta 360° , por lo que se puede ubicar en los cuatro cuadrantes, que se definen desde el norte hacia la derecha (ver figura 28).

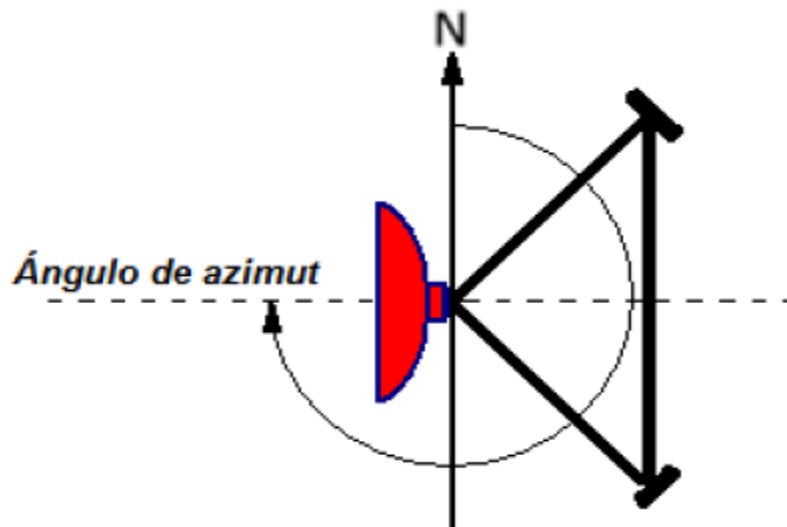


Figura 28: Ángulo azimut 270 grados

Fuente: (LAZCANO, 2009)

2.3.8.4 Ángulo de Elevación

Es el ángulo formado en el plano horizontal, y es donde se forma la dirección de máxima ganancia de la antena.

Viene dado por la siguiente expresión:

$$\alpha_1 = - \left[\frac{h_1 - h_2}{D} + \frac{D}{2Ka} \right] \quad (19)$$

$$\alpha_2 = - \left[\frac{h_2 - h_1}{D} + \frac{D}{2Ka} \right] \quad (20)$$

Donde:

α_1 = ángulo de elevación de la antena transmisora

α_2 = ángulo de elevación de la antena receptora

h_1 = altura de la antena transmisora

h_2 = altura de la antena receptora

Ka = 8493 Km

2.3.8.5 Margen de Desvanecimiento Térmico (TFM)

Para el cálculo del margen de desvanecimiento, se utiliza todos los valores de pérdidas entre la señal enviada (NRSD) y el umbral de recepción del equipo de radio (T), esto indica el nivel de potencia que se reduce en el receptor, considerando un límite de tasa de error requerido. Se expresa con la siguiente fórmula:

$$TFM = NRSD - T \quad (21)$$

2.3.9 DISPONIBILIDAD DEL ENLACE

De acuerdo a la UIT-RF.1093-1, la disponibilidad del enlace se refiere al tiempo en que el radioenlace estará operando erróneamente. Es decir la tasa de error BER operará a una tasa de: 10^{-3} o 10^{-6} según sea el caso.

El valor de disponibilidad del enlace, también depende, de los márgenes de desvanecimiento térmico y disperso. Otros factores por los que depende son; la lluvia, la frecuencia y el tipo de polarización.

2.3.9.1 Relación entre disponibilidad del sistema y tiempo fuera

En la tabla 3 se muestra la disponibilidad y el tiempo fuera de un enlace. Cabe mencionar que estos datos son obtenidos de forma estadística.

Tabla 3: Disponibilidad del sistema y tiempo fuera para; 1 año, 1 mes y 1 día

Disponibilidad %	Tiempo Fuera %	Tiempo fuera por		
		1 Año	1 Mes	1 Día
0	100	8760 h	720 h	24 h
50	50	4380 h	360 h	12 h
80	20	1757 h	144 h	4.8 h
90	10	876 h	72 h	2.4 h
95	5	438 h	36 h	1.2 h
98	2	175 h	14 h	29 min
99	1	88 h	7 h	14,4 min
99,9	0,1	8.8 h	43 min	1.44 min
99,99	0,01	53 min	4,3 min	8,6 seg
99,999	0,001	5,3 min	26 seg	0,86 seg
99,9999	0,0001	32 seg	2,6 seg	0.086 seg

Fuente: (LAZCANO, 2009)

2.3.9.2 Hidrometeoros

Los hidrometeoros son meteoros formados por pequeñas partículas acuosas, líquidas y sólidas suspendidos en la atmósfera y que dificultan notablemente la visión. Entre los principales se encuentran; la lluvia, la nieve, el granizo, escarcha y niebla.

En un enlace microondas los hidrometeoros afectan debido a que; producen una atenuación que se puede considerar plana en la banda dentro de la banda de microondas del canal transmitido.

El vapor de agua y el oxígeno provocan absorción de las ondas milimétricas. La concentración de oxígeno es relativamente constante mientras que la del vapor de agua no lo es, aumentando hasta la saturación en las nubes y lluvia. Este efecto se observa sólo por encima de los 15 GHz. En el caso de la niebla puede producir importantes atenuaciones solo por encima de los 100GHz. En 10GHz el efecto es despreciable, del orden de 0.00035 dB/Km para $0.005\text{gr}/\text{m}^3$.

En el caso de la nieve la atenuación se reduce por debajo de los 30GHz. Un índice de lluvia en forma de nieve 10mm/h produce una atenuación específica de 3dB/Km a 30 GHz. El granizo en cambio tiene gran influencia a partir de los 2 GHz, pero la probabilidad de ocurrencia es despreciable. En general, la acumulación de nieve y hielo en las antenas tiene más importancia que la presencia de nieve en el trayecto (LAZCANO, 2009, pág. 44).

2.3.10 RELACIÓN SEÑAL A RUIDO (S/N)

La relación señal a ruido se define como; la relación que existe entre la potencia de la señal deseada con la potencia del ruido en un punto específico para ciertas condiciones específicas.

Relación de la potencia de la señal deseada a la potencia de ruido en un punto específico y para unas condiciones específicas en un punto dado.

$$\frac{S}{N} (dB) = 10 \log \frac{P_s}{P_N} \quad (22)$$

Donde:

P_s = potencia de la señal.

P_N = potencia del ruido

2.3.10.1 Relación Señal a ruido Térmico (S / N) para canal telefónico

La relación señal a ruido térmico para un canal telefónico se define por la siguiente ecuación:

$$\frac{S}{N} (dB) = 10 \log \left[\frac{P_r}{KTFf_b} x \left(\frac{S_o}{f} \right)^2 \right] \quad (23)$$

Donde:

F= es una cifra de ruido del receptor de radio, proporcionado por el fabricante.

K= es la constante de Boltzman ($1,37 \times 10^{-23}$ Julios/°K).

T= es la temperatura absoluta en °K (293°K).

f_b = es el ancho de banda del canal telefónico (4 KHz)

f= es la frecuencia del canal telefónico más alto.

S_o = es la desviación de tono de prueba (depende de la capacidad del sistema).

P_r = es la potencia de entrada del receptor.

El producto K_T es una constante expresada en dBm, cuyo valor es de -173,86 dB

2.3.11 TASA DE ERRORES

La tasa de error de bit o BER mide el promedio de errores que ocurren en una transmisión. Se calcula con la siguiente expresión.

$$BER = \frac{\text{Número de bits recibidos con errores}}{\text{Número de bits transmitidos}} \quad (24)$$

En los sistemas de transmisión actuales, están definidos dos valores de Tasa de error, de acuerdo a estos se sabe la calidad de un servicio de telecomunicaciones. Tenemos el primer valor de 10^{-3} que significa; un bit erróneo por cada 1000 bits transmitidos, el otro valor es, de 10^{-6} , que significa 1 un bit erróneo por 1000000 bits transmitidos. Siendo este último valor el límite de bits erróneos en un enlace microondas para una determinada calidad de servicio.

2.4 MODELO DE PROPAGACIÓN OKUMURA-HATA

Es un modelo de propagación para sistemas de comunicación móvil, donde se presentan pérdidas adicionales por obstáculos terrestres. Es basado en el concepto de expansión de frente de onda esférica, por lo que la señal se radia desde una fuente puntual en el espacio.

Está dada por la siguiente fórmula:

$$L_b = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log h_t - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \log h_t) \log d \quad (25)$$

Donde:

L_b : Pérdida del enlace

f: frecuencia entre 1500 y 2000 MHz

h_t : Altura de la estación base

h_m : Altura del teléfono receptor

d: Distancia del enlace

La información anterior nos permite desarrollar el diseño de la nueva estación base y también el diseño del enlace punto a punto entre la nueva estación base y la estación de salida a la red de acceso CNT EP:

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL DISEÑO DE LA ESTACIÓN BUENOS AIRES DE TECNOLOGÍA 3.5G (HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS)

En el presente capítulo se describe cada una de las partes del diseño de la nueva estación Buenos Aires:

Primeramente se tendrá en cuenta la situación actual de la parroquia, donde se determina: cobertura, requerimientos de ancho de banda, número de posibles usuarios y el tipo de aplicaciones o servicios como voz y datos.

Segundo, se procede a la determinación de la nueva estación base y determinar los valores de azimuth, tilt eléctrico, tilt mecánico y medio de transmisión que deben ser configurados en las antenas.

Tercero, se procede a realizar una simulación de la interconexión del enlace de la nueva estación Buenos Aires entre las estaciones aledañas: La Belleza y Pablo Arenas en base a los parámetros; mecanismos de potencia de los terminales y el nodo-B, interferencia entre celdas, interferencia cocanal.

Cuarto, se determinan los equipos del nodo-B, en base a los siguientes parámetros: cobertura, capacidad, balance del enlace de subida y bajada, Soft Handover, ganancia de procesamiento, margen de interferencia, potencia de transmisión, estimación de la carga y eficiencia espectral.

Quinto, describir los sistemas: de alimentación, tablero de energía y puesta a tierra.

Sexto, realizar la simulación de la nueva estación con todos los parámetros sustentados o propuestos para determinar su correcto funcionamiento.

Séptimo, realizar el análisis económico del proyecto.

3.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PARROQUIA LA MERCED DE BUENOS AIRES DEL SAN MIGUEL CANTÓN URCUQUÍ

La parroquia La Merced de Buenos Aires, se encuentra ubicada en el cantón San Miguel de Urcuquí al noroccidente de la ciudad de Ibarra, a 120 km, por la ruta Ibarra-San Lorenzo. Tiene 1.893 habitantes representando el 12,65% de la población según los datos estadísticos del censo realizado en el año 2010 por parte del INEC, con una superficie de 766.083 km². Su topografía se encuentra entre los 800 a 4400 msnm, y cuenta con una variedad de climas que varían desde templado subtropical hasta el frío de los páramos.

3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Sus coordenadas geográficas son:

- Latitud norte 0°25'13''
- Longitud oeste 78°11'50''
- Su temperatura promedio oscila entre 14°C a 19°



Figura 29: Ubicación geográfica del cantón San Miguel de Urququí

Fuente: Gobierno Municipal de Urququí. Recuperado al 22 de mayo de 2015 de:

<http://www.municipiourcuqui.gob.ec/munurcuqui/index.php/2014-08-15-16-40-26/ubicacion-geografica>.

De acuerdo a la figura 29 y 30 se puede apreciar que la parroquia La Merced de Buenos Aires se encuentra situada al noroccidente del cantón Urququí. Según los datos del GAD San Miguel de Urququí se tiene que está ubicada a 120 km del cantón Ibarra por la vía Ibarra-San Lorenzo en el desvío de San Gerónimo, con una superficie de 433,74 Km².



Figura 30: Mapa de la Parroquia La Merced de Buenos Aires

Fuente: Gobierno Municipal de Urququí. Recuperado al 22 de mayo de 2015 de:

<http://www.municipiourcuqui.gob.ec/munurcuqui/index.php/2014-08-15-16-40-26/ubicacion-geografica>.

Editado por: Víctor Pozo

3.1.2 LÍMITES

Sus límites son:

Norte con la parroquia Lita

Sur con la parroquia Cahuasquí

Oriente con La parroquia Carolina

Occidente con la provincia de Esmeraldas

Altura está a los 2.270 m.s.n.m.

La Merced de Buenos Aires está conformada por 11 comunidades: San Pedro, El Porvenir, San José, El Corazón, San Luis, El Triunfo, El Cristal, La Primavera, Palmira, Tocteni, Chinchibí.

3.1.3 HABITANTES

Según los datos más recientes encontrados del censo de población y vivienda realizado en el 2010, por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), el cantón Buenos Aires cuenta con 1893 habitantes (ver tabla 4), que se encuentran en las diferentes comunidades mencionadas anteriormente. Se tiene en cuenta que en la cabecera parroquial donde se realiza nuestro análisis, es donde se encuentran el mayor número de personas, 500 aproximadamente.

Tabla 4: Proyección de las parroquias del cantón San Miguel de Urququí

Parroquias	Población 2001	Población 2010	Población 2030
Cahuasquí	1874	1813	1754
La Merced de Buenos Aires	1560	1893	2297
San Blas	2800	3015	3247
Urququí	4499	5205	6022
Tumbabiro	1603	1627	1651
Pablo Arenas	2045	2118	2194
TOTAL	14381	15671	17077

Fuente: ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL SAN MIGUEL DE URQUQUÍ,
GAD Municipal de Urququí, Administración 2014-219

Elaborado por: Víctor Pozo

3.1.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PARROQUIA LA MERCED DE BUNOS AIRES

En la tabla 5 se realiza un resumen de las características generales de la parroquia La Merced de Buenos Aires, tales como número de habitantes, extensión, límite político, etc.

Tabla 5: Características generales La Merced de Buenos Aires

Población	1893 habitantes
Extensión	453,28 Km ²
Límite político administrativo	Norte: Lita Sur: Cahuasquí Este: La Carolina Oeste: La provincia Esmeraldas
Rango latitudinal	Latitud: 0°37'60" N o 0.633333

	<p>Longitud: 78°18'0" W o -78.3</p> <p>Altitud: 2,458m.s.n.m.</p>
Clima	Variedad de climas que varían desde templado subtropical hasta el frío de los páramos.

*Fuente: ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL SAN MIGUEL DE URCUQUÍ,
GAD Municipal de Urcuquí, Administración 2014-219*

Elaborado por: Víctor Pozo

3.1.5 TOPOGRAFÍA

La parroquia la Merced de Buenos Aires, tiene una topografía muy irregular, debido a su ubicación, se encuentra en medio de montañas que pertenecen a la cordillera de los andes. En la cabecera parroquial donde se realiza nuestro análisis, la comunidad se encuentra en un asentamiento cubierto por múltiples elevaciones montañosas y la mayoría de las diferentes comunidades tienen pendientes superiores a 10%, este dato es lo que causa, la erosión del suelo y pequeños desastres naturales que impiden el acceso por largos periodos de tiempo.

3.1.6 DENSIDAD POBLACIONAL

La densidad poblacional se obtiene al establecer la relación que existe entre el número de habitantes y el territorio que ocupan.

De lo que obtenemos que:

$$\text{Densidad Poblacional} = \frac{\text{Número de habitantes}}{\text{Territorio km}^2} \quad (26)$$

$$\text{Densidad Poblacional} = \frac{1893}{453,28} = 4,18 \text{ Hab/Km}^2$$

De la ecuación anterior obtenemos que la densidad poblacional es de 4,18 habitantes por kilómetro cuadrado.

3.1.7 POBLACIÓN DE LA PARROQUIA LA MERCED DE BUENOS AIRES SEGÚN EL SEXO

En la tabla 6 se muestra que la población de la parroquia Buenos Aires es de 1893 donde 989 son hombres que representa el 52,25% y 904 son mujeres que representa el 47,75%.

Tabla 6: Población Según el sexo

Sexo	Habitantes	Porcentaje
Hombres	989	52,25%
Mujeres	904	47,75%
Total	1893	100%

Fuente: ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL SAN MIGUEL DE URUCUQUÍ,
GAD Municipal de Urququí, Administración 2014-219

Elaborado por: Víctor Pozo

La demografía de una población, está definida de acuerdo a la clasificación en grupos de edades en un territorio, para lo cual según el INEC establece siete grupos de edad los cuales detallamos en la tabla 7.

Tabla 7: Población según grupos de edad

Grupos de edad	Habitantes	Porcentaje
De 0 a 5 años	280	14,8%
De 6 a 12 años	406	21,44%
De 13 a 18 años	241	12,73%
De 19 a 32 años	382	20,18%
De 33 a 45 años	222	11,72%
De 46 a 64 años	236	12,45%
De 65 y más	126	6,65%
Total	1893	100%

Fuente: ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL SAN MIGUEL DE URUCUQUÍ,
GAD Municipal de Urucuquí, Administración 2014-219

Elaborado por: Víctor Pozo

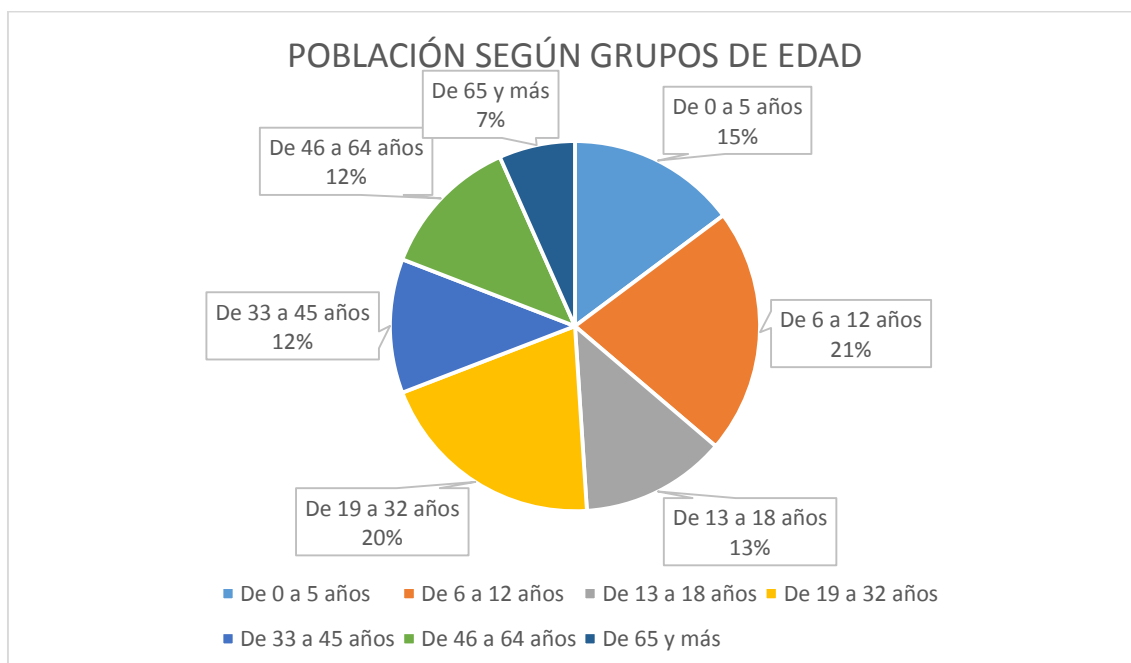


Figura 31: Gráfico población según la edad

De acuerdo a la figura 31 se puede saber a qué parte de la población realizar el análisis mediante encuestas, para el diseño del Nodo B Buenos Aires.

3.1.8 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional de la parroquia La Merced de Buenos Aires, primero se toma como base el número de habitantes de la parroquia, en este caso ya están establecidos por el Censo de Población y Vivienda 2010, elaborado por el INEC (ver tabla 8) y también la tasa de crecimiento deducida por el mismo. Para realizar la proyección de población lineal se usa una ecuación en donde se considera que la población tiene un crecimiento sin variar en un largo periodo de tiempo.

$$P_f = P_i(1+r*t) \quad (27)$$

P_f = población al final del periodo

P_i = población al inicio del periodo

r = tasa anual de crecimiento

t = intervalo de tiempo en años o fracción de año.

Tabla 8: Crecimiento Poblacional de las parroquias del cantón Urququí

CRECIMIENTO POBLACIONAL			
Parroquias	Población 2001	Población 2010	Incremento
Urququí	4499	5205	15,69%
Pablo Arenas	2045	2118	3,57%
Tumbabiro	1603	1627	1,49%
San Blas	2800	3015	7,60%
Buenos Aires	1560	1893	21,34%

Fuente: ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL SAN MIGUEL DE URQUQUÍ,
GAD Municipal de Urququí, Administración 2014-219

Elaborado por: Víctor Pozo

Según los datos que analiza el INEC se observa un crecimiento exponencial, tomando en cuenta que la tasa de migración es muy baja en el cantón Urcuquí, solo existen migraciones a nivel de parroquias rurales a parroquias urbanas. La población en la Parroquia La Merced de Buenos Aires aumentó en un 21,34% en los últimos dos censos realizados en diez años de diferencia de periodo censal (ver figura 32).

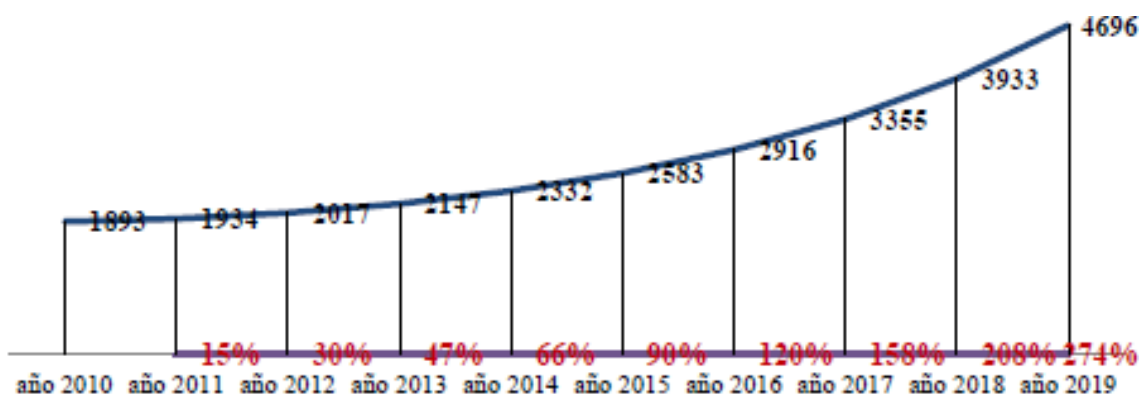


Figura 32: Tasa de crecimiento en 10 años

Fuente: (Almeida, 2013, pág. 15)

3.1.9 MIGRACIÓN DE LA POBLACIÓN PARROQUIAL

De acuerdo con el censo poblacional realizado por el INEC en el 2010, la migración de la parroquia La Merced de Buenos Aires es irrelevante, puesto que representa tan solo el 0,32% de toda la población censada (ver tabla 9), lo que se tiene por consiguiente; que no limita este factor el desarrollo del proyecto.

Tabla 9: Migración Poblacional

Buenos Aires	Migración	Población Censad
Hombres	3	989
Mujeres	3	904
Total	6	1893

Fuente: ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL SAN MIGUEL DE URUCUQUÍ,
GAD Municipal de Urucuquí, Administración 2014-219

Elaborado por: Víctor Pozo

3.1.10 ESTRUCTURA FUNCIONAL DEL GAD PARROQUIAL LA MERCED DE BUENOS AIRES

En la figura 33 se tiene la estructura funcional del GAD parroquial La Merced de Buenos Aires, empezando como el presidente de la junta parroquial, cuatro vocales, un secretario y dos comités: comité de veedores y comité de participación ciudadana.

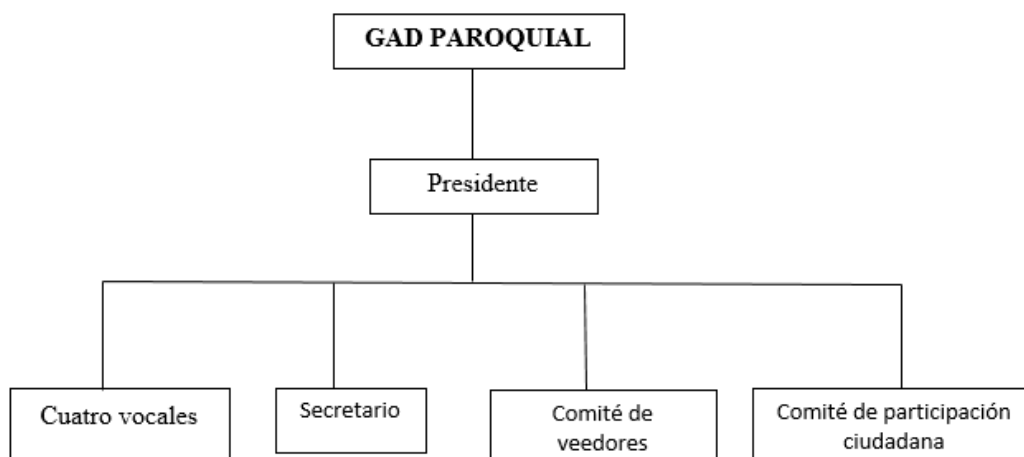


Figura 33: Estructura funcional del GAD parroquial Buenos Aires

Fuente: GAD parroquial Buenos Aires

3.1.11 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA) DE LA PARROQUIA LA MERCED DE BUENOS AIRES.

En esta parte se toma en cuenta el porcentaje de habitantes que se encuentran con una actividad económica, que representa los ingresos a sus familias. Para esto el INEC se basa en ciertos sectores económicos de la población como son; agricultura, empleados públicos y ganadería.

A continuación se muestra en la tabla 10 con el número de habitantes activos económicamente de cada parroquia del cantón San Miguel de Urququí.

Tabla 10: PEA de las parroquias de San Miguel de Urququí

PARROQUIA	PEA TOTAL
Urququí	2098
Cahuasquí	715
La Merced de Buenos Aires	729
Pablo Arenas	830
San Blas	1171
Tumbabiro	617

*Fuente: ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL SAN MIGUEL DE URQUQUÍ,
GAD Municipal de Urququí, Administración 2014-219*

Elaborado por: Víctor Pozo

En la tabla anterior podemos observar que la PEA de la parroquia La Merced de Buenos Aires es de 729 habitantes la cual representa el 39% de la población. Éste dato ya nos muestra los posibles usuarios potenciales para el nuevo servicio de telefonía móvil.

3.2 TÉCNICAS DE INFORMACIÓN

Las técnicas de información para la recolección de datos en la parroquia La Merced de Buenos Aires son las siguientes:

- Investigación de Mercado
- Estudio de la demanda actual
- Muestreo
- Encuesta y tabulación de datos.

3.2.1 INVESTIGACIÓN DE MERCADO

Para la investigación del mercado es necesario realizar una segmentación del mismo, para ello se lo divide en grupos como posibles usuarios, en base a sus requerimientos o necesidades, cuál es su comportamiento ante un nuevo servicio de uso masivo y que tipo de productos están dispuestos adquirir. De acuerdo a lo dicho anteriormente se divide el mercado en las siguientes variables:

- Variable Geográfica
- Variable Demográfica
- Variable de acuerdo al estilo de vida
- Variable conductual

A continuación se describe cada una de estas variables para una mejor comprensión al desarrollo del proyecto.

3.1.1.1 Variable geográfica

País: Ecuador

Provincia: Imbabura

Cantón: Urcuquí

Parroquia: La Merced de Buenos Aires

Sector: Rural

3.1.1.2 Variable demográfica

Edad a investigar: Tomamos en cuenta la edad a investigar a personas que estén entre los 13 y 65 años, por lo que es un grupo de edad en el que se puede correlacionar y de esta manera hacer más eficiente la recolección de información.

Nivel de instrucción: Desde analfabetismo a estudios universitarios.

3.1.1.3 Variable de acuerdo al estilo de vida

En esta variable se resume el estilo de vida de los habitantes, que conlleva a adquirir productos o servicios de consumo masivo indispensables hoy en día, con la finalidad de satisfacer necesidades familiares, educativas o en sí necesidades personales propiamente dicho.

3.1.1.4 Variable conductual

Este tipo de variable es la más importante al realizar el análisis, ya que con la misma obtenemos la respuesta de conducta que tiene una persona al adquirir un nuevo producto o servicio.

En esta parte es donde se analiza el comportamiento de las personas al momento de elegir un nuevo servicio que satisfaga sus necesidades.

Si una persona se interesa en un servicio, ya es un futuro usuario, y por ende involucra a su familia en su decisión, lo que hace que sean más usuarios que les interese el servicio.

Entonces el futuro usuario se informa acerca del nuevo servicio y producto, y es posible que lo adquiera para él y su familia.

Para determinar la demanda del mercado a investigar, nos dirigimos a jóvenes y adultos, que tengan la necesidad de adquirir el servicio y las condiciones económicas favorables para lo mismo.

3.2.2 ESTUDIO DE LA DEMANDA ACTUAL

Para determinar la demanda actual de este proyecto, se requiere un estudio estadístico de la parroquia La Merced de Buenos Aires. Debido a que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT-EP de la provincia de Imbabura, debe realizar una inversión considerable. Con este antecedente, se debe dimensionar el proyecto con la finalidad de cubrir con todos los abonados previstos.

En la parroquia según el INEC tiene un crecimiento poblacional del 2% anual aproximadamente. Por otro lado también se prevé la demanda actual en base a encuestas que se realizarán en la parroquia, aplicando una muestra poblacional de la misma.

3.2.3 MUESTREO

El tipo de muestreo que se utiliza en esta investigación, es el muestreo probabilístico, con el cual toparemos un subgrupo de habitantes como posibles usuarios de telefonía móvil.

3.2.4 ENCUESTA

La encuesta va dirigida a un grupo específico de la población, por lo que tomamos un rango de edades (ver tabla 11), donde se escoge edades 13 a 65 años, como posibles clientes potenciales.

Tabla 11: Edades a quienes va dirigida la encuesta

Grupos de edad	Habitantes	Porcentaje
De 13 a 18 años	241	12,73%
De 19 a 32 años	382	20,18%
De 33 a 45 años	222	11,72%
De 46 a 65 años	236	12,45%
Total	1081	57%

*Fuente: ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL SAN MIGUEL DE URUCUQUÍ,
GAD Municipal de Urucuquí, Administración 2014-219*

Elaborado por: Víctor Pozo

De la tabla 11 se puede observar que el número de habitantes donde influye la demanda del nuevo servicio es de 1081, que representa el 57,08% de la población total.

3.2.5 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para el cálculo de la muestra nos basamos en la siguiente ecuación de probabilidad:

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{(N - 1) E^2 + Z^2 P Q} \quad (25)$$

Fuente: (VALDIVIESO, 2014, pág. 57)

Donde:

n = el tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

P= Probabilidad de que ocurra.

Q= Probabilidad de que no ocurra.

E = Error muestra

Z= Nivel de confianza

Para nuestro caso:

n =?

N = 1081

P= 50%

Q= 50%

E = 5%

Z= 95% 0 1,96

Reemplazando tenemos:

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 1081}{(1081 - 1)0,05^2 + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{1038,1924}{3,6604}$$

$$n = 283$$

Teniendo en cuenta que la población económica activa de la parroquia, es el 39% se obtiene que el tamaño de la muestra es de 110 habitantes.

Con estos datos se procede a realizar la siguiente encuesta, la cual está basada en 10 preguntas cerradas para una fácil tabulación de los datos, son preguntas que permiten determinar si están o no en condiciones de aceptar un nuevo servicio, como el de telefonía celular e internet móvil.

ENCUESTA

EDAD:..... **GÉNERO:** Masculino () Femenino ()

NIVEL DE INSTRUCCIÓN

Analfabetismo () Primario () Secundario () Superior ()

1. ¿Qué tipo de vivienda posee?

Arrendada () Propia ()

2. ¿Cuántos miembros son en su familia?

.....

3. ¿Usted es jefe de familia?

Si () No ()

4. ¿Qué tipo de ingresos tiene?

Inferior al sueldo básico () Sueldo Básico () Superior al sueldo básico ()

5. ¿Cuenta con servicio de telefonía fija?

Si () No ()

6. ¿Cuánto es el costo que usted paga en su planilla telefónica?

Menor a 10 usd () Entre 10 y 20 usd () Superior a los 20 usd ()

7. ¿Le gustaría tener servicio de telefonía móvil celular?

Si () No ()

8. ¿Le gustaría tener servicio de internet móvil?

Si () No ()

9. ¿Cuenta con equipo celular?

Si () No ()

10. ¿Hasta cuánto está dispuesto a pagar por el servicio de telefonía e internet móvil?

De 3 a 6 usd () de 6 a 10 usd () de 10 a 15 usd () de 15 a 20 usd ()

3.2.6 ANÁLISIS Y TABULACIÓN DE LAS ENCUESTAS

A través de la encuesta que se realizó a 110 personas, se puede determinar la aceptación de la población del nuevo servicio.

Los resultados de la encuesta realizada en la parroquia La Merced de Buenos Aires son los siguientes:

➤ **Edad de los encuestados (ver tabla 12)**

Tabla 12: Edad de los encuestados

EDAD DE LOS ENCUESTADOS		
Grupos de edad	Habitantes	Porcentaje
De 13 a 18 años	27	24,5%
De 19 a 32 años	39	35,45%
De 33 a 45 años	21	19%
De 46 a 65 años	23	20,9%
Total	110	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

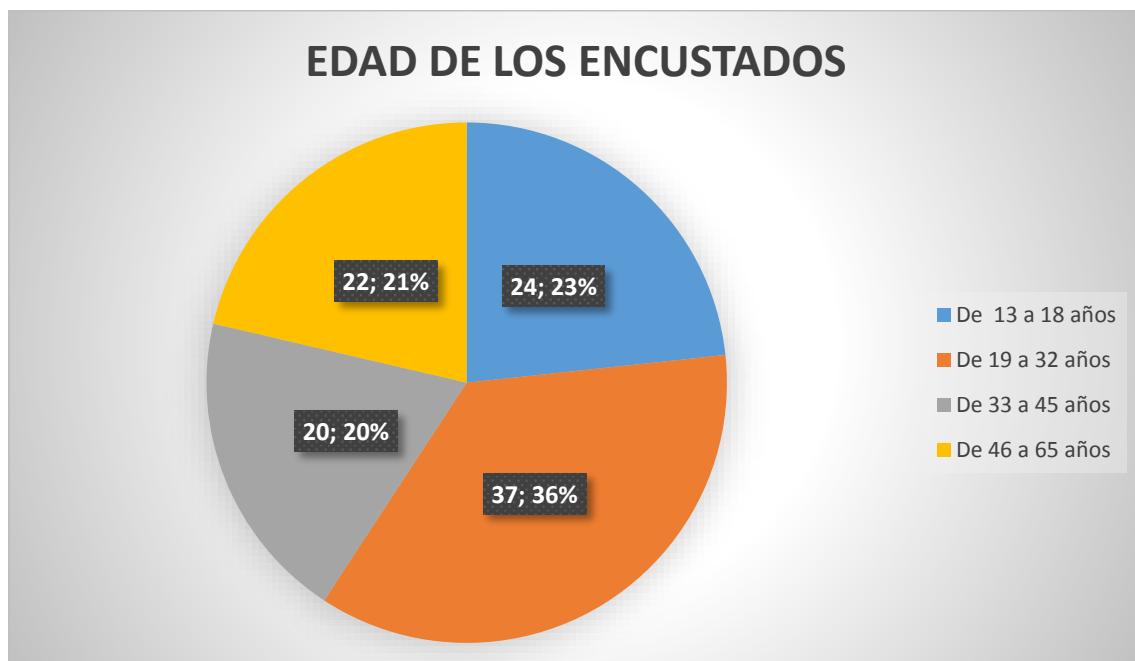


Figura 34: Edad de los encuestados

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

De acuerdo con la encuesta realizada, se tiene que; la mayor población está entre los 19 y 32 años que representa el 37%, a continuación se tiene que el 24% está entre los 13 a 18 años, seguido del 30% que está entre los 33 a 45 años y el 22% de 46 a 65. Concluyendo, existe un gran número de personas jóvenes, lo que nos indica que no existe mayor migración en la población.

Al contar con poca migración en la población se puede decir que la parroquia tiene una buena actividad económica, y la mayoría de ellos cuentan con empleo propio a privado que puede ser en el sector agrícola o ganadero.

Con este antecedente se prevé que tienen ciertas condiciones económicas que les pueden permitir acceder al nuevo servicio que se desea implementar en la parroquia.

➤ **Género**

A continuación se muestra un resumen en la tabla 13 acerca del género de las personas encuestadas.

Tabla 13: Género

GÉNERO		
Variable	Habitantes	Porcentaje
Masculino	50	45%
Femenino	60	55%
Total	110	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

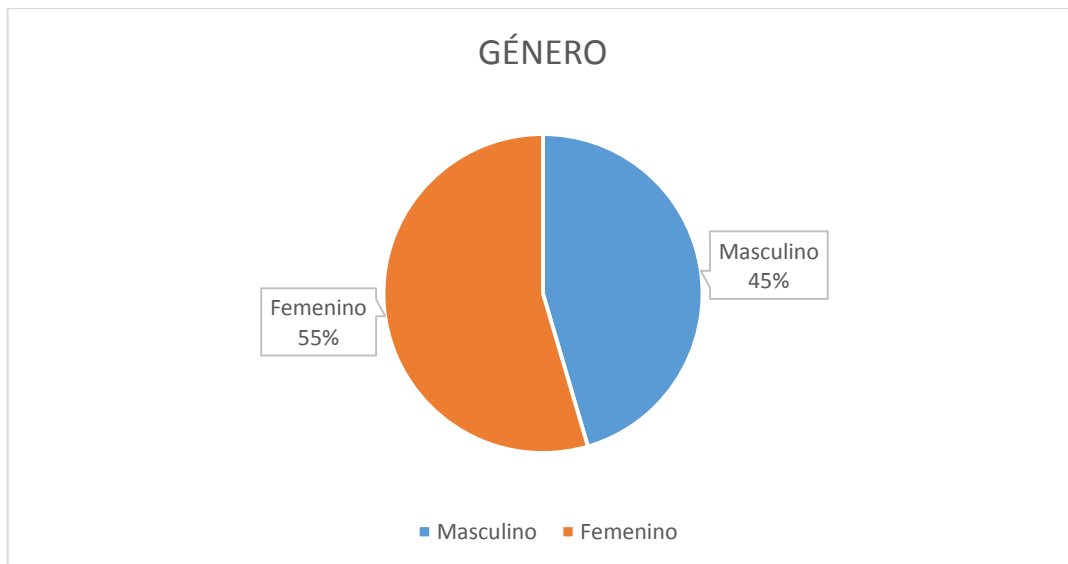


Figura 35: Género

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

De los 110 encuestados se obtiene que el 45% son hombres y el 55% son mujeres, lo que sigue diciendo que la migración es muy baja, esto significa que la estructura familiar no se desintegra y que con el tiempo se formarán nuevas familias, lo que ayuda a un mejor desarrollo de la parroquia (ver figura 35).

➤ Nivel de instrucción

En la tabla 14, se muestra el número de habitantes con el nivel de instrucción desde analfabetismo hasta personas que poseen educación superior.

Tabla 14: Nivel de instrucción

NIVEL DE INSTRUCCIÓN		
Instrucción	Habitantes	Porcentaje
Analfabetismo	6	5%
Primaria	58	53%
Secundaria	41	37%
Superior	5	5%
Total	110	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

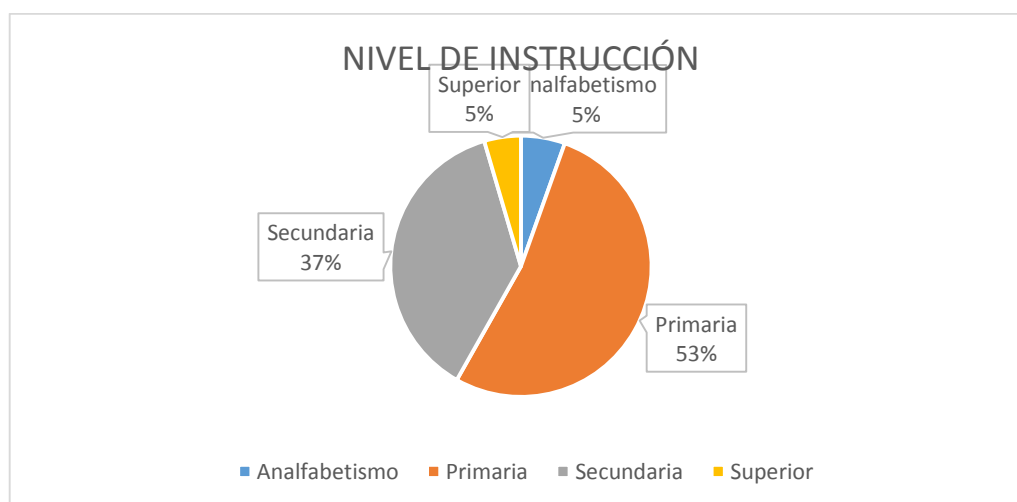


Figura 36: Nivel de instrucción

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

Del total de las encuestas realizadas obtenemos que, la mayor parte de la población tiene el nivel de instrucción primaria con el 53%, seguido del nivel secundario con el 37% y el nivel superior y analfabetismo con el 5% respectivamente (ver figura 36).

Esto nos permite saber, que el nivel de analfabetismo ha reducido considerablemente y que las nuevas generaciones ya tienen acceso a la educación superior.

A continuación se describen los resultados a las diez preguntas realizadas en la encuesta como método de recolección de información.

1. ¿Qué tipo de vivienda posee?

Arrendada () Propia ()

Tabla 15: Tipo de vivienda

TIPO DE VIVIENDA		
Tipo	Habitantes	Porcentaje
Arrendada	41	37%
Propia	69	63%
Total	110	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

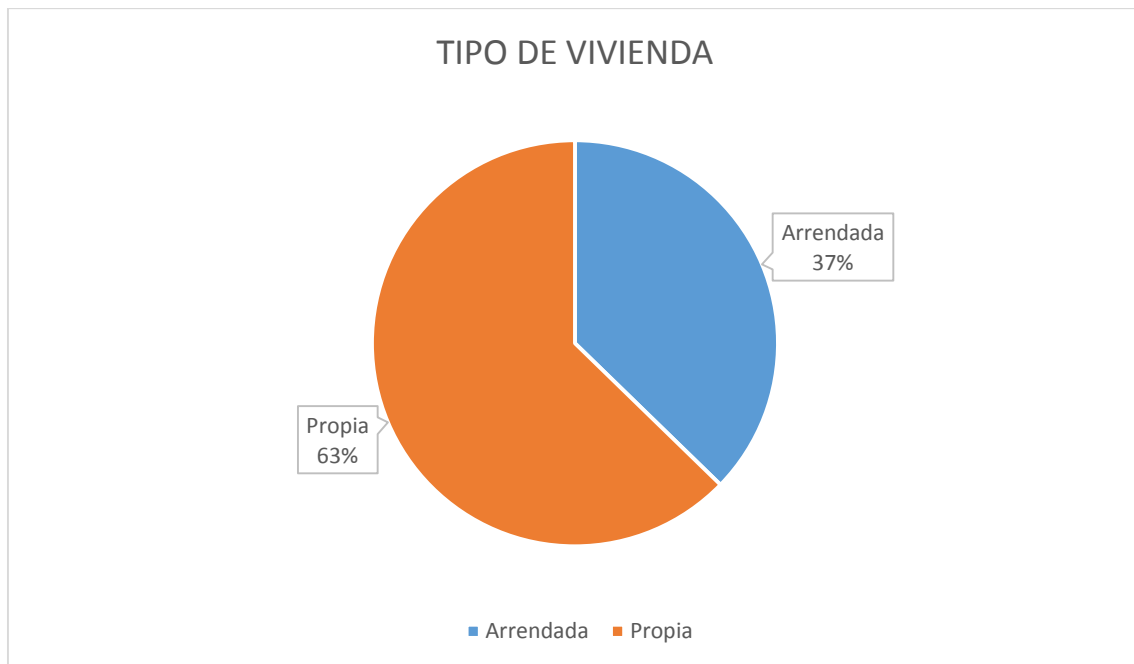


Figura 37: Tipo de vivienda

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

De todos los encuestados el 63% respondió que tiene casa propia y el 37% que tiene casa arrendada (ver tabla 15 y figura 37).

2. ¿Cuántos miembros son en su familia?

.....

En la tabla 16 se visualiza el número de habitantes que habitan en la vivienda.

Tabla 16: Miembros que habitan en cada familia

MIEMBROS QUE HABITAN LA VIVIENDA		
Grupo	Habitantes	Porcentaje
1 a 3	29	26%
4 a 6	63	57%
7 a 9	15	14%
10 en adelante	3	3%
Total	110	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

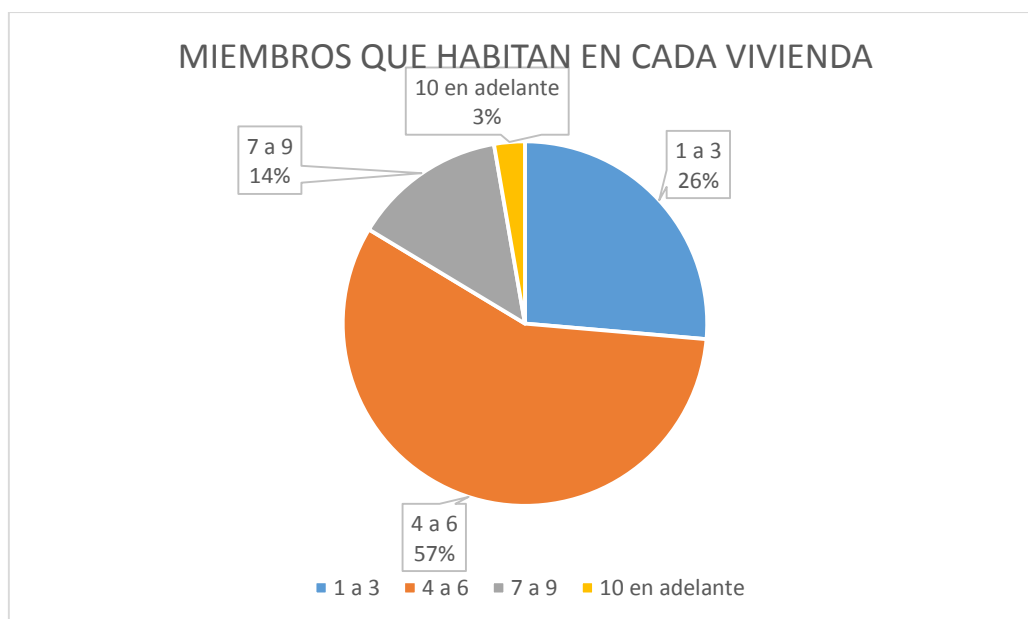


Figura 38: Miembros que habitan en cada vivienda

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

De todos los encuestados el 57% respondió que en sus residencias habitan de 4 a 6 personas, el 26% que habitan de 1 a 3 personas, el 14 % que habitan de 7 a 9 personas y el 3 % que habitan de 10 personas en adelante (ver figura 38).

De acuerdo a estos datos se puede decir que las familias en la parroquia no son tan numerosas debido a que los jóvenes que cumplen 18 años en adelante ya tienen sus propias familias, por lo que reducen el número de personas en sus casas, pero aumentan en otras al ser nuevas familias.

3. ¿Usted es jefe de familia?

Si ()

No ()

Tabla 17: Número de habitantes como jefes de familia

JEFES DE FAMILIA		
Variable	Habitantes	Porcentaje
Jefes de familia hombres	108	98%
Jefes de familia mujeres	2	2%
Total	110	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

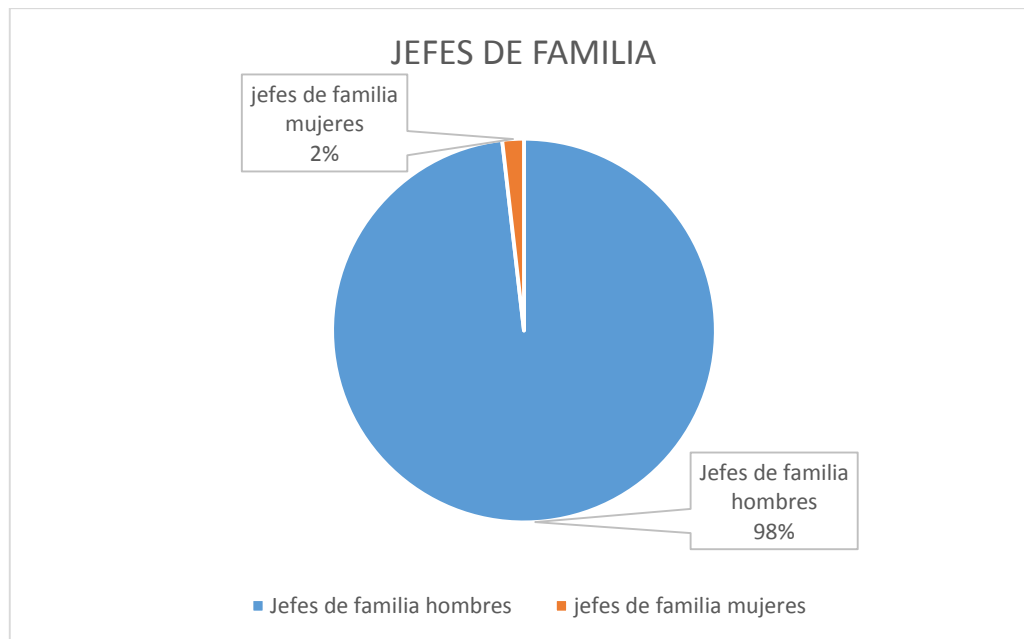


Figura 39: Jefes de familia

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

En la parroquia, en casi todas las familias el jefe de familia es hombre que equivale al 98% y tan solo el 2% de las mujeres es jefe de familia (ver tabla 17 y figura 39).

De aquí se puede decir que: el hombre es quien se encarga de la parte productiva de los terrenos y se encarga del ganado, mientras que las mujeres se encargan de las casas como; realizar la limpieza, preparar los alimentos, alimentar a los animales (cerdos, gallinas, cuyes, etc.) y de mantener siempre la ropa limpia.

4. ¿Qué tipo de ingresos tiene?

Inferior al sueldo básico () Sueldo básico () Superior al sueldo básico ()

En la tabla 18 se muestra el tipo de ingresos que tienen los habitantes, tomando en cuenta el sueldo básico unificado de 366 usd como eje para la comparación de ingresos.

Tabla 18: El tipo de ingresos que tienen en la parroquia

INGRESOS DE LOS ENCUESTADOS		
Tipo de salario	Habitantes	Porcentaje
Inferior al sueldo básico	63	57%
Sueldo básico	42	38%
Superior al sueldo básico	5	5%
Total	110	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

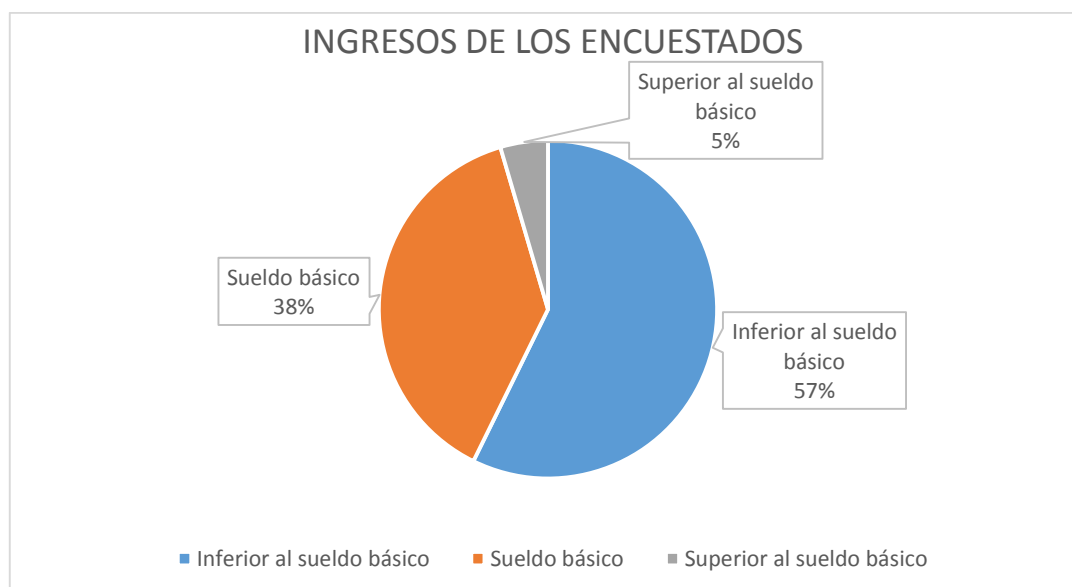


Figura 40: Ingresos de los encuestados

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

De acuerdo a las encuestas en la figura 40, se tiene que el 57% de los habitantes dicen tener ingresos menores al salario mínimo unificado, esto se debe a que, no cuentan con un trabajo estable y que sus ingreso apenas provienen de los pocos días que trabajan ganado dinero al día; o simplemente sus ingresos agrícolas o de ganadería son muy bajos.

Por otro lado se tiene que un 38% de la población tiene ingresos similares al salario mínimo unificado; lo que significa que en algunos habitantes cuentan con trabajo fijo en fincas o en pequeños negocios.

Y apenas el 5% de la población, dice que sus ingresos son superiores al salario mínimo unificado; lo que significa que manejan mejor sus terrenos, o también cuentan con ciertos empleos públicos de diferentes proyectos que se presentan en la parroquia.

5. ¿Cuenta con servicio de telefonía fija?

Si ()

No ()

En la tabla 19, se muestra el número de habitantes que posee el servicio de telefonía fija.

Tabla 19: Número de habitantes que poseen el servicio de telefonía fija

HABITANTES CON TELEFONÍA FIJA		
Variable	Habitantes	Porcentaje
Si	61	55%
No	49	45%
Total	110	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

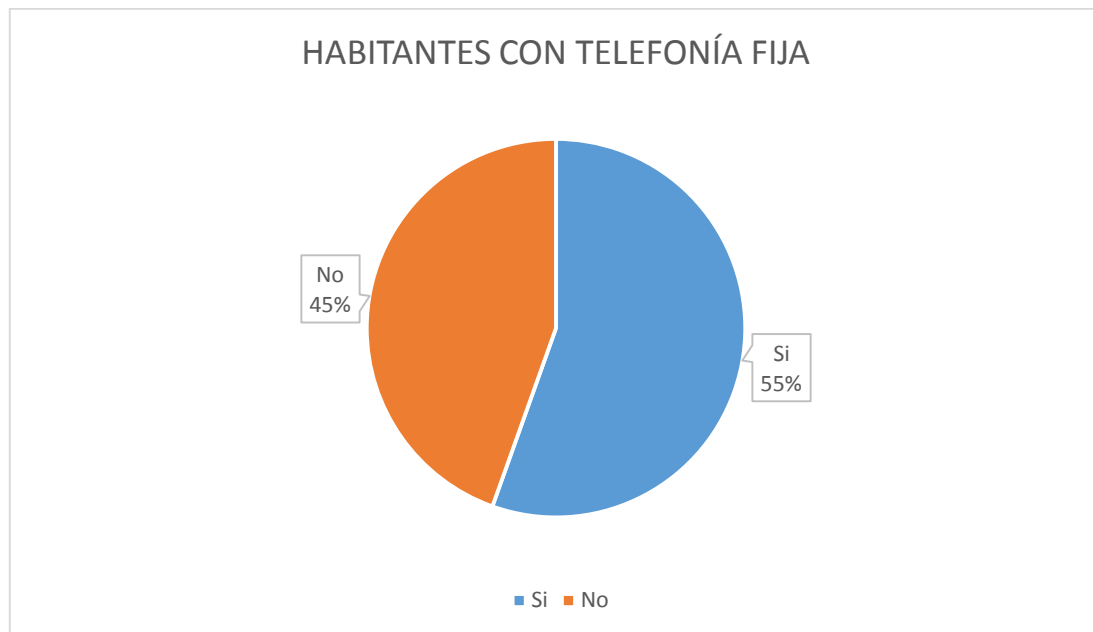


Figura 41: Habitantes con telefonía fija

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

Se puede observar en la figura 41, que el 55% de la población cuenta con telefonía fija. Este es un dato muy importante para saber los futuros usuarios de telefonía móvil, lo que hace más factible el desarrollo del proyecto. Cabe indicar que el acceso de telefonía fija a diferentes comunidades de la parroquia es mediante enlace satelital, siendo este servicio de pésimo rendimiento por los diferentes retardos que representa la comunicación satelital.

Por otro lado tenemos que el 45% de la población no cuenta con telefonía fija, esto se debe a que habitan en sectores muy alejados de la zona poblada de la parroquia La Merced de Buenos Aires.

6. ¿Cuánto es el costo que usted paga en su planilla telefónica?

Menor a 10 usd () Entre 10 y 20 usd () Superior a los 20 usd ()

En la tabla 20, los valores que pagan normalmente los habitantes en su planilla telefónica.

Tabla 20: Costo de planilla telefónica

COSTO DE LA PLANILLA TELEFÓNICA		
Variable	Habitantes	Porcentaje
Menor a 10	24	22%
Entre 10 y 20	29	26%
Superior a 20	8	7%
No tiene servicio	49	45%
Total	61	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

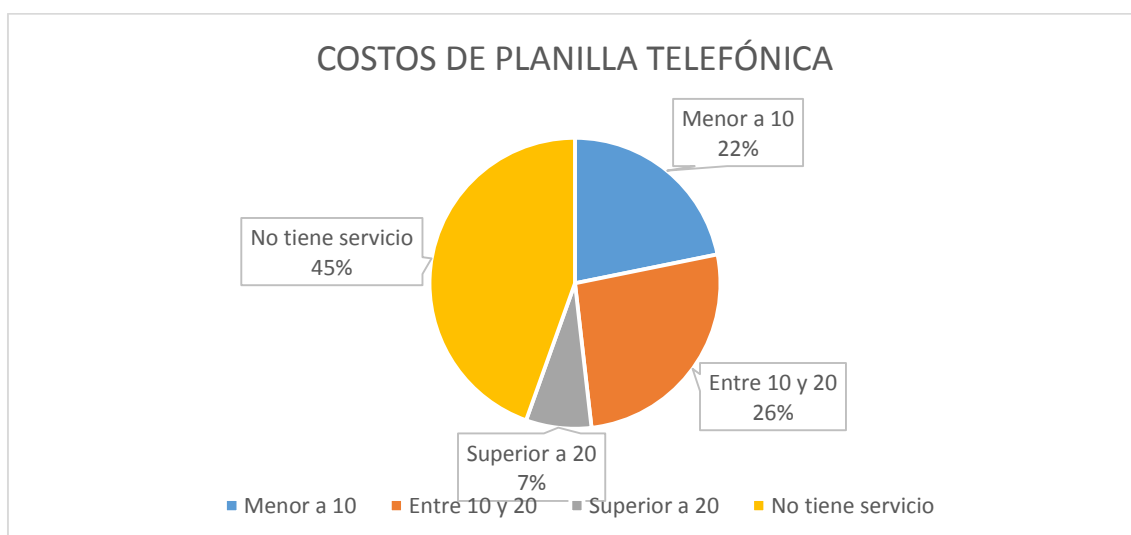


Figura 42: Costo de planilla telefónica según encuestas realizadas

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

De acuerdo a la figura 42 tenemos que; en las zonas donde existe telefonía fija que son las más pobladas de la parroquia, nos muestra que un 26% paga entre 10 y 20 dólares su planilla telefónica, que un 22% de los habitantes paga valores menores a los 10 dólares y tan solo un 7% paga valores superiores al 20%.

Cada uno de estos datos significa en cierta parte el uso de la telefonía y otra parte la economía de cada familia; en unos casos las familias de más bajos ingresos económicos intentan gastar lo mínimo, para que el valor de su planilla no sea muy alto.

También se tiene que un 45% de la población no cuenta con telefonía fija, como se dijo anteriormente es porque se encuentran muy alejados de la zona poblada de la parroquia la Merced de Buenos Aires.

7. ¿Le gustaría tener servicio de telefonía móvil celular?

Si () No ()

En la tabla 21, se puede visualizar el número de habitantes que están interesados por el servicio de telefonía móvil celular.

Tabla 21: Personas que les interesa tener el servicio de telefonía móvil celular

PERSONAS INTERESADAS EN TENER SERVICIO DE TELEFONÍA CELULAR		
Variable	Habitantes	Porcentaje
Si	107	97%
No	3	3%
Total	110	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo



Figura 43: Personas interesadas en tener servicio de telefonía celular

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

De acuerdo a la figura 43, tenemos que el 97% de la población le interesa tener servicio de telefonía celular, esto es por la gran necesidad que tienen a la hora de contactarse con sus familiares o conocidos, ya que al encontrarse en lugares muy alejados se les es muy difícil mantener contacto frecuentemente.

Por otro lado tenemos que tan solo el 3% de la población no les interesa este nuevo servicio.

Al tener un 97% de aceptación por parte de los habitantes hace mucho más factible la realización del proyecto de telefonía móvil celular.

8. ¿Le gustaría tener servicio de internet móvil?

Si () No ()

En la tabla 22, se muestra el número de personas que les interesa el servicio de internet móvil.

Tabla 22: Personas que les interesa el servicio de internet móvil.

PERSONAS INTERESADAS EN TENER INTERNET MÓVIL		
Variable	Habitantes	Porcentaje
Si	88	80%
No	22	20%
Total	110	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

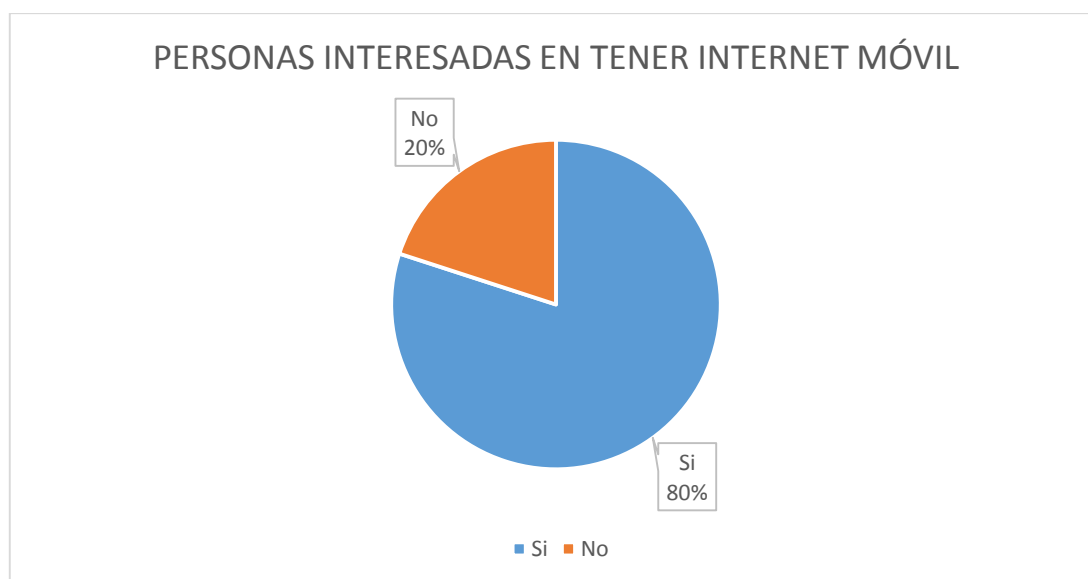


Figura 44: Personas que se interesan en el servicio de internet

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

De acuerdo a la figura 44, tenemos que; un 80% de los habitantes, si están interesados en tener el servicio de internet móvil, lo que sigue haciendo que sea más factible la realización del presente proyecto. Y un 20 % no desea el servicio de internet móvil.

9. ¿Cuenta con equipo celular?

Si () No ()

En la tabla 23, se muestra el número de personas que poseen un equipo celular, equipo que utilizan cuando se encuentran en las zonas urbanas o donde exista cobertura de telefonía móvil celular.

Tabla 23: Personas que cuentan con equipo celular

PERSONAS QUE CUENTAN CON EQUIPO CELULAR		
Variable	Habitantes	Porcentaje
Si	77	70%
No	33	30%
Total	110	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

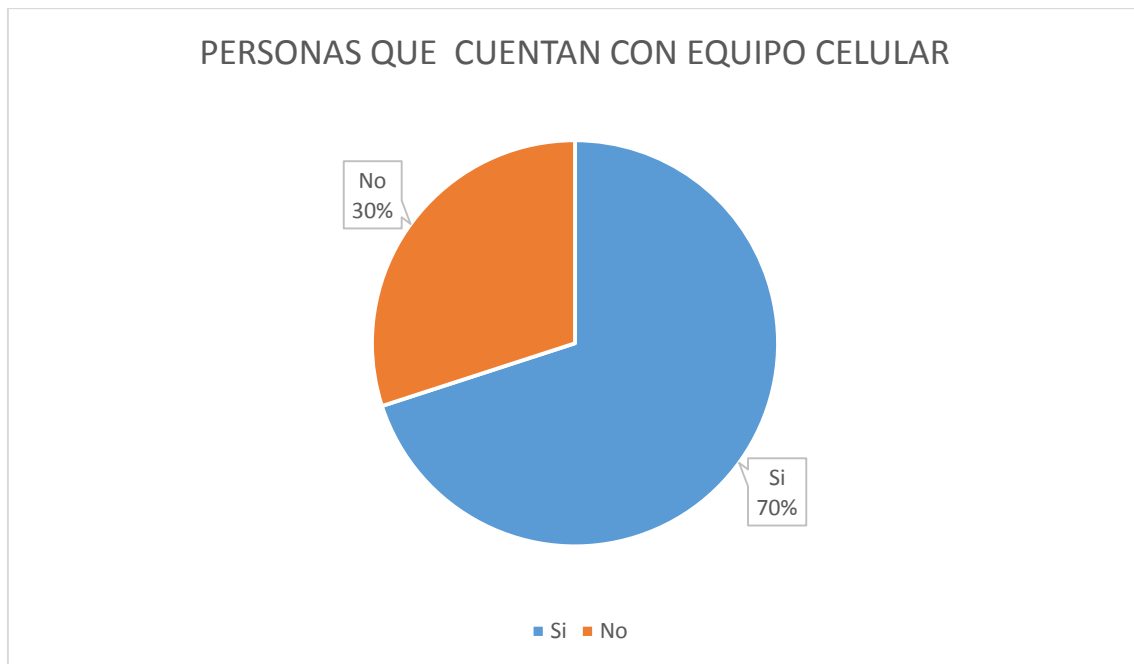


Figura 45: Personas que cuentan con equipo celular

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

Según la figura 45 el 70% de la población, cuenta con equipo celular, el cual lo ocupan para escuchar música mientras están en el trabajo, escuela o casa. Los habitantes supieron manifestar que en muchas ocasiones necesitaban de tanta urgencia comunicarse con alguien, y para ello lo hacían subiendo hasta los puntos más altos de su comunidad, hasta llegar a ciertos puntos donde llegaba la señal de telefonía y lograr una comunicación, pero con algunos errores, como interrupciones de la llamada, o no se escuchaba las voces o simplemente se perdía la conexión.

También se tiene que el 30% no cuenta con equipo celular, por lo que al no existir el servicio de telefonía celular, termina siendo un equipo innecesario.

10. ¿Hasta cuánto está dispuesto a pagar por el servicio de telefonía e internet móvil?

De 3 a 6 usd () de 6 a 10 usd () de 10 a 15 usd () de 15 a 20 usd ()

En la tabla 24, se muestran los posibles valores que los habitantes están dispuestos a pagar.

Tabla 24: Valor que los habitantes están dispuestos a pagar por el servicio de telefonía celular

VALORES QUE LOS HABITANTES ESTÁ DISPUESTA A PAGAR POR EL SERVICIO DE TELEFONÍA CELULAR		
Variable	Habitantes	Porcentaje
De 3 a 6	59	54%
De 6 a 10	33	30%
De 10 a 15	11	10%
De 15 a 20	5	4%
No les interesa el servicio	2	2%
Total	110	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

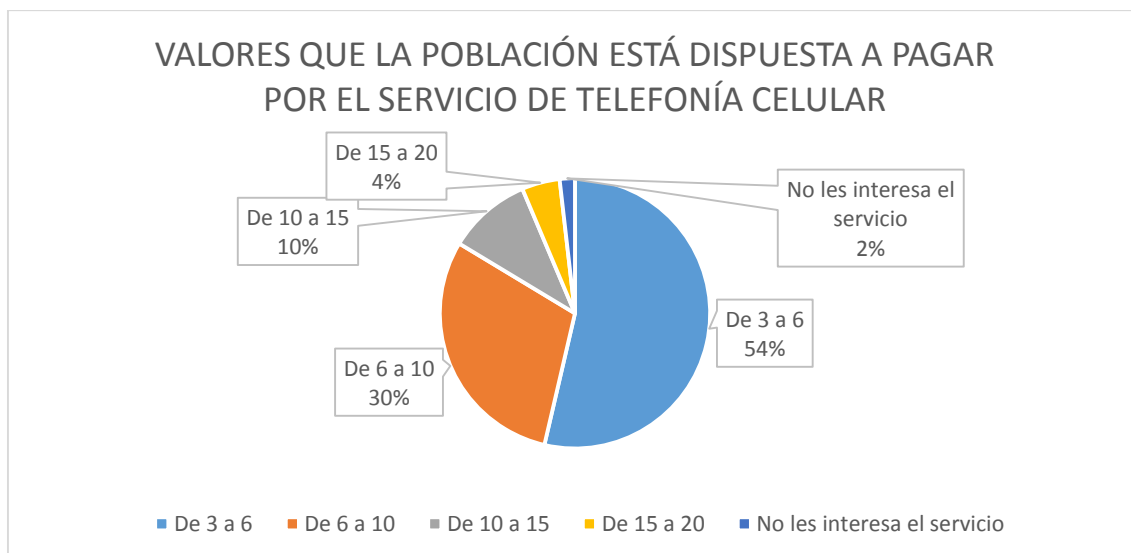


Figura 46: Valores que los habitantes están dispuestos a pagar por el servicio de telefonía celular

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Víctor Pozo

Análisis:

Según la figura 46; el 54% opta por pagar valores de 3 a 6 dólares, 30% por pagar valores de 6 a 10 dólares, el 10% por pagar de 10 a 15 dólares, el 4% por pagar valores de 15 a 20 dólares.

También se puede ver en el gráfico que sobra un 2%, este valor representa a los habitantes que no les interesa el servicio de telefonía celular. Los motivos ya se mencionaron en el análisis de la pregunta número siete 7.

3.3 DEMANDA ESTIMADA EN LA PARROQUIA LA MERCED DE BUENOS AIRES

Después de haber realizado el análisis de las encuestas realizadas se tiene en cuenta que; la población de La Merced de Buenos Aires es de 1893 habitantes, considerando hogares de 5 personas en su gran mayoría, tenemos que hay un promedio

de 378 familias en la parroquia. Y según los datos adquiridos de las encuestas se tiene que el 97% de los habitantes están de acuerdo adquirir el servicio de telefonía celular.

Este es nuestro punto de partida; se tomó en cuenta un grupo específico de usuarios que comprende entre los 13 a 65 años de edad, equivalentes a 1081 habitantes. Entonces los posibles usuarios de telefonía celular serían de 1048 abonados aproximadamente.

Al tener esta demanda de 1048 abonados, es un dato muy importante para la CNT E.P., ya que este representa un factor muy interesante y así dar pasó a la realización de este proyecto.

3.3.1 INTERPRETACIÓN DE LA DEMANDA

La demanda que se obtuvo según las encuestas es de 1048 abonados aproximadamente y según la CNT E.P. Imbabura, la demanda estimada por ellos era de unos 300 abonados iniciales. Con este antecedente el proyecto es altamente viable para la CNT E.P. Imbabura.

3.3.1.1 Demanda Futura

La demanda futura se realiza de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$D_f = D_o(1 + b)^n \quad (29)$$

Dónde:

D_f : Demanda final

D_o : Demanda inicial

b: Incremento anual

n: Número de años del proyecto.

De acuerdo a nuestro análisis, se prevé que el incremento de usuarios de telefonía móvil es mediante la tasa de crecimiento de la población y el incremento en la edad de los encuestados.

Con este antecedente tenemos que, la tasa de crecimiento en la parroquia según el INEC es de del 21.34% en 10 años, desde el 2001 hasta el 2010, por lo consiguiente se tiene un incremento del 2% de habitantes al año.

De esta forma se dimensiona para 5 y 10 años respectivamente.

Para 5 años:

$$D_f = 1048(1 + 0,02)^5$$

$$D_f = 1157 \text{ usuarios}$$

Para 10 años:

$$D_f = 1048(1 + 0,02)^{10}$$

$$D_f = 1277 \text{ usuarios}$$

Análisis:

Según la demanda futura se tiene un incremento de 109 habitantes en los próximos 5 años y de 229 en los próximos 10 años. Con esta proyección de demanda se logra

afianzar de mejor manera el desarrollo del proyecto de telefonía celular HSDPA que brindará CNT E.P. en la parroquia La Merced de Buenos Aires.

DETERMINACIÓN DEL SITIO PARA LA UBICACIÓN DE LA NUEVA ESTACIÓN BASE

El sitio en donde se ubicará la nueva estación base ya fue determinado en un estudio previo de la CNT EP y es una loma llamada Quillopamba que se encuentra ubicada a pocos kilómetros de la zona poblada de Buenos Aires en la vía a la parroquia Cahuasquí.

Este punto fue elegido primero por ser un lugar muy elevado en la parroquia y desde el cual se tiene línea de vista directa a la zona poblada de la parroquia La Merced de Buenos Aires, donde se propone una repetidora para el desarrollo del proyecto, además desde este sitio es más fácil la salida para el enlace punto a punto con estaciones base aledañas, para la inclusión a la red CNT E.P.

La loma de Quillopamba se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas de acuerdo al levantamiento realizado, mediante la inspección de campo con el instrumento de medición GPS.

Latitud: 0°33'26.9" N

Longitud: 78°16'2.62" W

Altitud: 3721m.s.n.m.

En la figura 47, se muestra la ubicación de la loma Quillopamba.



Figura 47: Ubicación de la loma Quillopamba en el software Google Earth

Fuente: Simulación Google Earth

En la figura 48, se muestran todas las comunidades que pertenecen a la parroquia Merced de Buenos Aires y también la loma de Quillopamba, lugar que se eligió para la ubicación de la nueva estación base.

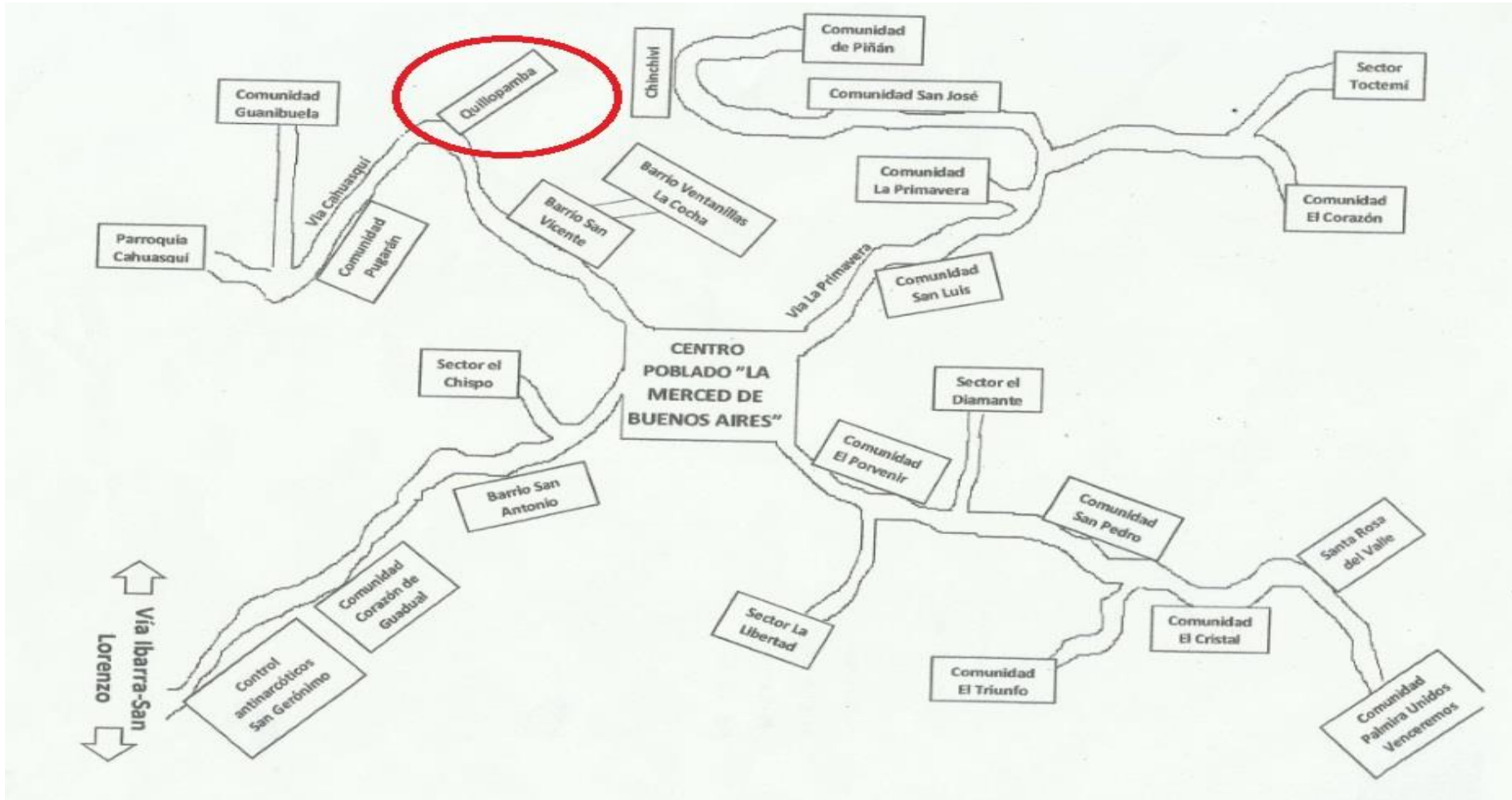


Figura 48: Croquis de la parroquia "La Merced de Buenos Aires"

Fuente: GAD parroquial La Merced de Buenos Aires

3.4 ALTERNATIVAS DE SALIDA DE LA ESTACIÓN BASE QUILLOPAMBA PARA EL ACCESO A LA RED CNT E.P.

En base a la red actual existente en la CNT EP. Imbabura se establece como posibles rutas de salida de la nueva estación base Quillopamba, con dos estaciones aledañas; la estación La Belleza y la estación Pablo Arenas, en las cuales realizaremos la simulación respectiva para determinar el enlace más adecuado, teniendo en cuenta aspectos de cercanía, aspectos técnicos y geográficos.

En la tabla 25, se muestra las alternativas de enlace con su respectiva ubicación geográfica, incluso una repetidora en la zona poblada Buenos Aires, basadas en datos de inspección de campo.

Tabla 25: Alternativas de enlace a la nueva estación Quillopamba

LUGAR	LATITUD	LONGITUD	ALTURA msnm
Pablo Arenas	0°30'15''	78°11'0.5'' W	2314,3
La Belleza	0°45'30''N	78°14'46'' W	1404
Buenos Aires	0°37'60''N	78°18'0'' W	2600
Quillopamba	0°33'26.9'' N	78°16'2.62'' W	3823

Elaborado por: Víctor Pozo

En la siguiente figura simulada en el software Google Earth se muestran los puntos de: la loma de Quillopamba, la estación la Belleza, la estación Pablo Arenas y la repetidora Buenos Aires



Figura 49: Estaciones la Belleza, Pablo Arenas, Quillopamba y la repetidora Buenos Aires

Elaborado por: Víctor Pozo

3.4.1 SIMULACIÓN CON LAS ESTACIONES ALEDAÑAS LA BELLEZA Y PABLO ARENAS

A continuación procedemos a realizar la simulación de la nueva estación Quillopamba con cada estación aledaña, para determinar con qué estación se enlazará y así poder salir a la red de acceso de CNT EP Imbabura.

3.4.1.1 Enlace punto a punto entre la loma de Quillopamba y la estación Pablo arenas

Primero trazaremos el perfil del terreno con la ayuda del software Pathloss, para tener una idea aproximada de cómo será el enlace, entre la nueva estación que se encontrará ubicada en la loma de Quillopamba y la estación Pablo Arenas.

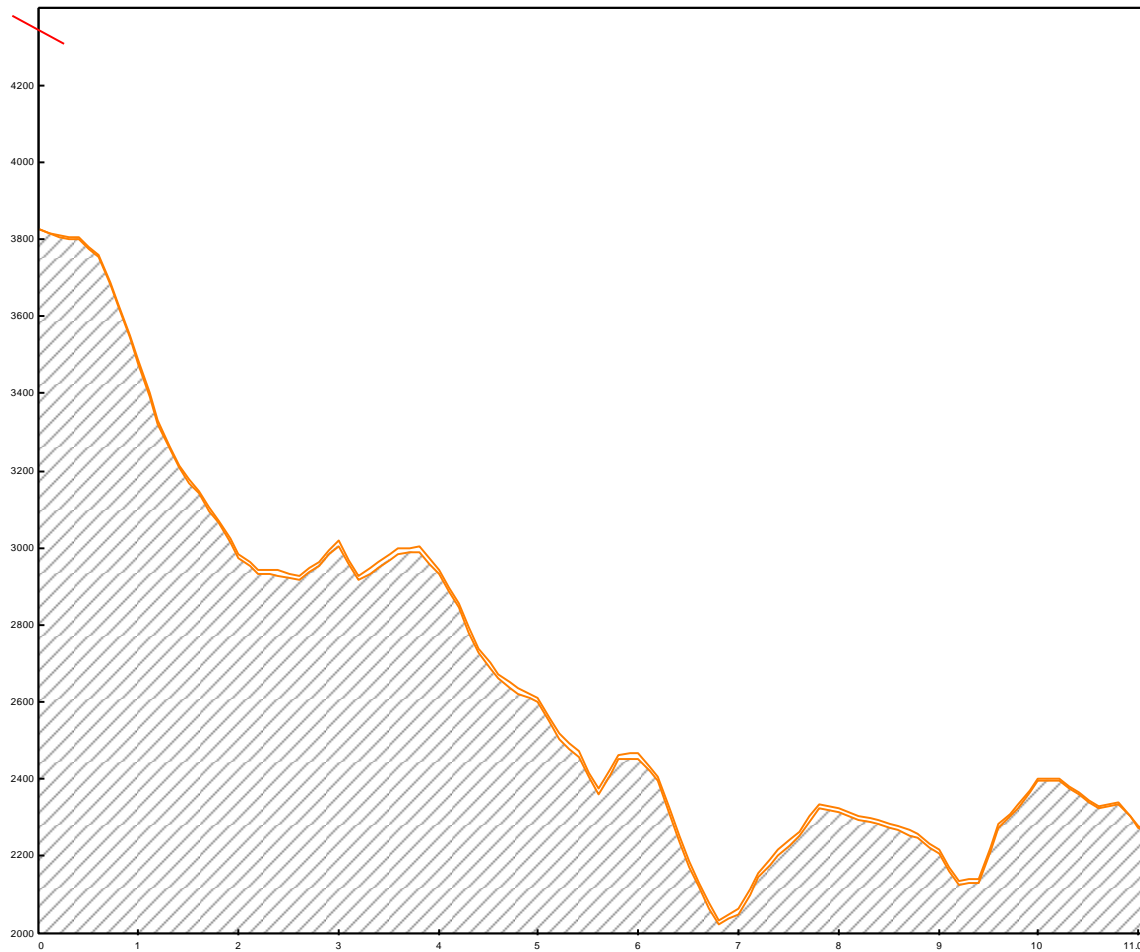


Figura 50: Perfil del terreno entre la loma de Quillopamba y la estación Pablo Arenas

Elaborado por: Víctor Pozo

En la figura 50, podemos apreciar el perfil del terreno entre la estación Pablo Arenas y la loma de Quillopamba, donde se ubicará la nueva estación base celular.

Ahora verificamos la altura mínima de las antenas; con la ayuda del software Pathloss proporcionado por la CNT EP., se tiene que la altura mínima en Quillopamba es 40m y en la estación Pablo Arenas es de 34,1m sin obstrucción alguna.

La distancia entre estos dos puntos es de 12 kilómetros aproximadamente.

3.4.1.2 Enlace punto a punto entre la loma de Quillopamba y la estación La Belleza

Primero trazaremos el perfil del terreno con la ayuda del software Pathloss, para tener una idea aproximada de cómo será el enlace, entre la nueva estación que se encontrará ubicada en la loma de Quillopamba y la estación La Belleza.



Figura 51: Perfil del terreno entre la loma de Quillopamba y la estación "La Belleza".

Elaborado por: Víctor Pozo

En la figura 51, podemos apreciar el perfil del terreno entre la estación La Belleza y la loma de Quillopamba.

Ahora verificamos la altura mínima de las antenas, considerando que la antena de la estación La Belleza se encuentra a 45 metros de altura, en Quillopamba necesitaríamos una altura de 75m, por lo que no es factible este enlace. Y además tenemos una distancia de 24Km aproximadamente.

Luego de realizar todo lo anterior, se opta por escoger la estación Pablo Arenas como la estación de salida de la BTS hacia la red de acceso CNT.

3.5 CÁLCULO DEL ENLACE DE MICROONDAS ENTRE LA ESTACIÓN BASE PABLO ARENAS Y LA REPETIDORA BUENOS AIRES

El enlace entre estos dos puntos se hace en dos etapas:

La primera entre la estación Pablo Arenas y la nueva estación Quillopamba, la segunda entre la nueva estación Quillopamba y la repetidora Buenos Aires.

Para esto primero se especifica las características del enlace en las dos etapas; aquí se determina la frecuencia a utilizar en cada etapa, características de la antena de recepción y transmisión.

De acuerdo a lo anterior, determinamos que el sistema en los dos tramos es un STM-1 (Módulo de Transporte Síncrono), que tiene una capacidad de 1800 canales telefónicos y es el que utilizan los equipos para enlaces digitales.

3.5.1 PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS PARA UN SERVICIO FIJO

El CONATEL¹⁸, en la RESOLUCIÓN-TEL-944-28-CONATEL-2014, apoyados en los artículos; 1, 2, 3 y 13 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, resuelve modificar el EQA 50 del Plan Nacional de Frecuencias, donde asigna las siguientes frecuencias para enlaces fijo terrestre:

¹⁸ CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones

EQA: Las bandas 243-245 MHz, 360-370 MHz, 430-440 MHz, 902-929 MHz, 934-935 MHz, 951-956 MHz, 1427-1525 MHz, 3800-4200 MHz, 5925-6425 MHz, 7100-8500 MHz, 10,15-10,65 GHz, 14,4-15,35 GHz, 17,7-19,7 GHz, 21,2-23,5 GHz, 71-75 GHz y 81-85 GHz.

De acuerdo a la ITU-R¹⁹, las bandas de frecuencia para un radio enlace menor a los 30 Km, puede típicamente ser desarrollado entre los 13 y 15 GHz, por lo que la banda que utilizaremos para el enlace en los dos tramos es de 14,4-15,35 GHz.

Según la recomendación UIT-R F.636-4 (03/2012), la separación mínima entre frecuencias es de 28 MHz, para evitar interferencias entre el canal de transmisión y recepción. Con estas recomendaciones se plantea las siguientes frecuencias para el enlace:

Primer tramo

En la tabla 26, se especifica las frecuencias a utilizar en el enlace Pablo Arenas-Quillopamba, basados en el Plan Nacional de Frecuencias para enlaces menores a 30 Km.

Tabla 26: Plan de frecuencias para el tramo Pablo Arenas-Quillopamba

Estación A	Estación B	Frecuencia de Tx MHZ	Frecuencia de Rx MHZ	Polarización	Distancia en Km
Pablo Arenas	Quillopamba	14500	14528	Vertical	10,9

Elaborado por: Víctor Pozo

Fuente: El CONATEL, RESOLUCIÓN-TEL-944-28-CONATEL-2014

¹⁹ ITU-R: Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, sector Radiocomunicaciones.

Segundo tramo

En la tabla 27, se muestra las frecuencias a utilizar para el enlace Quillopamba-Buenos Aires.

Tabla 27: Plan de frecuencias Quillopamba-Buenos Aires

Estación A	Estación B	Frecuencia de Tx MHZ	Frecuencia de Rx MHZ	Polarización	Distancia en Km
Quillopamba	Buenos Aires	15000	15028	Vertical	9,1

Elaborado por: Víctor Pozo

Fuente: El CONATEL, RESOLUCIÓN-TEL-944-28-CONATEL-2014

3.5.2 CÁLCULO DEL ENLACE ENTRE LA ESTACIÓN PABLO ARENAS Y LA NUEVA ESTACIÓN PROPUESTA QUILLOPAMBA

Para el cálculo del enlace entre la estación Pablo Arenas y la estación propuesta Quillopamba, primero se establecen las características principales del sistema como distancia y frecuencia de transmisión y recepción (ver tabla 28).

Tabla 28: Características del sistema

Sistema	STM-1
Frecuencia de Transmisión	14500 MHz
Frecuencia de Recepción	14528 MHz
Distancia entre los dos puntos	10,9 Km

Elaborado por: Víctor Pozo

A continuación en la tabla 29, se muestran los datos de coordenadas de los dos puntos del radio enlace.

Tabla 29: Datos de los dos puntos del radioenlace

Estación Pablo Arenas	Estación Quillopamba
Latitud: 0°30'15'' N	Latitud: 0°33'26.9'' N
Longitud: 78°11'0.5'' W	Longitud: 78°16'2.62'' W
Altura: 2314	Altura: 3823

Elaborado por: Víctor Pozo

3.5.2.1 Cálculos a realizar

El enlace a realizar tiene una distancia aproximada de 12Km y se efectuarán los siguientes cálculos que se describen a continuación.

1. Trazo del perfil
2. Radio de la primera zona de Fresnel
3. Altura de las antenas
4. Atenuación de obstáculo
5. Pérdidas en el espacio libre
6. Pérdidas en líneas de transmisión y conectores
7. Cálculo de la potencia de recepción
8. Indisponibilidad del sistema
9. Margen de desvanecimiento
10. Voltaje recibido
11. Ángulo de elevación
12. Azimut
13. Cálculo de la Potencia Isotrópicamente Radiada Equivalente

1. Trazo del perfil

Con la ayuda del software Pathloss, se procede a trazar el perfil del terreno (ver figura 52):

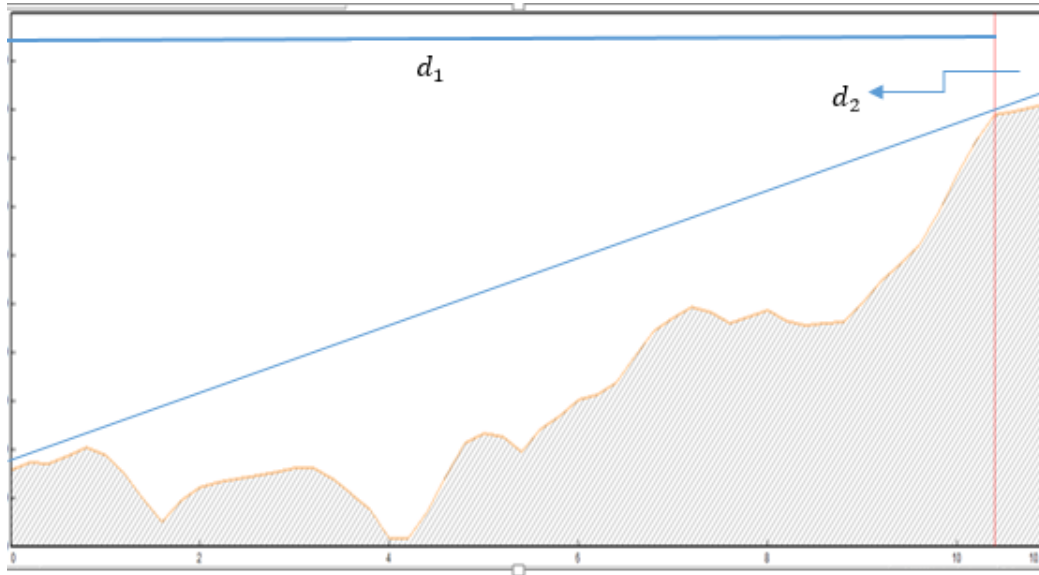


Figura 52: Perfil del terreno entre la estación Pablo Arenas y la nueva estación Quillopamba

Elaborado por: Víctor Pozo

2. Cálculo de la primera zona de Fresnel

Para el cálculo de la zona de Fresnel utilizamos la ecuación 10.

$$h_0 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{D}}$$

Donde:

f= 14,5 GHz

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{14,5 \cdot 10^9} = 20 \text{ mm}$$

D= 10,9 Km

$$d_1=10,4 \text{ Km}$$

$$d_2=0,5 \text{ Km}$$

Reemplazando tenemos que:

$$h_0 = \sqrt{\frac{20 * 10,4 * 0,5}{10,9}} = \sqrt{9,54} = 3,088 \text{ m}$$

3. Altura de las antenas

Para el cálculo de la altura de las antenas, primero se propone la altura del primer punto, en este caso ponemos la altura que se obtuvo del simulador, y se procede a ocupar la ecuación 12.

$$h_2 \geq \frac{D}{d_1} (h_0 + h_s) - \frac{d_2}{d_1} (h_1) + \frac{Dd_2}{2Ka} = [\text{metros}]$$

Donde:

$$h_0= 3,088 \text{ m}$$

$$h_1= 40 \text{ m} + 2314,3 = 2354,3 \text{ m}$$

$$h_s= 3781,2 \text{ m}$$

$$K_{4/3}= 8493 \text{ Km}$$

Reemplazando tenemos:

$$h_2 \geq \frac{10,9}{10,4} (3,088 + 3781,2) - \frac{0,5}{10,4} 2354,3 + \frac{10,9 * 0,5}{2 * 8493}$$

$$h_2 \geq 1,04 * 3784,3 - 0,048 * 2354,3 + \frac{5,45}{16986}$$

$$h_2 \geq 3935,67 - 113 + 3,2 * 10^{-4}$$

$$h_2 \geq 3822,67m$$

Según el simulador esta es la altura mínima que debe ir la antena, que sería a 0m. En el diseño para que no existan obstáculos se propone una altura de 45 m medidos desde h_2 . Entonces:

$$h_2 = 3823 \text{ m} + 45 \text{ m} = 3868 \text{ msnm.}$$

4. Atenuación del obstáculo

Para determinar la altura del obstáculo primero determinamos altura de despeje (H_{desp}) en un 60%, para eso se libera en un 61% de la zona de Fresnel, que es el valor requerido para una curvatura de la tierra de $\frac{3}{4}$.

$$H_{desp} = 0,61 * h_0$$

$$H_{desp} = 0,61 * 3,088$$

$$H_{desp} = 1,88 \text{ m}$$

Ahora obtenemos la atenuación del obstáculo mediante la siguiente ecuación, que la UIT proporciona, mediante un valor adimensional v .

$$v = \sqrt{2} \left(- \frac{H_{desp}}{h_0} \right) \quad (30)$$

Reemplazando tenemos:

$$v = \sqrt{2} \left(-\frac{1,88}{3,088} \right)$$

$$v = -0,86$$

De esto calculamos la atenuación sobre el obstáculo $L_D(v)$

$$L_D(v) = 6,9 + 20 \log(\sqrt{(v - 0,1)^2 + 1} + v - 0,1) \quad (31)$$

Reemplazando tenemos:

$$L_D(v) = 6,9 + 20 \log(\sqrt{(-0,86 - 0,1)^2 + 1} - 0,86 - 0,1)$$

$$L_D(v) = 6,9 + 20 \log(\sqrt{(0,9216)^2 + 1} - 0,9216)$$

$$L_D(v) = 6,9 + 20 \log(\sqrt{1,85} - 0,9216)$$

$$L_D(v) = 6,9 + 20 \log(1,36 - 0,9216)$$

$$L_D(v) = 6,9 + 20 \log(0,439)$$

$$L_D(v) = -0,25 \text{ dB}$$

5. Pérdidas en el espacio libre

El cálculo de la atenuación en el espacio libre se realiza mediante la ecuación 13.

$$L = 32,46 + 20 \log(f_{MHz}) + 20 \log(d_{km})$$

Reemplazando tenemos:

$$L = 32,46 + 20 \log(14,5 * 10^9) + 20 \log(10,9 * 10^3)$$

$$L = 32,46 + 20 * 10,16 + 20 * 4,037$$

$$L = 32,46 + 203,22 + 80,74$$

$$L = 316,42 \text{ dB}$$

6. Pérdidas en líneas de transmisión y conectores

Asumiendo que utilizamos cables coaxiales las pérdidas típicas son de 0,1dB/m, si consideramos que; los equipos de radio se ubicarán a una distancia de 45 m de la antena transmisora tenemos lo siguiente:

$$L_{ITx} = 45 * 0,1 = 4,5 \text{ dB}$$

Para las pérdidas en los conectores se asume de 1dB.

7. Cálculo de la potencia de recepción

Para el cálculo de la potencia de recepción se consideran todos los valores anteriormente calculados o asumidos, como ganancias, potencia de transmisión y todas las pérdidas dicho anteriormente.

$$Pr(dBm) = P_{Tx}(dBm) + G_{antTx}(dB) + G_{antRx}(dB) - L(dB) - L_F(dB)$$

Donde tenemos que:

$$P_{Tx}(dBm) = 25 \text{ dBm}$$

$$G_{Tx}(dBm) = 85 \text{ dBm}$$

Entonces procedemos a calcular la potencia en el receptor.

$$Pr(dBm) = 25 + 85 + 85 - (0,25) - 316,42 - 4,5$$

$$Pr = -125,67 \text{ dBm}$$

8. Indisponibilidad del sistema

Teniendo en cuenta una disponibilidad del 99,9% de acuerdo a la tabla 3, tendríamos una indisponibilidad del 0,1%, que equivale a un tiempo fuera de 528 minutos al año.

9. Margen de desvanecimiento

El índice de desvanecimiento se calcula en base a dos factores: factor de terreno y factor climático.

Factor de terreno: montañoso, normal, liso, rugoso, sobre agua salada, etc.

Factor Climático: seco, frío, templado, caluroso y húmedo.

El margen de desvanecimiento está dado por la siguiente expresión:

$$MD = 30 \log d + 10 \log (6ABf) - 10 \log (\% \text{ indisponibilidad}) - 70 \quad (32)$$

Donde:

MD= margen de desvanecimiento

d= distancia entre los dos puntos del enlace

A= factor de rugosidad (4 para un enlace sobre agua o un terreno liso, 1 sobre terreno promedio y 0,25 para terrenos montañosos)

B= factor de probabilidad anual (1 peor probabilidad, 0,5 para áreas calientes y húmedas, 0,25 para áreas continentales promedio y 0,125 para áreas muy secas y montañosas).

Reemplazando tenemos lo siguiente:

$$MD = 30 \log_{10} 9 * 10^3 + 10 \log_{10} (6 * 0,25 * 0,125) - 10 \log_{10} (0,1) - 70$$

$$MD = 121,12 - 94,34 + 10 - 70$$

$$MD = -33,22 \text{ dB}$$

10. Voltaje recibido

El voltaje en recepción se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_{Rx} = \sqrt{R * P_{Rx}} \quad (33)$$

Donde R= 50 Ω

$$P_{Rx}(W) = 0,001 * \text{antilog}\left(\frac{P_{Rx}}{100}\right)$$

$$P_{Rx}(W) = 0,001 * \text{antilog}\left(\frac{-125,67}{100}\right)$$

$$P_{Rx}(W) = 5,54 * 10^{-5}$$

$$V_{Rx} = \sqrt{50 * 5,54 * 10^{-5}}$$

$$V_{Rx} = \sqrt{2,77 * 10^{-3}}$$

$$V_{Rx} = 0,053 v$$

11. Ángulo de elevación

$$h_1 = 2354,3 \text{ msnm}$$

$$h_2 = 3868 \text{ msnm}$$

$$\Delta h = h_2 - h_1$$

$$\Delta h = 3868 - 2354,3$$

$$\Delta h = 1513,7 \text{ m}$$

$$\sin \alpha = \frac{\Delta h}{d}$$

$$\sin \alpha = \frac{1513,7}{10,9 * 10^3}$$

$$\sin \alpha = 0,139$$

$$\alpha = \sin^{-1} 0,139$$

$$\alpha = 7,98^\circ$$

12. Azimut

Los valores que nos muestra el simulador PathLoss:

$$\text{Azimut Pablo Arenas} = 302,64^\circ$$

$$\text{Azimut Quillopamba} = 122,64^\circ$$

13. Cálculo de la Potencia Isotrópicamente Radiada Equivalente

$$PIRE = P_{Tx} - L_{ITx} + G_{ant}$$

$$PIRE = 25 - 4,5 + 85$$

$$PIRE = 105,5 \text{ dBm}$$

3.5.3 CÁLCULO DEL ENLACE ENTRE LA ESTACIÓN QUILLOPAMBA Y LA REPETIDORA BUENOS AIRES

Al igual que en el enlace anterior se procede a determinar las características del sistema lo cual se muestra en la tabla 30.

Tabla 30: Características del sistema

Sistema	STM-1
Frecuencia de Transmisión	15000 MHz
Frecuencia de Recepción	15028 MHz
Distancia entre los dos puntos	9,1 Km

Elaborado por: Víctor Pozo

En la tabla 31, se muestran las coordenadas de los puntos del radio enlace de la estación Quillopamba y estación Buenos Aires.

Tabla 31: Datos de los dos puntos del radioenlace

Estación Quillopamba	Estación Buenos Aires
Latitud: 0°33'26.9" N	0°37'60"N
Longitud: 78°16'2.62" W	78°11'0.5" W
Altura: 3823	2600

Elaborado por: Víctor Pozo

1. Trazo del perfil

Con la ayuda del software Pathloss, se procede a trazar el perfil del terreno (ver figura 53):

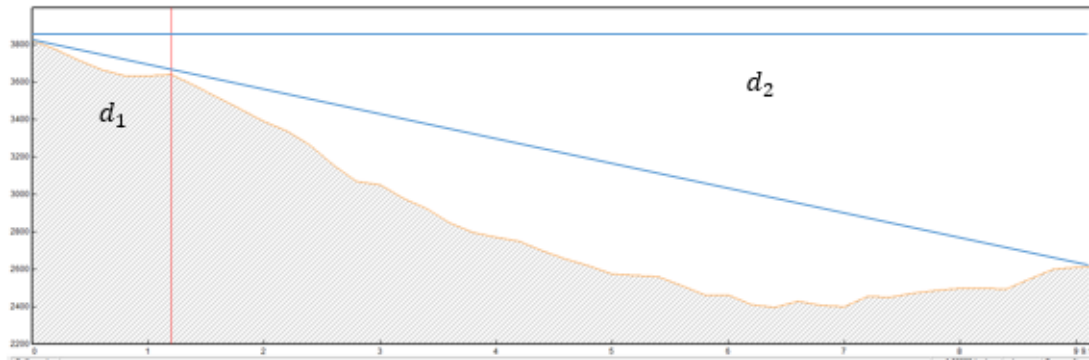


Figura 53: Perfil del terreno entre la estación Quillopamba y Buenos Aires

Elaborado por: Víctor Pozo

2. Cálculo de la primera zona de Fresnel

Para el cálculo de la zona de Fresnel utilizamos la ecuación 10.

$$h_0 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{D}}$$

Donde:

$f = 15$ GHz

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{15 \cdot 10^9} = 20 \text{ mm}$$

$D = 9,1$ Km

$d_1 = 1,2$ Km

$d_2 = 7,9$ Km

Reemplazando tenemos que:

$$h_0 = \sqrt{\frac{20 * 1,2 * 7,9}{9,1}} = \sqrt{20,83} = 4,564 \text{ m}$$

3. Altura de las antenas

Para el cálculo de la altura de las antenas, primero se propone la altura del primer punto, en este caso ponemos la altura que se obtuvo del simulador, y se procede a ocupar la ecuación 12.

$$h_2 \geq \frac{D}{d_1} (h_0 + h_s) - \frac{d_2}{d_1} (h_1) + \frac{Dd_2}{2Ka} = [\text{metros}]$$

Donde:

$$h_0 = 4,564 \text{ m}$$

$$h_1 = 15 \text{ m} + 3823 = 3838 \text{ m}$$

$$h_s = 3640,1 \text{ m}$$

$$K_{4/3} = 8493 \text{ Km}$$

Reemplazando tenemos:

$$h_2 \geq \frac{9,1}{1,2} (4,564 + 3640,1) - \frac{7,9}{1,2} 3838 + \frac{9,1 * 7,9}{2 * 8493}$$

$$h_2 \geq 7,58 * 3644,66 - 6,58 * 3838 + \frac{71,89}{16986}$$

$$h_2 \geq 27638,52 - 25266,83 + 4,23$$

$$h_2 \geq 2375,92 \text{ m}$$

Según el simulador la altura mínima que debe ir la antena es a 2614 m, que sería a 0m. En el diseño para que no existan obstáculos se propone una altura de 15 m medidos desde h_2 . Entonces:

$$h_2 = 2614 \text{ m} + 15 \text{ m} = 2629 \text{ msnm.}$$

4. Atenuación del obstáculo

Para determinar la altura del obstáculo primero determinamos altura de despeje (H_{desp}) en un 60%, para eso se libera en un 61% de la zona de Fresnel, que es el valor requerido para una curvatura de la tierra de $\frac{3}{4}$.

$$H_{desp} = 0,61 * h_0$$

$$H_{desp} = 0,61 * 4,564$$

$$H_{desp} = 2,78 \text{ m}$$

Ahora obtenemos la atenuación del obstáculo mediante la ecuación 30, que la UIT proporciona, mediante un valor adimensional v .

$$v = \sqrt{2} \left(- \frac{H_{desp}}{h_0} \right)$$

Reemplazando tenemos:

$$v = \sqrt{2} \left(- \frac{2,78}{4,564} \right)$$

$$v = -0,86$$

De esto calculamos la atenuación sobre el obstáculo $L_D(v)$ según la ecuación 31.

$$L_D(v) = 6,9 + 20\log(\sqrt{(v - 0,1)^2 + 1} + v - 0,1)$$

Reemplazando tenemos:

$$L_D(v) = 6,9 + 20\log(\sqrt{(-0,86 - 0,1)^2 + 1} - 0,86 - 0,1)$$

$$L_D(v) = 6,9 + 20\log(\sqrt{(0,9216)^2 + 1} - 0,9216)$$

$$L_D(v) = 6,9 + 20\log(\sqrt{1,85} - 0,9216)$$

$$L_D(v) = 6,9 + 20\log(1,36 - 0,9216)$$

$$L_D(v) = 6,9 + 20\log(0,439)$$

$$L_D(v) = -0,25 \text{ dB}$$

5. Pérdidas en el espacio libre

El cálculo de la atenuación en el espacio libre se realiza mediante la ecuación 13.

$$L = 32,46 + 20 \log(f_{MHz}) + 20\log(d_{Km})$$

Reemplazando tenemos:

$$L = 32,46 + 20 \log(15 * 10^9) + 20\log(9,1 * 10^3)$$

$$L = 32,46 + 20 * 10,17 + 20 * 3,96$$

$$L = 32,46 + 203,4 + 79,18$$

$$L = 315,04 \text{ dB}$$

6. Pérdidas en líneas de transmisión y conectores

Asumiendo que utilizamos cables coaxiales las pérdidas típicas son de 0,1dB/m, si consideramos que; los equipos de radio se ubicarán a una distancia de 45 m de la antena transmisora tenemos lo siguiente:

$$L_{lTx} = 15 * 0,1 = 1,5 \text{ dB}$$

Para las pérdidas en los conectores se asume de 1dB.

7. Cálculo de la potencia de recepción

Para el cálculo de la potencia de recepción se consideran todos los valores anteriormente calculados o asumidos, como ganancias, potencia de transmisión y todas las pérdidas dicho anteriormente.

$$Pr(dBm) = P_{Tx}(dBm) + G_{antTx}(dB) + G_{antRx}(dB) - L(dB) - L_F(dB)$$

Donde tenemos que:

$$P_{Tx}(dBm) = 25 \text{ dBm}$$

$$G_{Tx}(dBm) = 85 \text{ dBm}$$

Entonces procedemos a calcular la potencia en el receptor.

$$Pr(dBm) = 25 + 85 + 85 - (0,25) - 315,4 - 1,5$$

$$Pr = -122,15 \text{ dBm}$$

8. Indisponibilidad del sistema

Teniendo en cuenta una disponibilidad del 99,9% de acuerdo a la tabla 3, tendríamos una indisponibilidad del 0,1%, que equivale a un tiempo fuera de 528 minutos al año.

9. Margen de desvanecimiento

El índice de desvanecimiento se calcula en base a dos factores: factor de terreno y factor climático.

Factor de terreno: montañoso, normal, liso, rugoso, sobre agua salada, etc.

Factor Climático: seco, frío, templado, caluroso y húmedo.

Para calcular el margen de desvanecimiento usamos la ecuación 32.

$$MD = 30\log d + 10\log(6ABf) - 10\log(\%indisponibilidad) - 70$$

Donde:

$$d = 9,1 \text{ Km}$$

$$A = 0,25$$

$$B = 0,125$$

Reemplazando tenemos lo siguiente:

$$MD = 30\log 9,1 * 10^3 + 10\log(6 * 0,25 * 0,125) - 10\log(0,1) - 70$$

$$MD = 118,77 - 94,5 + 10 - 70$$

$$MD = -35,73\text{dB}$$

10. Voltaje recibido

El voltaje en recepción se calcula mediante la 33:

$$V_{Rx} = \sqrt{R * P_{Rx}}$$

Donde $R = 50 \Omega$

$$P_{Rx}(W) = 0,001 * \text{antilog}\left(\frac{P_{Rx}}{100}\right)$$

$$P_{Rx}(W) = 0,001 * \text{antilog}\left(\frac{-122,15}{100}\right)$$

$$P_{Rx}(W) = 6 * 10^{-5}$$

$$V_{Rx} = \sqrt{50 * 6 * 10^{-5}}$$

$$V_{Rx} = \sqrt{3 * 10^{-3}}$$

$$V_{Rx} = 0,054 \text{ v}$$

11. Ángulo de elevación

$$h_1 = 3838 \text{ msnm}$$

$$h_2 = 2629 \text{ msnm}$$

$$\Delta h = h_2 - h_1$$

$$\Delta h = 3838 - 2629$$

$$\Delta h = 1209 \text{ m}$$

$$\sin \alpha = \frac{\Delta h}{d}$$

$$\sin \alpha = \frac{1209}{9,1 * 10^3}$$

$$\sin \alpha = 0,132$$

$$\alpha = \sin^{-1} 0,139$$

$$\alpha = 7,63^\circ$$

12. Azimut

Los valores que nos muestra el simulador PathLoss:

Azimut Quillopamba= 336,60°

Azimut Buenos Aires= 156,60°

13. Cálculo de la Potencia Isotrópicamente Radiada Equivalente

$$PIRE = P_{Tx} - L_{ITx} + G_{ant}$$

$$PIRE = 25 - 1,5 + 85$$

$$PIRE = 108,5 \text{ dBm}$$

3.1.1. Resumen de resultados

En la tabla 32, se muestra un resumen de los datos obtenidos mediante los cálculos anteriores, tanto para el enlace Pablo Arenas-Quillopamba como Quillopamba-Buenos Aires

Tabla 32: Resumen de datos del enlace Pablo Arenas Buenos Aires

Variab les	Pablo Arenas- Quillopamba	Quillopamba-Buenos Aires
Frecuencia de operación	$f_{Tx} = 14500 \text{ MHz}$ $f_{Rx} = 14528 \text{ MHz}$	$f_{Tx} = 15000 \text{ MHz}$ $f_{Rx} = 15028 \text{ MHz}$
Radio de la primera zona de Fresnel	$h_0 = 3,088 \text{ m}$	$h_0 = 4,564 \text{ m}$
Altura de las antenas	$h_1 = 2354,3 \text{ msnm}$ $h_2 = 3868 \text{ msnm.}$	$h_1 = 3838 \text{ msnm}$ $h_2 = 2629 \text{ msnm.}$
Atenuación de obstáculo	$L_D(v) = -0,25 \text{ dB}$	$L_D(v) = -0,25 \text{ dB}$
Pérdidas en el espacio libre	$L = 316,42 \text{ dB}$	$L = 315,04 \text{ dB}$
Pérdidas en líneas de transmisión y conectores	$L_{lTx} = 5,5 \text{ dB}$	$L_{lTx} = 2,5 \text{ dB}$
Potencia de recepción	$P_r = -125,67 \text{ dBm}$	$P_r = -122,15 \text{ dBm}$
Indisponibilidad del sistema	528 minutos al año	528 minutos al año
Margen de desvanecimiento	$MD = -33,22 \text{ dB}$	$MD = -35,73 \text{ dB}$
Voltaje recibido	$V_{Rx} = 0,053 \text{ v}$	$V_{Rx} = 0,054 \text{ v}$
Ángulo de elevación	$\alpha = 7,98^\circ$	$\alpha = 7,63^\circ$
Azimut	Pablo Arenas= $302,64^\circ$ Quillopamba= $122,64^\circ$	Quillopamba= $336,60^\circ$ Buenos Aires= $156,60^\circ$
Cálculo de la Potencia Isotrópicamente Radiada Equivalente	$PIRE = 105,5 \text{ dBm}$	$PIRE = 108,5 \text{ dBm}$

Elaborado por: Víctor Pozo

3.6 EQUIPOS Y ACCESORIOS A UTILIZAR EN EL ENLACE PABLO ARENAS BUENOS AIRES.

Para describir los equipos a utilizar, primero realizamos un diagrama de cómo están distribuidos los equipos.

3.6.1 DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS

La figura 54, representa cómo se van a distribuir los equipos a lo largo del enlace estación Pablo Arenas a la repetidora Buenos Aires.

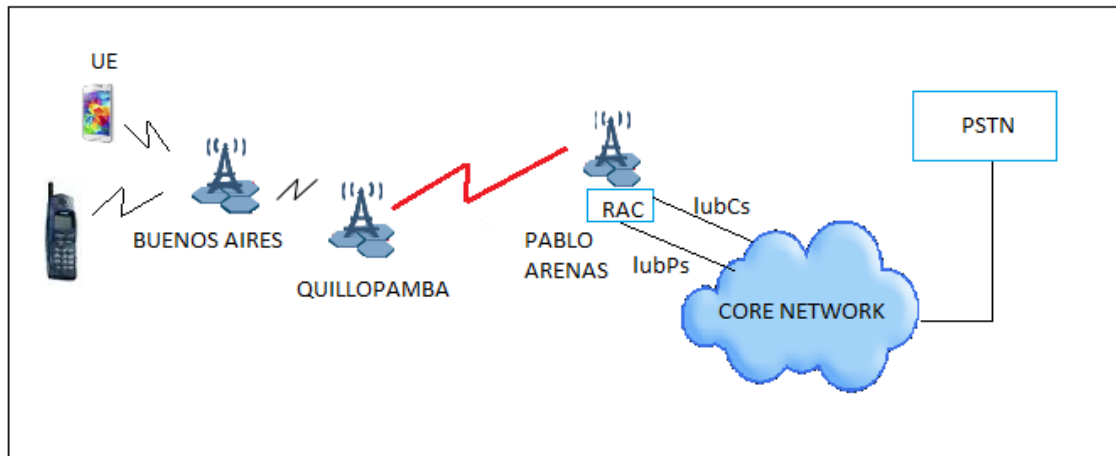


Figura 54: Diagrama de distribución de equipos

Elaborado por: Víctor Pozo

De acuerdo al diagrama anterior se puede determinar los equipos que se necesita para cada enlace.

3.6.2 DETERMINACIÓN DE EQUIPOS REQUERIDOS PARA LA INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE

En una estación base, se tiene los siguientes elementos necesarios para su funcionamiento:

1. Tablero de energía.
2. Puesta a tierra.
3. Equipos de Radio Base para exterior o interior.

4. Antena microondas.
5. Torre celular autosoportada.
6. Antenas sectoriales.

3.6.2.1 Tablero de energía

El tablero de energía, suministra energía de 220V en corriente alterna a todos los equipos de la BTS. También tiene la función de iluminación de la BTS y provee la luz de balizaje que se ubica en la parte más alta de la torre.

El tablero también contiene entradas para cablear alarmas cuando existan fallas de red, una barra para puesta a tierra y tuberías internas para el paso de cables.

Además en la puerta principal cuneta con dos leds que indican si existe o no tensión tanto para los equipos internos y la luz de balizaje. En la figura 55 se tiene un ejemplo de un tablero de energía.

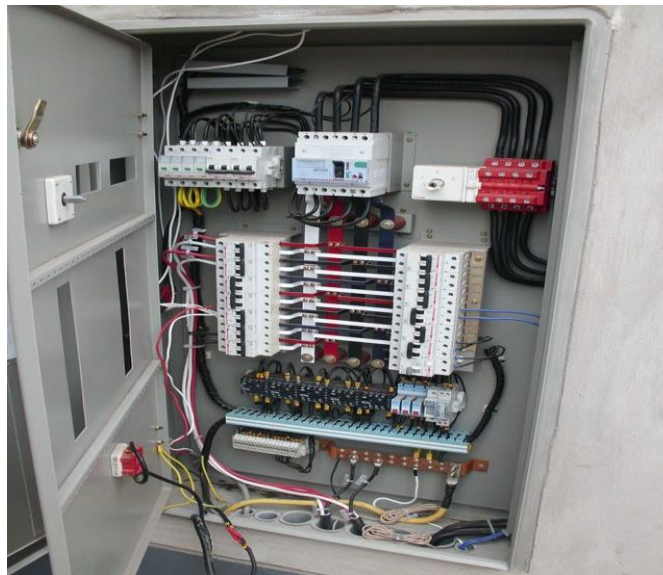


Figura 55: Tablero de energía

Fuente: El Blog de las Comunicaciones Móviles

. Recuperado el 07 de diciembre del 2015 de <http://blogcomunicacionesmoviles.blogspot.com/2011/07/estacion-base-celular-ebc.html>

3.6.2.2 Elemento de puesta a tierra

De acuerdo a las recomendaciones de la ITU-T K27 (Configuraciones de continuidad eléctrica y puesta a tierra dentro de los edificios de telecomunicaciones) y de la IUT-T K56 (Protección de las estaciones de base radioeléctricas contra el rayo), especifican que el tipo de puesta a tierra a utilizarse en una estación base es el de electrodo de múltiple varillas (ver figura 56).

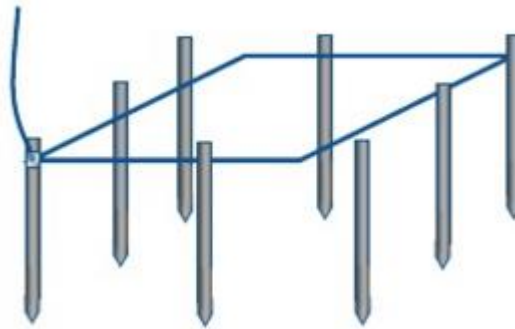


Figura 56: Electrodo de múltiple varillas

Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/presentaciondemedicionderesistenciadetierra-120503120437-phpapp01/95/medicion-de-resistencia-de-tierra-3-728.jpg?cb=1336046803>

Toda estación base debe tener pozos para el aterramiento de todos los equipos que existen en ella. En una BTS pueden existir de dos a cuatro pozos que se conectan los equipos de radio, la torre, el tablero de energía, las escalerillas por donde pasan los feeder, y todo lo que pueda recibir descargas eléctricas. En la figura 57, se muestra un ejemplo de pozo a tierra.



Figura 57: Pozo a tierra

Recuperado el 07 de diciembre del 2015 de <http://blogcomunicacionesmoviles.blogspot.com/2011/07/estacion-base-celular-ebc.html>

3.6.2.3 Equipos de radio base

Los equipos de radio base son el elemento más importante de una BTS, en estos equipos es donde se generan las señales de radio frecuencia que recorren por los feeders y se transmiten por las antenas hacia el espacio.

Los equipos de radio base tienen un banco de baterías, en caso de ausencia o falla de energía eléctrica pueden suministrar una alimentación de dos a seis horas.

De acuerdo a su ubicación se clasifican en equipos de Indoor u Outdoor, cuando los equipos se instalan dentro de una sala o cuando los equipos se instalan en la parte externa.

En los equipos de radio base se encuentran el BBU y el RRU (ver figura 58).



Figura 58: Equipos de radio base

Fuente: (UTRERAS, 2014, pág. 94)

3.1.1.1. Antena microondas

Es el medio de transmisión que se usa para el enlace entre las BTS con línea de vista, transmiten voz y datos a través de radiofrecuencia con longitudes de onda. En la figura 59, se muestra un ejemplo de una antena microonda.



Figura 59: Antena microondas

Recuperado el 07 de diciembre del 2015 de

https://www.google.com.ec/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjYvd7ThcvJAhVMXh4KHXFVBulQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.ensenadamexico.net%2Fhector%2Fit%2Freporte_anten.php&psig=AFQjCNG5_EH66wMOR_mKu5imhyD0Eii4w&ust=1449622066095086

3.6.2.4 Torre celular

La cobertura celular depende de la altura de la torre, ya que esta nos permite obtener una línea de vista del enlace microondas. En la figura 60, se muestra un ejemplo de torre celular de forma triangular.



Figura 60: Torre celular autosoportada

Recuperado el 07 de diciembre del 2015 de

http://4.bp.blogspot.com/_oC8EeeKX9Cg/TMxRDdoX63I/AAAAAAAAA4/TUxX4GQEXGE/s1600/Imagen9.jpg

3.6.2.5 Antenas sectoriales

Las antenas sectoriales son las que irradian la energía proveniente del BBU. Son de tipo panel de forma alargada, y como su nombre lo indica el tipo de radiación es de tipo sectorial.

Existen antenas de única banda (Single Band) y de doble banda (Dual Band). En ambos casos para obtener una mejor calidad de señal usan un método de diversidad de espacio, debido a que en su estructura interna están compuestas de un arreglo de dipolos.

En antenas de dual band utiliza un método adicional de diversidad de frecuencia con polarización cruzada para distinguir la frecuencia.

Todas las antenas sectoriales, tienen una regleta en la parte inferior que contiene los números de variación del tilt eléctrico.

A continuación, en la figura 61, se muestra un ejemplo de antenas sectoriales ubicadas en diferentes puntos para un mejor diagrama de radiación.



Figura 61: Antenas sectoriales

Recuperado el 07 de diciembre del 2015 de <http://www.mibgyyo.com/articulos/wp-content/uploads/sites/4/2014/06/Array-Ubiquiti.jpg>

3.7 ELEMENTOS DE RED A UTILIZAR ESTACIÓN BASE DISTRIBUIDA DBS3900 Y ANTENA HUAWEI RTN 900

A continuación se describe la estación base distribuida DBS y antena HUAWEI RTN 900 como equipos a utilizar, debido a que CNT EP tiene un contrato homologado con la empresa HUAWEI, y de esta manera todos los equipos que utiliza CNT EP en la actualidad son de marca HUAWEI.

3.7.1 ESTACIÓN BASE DISTRIBUIDA DBS3900

La estación base DBS3900 tiene un diseño modular, que se caracteriza por su reducido tamaño, alta integración, bajo consumo de energía y que se puede aplicar en diferentes escenarios de instalación. Reduciendo de forma significativa los costos de construcción y los gastos de operación con la adquisición del sitio.

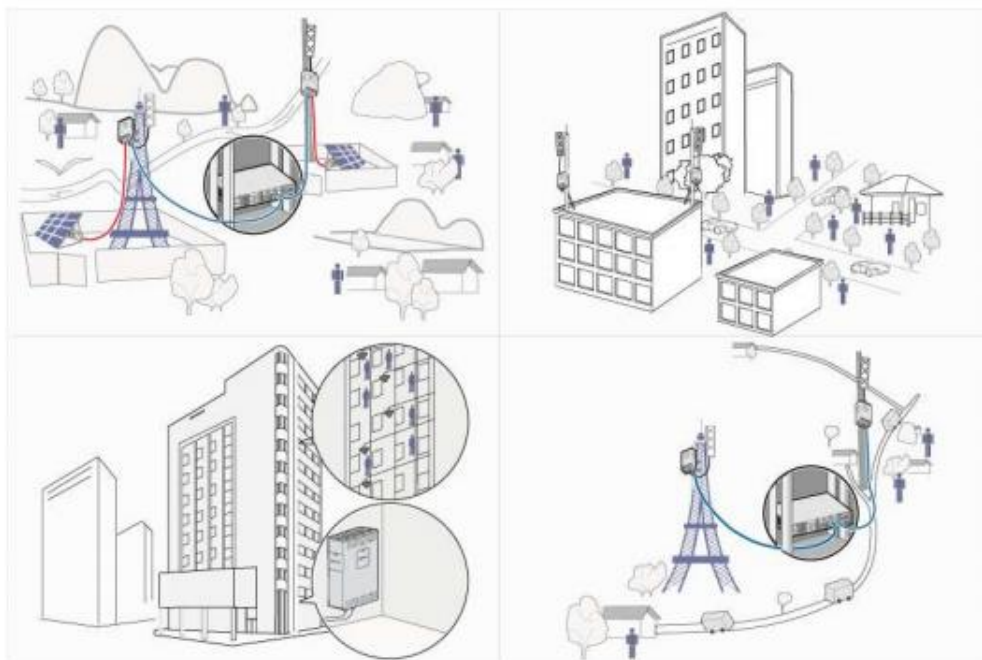


Figura 62: Escenarios de aplicación de BBS3900

Fuente: GBSS9.0 DBS3900 Product Description, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD, 20011-02-28

En la figura 62, se muestra los diferentes escenarios de aplicación de una DBS3900, como zonas urbanas o rurales.

La DBS3900 está compuesta por un Mini Shelter y por dos módulos básicos de radio base: la unidad de banda base BBU 3900 y la unidad de radio remota RRU 3004. Los cuales son conectados mediante una interfaz común Public Radio (CPRI) puertos y cables ópticos para transmisión de la señal hacia la antena.

3.7.1.1 Características de una DBS3900

- Movilidad Ultra High Speed
- Soporta múltiples tecnologías de acceso de radio (GSM, UMTS, CDMA, TD-SCDMA y LTE)
- Seguridad de la red
- Voz sobre IP (VoIP)
- Servicios de Voz Trunking
- Servicios de localización (LCS)
- Antena Extensión Camino
- Soporta 2 x 2 MIMO y 4 x 2 MIMO
- Soporta UE Categoría 2/3/4
- Modulación 64 QAM y en un ancho de banda de 20 MHz
- Enlace descendente de hasta 173Mbps
- Enlace ascendente de hasta 84 Mbps

3.8.1.2. Especificaciones técnicas DBS3900

En la tabla 33, se muestra las especificaciones técnicas de una DBS3900.

Tabla 33: Especificaciones técnicas DBS3900

ESTACIÓN BASE DISTRIBUIDA DBS3900	
ITEM	ESPECIFICACIÓN
Múltiples bandas de frecuencia	Duplexación por división de tiempo (TDD): 400 MHz/1.4 GHz/1.8 GHz/2.3 GHz Duplexación por división de frecuencia (FDD): 800 MHz
Ancho de banda	400MHz: 3M/5M/10M/20MHz 1.4GHz: 10M/20MHz 800M/1.8G/2.3GHz: 5M/10M/20MHz
Sincronización	GPS, IEEE 1588v2
Disponibilidad del sistema	≥ 99.999%
Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	≥ 155,000 horas
Tiempo promedio de reparación (MTTR)	≤ 1 hora
Tiempo de reinicio del sistema	< 450 segundos

Fuente: Huawei eLTE Broadband Trunking Products

Elaborado por: Víctor Pozo

3.7.2 UNIDAD DE BANDA BASE BBU

La unidad de banda base BBU es la sección que se encarga de transferir señales entre la estación base y la red de core (ver figura 63).



Figura 63: BBU3900

Fuente: LTE Hardware Introduction, Huawei Technologies CO., LTD.

3.7.2.1 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas de una BBU se muestran en la tabla 34.

Tabla 34: Especificaciones técnicas de BBU3900

UNIDAD DE BANDA BASE BBU	
ITEM	ESPECIFICACIÓN
Número máximo de celdas	<p>4T4R beamforming: 18 celdas con un ancho de banda de 10 MHz o 20 MHz por cada celda.</p> <p>4 x 2 MIMO: 18 celdas con un ancho de banda de 5 MHz o 10 MHz o 20 MHz por cada celda</p> <p>2 x 2 MIMO: 18 celdas con un ancho de banda de 5 MHz o 10 MHz o 20 MHz por cada celda</p>
Rendimiento máximo por celda con el ancho de banda 20 MHz	Velocidad del enlace descendente en el Control de Acceso al medio (MAC) de la capa : 130 Mbit/s (4 x 2 MIMO y 2 x 2 MIMO)

Rendimiento máximo por NodoB	Suma de velocidades de datos de enlace ascendente y descendente en el MAC capa : 1500 Mbit/s
Número máximo de UEs conectados al NodoB	10,800
Potencia de entrada	-48 V CC (rango de voltage : -38.4V DC a -57V DC)
Dimensiones	Altura: 86 mm Ancho: 442 mm Profundidad: 310 mm
Peso	≤ 12 kg
Temperatura de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • -20 ° C a + 50 ° C (-4 ° F a + 122 ° F) (largo plazo) • + 50 ° C a + 55 ° C (122 ° F a 131 ° F) (corto plazo)
Humedad relativa	5% RH a 95% RH
Presión atmosférica	70 kPa a 106 kPa

Fuente: LTE Hardware Introduction, Huawei Technologies CO., LTD.

3.7.3 UNIDAD DE RADIO REMOTA RRU 3908

La RRU es la que se encarga de la función de modulación y demodulación de señales de banda base y de radio frecuencia. Para mejorar la cobertura del sistema se instala cerca de las antenas para reducir la longitud y pérdida de alimentación y se conecta a la BBU 3900 por medio de fibra óptica.

3.7.3.1 Conexiones RRU 3908

- **Cable de alimentación:** De color negro o azul, con 4mm² y alimentación de -48v DC.
- **Cable GND:** Es de color verde/amarillo con sección de 16 mm²

- **Fibra óptica multimodo**
- **Cable de radio frecuencia:** Es el cable de conexión entre la RRU y la antena, la distancia máxima es de 10 m.

En la figura 64, se muestra la conexión entre la BBU, RRU y la antena.

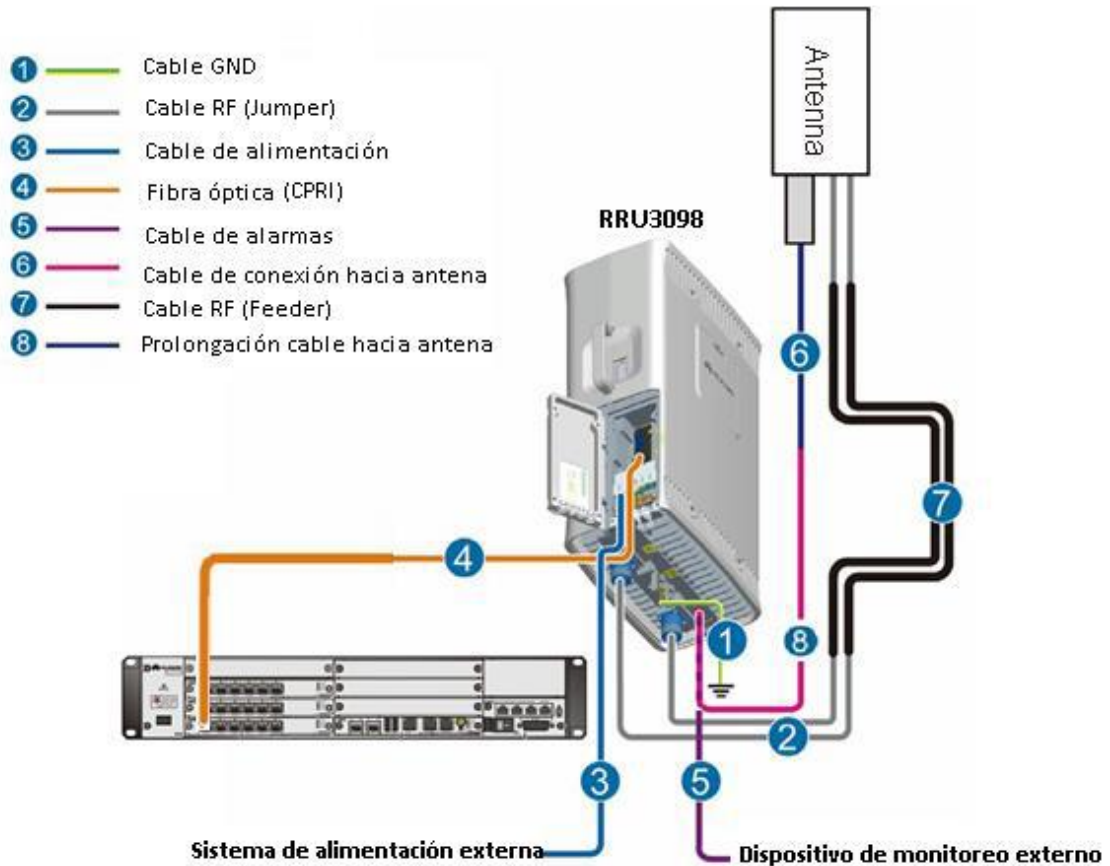


Figura 64: Conexión entre la BBU, RRU y la antena

Fuente: LTE Hardware Introduction, Huawei Technologies CO., LTD.

3.7.4 Antena Huawei Agisson DX-1710-2170-65-18i-2F

En la figura 65, se muestra la antena Huawei Agisson, la cual se escogió del catálogo proporcionado por Huawei Technologies CO., LTD, de los diferentes tipos de antenas para estaciones base, además la serie 1710-2170 nos indica la banda de frecuencia en la que trabaja, que va desde 1710 MHz a 2170MHz, una característica muy importante porque la tecnología HSDPA trabaja a 1900 MHz.



Figura 65: Antena Huawei Agisson DX-1710-2170-65-18i-2F

Fuente: Base Station Antenna Catalogue, Huawei Technologies CO., LTD.

Las principales características de las antenas Agisson son de acuerdo a su rendimiento eléctrico siendo más alto que el nivel medio en la industria, Intermodulación (PIM), la supresión de lóbulos laterales superior, y la facilidad de configurar el tilt eléctrico remotamente.

Estas antenas ofrecen calidad de red fiable y estable y se puede desplegar en escenarios diferentes para el uso a largo plazo.

3.7.4.1 Propiedades Eléctricas

En la tabla 35, se muestra las características eléctricas de la antena DX-1710-2170-65-18i-0F.

Tabla 35: Propiedades eléctricas de una antena DX-1710-2170-65-18i-0F

PROPIEDADES ELÉCTRICAS			
Rango de frecuencias (MHz)	1710-1880	1850-1990	1920-2170
Polarización	±45°		
VSWR	≤1.4		
Ganancia (dBi)	17.6	17.8	18.0
La supresión de los lóbulos laterales de primer lado lóbulo sobre el horizonte (dB)	Typ.20	Typ.20	Typ.20
3dB ancho de haz (horizontal)	68°	65°	62°
El aislamiento entre los puertos (dB)	≥30		
Front to back ratio (dB)	Typ.30		
Relación polar	0°	Typ.21	
Cross (dB)	±60°	Typ.10	
Downtilt eléctrico	0°		
Intermodulación IM3 (dBc)	≤-150 (2 × 43 dBm carrier)		
Max. CW potencia de entrada (W)	500		
Impedancia (Ω)	50		
Toma de tierra	DC ground		

Fuente: Base Station Antenna Catalogue, Huawei Technologies CO., LTD.

3.7.4.2 Propiedades Mecánicas

A continuación en la tabla 37, se especifica las propiedades mecánicas de la antena DX-1710-2170-65-18i-0F.

Tabla 36: Propiedades Mecánicas de una antena DX-1710-2170-65-18i-0F

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Dimensiones (H × W × D) (mm)	1306 × 155 × 79
Dimensiones del embalaje (H x W x D) (mm)	1770 × 260 × 130
Peso neto (kg)	5.5
Peso del soporte (kg)	3.0
Peso de embalaje (kg)	10.5
Downtilt mecánico	0° - 16°
Diámetro de mástil (mm)	50 - 114
Material	Fibra de vidrio
Temperatura de funcionamiento (° C)	- 55 - + 65
Carga de viento frontal (N)	150 (v=150km/h)
Carga de viento lateral (N)	115 (v=150km/h)
Carga de viento lado posterior (N)	225 (v=150km/h)
Velocidad máxima del viento (km / h)	200
Conector	2×7/16 DIN Female

Fuente: Base Station Antenna Catalogue, Huawei Technologies CO., LTD.

3.7.4.3 Lóbulos de Radiación

Finalmente en la figura 66, se muestra los lóbulos de radiación que tiene la antena DX-1710-2170-65-18i-0F.

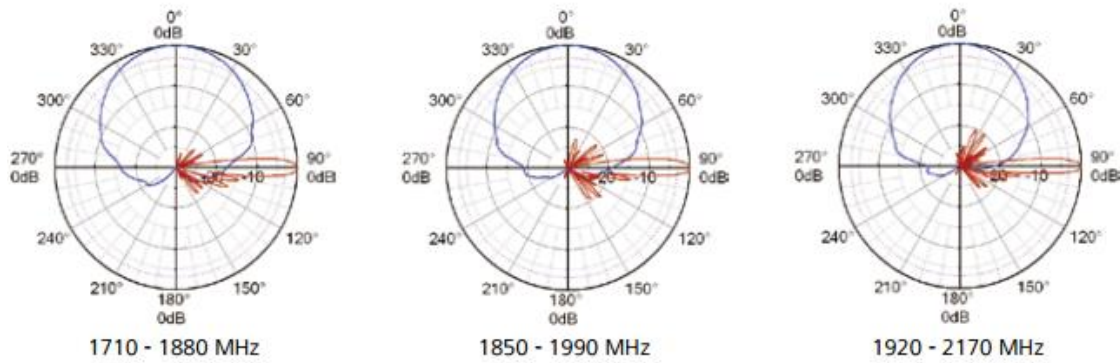


Figura 66: Lóbulos de radiación de una antena DX-1710-2170-65-18i-0F

Fuente: Base Station Antenna Catalogue, Huawei Technologies CO., LTD.

3.7.5 ANTENA MICROONDAS RTN 900

La antena RTN 900 es un elemento inteligente de red gestionar, aprovisionar, monitorear y realizar diagnósticos en forma remota. Esta antena es una solución ideal para las redes GSM/UMTS/LTE por lo que la red de telefonía evoluciona muy rápidamente y exige un mayor ancho de banda. En la figura 67. Se muestra un ejemplo de la antena microondas RTN 900.

3.7.5.1 Características

- Permite elegir la tecnología y la temporización óptimas de la red con Ethernet sincrónica e IEEE1588v2.
- Cumple con la sincronización de fases y frecuencias para redes GSM/UMTS/LTE.
- Utiliza la modulación adaptativa (AM) sin pérdida de datos para ajustar el ancho de banda y mejorar el uso del espectro.
- La tecnología AM permite aumentar el ancho de banda de transmisión hasta 4 veces y reducir los gastos de espectro.
- Tiene una frecuencia de trabajo 12.2 – 23.6 Ghz y una ganancia de 40,8 dBi.



Figura 67: OptiX RTN 900 Hybrid TDM/IP

Fuente: OptiX RTN 900 Hybrid TDM/IP Microwave Transmission Systems recuperado el 28/01/2016 de:
<http://e.huawei.com/en/products/fixed-network/transport/ip-microwave/rtn-900>

3.8 MODELO DE PROPAGACIÓN OKUMURA-HATA

Para el cálculo de pérdida del enlace lo realizamos con la fórmula 34 que es la siguiente:

$$L_b = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log h_t - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \log h_t) \log d \quad (34)$$

Donde:

$f = 1900$ MHz

$h_t = 15$ m

$h_m = 1,5$ m

$d = 2,5 \text{ Km}$

$a(h_m) = 0$ para $h_m = 1,5 \text{ m}$

2629

Reemplazando tenemos:

$$L_b = 46,3 + 33,9 \log(1900) - 13,82 \log 15 + (44,9 - 6,55 \log 15) \log 8$$

$$L_b = 46,3 + 111,15 - 16,25 + (44,9 - 16,25) 0,39$$

$$L_b = 141,2 + 11,17$$

$$L_b = 152,37 \text{ dBm}$$

Con este valor de atenuación del trayecto procedemos a calcular la potencia recibida por el móvil.

La ecuación de equilibrio de potencia es:

$$S = P_{Tx} - A_{CT} + G_T - L_b + G_R - A_{CR} - M \quad (34)$$

A_{CT} = Atenuación en los conectores del transmisor 1dB

A_{CR} = Atenuación en los conectores del receptor 1dB

$$P_{Rx} = S + M \quad (35)$$

$$P_{Rx} = 25 - 1 + 15 - 152,37 - 1 + 15 + 2$$

$$P_{Rx} = -97,37$$

Entonces la potencia de recepción del es de -97.37 dBm.

El valor obtenido de -97, 37 dBm es óptimo puesto que el valor normal de recepción de un móvil según sus características va de -70 dBm a -105 dBm,

3.8.1 ESTUDIO DE TRÁFICO

El tráfico de un sistema de telefonía móvil está dado por diversos factores, como: el número de usuarios, el grado de servicio y el tiempo promedio de duración de llamada.

Para el estudio del tráfico se debe calcular el número de Erlangs teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Porcentaje de número de usuarios que solicitan el servicio en la hora pico (Q_i)
- Tiempo de llamada (T_p)

Y se define por la siguiente ecuación:

$$(E) = \frac{Q_i * T_p}{3600} \quad (36)$$

Si tenemos un número de posibles usuarios de 1048 y si se toma una arbitrariedad de un 35 % (Manual de Operaciones CNT EP, Método probabilístico de Poison), solicita el servicio en hora pico tenemos 366 usuarios. De la misma forma si el promedio de llamada es de 2 minutos se tiene lo siguiente.

$$(E) = \frac{36 * 120 \text{ seg}}{3600}$$

$$(E) = 12,2$$

El factor de bloqueo para el cálculo de Erlang debe ser bajo, entre 1 y 2 %, para mejores condiciones de práctica a la hora del cálculo de canales (Irigoyen, 2004).

Si se utiliza un factor de bloqueo del 2% podemos observar en la tabla de Erlangs el número de canales de 19 (ver figura 68).

Erlang B Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N

N/B	B is in %											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21	44.41
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.06	47.74
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
37	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37
38	19.91	21.87	22.86	25.69	27.25	29.17	32.62	36.64	40.17	43.68	51.40	61.03
39	20.64	22.64	23.65	26.53	28.13	30.08	33.61	37.72	41.32	44.91	52.82	62.69
40	21.37	23.41	24.44	27.38	29.01	31.00	34.60	38.79	42.48	46.15	54.24	64.35
41	22.11	24.19	25.24	28.23	29.89	31.92	35.58	39.86	43.63	47.38	55.66	66.02
42	22.85	24.97	26.04	29.09	30.77	32.84	36.57	40.94	44.78	48.62	57.08	67.68
43	23.59	25.75	26.84	29.94	31.66	33.76	37.57	42.01	45.94	49.85	58.50	69.34

N is the number of servers. The numerical column headings indicate blocking probability B in %.

Figura 68: Tabla de Erlangs

Fuente: https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSTPI2_hgelw-ulBvpeDRewhxZwyz21ieoj_sEZ7N5R3a_vz3AhYQ

3.9 PRUEBAS DE DISEÑO

A continuación se presentará las pruebas de diseño mediante la simulación en Radio Mobile, basado en los parámetros obtenidos en el cálculo del enlace entre la estación Pablo Arenas y Buenos Aires.

3.9.1 LEVANTAMIENTO DE PUNTOS DE REFERENCIA PARA EL ENLACE

De acuerdo a los enlaces para determinar el perfil del terreno se obtuvieron los siguientes puntos mostrados en la tabla 37:

Tabla 37: Puntos referenciales del diseño

LUGAR	LATITUD	LONGITUD	ALTURA msnm
Pablo Arenas	0°30'15''	78°11'0.5'' W	2314,3
Buenos Aires	0°37'60''N	78°18'0'' W	2600
Quillopamba	0°33'26.9'' N	78°16'2.62'' W	3823

Elaborado por: Víctor Pozo

Como en la tabla 38 se tomó como puerta de enlace a la estación Pablo Arenas para la conectividad con la CNT.EP. El enlace parte desde este punto a la nueva estación propuesta Quillopamba y de Quillopamba a una repetidora Buenos Aires.

Para esta simulación se utilizará el software Radio Mobile ya que presenta mayores características que el software PathLoss donde se realizó el trazo de los perfiles del terreno.

3.9.2 ENLACE PABLO ARENAS-QUILLOPAMBA

En este enlace el más prioritario de la red ya que de este depende el punto de conexión a la red CNT.

Parámetros para el enlace:

Frecuencia mínima = 14500 MHz

Frecuencia máxima = 14528 MHz

Polarización: vertical

Distancia: 10,9 Km

Para el enlace ubicamos los puntos en el mapa (ver figura 69).

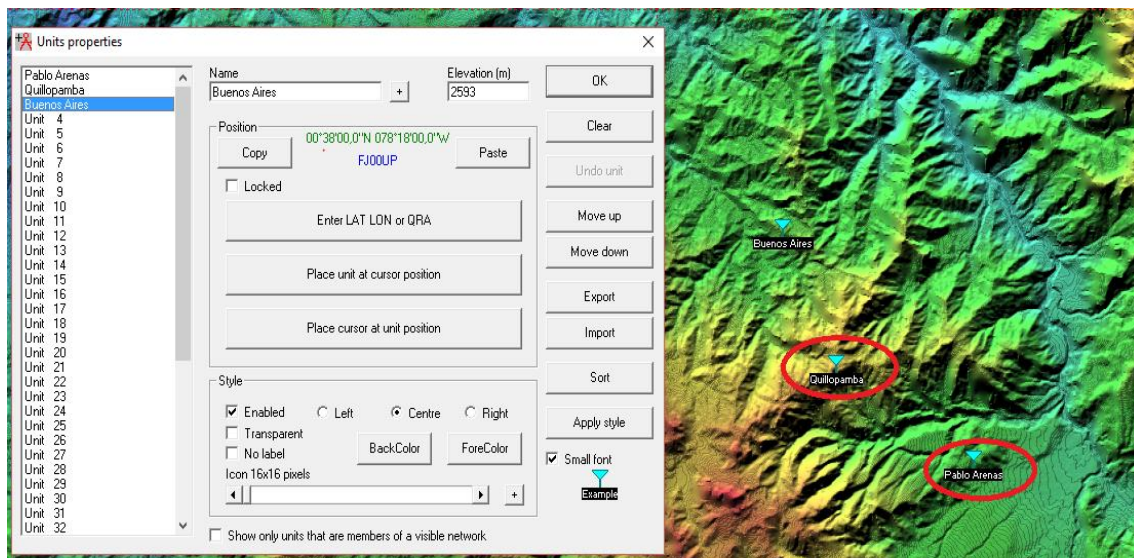


Figura 69: Puntos de referencia Pablo Arena-Quillopamba

Fuente: Simulación Radio Mobile

Elaborado por: Víctor Pozo

Luego se procede a ingresar las características del enlace, mostrados en la figura 70, que son las siguientes:

Ganancia de la antena: 40,8 dBm

Nivel de sensibilidad: -75 dBm

Pérdidas en líneas de transmisión: 2 dB

Ganancia de la antena: 17,8

Altura: 40 m

Pérdida en los cables: 4

Figura 70: Ingreso de datos de la estación Pablo Arenas

Fuente: Simulación Radio Mobile

Elaborado por: Víctor Pozo

Ahora se procede a ingresar las características del segundo punto Quillopamba (ver figura 71), con la variación de la altura de la antena a 45 m.

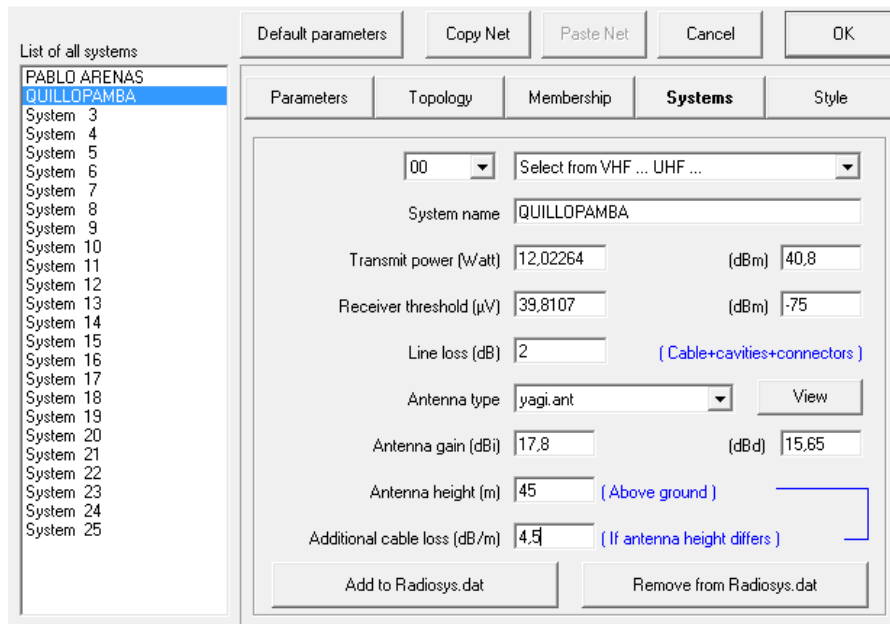


Figura 71: Ingreso de datos de la estación Quillopamba

Fuente: Simulación Radio Mobile

Elaborado por: Víctor Pozo

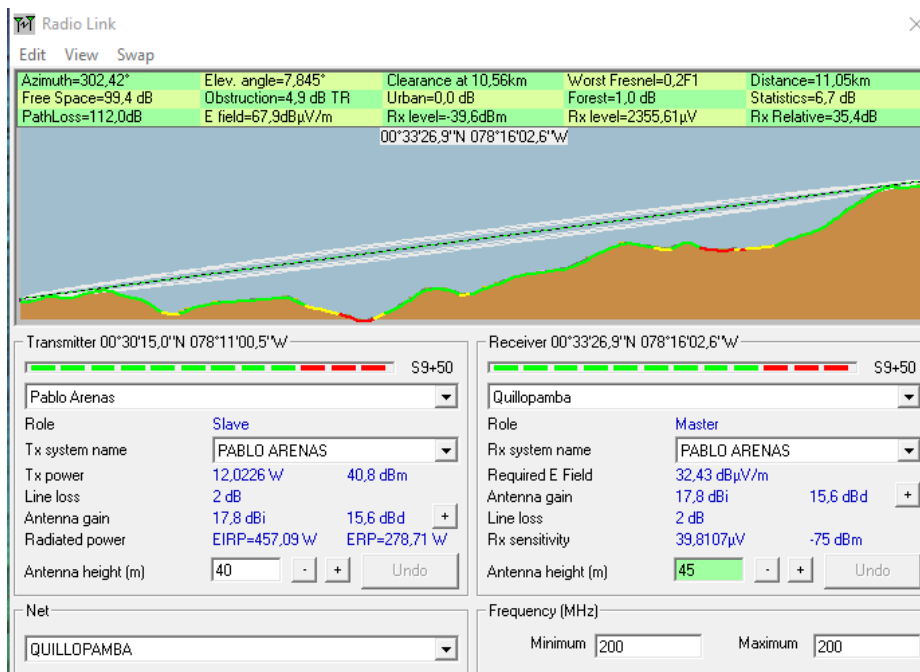


Figura 72: Enlace Pablo Arenas-Quillopamba

Fuente: Simulación Radio Mobile

Elaborado por: Víctor Pozo

Resultado:

De acuerdo al perfil del terreno en la figura 72 y 73, se ve claramente que el enlace tiene una línea de vista despejada con una potencia de recepción de 23,4 dB.

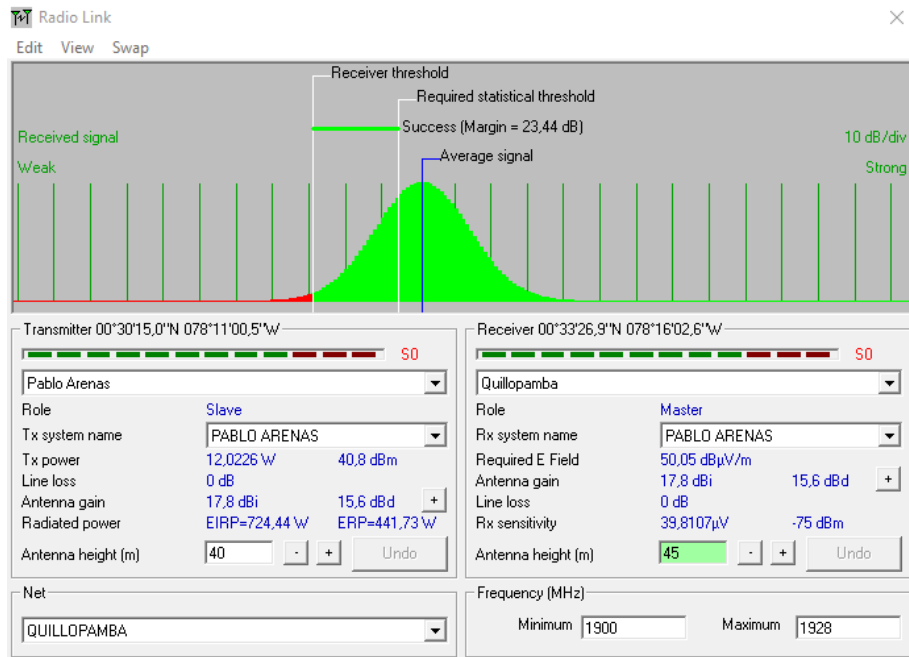


Figura 73: Distribución de la señal

Fuente: Simulación Radio Mobile

Elaborado por: Víctor Pozo

3.9.3 ENLACE QUILLOPAMBA-BUENOSAIRE

Para este enlace utilizamos los siguientes valores:

Parámetros para el enlace:

Frecuencia mínima = 15000 MHz

Frecuencia máxima = 15028 MHz

Polarización: vertical

Distancia: 9,1 Km

Ganancia de la antena: 40,8 dBm

Nivel de sensibilidad: -75 dBm

Pérdidas en líneas de transmisión: 2 dB

Ganancia de la antena: 17,8

Altura: 15 m

Pérdida en los cables: 1,5

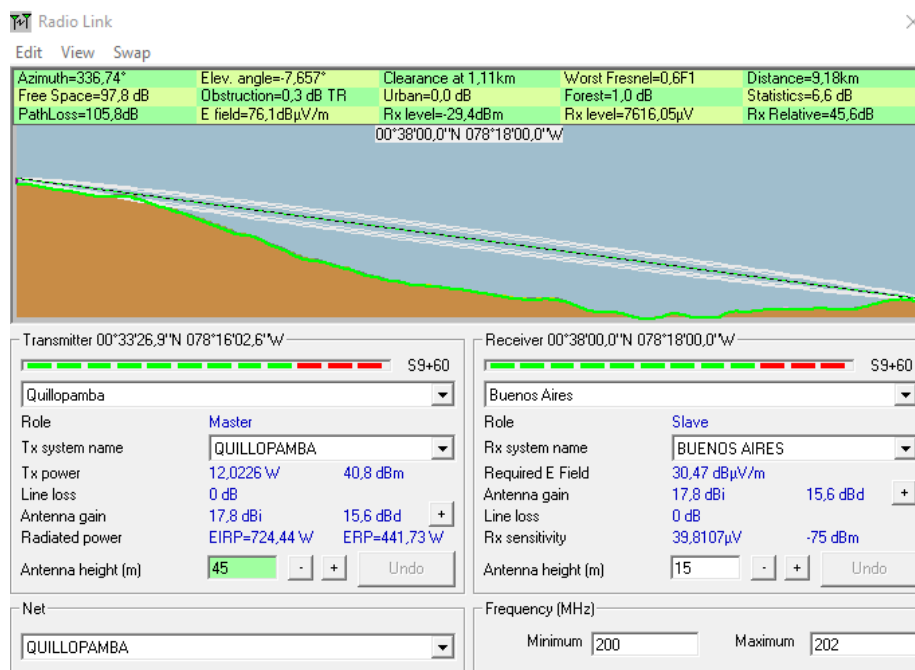


Figura 74: Enlace Quillopamba-Buenos Aires

Fuente: Simulación Radio Mobile

Elaborado por: Víctor Pozo

De la misma forma que en el enlace Pablo Arenas-Quillopamba, en la figura 74 se muestra el enlace Quillopamba-Buenos Aires.

Resultado:

De acuerdo al perfil del terreno se ve claramente que el enlace tiene una línea de vista despejada con una potencia de recepción de 27,5 dB (ver figura 75).

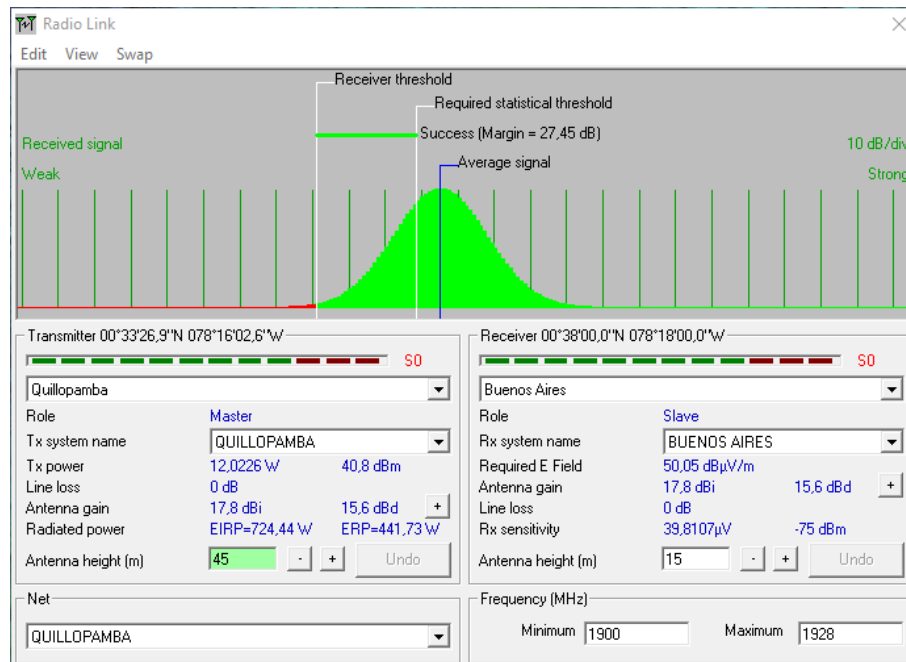


Figura 75: Distribución de la señal

Fuente: Simulación Radio Mobile

Elaborado por: Víctor Pozo

3.9.4 COBERTURA

En la figura 76, se puede visualizar la zona de cobertura de todo el enlace, la parte de color rojo nos indica la cobertura del primer enlace Pablo Arenas-Quillopamba y la parte de color azul representa la cobertura del segundo enlace Quillopamba-Buenos Aires.

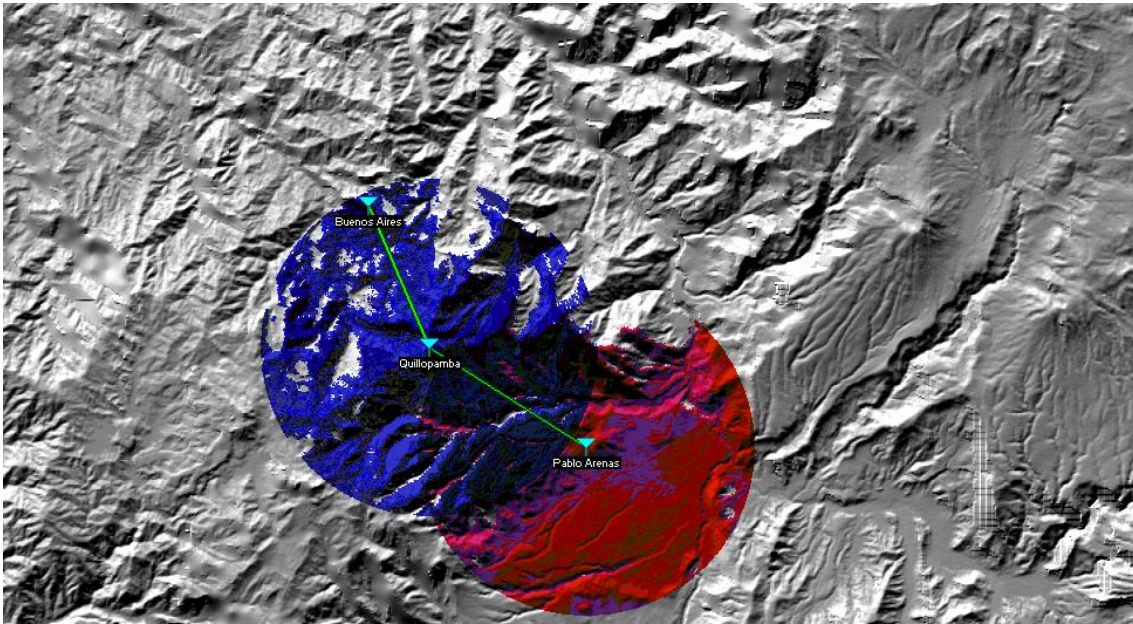


Figura 76: Zona de Cobertura

Fuente: Simulación Radio Mobile

Elaborado por: Víctor Pozo

Luego de realizar los cálculos y la simulación correspondiente se verifica que el enlace es factible, debido a que mediante 2 enlaces en cascada que no superan los 10 km, con línea de vista directa se puede tener un rango de cobertura hasta la zona poblada de la parroquia de Buenos Aires.

La simulación de los dos radio enlaces, determina una parte del correcto funcionamiento de la estación base Quilopamba. Pero como se sabe si la estación base funciona o no, para esto se realiza una comparativa con la estación base Mindo.

3.10 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico es necesario estimar el presupuesto de implementación de una estación base como los equipos de transmisión microondas para el enlace. Para esto se cuenta con las ofertas de contratación en el mercado ecuatoriano tomados del Reporte_Total_de_Procesos_2014_Transparencia_final.

A continuación se muestran los valores de equipos que corresponden a costos como referencia que proporciona la empresa Huawei, según los requerimientos del proyecto.

Es evidente que los valores que se presentan a continuación son aproximados, no reales, ya que dependen del proveedor y la demanda en el mercado.

Los costos de los equipos necesarios se muestran en la tabla 38:

Tabla 38: Costos de equipos ofrecidos por Huawei y por el portal de compras públicas.

EQUIPO	MARCA	MODELO	PRECIO TOTAL (USD)
Estación Base	Huawei	DBS 3900	145181,00
Humper BSC	Huawei	Huper BSC6680	50104,00
Rack de WM	Huawei	APM200	2619,62
Terminales del suscriptor	Huawei	indoor / outdoor BM632	348,14
Mantenimiento Preventivo			0
Equipamiento de energía DC			
Rectificadores	EMERSON	PS48600	6646,15
Banco de baterías	COSLIGHT	6GFMZ	2688,64
Repuestos			20219,07
Licenciamientos			481000,0
Para Gabinetes			18902,70
Expansiones			9250,00
Sistema de Gestión	Huawei	M200 Y AP Manager	271797,91
Software de Planeación	Huawei		50000,00

Controlador de estaciones	Huawei	WASN9770	181863,66
Otros	Servidor AAA		190249,00
	Servidor DNS y DHCP		64.472,00
Subtotal			1495341,89
Inprevistos 10%			149534,189
TOTAL			1644876,08

Fuente: Reporte_Total_de_Procesos_2014_Transparencia_final.

Recuperado de:

https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=Z-RSVHFqrfBQ7bQQ4nnSvQOncaPU4_8UxrbuwzIE8FA

3.10.1 COSTOS DE INGENIERÍA

En los costos de ingeniería corresponden a los honorarios que la empresa debe cancelar a las personas que realizan el diseño. Estas personas son las que se encargan de realizar el estudio de campo, estudio del suelo, obra civil.

Estos valores se consideran de los resultados del portal de compras públicas ya que esto lo realizan otras empresas (ver tabla 39).

Tabla 39: Costos de Ingeniería

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO
Estudio de Campo	1	500,00
Estudios de suelo	1	12000,00
Diseño del Sistema de Trasmisión	1	10000,00
Obra civil	1	17920,00
TOTAL		40420,00

Fuente: Reporte_Total_de_Procesos_2014_Transparencia_final.

Recuperado de:

https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=Z-RSVHFqrfBQ7bQQ4nnSvQOncaPU4_8UxrbuwzIE8FA

3.10.2 COSTOS TOTALES DE IMPLEMENTACIÓN

Los costos totales de implementación se obtienen de la unión de los costos de equipos y los costos de ingeniería.

En la tabla 40, se realiza un resumen de los costos de equipos y de ingeniería.

Tabla 40: Costos de Implementación

DESCRIPCIÓN	COSTOS
Costos de equipos	40420,00
Costos de ingeniería	1644876,08
TOTAL	1685296,08

Fuente: Víctor Pozo

3.10.3 INDICADORES DE RENTABILIDAD

Para el desarrollo de cualquier proyecto es necesario realizar una evaluación económica del mismo. En este caso aunque CNT EP es una empresa pública siempre factura a sus clientes por lo que es evidente que tiene un plazo de recuperación de la inversión.

3.10.3.1 Flujo de caja

Para obtener el flujo de caja nos basamos en los planes tarifarios de telefonía y datos que tiene CNT EP.

En la tabla 41, se muestra el plan de referencia a utilizar para la realización del flujo de caja en los próximos 10 años.

Tabla 41: Planes de referencia para flujo de caja.

PLAN	COSTO MENSUAL (USD)	COSTO ANUAL (USD)
2000 MB	25,75	309

Fuente: https://www.cnt.gob.ec/movil/plan/planes_datos_voz_lte/

De acuerdo a las encuesta se obtuvo un número de 1048 posibles cliente de telefonía e internet móvil, este es nuestro punto de partida para realizar los indicadores de rentabilidad del proyecto, teniendo en cuenta un crecimiento del 2% al año según el cálculo de la demanda futura.

La tabla 42, muestra el flujo de caja para 10 años.

Tabla 42: Flujo de caja a 10 años

NÚMERO DE AÑOS	USUARIOS	INGRESO MENSUAL (USD)	INGRESO ANUAL (USD)	SUMA
1	1048	26986	323832	323832
2	1069	27526,75	330321	654153
3	1090	28067,5	336810	990963
4	1111	28608.25	343299	1334262
5	1133	29174,75	350097	1684359
6	1155	29741.25	356895	2041254
7	1178	30333.5	364002	2405256
8	1201	30925.75	371109	2776365
9	1225	31543.75	378525	3154890
10	1249	32161.75	385941	3540831

Fuente: Víctor Pozo

3.10.4 INDICADORES DE RENTABILIDAD

CNT EP. Al ser una empresa pública factura a sus usuarios, por lo que es necesario realizar un análisis de rentabilidad con fines de lucro. Para esto se utiliza los siguientes indicadores:

- Valor actual neto (VAN)
- Tasa interna de retorno (TIR)
- Relación beneficio costo (B/C)
- Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

3.10.4.1 Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto, es un método de valoración de inversiones que se define como la diferencia entre el valor actual de los ingresos esperados de una inversión y el valor actual de los egresos.

El proyecto es rentable = VAN positivo, cuando se tiene un VAN igual a cero es indiferente aceptar o no el proyecto.

Pero si el VAN es menor a cero el proyecto no es viable.

Se define por la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^m \frac{F_n}{(1-i)^n} \quad (37)$$

Donde:

I_0 = Inversión Inicial

F_n = Flujos Netos

m= Número de períodos considerados

i= Tasa de interés (9,33% vigente en el mercado)

Reemplazando tenemos:

$$\begin{aligned}
 VAN = & -1685296 + \frac{323832}{(1 - 0,0933)^1} + \frac{330321}{(1 - 0,0933)^2} + \frac{336810}{(1 - 0,0933)^3} \\
 & + \frac{343299}{(1 - 0,0933)^4} + \frac{350097}{(1 - 0,0933)^5} + \frac{356895}{(1 - 0,0933)^6} \\
 & + \frac{364002}{(1 - 0,0933)^7} + \frac{371109}{(1 - 0,0933)^8} + \frac{378525}{(1 - 0,0933)^9} \\
 & + \frac{385941}{(1 - 0,0933)^{10}} \\
 & \mathbf{VAN=4723762,244}
 \end{aligned}$$

El valor del VAN es superior a cero, por lo tanto el proyecto es rentable.

3.10.4.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno, se refiere a la tasa de rendimiento utilizada en el presupuesto de capital para medir la rentabilidad de las inversiones y si este valor es mayor que la tasa de interés el proyecto es viable.

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$0 = -I_0 + \sum_{n=1}^m \frac{F_n}{(1 - TIR)^n} \quad (38)$$

Donde:

I_0 = Inversión Inicial

F_n = Flujos Netos

m= Número de períodos totales

r= Tasa interna de retorno

Reemplazando:

$$0 = -1685296 + \frac{323832}{(1 - TIR)^1} + \frac{330321}{(1 - TIR)^2} + \frac{336810}{(1 - TIR)^3} + \frac{343299}{(1 - TIR)^4} \\ + \frac{350097}{(1 - TIR)^5} + \frac{356895}{(1 - TIR)^6} + \frac{3364002}{(1 - TIR)^7} + \frac{371109}{(1 - TIR)^8} + \frac{378525}{(1 - TIR)^9} \\ + \frac{385941}{(1 - TIR)^{10}}$$

$$\mathbf{TIR = 15,83\%}$$

El valor del TIR es superior a la tasa de interés en el mercado que es de 9,33%, por lo que el proyecto es viable.

3.10.4.3 Relación beneficio costo (B/C)

Este valor nos permite determinar la rentabilidad del proyecto en términos generales. El resultado expresa el dinero ganado en cada dólar que se invierte en el proyecto.

Lo define la siguiente fórmula:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_1^n VAN_n}{I_0} \quad (39)$$

Donde:

VAN= Valor actual neto

n= Duración del proyecto en años

Io= Inversión Inicial

Reemplazando:

$$\frac{B}{C} = \frac{4723762,244}{1685296} = 2,8 \text{ usd}$$

La relación costo beneficio da un valor de 2,8, lo que quiere decir que por cada dólar invertido se obtiene 2,8 dólares de ganancia a 10 años.

3.10.4.4 Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

- Este período indica el tiempo necesario para recuperar el capital invertido.
- Entre más corto sea el período más viable es el proyecto.
- Una forma de calcular el PRI es ir acumulando los flujos netos hasta llegar a cubrir la inversión (ver tabla 43).

Tabla 43: Flujos netos hasta cubrir la inversión

NÚMERO DE AÑOS	FLUJOS NETOS (USD)	FLUJOS NETOS ACUMULADOS
1	323832	323832
2	330321	654153
3	336810	990963
4	343299	1334262
5	350097	1684359
6	356895	2041254
7	364002	2405256
8	371109	2776365
9	378525	3154890
10	385941	3540831

Fuente: Víctor Pozo

- Haciendo una comparativa entre el valor inicial de inversión de 1685296,08 y el flujo neto acumulado en el quinto año de 1684359, son valores casi iguales, por lo que se considera que el periodo de recuperación de la información se encuentra entre el quinto y sexto año.

El objetivo del proyecto no es solo de proveer rentabilidad económica para la CNT EP, sino también es brindar un beneficio social a la parroquia la Merced de Buenos Aires, puesto que el propósito del Gobierno Nacional, es brindar servicios de telecomunicaciones a todos los habitantes del territorio, sin perjuicio de su condición económica, social y localización geográfica para garantizar el buen vivir.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La introducción del presente proyecto permite cubrir las expectativas y requerimientos de los usuarios, con respecto a los servicios de telecomunicaciones tanto voz y datos con un ancho de banda adecuado para estas necesidades.
- Se determinó que el mejor lugar para la ubicación de la nueva estación base es la loma de Quillopamba, puesto que tiene una línea de vista sin obstáculos con la estación Pablo Arenas, con una zona de Fresnel de 3 metros y potencia de recepción de 23,4 dB, que permite acceder a la red de acceso de CNT EP y a su vez con la zona poblada de la parroquia la Merced de Buenos Aires, donde se propone una repetidora de señal.
- Se propuso utilizar la estación base DBS 3900, debido a que la CNT EP tiene un contrato homologado con la empresa Huawei, y también por sus características de compatibilidad con tecnologías anteriores como UMTS y posteriores como LTE, lo cual es un aspecto muy importante a la hora ofrecer un servicio de mayor eficacia.
- En base a la ITU-R, se escogió la banda de frecuencia de 14,4-15,35 GHz, la cual permitió obtener los datos descritos en la tabla 32, que apoyados con los parámetros técnicos de los equipos, se determinó la factibilidad del enlace punto a punto desde la estación Pablo Arenas hasta la repetidora Buenos Aires mediante la simulación en el software Radio Mobile.
- No existe rentabilidad a corto plazo, debido a que el crecimiento en la parroquia es apenas del 2%, por lo que se hace un flujo de caja para diez años (ver tabla 43) y se determinó que la inversión inicial se recupera entre el quinto y sexto año.

- De acuerdo al análisis económico del proyecto se recomienda la implementación del mismo puesto que los indicadores de rentabilidad demuestran su factibilidad y así cumplir con uno de los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que al momento de realizar el diseño de un radio enlace, se toma en cuenta la mejor ruta y equipos compatibles con tecnologías anteriores y posteriores que permitan cubrir las características necesarias para el óptimo funcionamiento del enlace.
- Con lo referente a la captación de información, se recomienda elaborar encuestas fáciles de entender y que no sean demasiado largas, con el objetivo de tener una mejor interpretación de datos.
- Al momento de la instalación de las antenas se recomienda la correcta configuración de parámetros físicos (TIL eléctrico y TIL mecánico), por lo que de esto depende el área de cobertura de la red.
- Al momento de determinar la frecuencia de trabajo para los diferentes tramos del enlace se debe considerar la distancia entre puntos y que se adapte al Plan Nacional de Frecuencias emitido por el ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones).

GLOSARIO DE TÉRMINOS

HSDPA: High-Speed Uplink Packet Access

LTE: Long Term Evolution

Azimut: Es el ángulo que se mide desde el norte en sentido de las manecillas del reloj. Su valor varía desde 0° hasta 360.

RNC: Estación de Radio Control, encargada de manejar los recursos de radio en una estación base celular.

16QAM: Modulación de amplitud en cuadratura de 16 estados

Soft Handover: Proceso de transferir servicios de una estación a otra sin producir interrupción en el enlace.

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

WCDMA: Acceso múltiple por división de código de banda ancha

GSM: Global System for Mobile communications

GPRS: General Packet Radio Service

3GPP: Proyecto Asociación de Tercera Generación, es una colaboración de grupos de asociaciones de telecomunicaciones, conocidos como miembros organizativos

MSC: La Central de Conmutación Móvil, es donde se encuentra la parte cerebral de la red, esta contiene un sistema de conmutación celular y un procesador central.

PSTN: Public Switched Telephone Network

UTRAN: Universal Terrestrial Radio Acces Network

FDD: Duplexación por división de frecuencia

TDD: Duplexación por división de tiempo

QPSK: Modulación por Desplazamiento Cuadrafásica)

PIRE: Potencia Isotrópica Efectiva Radiada

UIT-R: Radiocommunication Sector of the International Telecommunication Union

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

ARCOTEL: Agencia de regulación y control de las telecomunicaciones

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 2014-2019, G. M. (2014). Actualización Del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial San Miguel De Urucuquí. Urucuquí.
- Almeida, L. G. (2013). Estudio De Factibilidad Para La Creación De Una Pequeña Empresa De Acopio Y Comercialización De Frutas Producidas En La Parroquia La Merced De Buenos Aires Del Cantón Urucuquí. Ibarra.
- DÍAZ, A. D. (2010). Análisis del desempeño de arreglos de antenas en el sistema de comunicaciones móviles UMTS. México.
- IZURIETA, J. E. (2010). Análisis De La Tecnología Cdma – 450 Y Su Aplicación En La Propuesta De Diseño De Una Bts En Santa Rosa De Izitziñag Y Sus Alrededores Para Cnt S.A (Chimborazo). Riobamba.
- Lazcano, K. G. (2009). Calculo Y Simulación Para Enlaces De Microondas Punto A Punto. México.
- Miranda, J. L. (2002). Ingeniería de Microondas Técnicas Experimentales. Madrid: Person educación, S.A.
- Morillo, D. F. (2010). Análisis Comparativo De Las Tecnologías. En D. F. Morillo, Análisis Comparativo De Las Tecnologías (Pág. 202). Quito.
- Muñoz, F. J. (s.f.). Ingeniero. En F. J. Muñoz, Sistema HSDPA – Banda Ancha Móvil (pág. 25). Universidad de Sevilla.
- Natalí, R. A. (2009). Planeación Y Diseño De Una Red Celular 3g Utran Para. Riobamba.
- Utreras, J. A. (2014). Plan De Negocios De Un Sistema Inalámbrico Cdma 450 En La. Ibarra.
- Valdivieso, A. R. (2014). Estudio De Telefonía Fija Inalámbrica Con Cdma-450: Propuesta; Diseño De Bts Para Cnt-Ep Chimborazo, Para El Sector Palmira. Riobamba.

REFERENCIAS LINGÜÍSTICAS

- Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT), recuperado de:
<http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit162/56-60.pdf>
<http://www.gsmSpain.com/glosario/?palabra=HSDPA#>.

- 3G UMTS HSDPA - High Speed Downlink Packet Access Tutorial, recuperado de:
<http://www.radio-electronics.com/info/cellularTelecomms/3g-hspa/hsdpa-high-speed-downlink-packet-access.php>.

- Ramos, La Evolución De La Tecnología Móvil: 1G, 2G, 3G, 4G. publicado el 29 julio, 2014, recuperado de:
<http://blog.masmovil.es/la-evolucion-de-la-tecnologia-movil-1g-2g-3g-4g/>.

- Valverde Gustavo, Evolución de la Tecnología Móvil: 1G, 2G, 3G, 4G, publicado el 7 mayo, 2011 11:26, recuperado de:
<http://linkea.do/evolucion-de-la-tecnologia-movil-1g-2g-3g-4g/>.

- Dhruv Singh Thakur, Krishnakant Nayak, Rohini Piplewar, Evolution of High Speed Download Packet Access (HSDPA) Networks, publicado el 11 de noviembre del 2013, recuperado de:
<http://www.ijert.org/view-pdf/6413/evolution-of-high-speed-download-packet-access-hsdpa-networks>.

- Sistemas de Modulación, publicado el 21 de diciembre del 2009, recuperado de:
<http://www.analfatecnicos.net/archivos/15.SistemasModulacionWikipedia.pdf>.

- Unidad Base Band, recuperado de:
<http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&sl=en&u=https://www.fairchildsemi.com/applications/telecommunication/base-band-unit/&prev=search>.

- Unidad de banda base (BBU), recuperado de:

<http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.exfo.com/glossary/baseband-unit&prev=search>.

- Zapata Alberto, Tutorial básico de Pathloss, publicado el 28 de julio del 2012, recuperado de:
<http://blogcomunicacionesmoviles.blogspot.com/2012/07/tutorial-basico-de-pathloss.html>.
- Polarization of Plane Waves, publicado el 2009-2015, recuperado de:
<http://www.antenna-theory.com/basics/polarization.php>.
- Ubicación Geográfica Del Cantón Urcuquí, publicado el 13 de agosto del 2015, recuperado de:
<http://www.municipiourcuqui.gob.ec/munurcuqui/index.php/2014-08-15-16-40-26/ubicacion-geografica>.
- Información Censal Cantonal, recuperado de:
http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es.
- Pathloss 5 - Where to begin, publicado el 31 de octubre del 2012, recuperado de:
http://www.pathloss.com/pwiki/index.php?title=Pathloss_5_-_Where_to_begin.
- Diseño de redes inalámbricas con Radio Mobile (III), publicado el 8 de diciembre del 2008, recuperado de:
<http://nidea-soluciones.blogspot.com/2008/12/diseo-de-redes-inalmbricas-con-radio.html>.
- Luis Escobar, Adrián Escalona, Héctor Herazo, Frank Madera, PROPAGACIÓN DE ONDAS, publicado el 12 de noviembre del 2012, recuperado de:
<http://propagaciondeondascom1.blogspot.com/2012/11/margen-de-desvanecimiento.html>.
- Propagación en Comunicaciones Móviles, recuperado de:

<http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles/contenidos/capitulo-3.-propagacion-en-comunicaciones-moviles-1>

- Juan Ignacio Morales, recuperado de:
https://www.academia.edu/5051509/C%C3%A1lculo_de_Radio_Enlace_en_la_banda_GSM-850_utilizando_Modelo_de_Propagaci%C3%B3n_Okumura-Hata.

- Montaje de un enlace wireless de larga distancia, publicado el 25 de septiembre del 2008, recuperado de:
http://www.inforactiva.net/index.php?option=com_content&view=article&id=184:montaje-de-un-enlace-wireless-de-larga-distancia&catid=35:redes.

- Enciclopedia Financiera, recuperado de:
<http://www.encyclopediafinanciera.com/finanzas-corporativas/tasa-interna-de-retorno.htm>.

ANEXOS

ANEXO A ENCUESTA REALIZADA A LOS HABITANTES DE LA PARROQUIA LA MERCED DE BUENOS AIRES.

EDAD:..... **GÉNERO:** Masculino () Femenino ()

NIVEL DE INSTRUCCIÓN

Analfabetismo () Primario () Secundario () Superior ()

1. ¿Qué tipo de vivienda posee?

Arrendada () Propia ()

2. ¿Cuántos miembros son en su familia?

.....

3. ¿Usted es jefe de familia?

Si () No ()

4. ¿Qué tipo de ingresos tiene?

Inferior al sueldo básico () Sueldo Básico () Superior al sueldo básico ()

5. ¿Cuenta con telefonía fija?

Si () No ()

6. ¿Cuánto es el costo de su planilla telefónica?

Menor a 10 usd () Entre 10 y 20 usd () Superior a los 20 usd ()

7. ¿Le gustaría tener servicio de telefonía celular?

Si () No ()

8. ¿Le gustaría tener servicio de internet móvil?

Si () No ()

9. ¿Cuenta con equipo celular?

Si () No ()

10. ¿Hasta cuánto está dispuesto a pagar por el servicio de telefonía e internet móvil?

ANEXO B TABLA DE VALORES ERLANG

Erlang B Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N
B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.0000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.738	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.38	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.052	5.446	6.663	7.332	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.30	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.32	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.35	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.38	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21	44.41
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05	47.74
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
37	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37
38	19.91	21.87	22.86	25.69	27.25	29.17	32.62	36.64	40.17	43.68	51.40	61.03
39	20.64	22.64	23.65	26.53	28.13	30.08	33.61	37.72	41.32	44.91	52.82	62.69
40	21.37	23.41	24.44	27.38	29.01	31.00	34.60	38.79	42.48	46.15	54.24	64.35
41	22.11	24.19	25.24	28.23	29.89	31.92	35.58	39.86	43.63	47.38	55.66	66.02
42	22.85	24.97	26.04	29.09	30.77	32.84	36.57	40.94	44.78	48.62	57.08	67.68
43	23.59	25.75	26.84	29.94	31.66	33.76	37.57	42.01	45.94	49.85	58.50	69.34

44	24.33	26.53	27.64	30.80	32.54	34.68	38.56	43.09	47.09	51.09	59.92	71.01
45	25.08	27.32	28.45	31.66	33.43	35.61	39.55	44.17	48.25	52.32	61.35	72.67
46	25.83	28.11	29.26	32.52	34.32	36.53	40.55	45.24	49.40	53.56	62.77	74.33
47	26.59	28.90	30.07	33.38	35.22	37.46	41.54	46.32	50.56	54.80	64.19	76.00
48	27.34	29.70	30.88	34.25	36.11	38.39	42.54	47.40	51.71	56.03	65.61	77.66
49	28.10	30.49	31.69	35.11	37.00	39.32	43.53	48.48	52.87	57.27	67.04	79.32
50	28.87	31.29	32.51	35.98	37.90	40.26	44.53	49.56	54.03	58.51	68.46	80.99
51	29.63	32.09	33.33	36.85	38.80	41.19	45.53	50.64	55.19	59.75	69.88	82.65
52	30.40	32.90	34.15	37.72	39.70	42.12	46.53	51.73	56.35	60.99	71.31	84.32
53	31.17	33.70	34.98	38.60	40.60	43.06	47.53	52.81	57.50	62.22	72.73	85.98
54	31.94	34.51	35.80	39.47	41.51	44.00	48.54	53.89	58.66	63.46	74.15	87.65
55	32.72	35.32	36.63	40.35	42.41	44.94	49.54	54.98	59.82	64.70	75.58	89.31
56	33.49	36.13	37.46	41.23	43.32	45.88	50.54	56.06	60.98	65.94	77.00	90.97
57	34.27	36.95	38.29	42.11	44.22	46.82	51.55	57.14	62.14	67.18	78.43	92.64
58	35.05	37.76	39.12	42.99	45.13	47.76	52.55	58.23	63.31	68.42	79.85	94.30
59	35.84	38.58	39.96	43.87	46.04	48.70	53.56	59.32	64.47	69.66	81.27	95.97
60	36.62	39.40	40.80	44.76	46.95	49.64	54.57	60.40	65.63	70.90	82.70	97.63
61	37.41	40.22	41.63	45.64	47.86	50.59	55.57	61.49	66.79	72.14	84.12	99.30
62	38.20	41.05	42.47	46.53	48.77	51.53	56.58	62.58	67.95	73.38	85.55	101.0
63	38.99	41.87	43.31	47.42	49.69	52.48	57.59	63.66	69.11	74.63	86.97	102.6
64	39.78	42.70	44.16	48.31	50.60	53.43	58.60	64.75	70.28	75.87	88.40	104.3
65	40.58	43.52	45.00	49.20	51.52	54.38	59.61	65.84	71.44	77.11	89.82	106.0
66	41.38	44.35	45.85	50.09	52.44	55.33	60.62	66.93	72.60	78.35	91.25	107.6
67	42.17	45.18	46.69	50.98	53.35	56.28	61.63	68.02	73.77	79.59	92.67	109.3
68	42.97	46.02	47.54	51.87	54.27	57.23	62.64	69.11	74.93	80.83	94.10	111.0
69	43.77	46.85	48.39	52.77	55.19	58.18	63.65	70.20	76.09	82.08	95.52	112.6
70	44.58	47.68	49.24	53.66	56.11	59.13	64.67	71.29	77.26	83.32	96.95	114.3
71	45.38	48.52	50.09	54.56	57.03	60.08	65.68	72.38	78.42	84.56	98.37	116.0
72	46.19	49.36	50.94	55.46	57.96	61.04	66.69	73.47	79.59	85.80	99.80	117.6
73	47.00	50.20	51.80	56.35	58.88	61.99	67.71	74.56	80.75	87.05	101.2	119.3
74	47.81	51.04	52.65	57.25	59.80	62.95	68.72	75.65	81.92	88.29	102.7	120.9
75	48.62	51.88	53.51	58.15	60.73	63.90	69.74	76.74	83.08	89.53	104.1	122.6
76	49.43	52.72	54.37	59.05	61.65	64.86	70.75	77.83	84.25	90.78	105.5	124.3
77	50.24	53.56	55.23	59.96	62.58	65.81	71.77	78.93	85.41	92.02	106.9	125.9
78	51.05	54.41	56.09	60.86	63.51	66.77	72.79	80.02	86.58	93.26	108.4	127.6
79	51.87	55.25	56.95	61.76	64.43	67.73	73.80	81.11	87.74	94.51	109.8	129.3
80	52.69	56.10	57.81	62.67	65.36	68.69	74.82	82.20	88.91	95.75	111.2	130.9
81	53.51	56.95	58.67	63.57	66.29	69.65	75.84	83.30	90.08	96.99	112.6	132.6
82	54.33	57.80	59.54	64.48	67.22	70.61	76.86	84.39	91.24	98.24	114.1	134.3
83	55.15	58.65	60.40	65.39	68.15	71.57	77.87	85.48	92.41	99.48	115.5	135.9
84	55.97	59.50	61.27	66.29	69.08	72.53	78.89	86.58	93.58	100.7	116.9	137.6
85	56.79	60.35	62.14	67.20	70.02	73.49	79.91	87.67	94.74	102.0	118.3	139.3
86	57.62	61.21	63.00	68.11	70.95	74.45	80.93	88.77	95.91	103.2	119.8	140.9
87	58.44	62.06	63.87	69.02	71.88	75.42	81.95	89.86	97.08	104.5	121.2	142.6
88	59.27	62.92	64.74	69.93	72.82	76.38	82.97	90.96	98.25	105.7	122.6	144.3
89	60.10	63.77	65.61	70.84	73.75	77.34	83.99	92.05	99.41	107.0	124.0	145.9
90	60.92	64.63	66.48	71.76	74.68	78.31	85.01	93.15	100.6	108.2	125.5	147.6
91	61.75	65.49	67.36	72.67	75.62	79.27	86.04	94.24	101.8	109.4	126.9	149.3
92	62.58	66.35	68.23	73.58	76.56	80.24	87.06	95.34	102.9	110.7	128.3	150.9
93	63.42	67.21	69.10	74.50	77.49	81.20	88.08	96.43	104.1	111.9	129.8	152.6
94	64.25	68.07	69.98	75.41	78.43	82.17	89.10	97.53	105.3	113.2	131.2	154.3
95	65.08	68.93	70.85	76.33	79.37	83.13	90.12	98.63	106.4	114.4	132.6	155.9
96	65.92	69.79	71.73	77.24	80.31	84.10	91.15	99.72	107.6	115.7	134.0	157.6
97	66.75	70.65	72.61	78.16	81.25	85.07	92.17	100.8	108.8	116.9	135.5	159.3
98	67.59	71.52	73.48	79.07	82.18	86.04	93.19	101.9	109.9	118.2	136.9	160.9
99	68.43	72.38	74.36	79.99	83.12	87.00	94.22	103.0	111.1	119.4	138.3	162.6
100	69.27	73.25	75.24	80.91	84.06	87.97	95.24	104.1	112.3	120.6	139.7	164.3

N is the number of servers. The numerical column headings indicate blocking probability B in %. Table generated by Dan Dexter

ANEXO C CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE TABLEROS ELÉCTRICOS

CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE TABLEROS ELÉCTRICOS

Generalidades

Todo tablero de una instalación eléctrica deberá ser desarrollado de acuerdo a reglas técnicas, de modo de asegurar que, no presente riesgos para sus usuarios, proporcione un buen servicio, permita una fácil y adecuada mantención y tenga la flexibilidad necesaria para permitir ampliaciones.

Para el diseño de un tablero se deben contemplar:

- Especificaciones técnicas.
- Diagrama unifilar.

Especificaciones técnicas

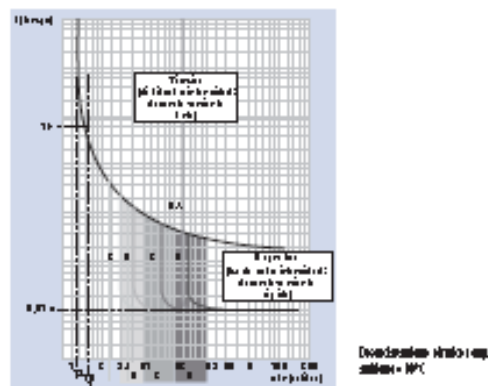
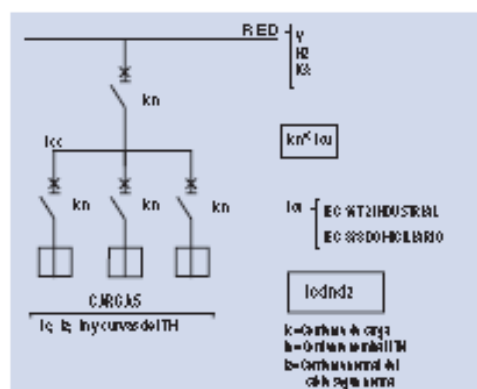
Las especificaciones técnicas contienen las características de funcionamiento, de instalación, dimensionales, constructivas y de materiales, si procede, además de toda otra indicación que haga claramente identificable a los distintos componentes del tablero.

Se debe tener presente, referente al gabinete:

- Tipo de ambiente (IP, NEMA)
- Ubicación física de la entrada/salida de los conductores.
- Esquema de distribución de elementos (si corresponde)
- Definición de equipamiento interior (placa llena, cubreequipos, chasis...)
- Dimensionamiento de la capacidad del gabinete y alimentador interior, en el porcentaje que contemple la proyección de crecimiento de la instalación.
- Placa de identificación de tablero

En cuanto a las protecciones, se debe tomar en cuenta:

- Las características de la red
 - Sistema de neutro
 - Tensión y frecuencia
 - Potencia de transformador
 - Corriente de corto-circuito máxima generada por el transformador
 - Potencia de corto-circuito de la red.
- Las características de la carga
 - Corriente de corto-circuito en el punto de falla
 - Corriente nominal absorbida por la carga.
 - Tipo de carga
- Las condiciones de instalación
 - Temperatura de funcionamiento
 - NP de aparatos yuxtapuestos
 - Altura sobre el nivel del mar a la cual están instaladas.



Dimensiones: ancho x alto x profundidad = 100 x 100 x 100

ANEXO D RECOMENDACIONES ITU-T K27

BONDING CONFIGURATIONS AND EARTHING INSIDE A TELECOMMUNICATION BUILDING

(Geneva, 1991; revised in 1996)

1 Introduction

The main subject of the CCITT Handbook on "Earthing of telecommunication installations" [1], comprises the potential rise of a telecommunication building and the reduction of the associated voltage drop by combined use of intentional and incidental earth electrodes. However, the transition from analogue to complex digital telecommunication systems has indicated inadequacies with earthing techniques of the past and has therefore caused renewed interest in bonding and earthing techniques and their impact on electromagnetic compatibility (EMC). Consequently, there is a need for a CCITT Recommendation on bonding configurations and earthing inside a telecommunication building.

Within the field of EMC, regulations restricting electromagnetic emissions must be satisfied, and for acceptable performance, equipment must possess a specific level of immunity. Electromagnetic compatibility may be achieved by the construction of a common, earthed, conductive shielding network or structure (the Common Bonding Network: CBN). The CBN is the principal bonding and earthing network inside the building. The CBN may be augmented with nested shielding structures having "single-point" connections to the CBN. These single-point connected structures will be referred to as Isolated Bonding Networks (IBNs). In a telecommunication building, the bonding and earthing network takes the form of the CBN, to which equipment is attached by multiple connections (mesh-BN) or by a single point connection (IBN). The selection of the bonding configuration has an important influence on the responsibility for achieving EMC. A defined bonding configuration permits clear, structured cable routing and earthing. It facilitates control of electromagnetic emissions and immunity, which is especially important for buildings containing newly installed and existing equipment. A comparison of these approaches (IBN and mesh-BN), including their attributes as functions of frequency are discussed in clause 6 and Annex A. As part of its shielding function, the bonding and earthing network provides for personnel safety and lightning protection, and helps control electrostatic discharge (ESD).

Since the publication of the Earthing Handbook in 1976, several different bonding and earthing configurations have been introduced, and it is desirable to promote standardization by defining generic versions of these configurations. Although there are differences among the configurations, there are many important common aspects. These are discussed in this Recommendation. In addition, three example configurations are described.

2 Scope

Experience in the operation of telecommunication centres shows that the use of a bonding and earthing network that is coordinated with equipment capability and with electrical protection devices, has the following attributes:

- promotes personnel safety and reduces fire hazards;
- enables signalling with earth return;
- minimizes service interruptions and equipment damage;
- minimizes radiated and conducted electromagnetic emissions;
- reduces radiated and conducted electromagnetic susceptibility;
- improves system tolerance to discharge of electrostatic energy, and lightning interference.

Within this framework, this Recommendation:

- a) is a guide to bonding and earthing of telecommunication equipment in telephone exchanges and similar telecommunication switching centres;
- b) is intended to comply with safety requirements imposed by IEC [2] or national standardizing bodies on a.c. power installations;
- c) can be used for installation of new telecommunication centres, and, if possible, for expansion and replacement of systems in existing centres;
- d) treats coordination with external lightning protection, but does not provide details of protective measures specific to telecommunication buildings;
- e) addresses the shielding contribution of the effective elements of the building;
- f) addresses shielding provided by cabinets, cable trays and cable shields;
- g) is intended to encourage EMC planning, which should include bonding and earthing arrangements that accommodate installation tests and routine diagnostics;
- h) does not include:
 - required values of surge current immunity and insulation withstand voltages;
 - limits of radiated and conducted electromagnetic emission or immunity;
 - techniques for verifying and maintaining bonding and earthing networks.

3 Definitions

In this Recommendation, definitions with respect to earthing already introduced by the IEC [3] are used to maintain conformity. For convenience, they are reproduced in 3.1. Definitions specific to telecommunication installations, and not covered by the IEC, are added in 3.2.

3.1 IEC definitions

The following definitions are taken from IEC 50 [3]. The term "earthing network" is defined in Chapter 604, all others are in Chapter 826.

3.1.1 earth: The conductive mass of the earth, whose electric potential at any point is conventionally taken as equal to zero (in some countries the term "ground" is used instead of "earth").

3.1.2 earth electrode: A conductive part or a group of conductive parts in intimate contact with and providing an electrical connection with earth.

3.1.3 earthing network: The part of an earthing installation that is restricted to the earth electrodes and their interconnections.

3.1.4 main earthing terminal: A terminal or bar provided for the connection of protective conductors, including equipotential bonding conductors and conductors for functional earthing, if any, to the means of earthing.

3.1.5 earthing conductor: A protective conductor connecting the main earthing terminal or bar to the earth electrode.

3.1.6 equipotential bonding: Electrical connection putting various exposed conductive parts and extraneous conductive parts at a substantially equal potential.

3.1.7 equipotential bonding conductor: A protective conductor for ensuring equipotential bonding.

3.1.8 neutral conductor (N): A conductor connected to the neutral point of a system and capable of contributing to the transmission of electrical energy.

3.1.9 protective conductor (PE): A conductor required by some measures for protection against electric shock by electrically connecting any of the following parts:

- exposed conductive parts;
- extraneous conductive parts;
- main earthing terminal;
- earth electrode;
- earthed point of the source or artificial neutral.

3.1.10 PEN conductor: An earthed conductor combining the functions of both protective conductor and neutral conductor.

3.2 Definitions for telecommunication earthing installations

3.2.1 bonding network (BN): A set of interconnected conductive structures that provides an electromagnetic shield for electronic systems and personnel at frequencies from d.c. to low if. The term "electromagnetic shield", denotes any structure used to divert, block or impede the passage of electromagnetic energy. In general, a BN need not be connected to earth but all BNs considered in this Recommendation will have an earth connection.

The following definitions of BN configurations are illustrated in Figures 1 and 2.

3.2.2 common bonding network (CBN): The CBN is the principal means for effecting bonding and earthing inside a telecommunication building. It is the set of metallic components that are intentionally or incidentally interconnected to form the principal BN in a building. These components include: structural steel or reinforcing rods, metallic plumbing, a.c. power conduit, PE conductors, cable racks, and bonding conductors. The CBN always has a mesh topology and is connected to the earthing network.

3.2.3 mesh-BN (MBN): A bonding network in which all associated equipment frames, racks and cabinets, and usually, the d.c. power return conductor, are bonded together as well as at multiple points to the CBN. Consequently, the mesh-BN augments the CBN.

3.2.4 isolated bonding network (IBN): A bonding network that has a single point of connection ("SPC") to either the common bonding network or another isolated bonding network. All IBNs considered here will have a connection to earth via the SPC.

3.2.5 single point connection (SPC): The unique location in an IBN where a connection is made to the CBN. In reality, the SPC is not a "point" but, of necessity, has sufficient size to accommodate the connection of conductors. Usually, the SPC takes the form of a copper bus-bar. If cable shields or coaxial outer conductors are to be connected to the SPC, the SPC could be a frame with a grid or sheet metal structure.

3.2.6 SPC window (SPCW): The interface or transition region between an IBN and the CBN. Its maximum dimension is typically 2 metres. The SPC bus-bar (SPCB), or frame, lies within this region and provides the interface between IBN and CBN. Conductors (e.g. cable shields or d.c. return conductors) that enter a system block and connect to its IBN must enter via the SPCW and connect to the SPC bus-bar or frame.

3.2.7 mesh-IBN: A type of IBN in which the components of the IBN (e.g. equipment frames) are interconnected to form a mesh-like structure. This may, for example, be achieved by multiple interconnections between cabinet rows, or by connecting all equipment frames to a metallic grid (a "bonding mat") extending beneath the equipment. The bonding mat is, of course, insulated from the adjacent CBN. If necessary the bonding mat could include vertical extensions, resulting in an approximation to a Faraday-cage. The spacing of the grid is chosen according to the frequency range of the electromagnetic environment.

3.2.8 star IBN: A type of IBN comprising clustered or nested IBNs sharing a common SPC.

3.2.9 system block: All the equipment whose frames and associated conductive parts form a defined BN.

3.2.10 isolated d.c. return (d.c.-I): A d.c. power system in which the return conductor has a single point connection to a BN. More complex configurations are possible, see 5.2.

3.2.11 common d.c. return (d.c.-C): A d.c. power system in which the return conductor is connected to the surrounding BN at many locations. This BN could be either a mesh-BN (resulting in a d.c.-C-MBN system) or an IBN (resulting in a d.c.-C-IBN system). More complex configurations are possible (see 5.2).

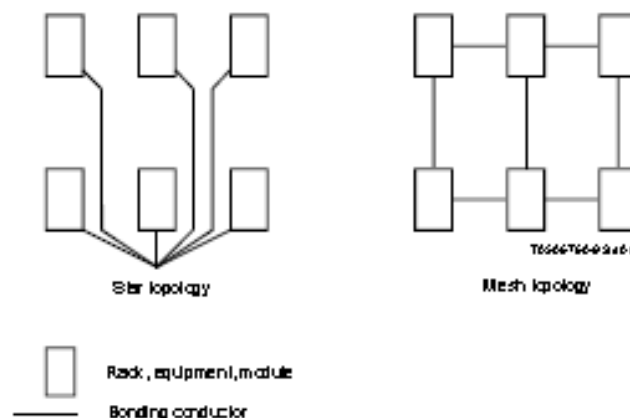


FIGURE 1/K.27

Bonding network configurations forming a system block

4 Principles of bonding and earthing

4.1 Summary of theory

Bonding and earthing refer to the construction and maintenance of Bonding Networks (BNs) and their connection to earth. In this Recommendation the acronym BN implies that a connection to earth exists. Also, BN is used to refer to CBNs and IBNs collectively.

The primary purpose of a BN is to help shield people and equipment from the adverse effects of electromagnetic energy in the d.c. to low rf range. Typical energy sources of concern are lightning, and a.c. and d.c. power faults. Of generally lesser concern are quasi steady-state sources such as a.c. power harmonics, and "function sources" such as clock signals from digital equipment. All of these sources will be referred to generically as "emitters". People and equipment that suffer adversely from the energy from the emitters will be referred to as "susceptors". The coupling between a particular emitter and a particular susceptor may be characterized by a transfer function. The purpose of a BN is to reduce the magnitude of the transfer function to an acceptable level. This may be achieved by appropriate design of the CBN, and the MBNs and IBNs attached to that CBN. Theoretical and quantitative aspects are discussed in Annex A. Practical aspects are discussed below.

Other purposes of a BN are to function as a "return" conductor in some signalling applications, and as a path for power fault currents. The capability of the BN to handle large currents helps to rapidly de-energize faulted power circuits. Also the BN and its connection to earth is used in "ground return" signalling (see 4.5).

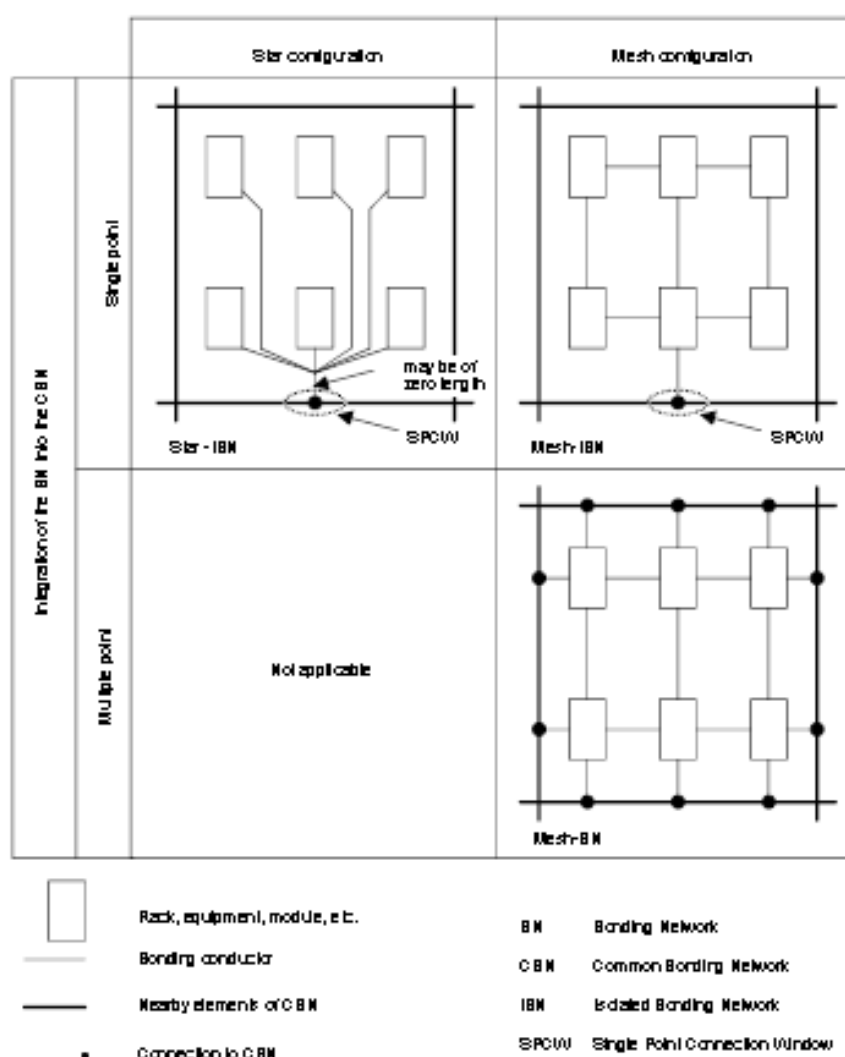


FIGURE 2/K.27
Connection of system block to the CBN

4.2 Implementation principles

4.2.1 Implementation principles for the CBN

The theoretical concepts of Annex A are confirmed by practical experience and lead to the general principles listed below. A consequence of applying these principles is that the number of conductors and interconnections in the CBN is increased until adequate shielding is achieved. Concerning the important issue of electric shock, the following implementation principles apply to mitigation of electric shock as well as to equipment malfunction. Electric shock is discussed further in 4.3.

- a) All elements of the CBN shall be interconnected. Multiple interconnections resulting in a three-dimensional mesh are especially desirable. Increasing the number of CBN conductors and their interconnections, increases the CBN shielding capability and extends the upper frequency limit of this capability.
- b) It is desirable that the egress points for all conductors leaving the building (including the earthing conductor), be located close together. In particular, the a.c. power entrance facilities, telecommunications cable entrance facilities, and the earthing conductor entry point, should be close together.
- c) The facility should be provided with a main earthing terminal located as close as possible to the a.c. power and telecommunications cable entrance facilities. The main earthing terminal shall connect to:
 - an earthing electrode(s) via a conductor of shortest length;
 - the neutral conductor of the a.c. power feed (in TN systems);
 - cable shields (at the cable entrance) either directly or via arresters or capacitors if required by corrosion considerations.
- d) The CBN shall be connected to the main earthing terminal. Multiple conductors between CBN and the main earthing terminal are desirable.
- e) As contributors to the shielding capability of the CBN, interconnection of the following items of the CBN is important:
 - 1) metallic structural parts of the building including I-beams and concrete reinforcement where accessible;
 - 2) cable supports, trays, racks, raceways, and a.c. power conduit.
- f) The coupling of surges into indoor cabling (signal or power) is reduced, in general, by running the cables in close proximity to CBN elements. However, in the case of external surge sources, the currents in the CBN will tend to be greater in peripheral CBN conductors. This is especially true of lightning down-conductors. Thus, it is best to avoid routing cables in the periphery of the building. When this is unavoidable, metallic ducts that fully enclose the cables may be needed. In general, the shielding effect of cable trays (etc.) is especially useful, and metallic ducts or conduit that fully enclose the cables provide near perfect shielding.
- g) In steel frame high-rise buildings, advantage may be taken of the shielding effects that the steel frame provides against lightning strokes. For cables extending between floors, maximum shielding is obtained by locating the cables near the centre of the building. However, as implied above, cables enclosed in metallic ducts may be located anywhere.
- h) Where the facility to use over-voltage primary protection [4] on telecommunication wires is provided, it should have a low impedance connection to the cable shield, if it exists, and also to the surrounding CBN.
- i) Over-voltage protectors may be provided at the a.c. power entrance facility if the telecommunication building is located in an area where power lines are exposed to lightning. These protectors should be bonded with low impedance to the CBN.
- j) Mechanical connections in a protection path of the CBN whose electrical continuity is questionable shall be bypassed by jumpers that are visible to inspectors. These jumpers shall comply with IEC requirements for safety. However, for EMC applications, the jumpers should have low impedance.
- k) The CBN facilitates the bonding of cable shields or outer conductors of coaxial cables at both ends by providing a low impedance path in parallel and in proximity to the cable shields and outer conductors. Thus most of the current driven by potential differences is carried by the highly conductive members of the CBN. Disconnection of one cable shield for inspection should minimally affect the current distribution in the CBN.

4.2.2 Implementation principles for a mesh-BN

The main feature of a mesh-BN is the interconnection, at many points, of cabinets and racks of telecommunications and other electrical equipment, and also multiple interconnections to the CBN.

6 Recommendation K.27 (05/96)

If the outer conductor of a coaxial cable interconnection between mesh-BN equipment has multiple connections to the CBN, it may need additional shielding. If the shielding provided by a cable tray is insufficient, additional shielding may be provided by use of shielded coaxial cable ("trix"), enclosing ducts, or conduit.

Bonding methods, in increasing order of EMC quality are: screw fastenings, spot welds, and welded seams. The highest level of EMC shielding is provided by equipment cabinets and any sheet metal enclosures within these cabinets.

A proven countermeasure to undesirable emission or reception of electromagnetic energy, especially at high frequencies, is a shield that totally encloses the electronic circuit. Effective shielding of cables, especially when the shields are extensions of shielding cabinets, depends on shielding material, shield geometry, and especially the connection of the shield to the cabinet panels at which the shield terminates.

It is easy to add shielding to a mesh-BN configuration. The need for additional shielding may arise for example, if a broadcast transmitter were installed nearby.

In some situations, it may be advantageous to augment the mesh-BN by connecting all equipment frames of a system block to a conductive grid (a bonding mat) located either below or above a collection of equipment cabinets. This optional use of a bonding mat is shown in Figure B.1.

4.2.3 Implementation principles for an IBN

The main feature of an IBN is that it is isolated from the surrounding CBN except for a single-point connection where conductors entering the system block enter via the transition region between the IBN and CBN (see definition of SPCW).

Within the confines of an IBN, the importance of multiple interconnections between cabinets and racks, etc., depends on the details of d.c. power distribution and signal interconnection. For example, if the d.c. power return conductor has multiple connections to cabinet frames, then multiple interconnection of cabinet frames and racks is desirable for the following reason: it will tend to reduce surge coupling in the event of a d.c. fault in equipment within the IBN.

Concerning cable shields of twisted pair cables, if a shield is left open-circuit at the end that terminates on IBN equipment, while the other end is connected to the CBN, surges in the CBN may result in induced common mode surges on the pairs in that cable. If those pairs terminate on devices that can operate satisfactorily in the presence of a steady state common mode (e.g. opto-isolators, transformers, or surge protectors), and if those devices can also withstand common mode surges, then there may be an advantage in having the electrostatic shielding afforded by an open circuited shield.

In the case of coaxial cable, the outer conductor will, of necessity, terminate on the interface circuits at each end. Interface circuits containing transformers or opto-isolators may be used to isolate the outer conductor. If a shielded cable or waveguide enters the IBN from the CBN, the most generally effective strategy is to connect each end of the shield or waveguide to the equipment frame and to bond the shield or waveguide to the single point connection.

4.3 Protection against electric shock

A densely interconnected BN, together with its connection to earth, substantially reduces the likelihood of significant voltages appearing between adjacent metallic components. However, additional measures need to be taken, especially in regard to a.c. power distribution (see 5.1). IEC [2] discusses protection against electric shock, and installations should conform to its recommendations.

4.4 Protection against lightning

A CBN conforming to 4.2.1 should adequately shield against lightning surges arriving at the building on conductors such as cable shields and power lines. However, in the event of a direct stroke to the building, the CBN may not provide sufficient shielding. Consequently, buildings without steel frames or reinforcements may require external lightning protection; especially so if the building has a radio tower on its roof. Concerning the protective measures against the effects of a direct lightning stroke to a building, refer to IEC [5]. Where necessary to further reduce risk, these protective

measures may have to be enhanced, e.g. by conductive roof layers, closer spacing of down-conductors, interconnection of the reinforcement of concrete buildings, and interconnection of metallic façade elements. It is advantageous to introduce all conductive elements of services, e.g. cables and pipes, into the building at one location and in close proximity.

4.5 Functional earthing

Telecommunication techniques sometimes use circuits for signalling with earth return, e.g. lines with ground start, three wire inter-exchange connection, etc. Equipment interconnected by these circuits needs functional earthing. The signalling range is normally determined by the resistance of the current path. Most of this resistance is contributed by the earth electrodes. The performance provided by the earthing network via the main earthing terminal is generally sufficient for this signalling purpose [1].

5 Power distribution

A.c. and d.c. power distribution in telecommunication buildings should be designed to limit coupling to telecommunication circuits arising from:

- mutual impedance of shared conductors;
- mutual inductive coupling (especially during short circuit conditions);
- common source impedances.

5.1 a.c. power distribution

It is recommended that the indoor mains installation within a telecommunication building be of type TN-S as specified by the IEC [5] in order to improve the EMC performance of the telecommunication installation. This requires that there shall be no PEN conductor within the building. Consequently, a three-phase network within a telecommunication building is, physically, a five-wire installation (L1, L2, L3, N, PE).

Depending on the type of outdoor mains distribution network serving a telecommunication building, one of the following requirements shall apply:

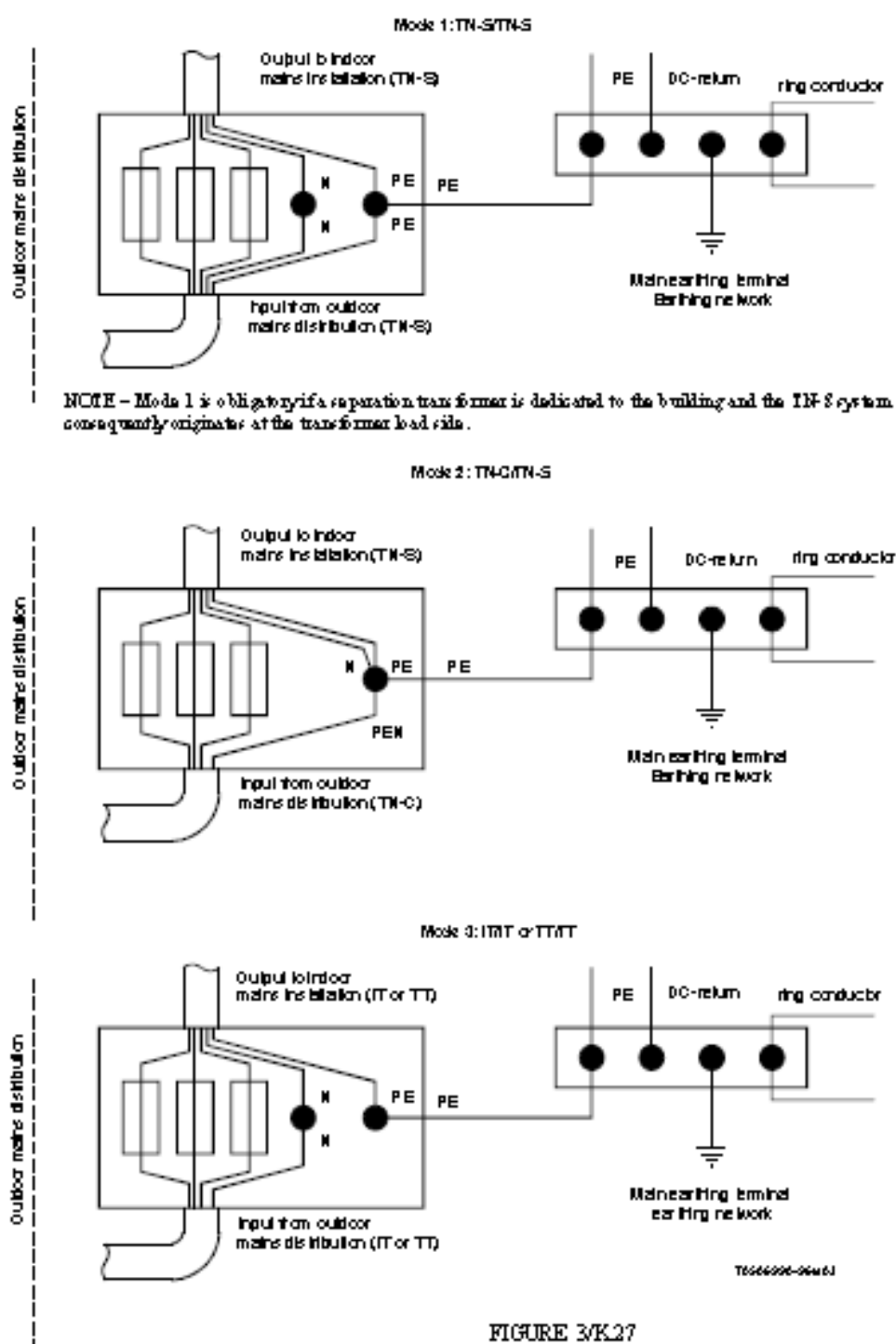
- a) Service by a TN-S section of the outdoor mains distribution network:
 - 1) solely the protective conductor (PE) shall be connected to the main earthing terminal (see Figure 3, mode 1).
- b) Service by a TN-C section of the outdoor mains distribution network:
 - 1) the PEN conductor shall be connected to the main earthing terminal only;
 - 2) from the main earthing terminal to and within customer locations inside the building, the neutral conductor (N) shall be treated as a live conductor;
 - 3) a dedicated PE shall be provided (see Figure 3, mode 2).
- c) Service by a TT or IT section of the outdoor mains distribution network:
 - 1) the PE shall be derived via the main earthing terminal from the earthing network;
 - 2) the dimensioning of the PE shall follow the rules of the TN-S system.

If the outdoor mains distribution is of type IT or TT, a separation transformer dedicated to that building allows for the recommended TN-S installation. In this case the indoor mains installation must conform to mode 1, Figure 3.

5.2 d.c. power distribution

In telecommunication buildings, d.c. power is generally distributed from a centralized d.c. power plant, with the positive terminal connected to the CBN. This polarity is chosen to minimize corrosion in the outside cable plant. There may be exceptions for specific transmission systems.

The d.c. power return network may be connected to its surrounding BNs at a single point only. This case will be referred to as an "isolated d.c. return" system (d.c.-I).



NOTE – Mode 1 is obligatory if a separation transformer is dedicated to the building and the TN-S system consequently originates at the transformer load side.

FIGURE 3/K.27

Arrangements for the transition from the outdoor mains distribution system to the indoor a.c. distribution systems other than TN-S

Alternatively, the d.c. return may connect to the BN at multiple points (in which case some d.c. current will be conducted by the BN). This system will be referred to as a "d.c. return common to a BN" and denoted by "d.c.-C-BN". Typical configurations are d.c.-C-CBN (d.c. return common to the CBN), and d.c.-C-IBN (d.c. return common only to an IBN). Also, a d.c. return could, for example, traverse both the CBN and an IBN, and be common to the CBN but isolated from the IBN. This case is denoted by d.c.-C-CBN : d.c.-I-IBN. These are discussed in Annex B. Other more complicated interconnections of BNs and d.c. returns are also in use.

The advantage of a d.c.-C-BN system is that it cannot support a d.c. feed common mode and hence unwanted coupling via this mode cannot occur. On the other hand, there will be coupling between the BN and the d.c. feed. The advantage of the d.c.-I-IBN system is that it avoids BN to d.c. feed coupling. However, it supports a common-mode and may introduce unwanted coupling. The choice between the two systems depends on the overall design strategy. Some recommendations are given below.

A d.c.-C-CBN feed may be used in systems in which the d.c. feed-to-CBN coupling has been minimized by the following measures:

- d.c. feed conductors have large cross-sections enabling them to carry high currents with minimal temperature rise;
- voltage drop at maximum load current is low;
- there is low source impedance, and low mutual impedance between the branches of the d.c. feed system.

The use of a d.c.-I-feed results in a much lower d.c. feed-to-CBN coupling and is preferable in d.c. distribution networks designed with:

- loads in more than one system of electronic equipment (i.e. shared battery plant); and
- loads that are sensitive to transients occurring during short circuit conditions.

6 Comparison between IBN and mesh-BN installations

The advantage of installing equipment in an IBN is that a high level of shielding is attainable from d.c. through tens of kilohertz or perhaps hundreds of kilohertz depending on the size of the IBN (see A.1.2). The reason is that, within this frequency range, the single point connection between the IBN and CBN results in negligible current flowing between CBN and IBN. Some digital switches are designed specifically for installation within an IBN.

Mesh IBNs and star IBNs are both currently in use. Subclause B.2 describes a mesh-IBN in the form of a "bonding mat", and B.3 describes a star IBN system. Sparsely interconnected mesh IBNs have also been used successfully, and this is mentioned in B.3.

To limit the risk of electric shock between an IBN and the surrounding CBN, it is necessary to limit the size of the IBN (both horizontal and vertical extent). Passageways that form the boundary between IBN and CBN, should have a minimum width imposed.

Disadvantages of IBN installation are cable routing restrictions and the additional expense (compared to mesh-BN) of maintaining the isolation.

The advantage of installing equipment in a mesh-BN configuration is that equipment frames may be connected to the surrounding CBN without restriction. Also, shielded cables and coaxial cables may be routed, and their shields or outer conductors connected to cabinet frames, without restriction. If the CBN design and equipment susceptibility has been coordinated, the CBN provides shielding from d.c. through several megahertz. A mesh-BN installation also has maintenance advantages as described in the next clause.

A disadvantage of the mesh-BN installation is the need for quantitative design procedures and appropriate immunity data for equipment.

7 Maintenance of bonding networks

One advantage of mesh-IBN installation is that small changes that occur in the CBN generally have only a small effect on its shielding capability. Moreover, when necessary, additional shielding may be obtained by introduction of additional conductors (e.g. bonding conductors, cable trays, and conduit). Such modifications are usually straightforward.

IBN systems are more difficult to maintain, because craft-person activity is liable to result in inadvertent interconnections between IBN and CBN, violating the desired single point connection, and introducing surge currents into the IBN. Closely related to this is maintenance of d.c.-I power systems. Verification of single point connection in a d.c.-I system is facilitated if this connection is made with a conductor, around which, a d.c. clamp-on ammeter can be clamped. Zero current confirms single point connection.

It is recommended that systematic verification be performed on all bonding configurations and earthing connections inside a telecommunications building.

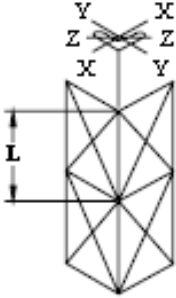
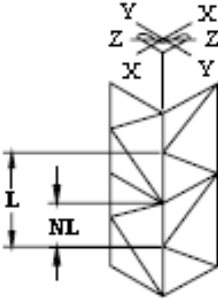
8 Examples of connecting equipment configurations to the CBN

The bonding configuration that is used depends upon the type of equipment to be connected to the CBN.

Three examples are described in Annex B. They are:

- mesh-IBN (see B.1);
- mesh-IBN with a bonding mat configuration (see B.2);
- star, or sparse mesh-IBN with isolation of d.c. power return (see B.3).

ANEXO E DISEÑO DE TORRES

PERFILES ANGULARES QUE ACTÚAN COMO MIEMBROS COMPRIMIDOS RELACIONES DE ESBELTEZ PARA MONTANTES ARRIOSTRADOS	
ARRIOSTRAMIENTO SIMÉTRICO	
	<p>RELACIÓN DE ESBELTEZ CRÍTICA MEDIDA:</p> $\frac{L}{R_x}$ <p>RELACIONES DE ESBELTEZ EFECTIVA:</p> $\frac{L}{R_x} \leq 120 \quad \frac{L}{R_x} > 120$ <p style="text-align: center;">CURVA 1 CURVA 4</p>
ARRIOSTRAMIENTO ALTERNADO	
	<p>RELACIONES DE ESBELTEZ CRÍTICA MEDIDAS:</p> $\frac{L}{R_x}, \frac{L}{R_y} \text{ o } \left(\frac{1+2N}{3} \right) \frac{L}{R_x}$ <p>RELACIONES DE ESBELTEZ EFECTIVA:</p> $\frac{L}{R} \text{ MAX} \leq 120 \quad \frac{L}{R} \text{ MAX} > 120$ <p style="text-align: center;">CURVA 1 CURVA 4</p>
<p>NOTA: PARA LOS MIEMBROS DE LOS MONTANTES LA LONGITUD MEDIDA (L) DEBE SER IGUAL A LA SEPARACIÓN DE LOS PANELES MEDIDA A LO LARGO DEL EJE DEL MONTANTE.</p>	

PERFILES ANGULARES QUE ACTÚAN COMO MIEMBROS COMPRIMIDOS RELACIONES DE ESBELTEZ PARA MIEMBROS DE ARRIOSTRAMIENTO		
La sección 3.1.9 trata la determinación de la longitud medida, L.		
	RELACIÓN DE ESBELTEZ CRÍTICA MEDIDA: $\frac{L}{R_c}$	
	RELACIONES DE ESBELTEZ EFECTIVA:	
	$\frac{L}{R_c} \leq 120$ $\frac{L}{R_c} > 120$	
	CURVA 3 CURVA 4	
	RELACIÓN DE ESBELTEZ CRÍTICA MEDIDA: $\frac{L}{R_c}$	
	RELACIONES DE ESBELTEZ EFECTIVA:	
	$\frac{L}{R_c} \leq 120$ $\frac{L}{R_c} > 120$	
	CURVA 3 CURVA 6	
	RELACIÓN DE ESBELTEZ CRÍTICA MEDIDA: $\frac{L}{R_y} \text{ o } \frac{0,5L}{R_c}$	
	RELACIONES DE ESBELTEZ EFECTIVA:	
	$\frac{L}{R} \text{ MAX } \leq 120$ $\frac{L}{R} \text{ MAX } > 120$	
	CURVA 3 CURVA 4	
	RELACIÓN DE ESBELTEZ CRÍTICA MEDIDA: $\frac{L}{R_y} \text{ o } \frac{0,5L}{R_c}$	
	RELACIONES DE ESBELTEZ EFECTIVA:	
	$\frac{L}{R} \text{ MAX } \leq 120$ $\frac{L}{R_y} > 120$ $\frac{0,5L}{R_c} > 120$	
	CURVA 3 CURVA 6 CURVA 5	
	RELACIÓN DE ESBELTEZ CRÍTICA MEDIDA: $\frac{L}{R_y} \text{ o } \frac{0,5L}{R_c}$	
	RELACIONES DE ESBELTEZ EFECTIVA:	
	$\frac{L}{R} \text{ MAX } \leq 120$ $\frac{L}{R} \text{ MAX } > 120$	
	CURVA 3 CURVA 6	
	RELACIÓN DE ESBELTEZ CRÍTICA MEDIDA: $\frac{L_y}{R_y} \text{ o } \frac{L1}{R_c}$	
	RELACIONES DE ESBELTEZ EFECTIVA:	
	$\frac{L}{R} \text{ MAX } \leq 120$ $\frac{L}{R} \text{ MAX } > 120$	
	CURVA 2 CURVA 4	
	$L1 > L2$ $L_x = L1 + 0,5L2$	
	RELACIÓN DE ESBELTEZ CRÍTICA MEDIDA: $\frac{L_y}{R_y} \text{ o } \frac{L1}{R_c}$	
	RELACIONES DE ESBELTEZ EFECTIVA:	
	$\frac{L}{R} \text{ MAX } \leq 120$ $\frac{L_x}{R_y} > 120$ $\frac{0,5L}{R_c} > 120$	
	CURVA 2 CURVA 6 CURVA 5	
	$L1 > L2$ $L_x = L1 + 0,5L2$	
Nota: Para los miembros de arriostramiento con conexiones soldadas o con dos o más bulones la longitud medida (L) no debe ser menor que la distancia entre los baricentros de las conexiones en cada extremo. Se puede considerar que las conexiones soldadas correctamente detalladas proporcionan restricción parcial.		

Tabla 5	
Tensiones admisibles combinadas de flexión y carga axial para estructuras tipo monoposte de acero poligonales o facetadas	
Secciones compactas	
$F_a = 0,60 F_y$	
Secciones no compactas	
16 lados	$215 \leq \sqrt{F_y} w/t \leq 365$ F_y en ksi $565 \leq \sqrt{F_y} w/t \leq 958$ F_y en MPa $F_a = 0,852 F_y (1,0 - 0,00137 \sqrt{F_y} w/t)$ ksi $F_a = 0,852 F_y (1,0 - 0,000522 \sqrt{F_y} W/t)$ MPa
12 lados	$240 \leq \sqrt{F_y} w/t \leq 365$ F_y en ksi $630 \leq \sqrt{F_y} w/t \leq 958$ F_y en MPa $F_a = 0,870 F_y (1,0 - 0,00129 \sqrt{F_y} w/t)$ ksi $F_a = 0,870 F_y (1,0 - 0,000491 \sqrt{F_y} w/t)$ MPa
8 lados	$260 \leq \sqrt{F_y} w/t \leq 365$ F_y en ksi $683 \leq \sqrt{F_y} w/t \leq 958$ F_y en MPa $F_a = 0,852 F_y (1,0 - 0,00114 \sqrt{F_y} w/t)$ ksi $F_a = 0,852 F_y (1,0 - 0,000434 \sqrt{F_y} w/t)$ MPa
F_a = Tensión admisible combinada de flexión y carga axial F_y = Resistencia a la fluencia t = Espesor de pared w = Dimensión real de la cara plana, pero no menor que la dimensión calculada usando un radio de doblado igual a $4t$	
Nota: Las ecuaciones se obtuvieron del informe TLMRC-87-R3, "Local Buckling Strength of Polygonal Tubular Poles", EPRI, abril de 1987.	

ANEXO F RECOMENDACIÓN UITR F.636-4

Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de géneros de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/S O/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/S O/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Serie de las Recomendaciones UIT-R	
(También disponible en línea en http://www.itu.int/pub/IR-FREC/es)	
Serie	Título
B0	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2012

© UIT 2012

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R F.636-4

Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 14,4-15,35 GHz

(Cuestión UIT-R.247/5)

(1986-1990-1992-1994-2012)

Contenido

En esta Recomendación se proporcionan disposiciones de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda de 15 GHz (14,4-15,35 GHz). En el cuerpo de esta Recomendación aparecen disposiciones de radiocanales con separaciones de 3,5, 7, 14, 28 y 56 MHz. Los Anexos 1 y 2 presentan disposiciones con separaciones de 2,5, 5, 10, 20, 30, 40 y 50 MHz, basadas en un plan homogéneo de 2,5 MHz.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- que la banda 14,4-15,35 GHz está atribuida al servicio fijo y que en ciertos países únicamente la banda 14,5-15,35 GHz se utiliza para los sistemas inalámbricos fijos;
- que en esa banda de frecuencias son viables los sistemas inalámbricos fijos para transmisión digital con una separación entre repetidores y otras características elegidas según las condiciones de pluviosidad;
- que en varios países hay restricciones impuestas a la utilización de diversas porciones de la banda 14,4-15,35 GHz,

recomienda

1 que la disposición de radiocanales preferida para los sistemas inalámbricos fijos digitales que funcionan con una separación entre radiocanales de 28 MHz se obtenga del siguiente modo:

Sea N_{28} el número de canales de RF;

las frecuencias (MHz) de los distintos radiocanales se expresan mediante las relaciones siguientes:

$$\text{mitad inferior de la banda: } f_n = f_r + a + 28n \quad \text{MHz}$$

$$\text{mitad superior de la banda: } f'_n = f_r + 3626 - 28(N_{28} - n) \quad \text{MHz}$$

donde:

f_r : frecuencia de referencia,

$a = 2688$ MHz para la banda 14,4-15,35 GHz, y

$a = 2786$ MHz para la banda 14,5-15,35 GHz,

$n = 1, 2, \dots, N_{28}$, con $N_{28} \leq 16$ para la banda 14,4-15,35 GHz,

y $N_{28} \leq 15$ para la banda 14,5-15,35 GHz.

La Fig. 1 representa una disposición de radiocanales en la que $f_r = 11\,701$ MHz, y la separación entre las frecuencias centrales es de 28 MHz;

2

Rec. UIT-R F.636-4

2 que la disposición de radiocanales preferida para los sistemas inalámbricos fijos digitales que funcionan con una separación entre radiocanales de 14 MHz se obtenga del siguiente modo:

Sea N_{14} el número de canales de RF;

mitad inferior de la banda: $f_n = f_r + \alpha + 14n$ MHz

mitad superior de la banda: $f'_n = f_r + 3640 - 14(N_{14} - n)$ MHz

donde:

f_r : frecuencia de referencia,

$\alpha = 2702$ MHz para la banda 14,4-15,35 GHz, y

$\alpha = 2800$ MHz para la banda 14,5-15,35 GHz,

$n = 1, 2, \dots, N_{14}$ con $N_{14} \leq 32$ para la banda 14,4-15,35 GHz,
y $N_{14} \leq 30$ para la banda 14,5-15,35 GHz.

En la Fig. 2 se presenta la disposición de radiocanales con $f_r = 11701$ MHz y una separación entre las frecuencias centrales de 14 MHz;

3 que la disposición de radiocanales preferida para los sistemas inalámbricos fijos digitales de capacidad media que funcionan con una separación entre radiocanales de 56 MHz se obtenga del siguiente modo:

Sea N_{56} el número de canales de RF;

las frecuencias (MHz) de los distintos radiocanales se expresan mediante las relaciones siguientes:

mitad inferior de la banda: $f_n = f_r + \alpha + 56n$ MHz

mitad superior de la banda: son posibles dos opciones para mantener separaciones dúplex comunes con disposiciones de radiocanales de menor tamaño:

Opción 1: $f'_n = f_r + 3612 - 56(N_{56} - n)$ MHz

Opción 2: $f'_n = f_r + 3584 - 56(N_{56} - n)$ MHz

La Opción 1 debe utilizarse cuando la correspondiente disposición de 28 MHz proporciona $N_{28} = 2 \times N_{56}$ canales o cuando no se emplean disposiciones de radiocanales inferiores.

La Opción 2 debe utilizarse cuando la correspondiente disposición de 28 MHz proporciona $N_{28} = 2 \times N_{56} + 1$ canales,

donde:

f_r : frecuencia de referencia

$\alpha = 2674$ MHz para la banda 14,4-15,35 GHz, y

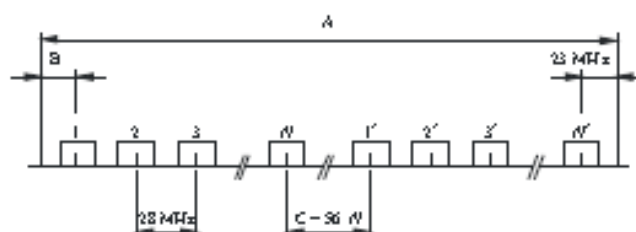
$\alpha = 2772$ MHz para la banda 14,5-15,35 GHz

$n = 1, 2, \dots, N_{56}$, con $N_{56} \leq 8$ para la banda 14,4-15,35 GHz
y $N_{56} \leq 7$ para la banda 14,5-15,35 GHz.

En la Fig. 3 se presenta la disposición de radiocanales con $f_c = 11\,701$ MHz y una separación entre las frecuencias centrales de 56 MHz;

FIGURA 1

Disposición de radiocanales para sistemas de radiomóviles que funcionan en la banda de 15 GHz con una separación de 28 MHz



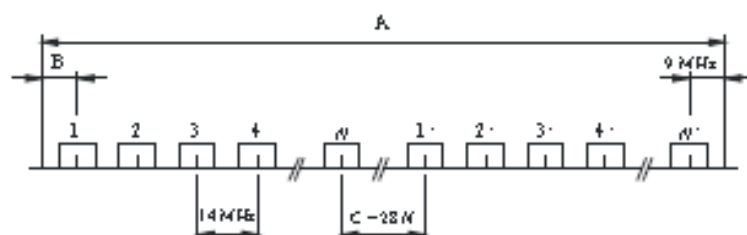
Para la banda 14,4-15,35 GHz: A - 930 MHz, B - 17 MHz, C - 906 MHz

Para la banda 14,5-15,35 GHz: A - 890 MHz, B - 15 MHz, C - 862 MHz

P616-01

FIGURA 2

Disposición de radiocanales para sistemas de radiomóviles que funcionan en la banda de 15 GHz con una separación de 14 MHz



Para la banda 14,4-15,35 GHz: A - 930 MHz, B - 17 MHz, C - 952 MHz

Para la banda 14,5-15,35 GHz: A - 890 MHz, B - 15 MHz, C - 854 MHz

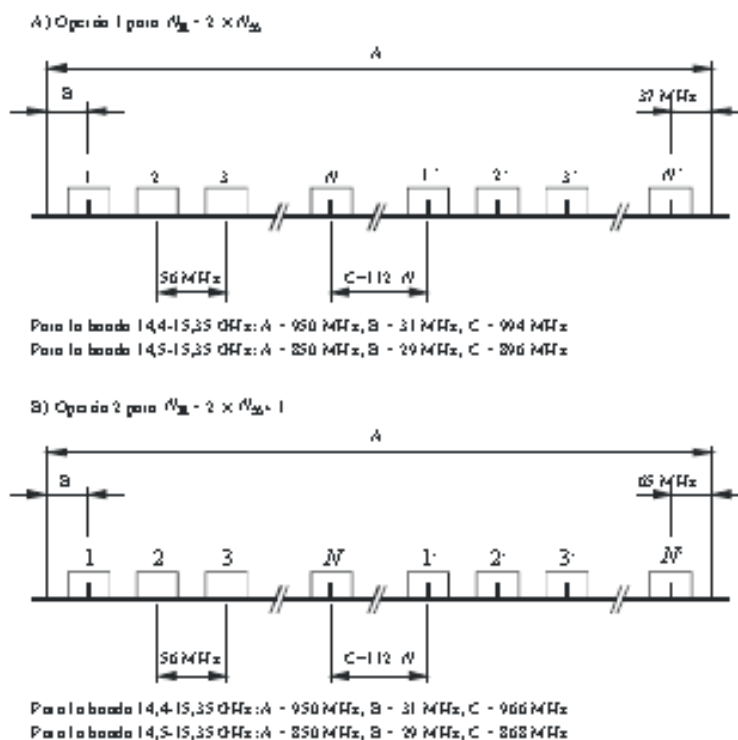
P.006-02

4

Rec. UIT-R F.636-4

FIGURA 3

Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda de 15 GHz con una separación de 56 MHz



FD616-01

4 que, cuando se necesiten radiocanales de capacidad pequeña con una separación entre radiocanales de 7 ó 3,5 MHz, se utilice la disposición de radiocanales del § 2, junto con disposiciones similares desplazadas de 7 ó 3,5 MHz, 7 y 10,5 MHz con respecto de esa disposición, o bien una de las disposiciones de radiocanales siguientes, que ocupan algunos de los radiocanales de las disposiciones de radiocanales con una separación de 28 MHz:

Separación de frecuencias de 7 MHz:

$$\text{mitad inferior de la banda: } f_m = f_r + a + 28n + 7m \quad \text{MHz}$$

$$\text{mitad superior de la banda: } f'_n = f_r + 3608,5 - 28(N_{28} - n) + 7m \quad \text{MHz}$$

donde:

f_r : frecuencia de referencia

$m = 1, 2, 3 \text{ ó } 4$

n : número de radiocanales del plan básico que se subdivide

$a = 2670,5$ MHz para la banda 14,4-15,35 GHz, y

$a = 2768,5$ MHz para la banda 14,5-15,35 GHz.

Separación de frecuencias de 3,5 MHz:

mitad inferior de la banda:	$f_m = f_r + a + 28 n + 3,5 m$	MHz
mitad superior de la banda:	$f'_n = f_r + 3\,610,25 - 28 (N_{25} - n) + 3,5 m$	MHz

donde:

f_r :	frecuencia de referencia
m =	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 u 8
n :	número de radiocanales del plan básico que se subdivide
a =	2 672,25 MHz para la banda 14,4-15,35 GHz, y
a =	2 770,25 MHz para la banda 14,5-15,35 GHz;

5 que se tenga debidamente en cuenta el hecho de que en algunos países, sobre todo en una gran parte de la Región 2 y en ciertas zonas, se utilizan otras disposiciones de radiocanales con una separación entre radiocanales preferida de 2,5 MHz o múltiplos de 2,5 MHz, derivada de una ordenación homogénea de frecuencias definida por la relación:

$$f_p = f_r + 2\,697,75 + 2,5 p$$

donde:

$$1 \leq p \leq 380$$

En los Anexos 1 y 2 se describen dos ejemplos de planes concretos de frecuencias basados en esta disposición;

6 que, para una conexión internacional, todos los radiocanales de ida se hallen en una parte de la banda y todos los radiocanales de retorno se hallen en la otra;

7 que se utilicen siempre que sea posible las polarizaciones horizontal y vertical, para cada radiocanal;

8 que para los sistemas digitales con una capacidad de 70 a 140 Mbit/s se puede emplear la misma disposición de radiocanales dada en el § 2, utilizando los números de canal $n = 2$ y 6 en el caso de una disposición cocanal y $n = 1, 3, 5, 7$ en el caso de una disposición alternada (véase la Nota 3);

9 que, cuando se utilicen antenas comunes de transmisión-recepción, y que como máximo se reciban la mitad de los radiocanales en una sola antena, es preferible que los radiocanales elegidos sean los pares o los impares;

10 que, para las conexiones internacionales, la frecuencia de referencia preferida sea 11 701 MHz. Se podrán utilizar otros valores por acuerdo entre las administraciones interesadas.

NOTA 1 - Para reducir la posibilidad de degradación inaceptable de la calidad, conviene estudiar con prudencia la utilización de una disposición de radiocanales mixta en una red inalámbrica fija. Ello se aplica especialmente cuando enlaces inalámbricos fijos de pequeña capacidad que utilizan las disposiciones de radiocanales descritas en el § 3 y enlaces inalámbricos fijos de mediana capacidad que funcionan de conformidad con las disposiciones principales de radiocanales descritas en los § 1 y 2, se hallen muy próximos geográficamente.

NOTA 2 - Al utilizar la banda 14,47-14,5 GHz, hay que tomar todas las medidas posibles para proteger las observaciones de líneas espectrales del servicio de radioastronomía contra la interferencia perjudicial (véase el número 5.149 del Reglamento de Radiocomunicaciones).

NOTA 3 - Cuando se utilicen sistemas digitales con una velocidad de símbolos superior a unos 25 MBd, debe tenerse cuidado al utilizar el radiocanal 1 en la parte inferior de la banda con una banda de guarda de 15 ó 17 MHz.

Anexo 1

**Descripción de una disposición de radiocanales basada
en la ordenación homogénea de 2,5 MHz
mencionada en el *recomienda 5***

Esta disposición de radiocanales utiliza las porciones de 14 500,0 a 14 714,5 MHz y de 15 136,5 a 15 350,0 MHz de la banda disponible con una separación entre canales de 2,5 MHz como se indica a continuación:

Sea N el número de pares de radiocanales;

las frecuencias (MHz) de los radiocanales individuales se obtendrán con las siguientes fórmulas:

mitad inferior de la banda: $f_r = f_r + 2\,797,75 + 2,5n$ MHz

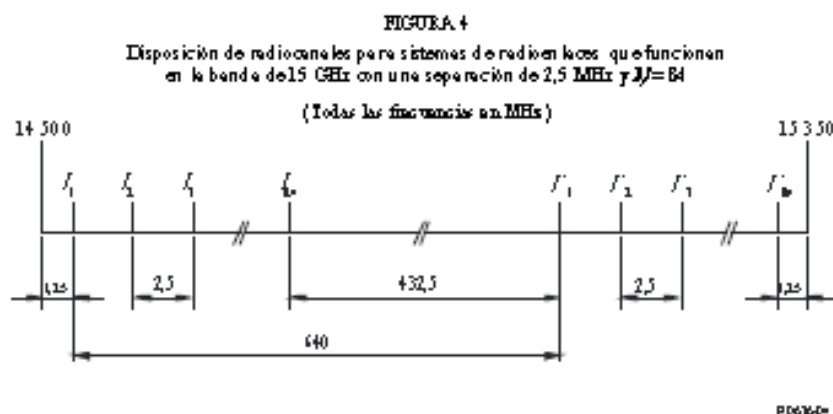
mitad superior de la banda: $f'_n = f_r + 3\,647,75 - 2,5(N-n)$ MHz

donde:

f_r : frecuencia de referencia

$n = 1, 2, \dots, N$ con $N \leq 84$.

La Fig. 4 representa una disposición de frecuencias en la que $f_r = 11\,701$ MHz.



Anexo 2

**Descripción de las disposiciones de radiocanales utilizadas en Canadá
con separaciones de canales de 5, 10, 20, 30, 40 y 50 MHz basadas
en la ordenación homogénea de 2,5 MHz
mencionada en el *recomienda 5***

- a) Las frecuencias centrales de los 43 canales emparejados que permiten anchuras de banda de los canales de RF de 5 MHz e inferiores se expresan mediante las siguientes relaciones:
- mitad inferior de la banda $A_n = 14\,877,5 - 5n$ para $n = 1$ a 11
 $A_n = 14\,717,5 - 5n$ para $n = 12$ a 43
- mitad superior de la banda $A'_n = 15\,352,5 - 5n$ para $n = 1$ a 11
 $A'_n = 15\,192,5 - 5n$ para $n = 12$ a 43
- donde n es el número de canal y A_n y A'_n las frecuencias centrales en MHz de los canales emparejados.
- b) Las frecuencias centrales de los 21 canales emparejados que permiten anchuras de banda de los canales de RF superiores a 5 MHz e inferiores o iguales a 10 MHz se expresan mediante las siguientes relaciones:
- mitad inferior de la banda $B_n = 14\,875 - 10n$ para $n = 1$ a 5
 $B_n = 14\,715 - 10n$ para $n = 6$ a 21
- mitad superior de la banda $B'_n = 15\,350 - 10n$ para $n = 1$ a 5
 $B'_n = 15\,190 - 10n$ para $n = 6$ a 21
- donde n es el número de canal y B_n y B'_n son las frecuencias centrales en MHz de los canales emparejados.
- c) Las frecuencias centrales de los 10 canales emparejados que permiten anchuras de banda de los canales de RF superiores a 10 MHz e inferiores o iguales a 20 MHz se expresan mediante las siguientes relaciones:
- mitad inferior de la banda $C_n = 14\,490 + 20n$ para $n = 1$ a 8
 $C_n = 14\,650 + 20n$ para $n = 9$ a 10
- mitad superior de la banda $C'_n = 14\,965 + 20n$ para $n = 1$ a 8
 $C'_n = 15\,125 + 20n$ para $n = 9$ a 10
- donde n es el número de canal y C_n y C'_n son las frecuencias centrales en MHz de los canales emparejados.
- d) Las frecuencias centrales de los seis canales emparejados que permiten anchuras de banda de los canales de RF superiores a 20 MHz e inferiores o iguales a 30 MHz se expresan mediante las siguientes relaciones:
- mitad inferior de la banda $D_n = 14\,485 + 30n$ para $n = 1$ a 5
 $D_n = 14\,655 + 30n$ para $n = 6$
- mitad superior de la banda $D'_n = 14\,960 + 30n$ para $n = 1$ a 5
 $D'_n = 15\,130 + 30n$ para $n = 6$
- donde n es el número de canal y D_n y D'_n son las frecuencias centrales en MHz de los canales emparejados.

8

Rec. UIT-R F 636-4

- e) Las frecuencias centrales de los cinco canales emparejados que permiten anchuras de banda de los canales de RF superiores a 30 MHz e inferiores o iguales a 40 MHz se expresan mediante las siguientes relaciones:

$$\text{mitad inferior de la banda} \quad E_n = 14\,480 + 40\,n \quad \text{para } n = 1 \text{ a } 4$$

$$E_n = 14\,640 + 40\,n \quad \text{para } n = 5$$

$$\text{mitad superior de la banda} \quad E'_n = 14\,955 + 40\,n \quad \text{para } n = 1 \text{ a } 4$$

$$E'_n = 15\,115 + 40\,n \quad \text{para } n = 5$$

donde n es el número de canal y E_n y E'_n son las frecuencias centrales en MHz de los canales emparejados.

- f) Las frecuencias centrales de los cuatro canales emparejados que permiten anchuras de banda de los canales de RF superiores a 40 MHz e inferiores o iguales a 50 MHz se expresan mediante las siguientes relaciones:

$$\text{mitad inferior de la banda} \quad F_n = 14\,475 + 50\,n \quad \text{para } n = 1 \text{ a } 3$$

$$F_n = 14\,645 + 50\,n \quad \text{para } n = 4$$

$$\text{mitad superior de la banda} \quad F'_n = 14\,950 + 50\,n \quad \text{para } n = 1 \text{ a } 3$$

$$F'_n = 15\,120 + 50\,n \quad \text{para } n = 4$$

donde n es el número de canal y F_n y F'_n son las frecuencias centrales en MHz de los canales emparejados.

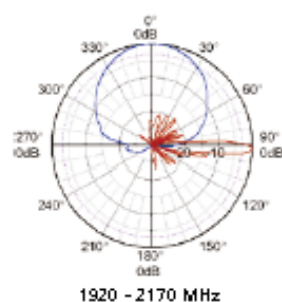
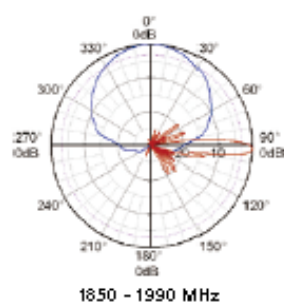
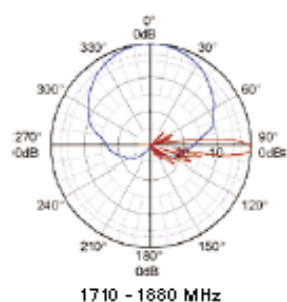
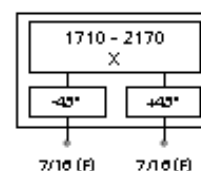
ANEXO G ANTENA HUAWEI DX-1710-2170-65-18i-2F

DX-1710-2170-65-18i-2F


Single-band Antennas

Electrical Properties			
Frequency range (MHz)	1710-1880	1850-1950	1920-2170
Polarization	±90°		
VSWR	≤1.4		
Gain (dBi)	17.0	17.8	18.0
Side lobe suppression for first side lobe above horizon (dB)	Typ.20	Typ.20	Typ.20
3dB beamwidth (horizontal)	65°	65°	62°
3dB beamwidth (vertical)	7.3°	6.8°	6.2°
Isolation between ports (dB)	≥30		
Front to back ratio (dB)	Typ.30		
Cross polar ratio (dB)	0°	Typ.21	
	±90°	Typ.10	
Electrical downtilt	2°		
Intermodulation IM3 (dBc)	≤-150 (2 × 48 dBm carrier)		
Max. CW input power (W)	500		
Impedance (Ω)	50		
Grounding	DC ground		

Mechanical Properties	
Dimensions (H × W × D) (mm)	1300 × 153 × 79
Packing dimensions (H × W × D) (mm)	1770 × 200 × 130
Net weight (kg)	5.5
Bracket weight (kg)	3.0
Packing weight (kg)	10.5
Mechanical downtilt	0° - 16°
Max diameter (mm)	50 - 115
Radome material	Fiberglass
Operating temperature (°C)	-35 - +55
Windload frontal (N)	150 (≪130km/h)
Windload lateral (N)	115 (≪130km/h)
Windload rear side (N)	225 (≪130km/h)
Max. wind velocity (km/h)	200
Connector	2×7/16 DIN Female



ANEXO H ESTACIÓN BASE DE TELEFONÍA CELULAR MINDO CNT EP



1. PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD Estación Base de Telefonía Celular "MINDO" CNT EP Fecha de Registro: 28/11/2013	2. ACTIVIDAD ECONÓMICA Código CCAN. 51.3.3.2.1
--	---

3. DATOS GENERALES			
Sistema de coordenadas UTM WG584 Zona 175			
Este (X):747769.36 E	Norte (Y):9993820.97 S	Altitud:1264(mnm)	
Estado del proyecto, obra o actividad:	Construcción: <input checked="" type="checkbox"/>	Operación: <input checked="" type="checkbox"/>	Cierre: <input checked="" type="checkbox"/> Abandono: <input checked="" type="checkbox"/>
Dirección del proyecto, obra o actividad: Entrada a Mindo, Frente a la Hostería "La Estancia"			
Cantón: San Miguel de los Bancos	Ciudad: NA	Provincia: Pichincha	
Parroquia: Mindo Urbana: <input type="checkbox"/> Rural: <input checked="" type="checkbox"/>	Zona no delimitada:	Periferia:	
Datos del Promotor: Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) REPRESENTANTE LEGAL: César Alfredo Regalado Iglesias			

EQUIPOS Y ACCESORIOS PRINCIPALES A INSTALAR.		
1.- Estructura de Soporte: Monopolo	3.-Equipo: Outdoor	5.-Grupo electrógeno: No
2.-Altura de Estructura de Soporte: 36m	4.-Tipo y Numero de Antenas: 3 antenas tipo AGISSION A19451811	6.- MiniShelter, TDE, TVSS, caja de alarmas, trípode, y extintor

ANEXO I PROCESO DE CONTRATACIÓN CNT EP. Y PROFORMA HUAWEI

Descripción	Fechas	Productos	Archivos
Descripción del Proceso de Contratación			
Entidad:	CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES		
Objeto de Proceso :	ADQUISICIÓN DE ANTENAS EXTERIORES PARA TERMINALES INALAMBRICOS FIJOS CDMA-450 NECESARIOS PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP		
Código:	SIE-CNT-110002430-14		
Tipo Compra:	Bien		
Presupuesto Referencial Total (Sin Iva):	USD 62,089.50		
Tipo de Contratación:	Subasta Inversa Electrónica		
Forma de Pago:	Anticipo 30% Saldo: Otra - Revisar términos de referencia 70.00%		
Tipo de Adjudicación:	Total		
Plazo de Entrega:	90 días		
Vigencia de Oferta:	90 días		
Funcionario encargado del proceso:	carina.fiallos@cnt.gob.ec		
Estado del Proceso:	Finalizada		
Estado en el cual finalizó el Proceso	En Recepción		
Descripción:	En uso de las atribuciones establecidas en el artículo 47 de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública; los artículos 44 y siguientes del Reglamento General de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública; y, el numeral 2 del artículo 34 de la Ley Orgánica de Empresas Públicas, que se encuentra facultado para el efecto,		
Costos de levantamiento de textos, reproducción y edición de los Pliegos	Costo: USD 111.20 Detalle de Pago: exclusivamente el oferente que resulte adjudicado, una vez recibida la notificación de la adjudicación, pagará a la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT E.P. el valor de DIEZ 00/100 DÓLARES DE ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA (USD 10,00), más el IVA, por concepto de costos de levantamiento de textos, reproducción y edición de los pliegos; previo a la suscripción del Contrato.		
Variación mínima de la Oferta durante la Puja:	1% Tipo Variación: Precio total		



Quotation Number: 0000Hc00749978201503100005

PRICE LIST: L1-SUMMARY

NO	Item	Cant.	Total Price (USD)
1	Estación Base DBS 3900	1	\$ 145181
2	Humper BSC 6680	1	\$ 50104
3	Rack de WM APM200	1	\$ 2619.62
4	Terminales de suscriptor indoor/outdoor BM632	1	\$ 348.14
5	Sistema de Gestión M200 y AP Manager	1	\$ 271797.91
6	Controlador de estaciones WASNT9770	1	\$ 181863.66
DDP Quito EQUIPMENT TOTAL PRICE			\$ 651913.67

Condiciones comerciales

Precio de oferta no incluye IVA

Oferta incluye un año de garantía contra defectos de fábrica

Oferta válida por 45 días

Tiempo de entrega 60 a 75 días

Forma de pago: a convenir

ANEXO J PLANES TARIFARIOS CNT EP.

Tarifas

Tarifa	Tarifa con impuestos	Total de Megas por siempre	Facebook y Whatsapp	Minutos gratis a todas las operadoras	SMS gratis a todas las operadoras	Llamadas Libres a Fijos	Llamadas Libres a Móviles CNT
\$12,99*	\$14,55	1000 MB	LIBRES	25	0		
\$15,99*	\$17,91	1400 MB	LIBRES	50	100		
\$22,99*	\$25,75	2000 MB	LIBRES	100	500	Todos los Fijos	2 móviles
\$31,99*	\$35,83	3000 MB	LIBRES	120	LIBRES	Todos los Fijos	2 móviles
\$44,99*	\$50,39	4000 MB	LIBRES	150	LIBRES	Todos los Fijos	2 móviles
\$59,99*	\$67,19	5000 MB	LIBRES	200	LIBRES	Todos los Fijos	2 móviles
\$99,99*	\$111,99	9000 MB	LIBRES	300	LIBRES	Todos los Fijos	2 móviles

ANEXO K TASA DE INTERÉS VIGENTE EN EL MERCADO

Tasas de Interés			
febrero-2016			
1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES			
Tasas Referenciales		Tasas Máximas	
Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento:	% anual	Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento:	% anual
Productivo Corporativo	9.32	Productivo Corporativo	9.33
Productivo Empresarial	10.17	Productivo Empresarial	10.21
Productivo PYMES	11.82	Productivo PYMES	11.83
Comercial Ordinario	9.59	Comercial Ordinario	11.83
Comercial Prioritario Corporativo	8.88	Comercial Prioritario Corporativo	9.33
Comercial Prioritario Empresarial	10.01	Comercial Prioritario Empresarial	10.21
Comercial Prioritario PYMES	11.14	Comercial Prioritario PYMES	11.83
Consumo Ordinario	16.65	Consumo Ordinario*	17.30
Consumo Prioritario	16.59	Consumo Prioritario **	17.30
Educativo	7.21	Educativo **	9.50
Inmobiliario	10.89	Inmobiliario	11.33
Vivienda de Interés Público	4.98	Vivienda de Interés Público	4.99
Microcrédito Minorista	27.63	Microcrédito Minorista	30.50
Microcrédito de Acumulación Simple	25.07	Microcrédito de Acumulación Simple	27.50
Microcrédito de Acumulación Ampliada	22.02	Microcrédito de Acumulación Ampliada	25.50
Inversión Pública	8.24	Inversión Pública	9.33

Nota:
 *Según la Resolución 140-2015-F, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 627 de 13 de noviembre de 2015, se establece que la tasa de interés activa efectiva máxima para el segmento Consumo Ordinario será de 17.30%; la misma que entrará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial.
 **Según la Resolución 154-2015-F, de 25 de noviembre de 2015, se establece que la tasa de interés activa efectiva máxima para el segmento Consumo Prioritario será de 17.30% y para el segmento Educativo será de 9.50%