



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACUTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del Título de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

TÍTULO

**“Rediseño de la red de distribución de comunicaciones del GAD
Municipal de La Libertad hacia sus dependencias externas
mediante topología de estrella y tecnología inalámbrica”**

AUTOR

LISSETT ADRIANA MOREIRA IMACAÑA

PROFESOR TUTOR

Ing. Freddy Soriano Rodríguez MSc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

201

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos muy especiales a mis padres, ya que ellos han sido el soporte y apoyo constante en mi vida y sé que con ellos podré contar siempre, por haberme enseñado el valor del trabajo y la responsabilidad, por educarme y aconsejarme en momentos difíciles.

Quisiera agradecer también a todas las personas que me hayan ayudado en el transcurso de mi vida universitaria pero son muchas como para mencionar a cada uno de ellos.

En el transcurso de esta etapa de mi vida aprendí de mis profesores, compañeros, de los que tendré agradables recuerdos, sin olvidar a quien marcó mi vida y que gracias a él he cambiado y crecido como persona.

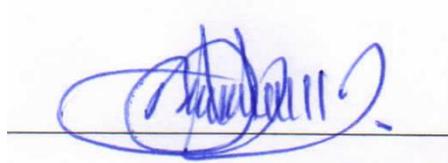
Gracias a todos los que me rodean y que de alguna manera son especiales para mí.

Lissett Adriana Moreira Imacaña.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor/tutora del trabajo de titulación denominado: **“REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE COMUNICACIONES DEL GAD MUNICIPAL DE LA LIBERTAD HACIA SUS DEPENDENCIAS EXTERNAS MEDIANTE TOPOLOGÍA DE ESTRELLA Y TECNOLOGÍA INALÁMBRICA.”**, elaborado por la estudiante **MOREIRA IMACAÑA LISSETT ADRIANA**, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante para que inicia los trámites legales correspondientes.

La libertad, Diciembre del 2016



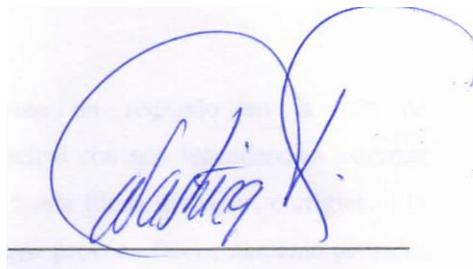
Ing. Freddy Soriano Rodríguez MSc.

TRIBUNAL DE GRADO



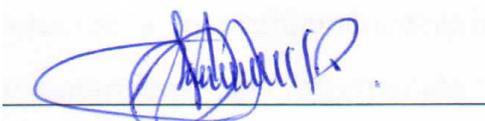
Ing. Walter Orozco Iguasnia, MSc.

DECANO DE FACULTAD



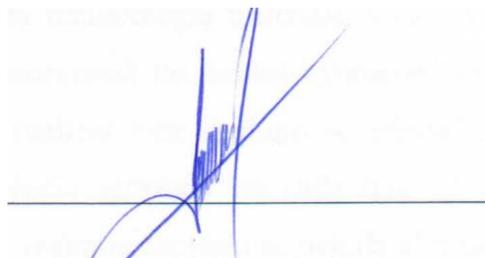
Ing. Washington Torres Guin, MSc.

DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Freddy Soriano Rodríguez MSc.

PROFESOR TUTOR



Ing. José Sánchez Aquino MsC.

PROFESOR DE ÁREA



Ab. Brenda Reyes Tomalá MSc.

SECRETARIO GENERAL

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica plantea un rediseño en la red de comunicaciones inalámbrica del GAD Municipal con sus dependencias externas en el cantón La Libertad de la provincia de Santa Elena, Ecuador, corrigiendo la mala comunicación y la latencia existente que provoca frecuentemente pérdidas totales de la conexión entre los enlaces que conforman dicha red, reemplazando los equipos actuales por tecnología inalámbrica actualizada de mayor robustez que satisfaga las necesidades requeridas por los usuarios. En el primer capítulo se detalla de forma general los antecedentes, la descripción completa de la propuesta, los objetivos planteados, la justificación de la futura implementación, el alcance que tendrá y la explicación de la metodología utilizada como es el exploratorio, descriptivo, explicativo y experimental los cuales ayudaron a dar solución a la problemática existente, para realizar este capítulo se efectuó un levantamiento de información de la tecnología utilizada en cada una de las unidades que conforman la red inicial. En el segundo capítulo se detalla el marco contextual, conceptual, teórico y el desarrollo de la propuesta tecnológica el cual contiene los componentes físicos que conformarán el rediseño de la red inalámbrica del GAD Municipal y los componentes lógicos que ayudaron a realizar un análisis comparativo de los enlaces, en el diseño de la propuesta se exhiben los esquemas gráficos y lógicos de toda la red, la conexión de los equipos en las torres de comunicación, las consideraciones para realizar los enlaces basados en uso de software de Radio Mobile y las simulaciones realizadas en base al despejamiento mínimo calculado para un óptimo y efectivo funcionamiento de la red. Finalmente, se realiza un estudio de factibilidad técnico y un presupuesto financiero para asegurar la confiabilidad de la red asegurando la solución de los problemas de comunicación, con la finalidad de que el municipio de La Libertad realice la futura implementación del rediseño de acuerdo a lo expuesto en la presente propuesta tecnológica.

ABSTRACT

The present technological proposal proposes a redesign in the wireless communication network of the Municipal GAD with its external dependencies in the canton La Libertad of the province of Santa Elena, Ecuador, correcting the bad communication and the existing latency that frequently causes total losses of the connection between the links that make up that network, replacing the current equipment by updated wireless technology of greater robustness that satisfies the needs required by the users. In the first chapter, are detailed, the complete description of the proposal, the objectives presented, the justification of the future implementation, the scope and explanation of the methodology used as the exploratory, descriptive, explanatory and experimental those who helped to solve the existing, for to realized this chapter was carried out a survey of the technology used in each of the units that make up the initial network. The second chapter details the context framework, conceptual framework, theoretical framework and development of the technological proposal which contains the physical components that will make up the redesign of the wireless network of the Municipal GAD and the logical components that helped to make a comparative analysis of the links, in the proposal design shows the graphical and logical schemes of the whole network, the connection of the equipment in the communication towers, the considerations to make the links in Radio Mobile and the simulations carried out based in the calculated minimal clearance for a optimal and effective operation of the network. Finally, a study of technical feasibility and a financial budget are carried out to assure the reliability of the network, assuring the solution of the communication problems, With the purpose of which the municipality of La Libertad realizes the future implementation of the redesign according to what is exposed in the present technological proposal.

DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal line. The signature is stylized and appears to read 'Lissett Moreira Imacaña'.

Lissett Adriana Moreira Imacaña

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	I
APROBACIÓN DEL TUTOR	II
TRIBUNAL DE GRADO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
DECLARACIÓN	VI
TABLA DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
LISTA DE ANEXOS	XV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
FUNDAMENTACIÓN	3
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	10
1.3. OBJETIVOS	13
1.3.1. OBJETIVO GENERAL:	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	13
1.4. JUSTIFICACIÓN	14
1.5. ALCANCE	15
1.6. METODOLOGÍA	19
CAPÍTULO II	22
PROPUESTA TECNOLÓGICA	22
2.1. MARCO CONTEXTUAL	22
2.2. MARCO CONCEPTUAL	25
2.3. MARCO TEÓRICO	27
2.4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	30
2.4.1. COMPONENTES DE LA PROPUESTA	30
2.4.1.1. COMPONENTES FÍSICOS	30
• Antenas	30

• Torres	34
• Equipos de Transmisión y Recepción	43
RouterBOARD RB411GL	44
MiniPCI R52Hn	47
• Pigtail	48
• Opción 1: Elaboración del Pigtail	49
Cable Coaxial	50
Conectores para el cable coaxial	50
Indoor Case	51
• Opción 2: Conexión Ethernet	52
Outdoor Case	53
Cable FTP	53
Conectores para el cable FTP	54
• PoE	55
• Switch	55
Descripción del Switch TL-SG1048	56
Descripción del Switch TL-SG1016D	58
2.4.1.2. COMPONENTES LÓGICOS	59
• Radio Mobile	60
• Google Earth	60
• RouterOS	63
2.4.2. DISEÑO DE LA PROPUESTA	64
2.4.2.1. ESQUEMA GRAFICO DE TODA LA RED	64
2.4.2.2. ESQUEMA GRAFICO DE LAS TORRES	64
2.4.2.3. ESQUEMA LÓGICO	69
2.4.2.4. CONSIDERACIONES PARA LA SIMULACIÓN	70
2.4.2.5. SIMULACIÓN DE ENLACES SIN TORRES	78
• CCBM (Centro Comercial Buenaventura Moreno)	79
• CEPEDA (Centro Comercial Jorge Cepeda Jácome)	80
• CMED (Centro Médico Municipal)	81
• CDH (Centro de Desarrollo Humano)	82

•	ENGOROY (Cerro de Engoroy)	83
2.4.2.6.	SIMULACIÓN DE ENLACES CON TORRES	84
•	CEPEDA (Centro Comercial Jorge Cepeda Jácome)	85
•	CCBM (Centro Comercial Buenaventura Moreno)	87
•	CMED (Centro Médico Municipal)	88
•	CDH (Centro de Desarrollo Humano)	90
•	ENGOROY (Cerro de Engoroy)	91
2.4.3.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	92
2.4.3.1.	FACTIBILIDAD TÉCNICA	93
•	Confiabilidad de la Red	93
•	Margen Respecto al umbral	94
•	Potencia de Recepción	95
•	Pérdidas en el espacio libre	95
•	Presupuesto técnico de la Potencia Recibida	97
•	Cálculo del Margen respecto al Umbral	99
•	Presupuesto técnico para Cálculo de Confiabilidad de la Red	100
•	Resumen de características técnicas de la red	102
2.4.3.2.	FACTIBILIDAD FINANCIERA	103
	RESULTADOS	107
•	Pruebas Realizadas	107
•	Resultados Finales	111
	CONCLUSIONES	112
	RECOMENDACIONES	113
	BIBLIOGRAFÍA	114
	ANEXOS	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución actual de la red de Telecomunicación Inalámbrica con las Dependencias Externas	5
Figura 2: Rango del tiempo de repuesta mínimo y máximo, enlace PtP Engoroy-CCBM	6
Figura 3: Respuesta de la antena ubicada en Engoroy apuntando al C.C. Cepeda Jácome	7
Figura 4: Respuesta de la antena ubicada en Engoroy apuntando al Centro Médico Municipal	7
Figura 5: Distancia entre el GAD Municipal de La Libertad y Engoroy	8
Figura 6: Distancia entre Engoroy y CCBM	8
Figura 7: Distancia entre Engoroy y CEPEDA	9
Figura 8: Distancia entre Engoroy y C.MED.	9
Figura 9: Distancia entre el Engoroy y el CDH	9
Figura 10: Red inalámbrica existente en el GAD de La Libertad tipo Estrella	10
Figura 11: ANSI/TIA/EIA-607	19
Figura 12: Puesta a Tierra de Antenas	19
Figura 13: Ubicación actual puntos de enlace Red GAD Municipal La Libertad	24
Figura 14: Distancia entre el GAD y la dependencia externa CCBM	32
Figura 15: Red Inalámbrica, Propuesta para el GAD Municipal de La Libertad	35
Figura 16: Comparación de LoS entre antenas Ubiquiti y Motorola	37
Figura 17: Enlaces con antenas HyperLink sin torres	37
Figura 18: Obstáculo y Radio de la Zona de Fresnel	39
Figura 19: Cuadro comparativo de los enlaces sin/con Torres	42
Figura 20: Pigtail con un conector MMCX y conector N-Hembra	49
Figura 21: Esquema básico de un Pigtail	49
Figura 22: Indoor Case	51
Figura 23: Pigtail con un conector MMCX y conector N-macho	52
Figura 24: Conexión de la antena utilizando un Pigtail pequeño	52
Figura 25: Outdoor Case	53
Figura 26: Ventana del Programa Radio Mobile	60

Figura 27: Mapa Terrestre en Google Earth	61
Figura 28: Ubicaciones exactas de las unidades en Google Earth	61
Figura 29: icono "Units properties" de Radio Mobile	62
Figura 30: Ventana para insertar las coordenadas de las unidades que conforman la red	62
Figura 31: Unidades que conforman la red inalámbrica del GAD Municipal La Libertad	63
Figura 32: Conexión de Equipos inalámbricos a cada departamento de sistemas	66
Figura 33: Conexión de Equipos inalámbricos Opción 1	67
Figura 34: Conexión de Equipos inalámbricos Opción 2	68
Figura 35: Diseño Lógico del Rediseño de la Red Inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad	69
Figura 36: Icono "Networks Properties" de Radio Mobile	70
Figura 37: Ventana para insertar las Propiedades de la Red	71
Figura 38: Parámetros de la Red: Nombres y Rango de Frecuencias utilizadas	71
Figura 39: Parámetros de la Red: Polarización, Modo de la Variabilidad, Pérdidas adicionales y Clima	72
Figura 40: Parámetros de la Red: Lista completa de los enlaces	73
Figura 41: Topología de la Red	73
Figura 42: Miembros de la Red	74
Figura 43: Sistemas de la Red	75
Figura 44: Sistemas de la Red, Tipo de Antenas	75
Figura 45: Patrón de radiación de los Tipos de Antenas	76
Figura 46: Configuración de las especificaciones técnicas de las Antenas	76
Figura 47: Red Completa Simulada en Radio Mobile sin torres	77
Figura 48: Simulación del Enlace GAD-CCBM en Radio Mobile sin torres	79
Figura 49: Ubicación de la obstrucción en el Enlace GAD-CCBM sin torres	79
Figura 50: Simulación del Enlace GAD-CEPEDA en Radio Mobile sin torres	80
Figura 51: Ubicación de la obstrucción en el Enlace GAD-CEPEDA sin torres	80
Figura 52: Simulación del Enlace GAD-CMED en Radio Mobile sin torres	81
Figura 53: Ubicación de la obstrucción en el Enlace GAD-CMED sin torres	81
Figura 54: Simulación del Enlace GAD-CDH en Radio Mobile sin torres	82

Figura 55: Ubicación de la obstrucción en el Enlace GAD-CMED sin torres	82
Figura 56: Simulación del Enlace GAD-ENGOROY en Radio Mobile sin torres	83
Figura 57: Ubicación de la obstrucción en el Enlace GAD-ENGOROY sin torres	83
Figura 58: Simulación del Enlace GAD-CEPEDA en Radio Mobile con torres de 15m	85
Figura 59: Simulación del Enlace GAD-CEPEDA en Radio Mobile con torres de 15m y 20m	86
Figura 60: Simulación del Enlace GAD-CEPEDA en Radio Mobile con torres de 15m y 24m	87
Figura 61: Simulación del Enlace GAD-CCBM en Radio Mobile con torres de 10m y 6m	87
Figura 62: Simulación del Enlace GAD-CCBM en Radio Mobile con torres de 15m y 8m	88
Figura 63: Simulación del Enlace GAD-CMED en Radio Mobile con torres de 15m y 7m	89
Figura 64: Simulación del Enlace GAD-CMED en Radio Mobile con torres de 10m y 8m	89
Figura 65: Simulación del Enlace GAD-CDH en Radio Mobile con torres de 15m y 3m	90
Figura 66: Simulación del Enlace GAD-CDH en Radio Mobile con torres de 15m y 15m	91
Figura 67: Simulación del Enlace GAD-ENGOROY en Radio Mobile con torres de 15m y 6m	91
Figura 68: Cronograma de Actividades para una Futura instalación	104
Figura 69: Simulación de la Red inalámbrica con equipos Reutilizados en Radio Mobile con torres	107
Figura 70: Simulación del Enlace GAD-CCBM con equipos Reutilizados en Radio Mobile	108
Figura 71: Simulación del Enlace GAD-CEPEDA con equipos Reutilizados en Radio Mobile	108

Figura 72: Simulación del Enlace GAD-ENGOROY con equipos Reutilizados en Radio Mobile	109
Figura 73: Simulación del Enlace GAD-CMED con equipos Reutilizados en Radio Mobile	109
Figura 74: Simulación del Enlace GAD-CDH con equipos Reutilizados en Radio Mobile	110
Figura 75: Simulación de la Red inalámbrica con Equipos Recomendados con torres	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de las Especificaciones Técnicas de las antenas Recomendados	31
Tabla 2: Valores Distancia entre las unidades de los enlaces	32
Tabla 3: Coordenadas de las Unidades	35
Tabla 4: Valores para calcular el radio y despejamiento de la Zona de Fresnel	40
Tabla 5: Valores del Radio y Despejamiento de la Zona de Fresnel	40
Tabla 6: Comparación entre modelos de RouterBoards	43
Tabla 7: Especificaciones del RouterBOARD RB411GL	45
Tabla 8: Comparaciones de las Especificaciones de los MiniPCI	46
Tabla 9: Especificaciones de MiniPCI R52Hn	48
Tabla 10: Especificaciones del Cable coaxial LDF4-50a de 16mm	50
Tabla 11: Especificaciones del Conector L4TNM-PSA tipo N-Macho	51
Tabla 12: Especificaciones del Cable FTP categoría 6	54
Tabla 13: Especificaciones del Conector RJ45	54
Tabla 14: Especificaciones técnicas del PoE	55
Tabla 15: Especificaciones Técnicas del Switch TL-SG1048	57
Tabla 16: Especificaciones Técnicas del Switch TL-SG1016D	59
Tabla 17: Valores del Despejamiento de la Zona de Fresnel	85
Tabla 18: Valores de Pérdidas en los enlaces	96
Tabla 19: Indicador de Fuerzas de la Señal Recibida	97
Tabla 20: Valores de la Potencia de Recepción para cada Enlace	98
Tabla 21: Valores del Margen respecto al Umbral en los enlaces	99
Tabla 22: Confiabilidad y Tiempo de Interrupción	100
Tabla 23: Confiabilidad de los enlaces de la Red	101
Tabla 24: Presupuesto Técnico Completo de la Red	102
Tabla 25: Presupuesto Financiero de los equipos tecnológicos	105
Tabla 26: Presupuesto Financiero de dirección técnica	106
Tabla 27: Presupuesto Financiero Total para una futura implementación	106

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Datasheet de Antena HyperLink Modelo HG4958DP-30D

Anexo 2: Datasheet Del Router Board RB411GL

Anexo 3: Guía Técnica del Router Board RB411GL

Anexo 4: Datasheet de la Tarjeta Inalámbrica MiniPCI R52Hn

Anexo 5: Outdoor Case para MikroTik RouterBOARD RB411

Anexo 6: Especificaciones Técnicas del conector RJ45 Cat. 6 Blindado

Anexo 7: Especificaciones Técnicas del Cable F/UTP Cat. 6 para exteriores

Anexo 8: Especificaciones Técnicas del Switch TL-SG1048

Anexo 9: Especificaciones Técnicas del Switch TL-SG1016D

Anexo 10: Fotografía de las Unidades impladas en la Red

Anexo 11: Carta Aval

INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones hoy en día han transformado nuestras vidas, siendo imprescindible para la humanidad y volviéndose de suma importancia en ámbitos sociales, estudiantiles, comerciales y laborales por el motivo necesario de compartir información de manera eficaz.

Desde que el Ecuador tuvo la oportunidad de instalar servicios de telecomunicaciones inalámbricas las empresas han implementado este sistema para enlazar sucursales y mantener una comunicación óptima, segura y de manera ininterrumpida haciendo posible la administración centralizada de la información.

El Municipio de La Libertad ubicado en la Av. Carlos Espinoza del Cantón La Libertad tiene a sus dependencias externas administradas por medio de una red inalámbrica instalada desde 1996 sin realizar cambios notables en la infraestructura y reutilizando los equipos año tras año, sobrepasando el tiempo de vida útil de los equipos, sin olvidar el crecimiento demográfico del cantón motivos que han provocado inconvenientes en la comunicación de los enlaces que conforman la red existente en el GAD Municipal.

En esta propuesta tecnológica, se presenta un rediseño de la red inalámbrica del Municipio de La Libertad que mediante el estudio y presupuesto técnico de los enlaces directos con las dependencias externas se pretende determinar las alturas necesarias para ubicar las antenas y mejorar su funcionabilidad.

En esta red inalámbrica cuya finalidad es administrar la información de las dependencias externas en el departamento de sistemas ubicado en el edificio principal del GAD Municipal el inconvenientes de latencia que manifiesta de manera constante, los retardos que presentan los enlaces al transmitir o actualizar la información, la incomodidad de perder información y tener que reiniciar totalmente la conexión de la red provoca molestias para los administradores de la red, por este motivo se planteó la presente propuesta tecnológica la cual demuestra

teóricamente que el rediseño de la red es 100% confiable y que con una futura implementación se obtendrá mayor disponibilidad y con menores tiempos de interrupciones en la comunicación de las dependencias externas con el departamento de sistemas del GAD Municipal del Cantón La Libertad.

Al utilizar tecnología actualizada, de alta calidad y robusta con un estudio técnico previo a su implementación se puede garantizar la confiabilidad del rediseño de la red y asegurar la disponibilidad ininterrumpida de su conexión.

La presente propuesta tecnológica está dividida en dos capítulos, en el primero se detalla la fundamentación completa del porque se desarrolló esta propuesta tecnológica, explicando los antecedentes, los objetivos, la justificación de su futura implementación, el alcance y la metodología utilizada.

En el segundo capítulo se encontrará el marco contextual, conceptual y teórico de la propuesta, en el desarrollo están las ubicaciones exactas de las dependencias externas que conforman la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad, los equipos a utilizar y los componentes lógicos que ayudaron al análisis comparativo de los futuros enlaces del rediseño.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El Municipio de La Libertad se encuentra ubicado en Cantón La Libertad el cual cuenta con una superficie de 25,6 Km², según datos del Censo de Población y Vivienda de noviembre del 2.010, la cantidad de habitantes es de 95.942; de los cuales el 50.06% son hombre y el 49.94% son mujeres, existen por lo menos 3.747 habitantes por Km², se encuentra a 10 msnm (metros sobre el nivel del mar) y se considera netamente urbano [1].

Según [2] la misión del Municipio es:

“Ser un gobierno local líder, que promueve el desarrollo humano sostenible, entregando a la comunidad servicios de calidad y calidez; con tal propósito desarrolla una gestión eficiente, transparente y participativa; contribuyendo de esta manera, al bienestar material y espiritual de la colectividad”.

La necesidad de poder contar con servicios para la comunidad de carácter participativo en un centro de atención social con el equipamiento apropiado para su gestión de beneficios a la colectividad del cantón, originó la necesidad de la creación de un ente de atención ciudadana, como un aporte solidario a la comunidad, para poder desarrollar estas actividades solidarias en el sitio denominado CDH (Centro de Desarrollo Humano) hizo imperioso tener un enlace de comunicaciones que permita integrarlo como un área más de servicios del GAD Municipal.

Otra de las actividades de control que tenía necesidad de una administración más detallada eran dos Centros Comerciales existentes, los mismos que adolecen entre otros problemas administrativos del control de registros de pagos directos

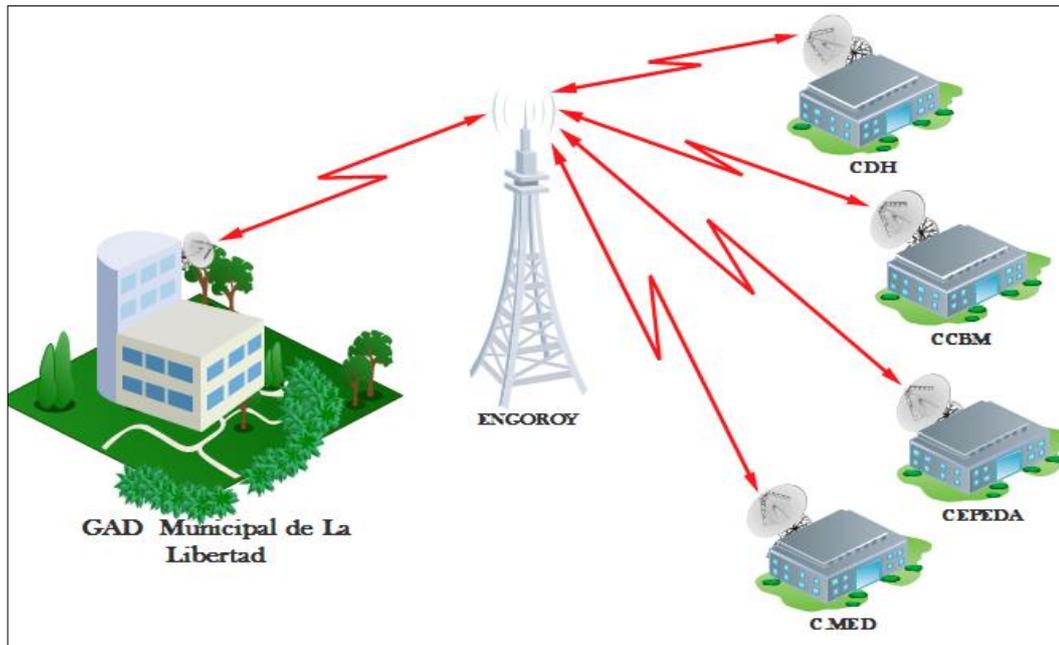
producto de rentas de los locales existentes regentados por el GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado), ayudando enormemente a la agilidad de recaudaciones por alcuotas de locales y permisos de funcionamiento, entre otros. Estos centros están identificados como CCBM (Centro Comercial Buenaventura Moreno) y CEPEDA (Centro Comercial Jorge Cepeda Jácome).

El crecimiento demográfico de la ciudad también crea la necesidad de tener un sub-centro de atención médico al servicio de la comunidad, esto conlleva de igual manera tener un control de recursos y estadísticas de consultas por ejemplo que se realizan a diario, las múltiples necesidades que genera este tipo de servicios comunitarios hacen que se cree la necesidad de integrarlos a la red de telecomunicaciones con el GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado), permitiendo una mejor calidad de servicios e imagen.

Actualmente el GAD Municipal de La Libertad tiene una red de comunicación inalámbrica implementada desde el año 1996, sin cambio alguno hasta el año 2012.

Para abril del año 2013 se inauguró el nuevo Edificio principal del Municipio de La Libertad, se realizó la petición del cambio de infraestructura para la red de telecomunicaciones inalámbrica y sin respuesta alguna hasta en septiembre del mismo año se implementó nuevamente la red, reemplazando cuatro antenas en los enlaces de mayor prioridad, el resto de equipamiento fue reutilizado.

El cambio efectuado en el año 2013, se llevó a cabo sin previo estudio de las necesidades y requerimientos del Gobierno Autónomo Descentralizado de La Libertad, realizando una implementación parcial con tecnología de la época, y reutilizando el 60 % de los equipos inalámbricos, actualmente diseñada como se muestra en la Figura No.1 teniendo como origen el GAD Municipal y una torre de enlace intermedia en el sector del cerro de Engoroy por cobertura de línea de vista de donde se generan las señales de intercomunicación con cada uno de los sitios que conforman la red.



*Figura 1: Distribución actual de la red de Telecomunicación Inalámbrica con las Dependencias Externas
Fuente: Creado por Autor*

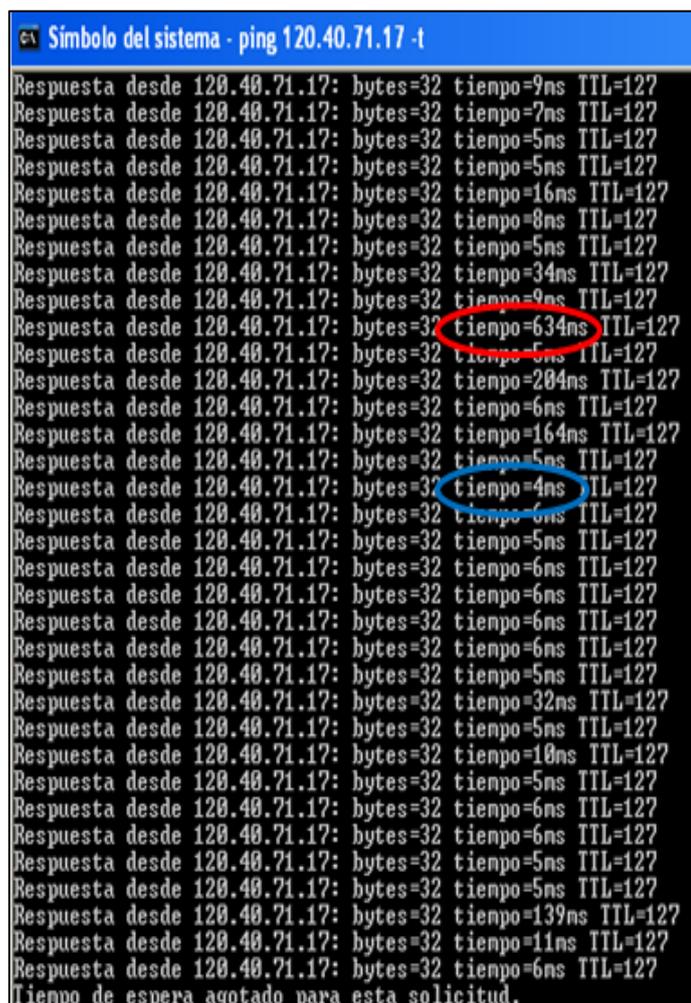
El GAD Municipal actualmente brinda a sus dependencias externas el servicio de internet, y otros servicios mediante una aplicación web la información y datos de clientes ingresados a diario requeridos por el municipio, que en las actuales circunstancias son deficientes debido a la existencia de continuos fallos e inestabilidad en la comunicación de los enlaces, en especial cuando la transferencia de datos alcanza horas pico, produciendo pérdidas de información e incluso paralizaciones por restauración total de la red.

Todos los enlaces actuales presentan problemas a diario, generando que un alto número de transacciones al interactuar con las bases de datos centrales para actualizar o extraer información producto de recaudaciones y otras actividades comerciales colapsen sus tiempos de respuesta, haciendo que estas generalmente tengan retardos entre 30 a 60 segundos, muchas veces sobrepasando el minuto de espera o provocando la pérdida total de la comunicación.

Para comprobar el estado de la velocidad y la calidad de la comunicación de la red actual se ejecutó el comando ping, a pesar de su sencillez, resulta eficaz la detección de fallos en los enlaces y verificar su conexión, con este comando se

puede medir la latencia o el tiempo que demora la comunicación entre el departamento de administración de red central a las dependencias externas, indicando que los tiempos de respuestas varían entre 4 ms hasta 634 ms.

El rango normal en este tipo de pruebas con saltos LAN-WAN-LAN se tiene un retraso máximo de 10 a 15 ms por salto, con ello se demuestra la falta de eficacia en los enlaces, de igual manera se muestra la comunicación entre el GAD Municipal y centro médico, véase Figura No.2, 3 y 4 mostradas a continuación donde se puede visualizar el tiempo de repuesta mínimo y máximo en estas dependencias, los resultados de la prueba realizada en el Departamento de Sistemas del Municipio respaldan el criterio técnico emitido en actuales circunstancias.



```
Símbolo del sistema - ping 120.40.71.17 -t
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=9ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=7ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=5ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=5ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=16ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=8ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=5ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=34ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=9ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=634ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=5ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=284ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=6ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=164ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=5ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=4ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=6ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=5ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=6ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=5ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=32ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=5ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=10ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=5ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=6ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=6ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=5ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=5ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=139ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=11ns TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.17: bytes=32 tiempo=6ns TTL=127
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
```

Figura 2: Rango del tiempo de repuesta mínimo y máximo, enlace PrP Engoroy-CCBM
Fuente: Creado por Autor

```

Símbolo del sistema - ping 120.40.71.34 -t
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=4ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=3ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=13ms TTL=127
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=35ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=31ms TTL=127
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=7ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=6ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=13ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=4ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=7ms TTL=127
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=9ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=8ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=6ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=5ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=4ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=10ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=6ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=9ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=10ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=11ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=13ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=6ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=5ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=12ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=11ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=6ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=84ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.34: bytes=32 tiempo=8ms TTL=127

```

Figura 3: Respuesta de la antena ubicada en Engoroy apuntando al C.C. Cepeda Jácome

Fuente: Creado por Autor

```

Símbolo del sistema - ping 120.40.71.12 -t
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\virtual\120.40.71.12 -t
"120.40.71.12" no se reconoce como un comando interno o externo,
programa o archivo por lotes ejecutable.

C:\Documents and Settings\virtual>ping 120.40.71.12 -t

Haciendo ping a 120.40.71.12 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=22ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=6ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=8ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=68ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=6ms TTL=127
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=4ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=4ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=4ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=36ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=123ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=4ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=5ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=42ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=4ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=6ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=4ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=8ms TTL=127
Respuesta desde 120.40.71.12: bytes=32 tiempo=114ms TTL=127

```

Figura 4: Respuesta de la antena ubicada en Engoroy apuntando al Centro Médico Municipal

Fuente: Creado por Autor

La distancia existente entre las unidades que forman los enlaces de la red inalámbrica actual del GAD Municipal de La Libertad se las calculó con ayuda del programa Google Earth tal como se muestran en las Figuras No.5, 6 según la ubicación geográfica real haciendo uso de software de simulación Google Earth.

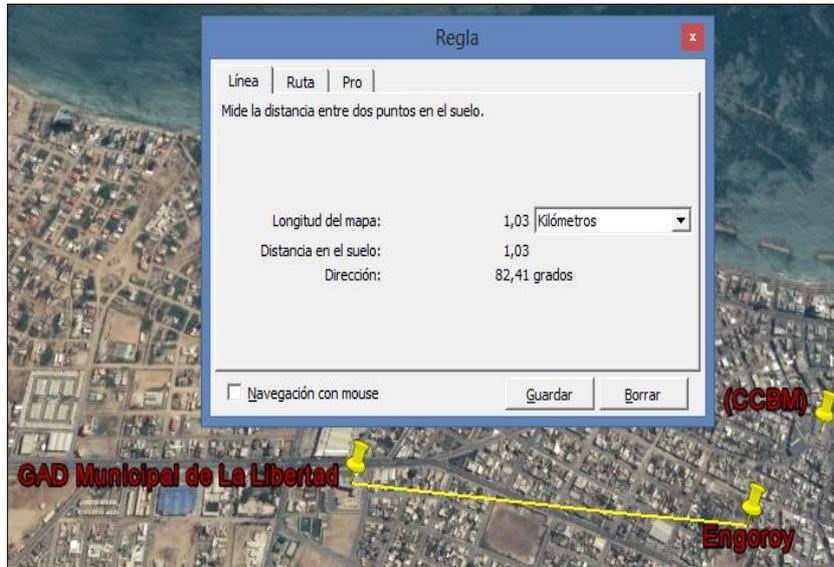


Figura 5: Distancia entre el GAD Municipal de La Libertad y Engoroy
Fuente: Creada por Autor desde: Google Earth

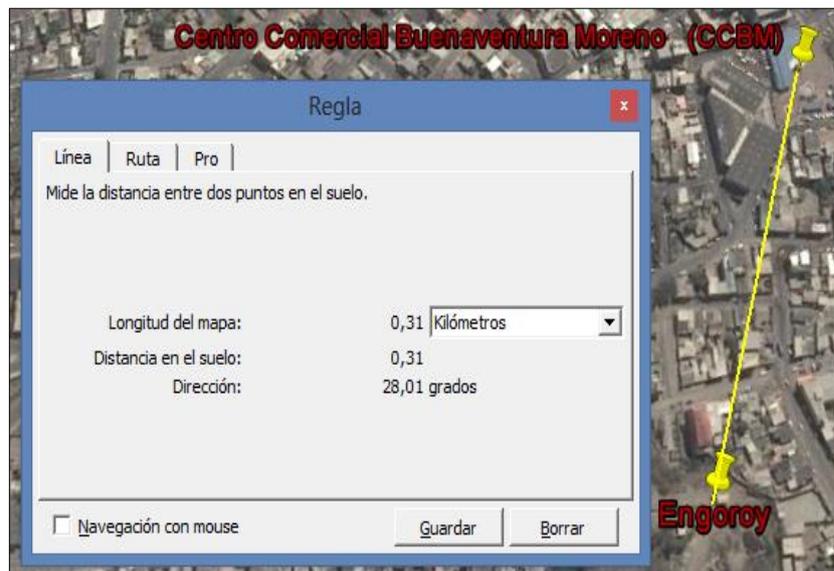


Figura 6: Distancia entre Engoroy y CCBM
Fuente: Creada por Autor desde: Google Earth

De igual manera se procede a calcular la distancia que separa las unidades de los demás enlaces, ver Figuras No. 7, 8 y 9.

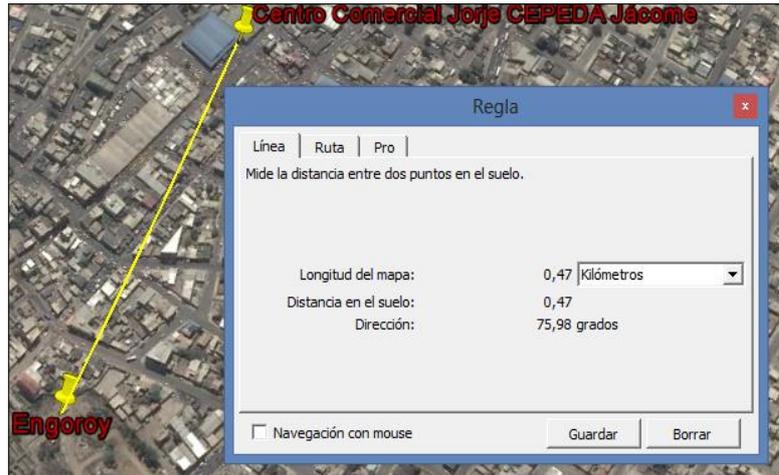


Figura 7: Distancia entre Engoroy y CEPEDA
Fuente: Creada por Autor desde: Google Earth

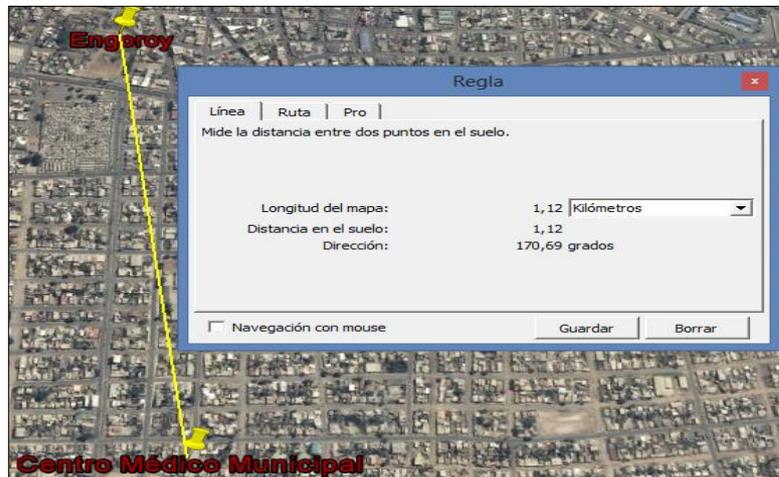


Figura 8: Distancia entre Engoroy y C.MED.
Fuente: Creada por Autor desde: desde: Google Earth

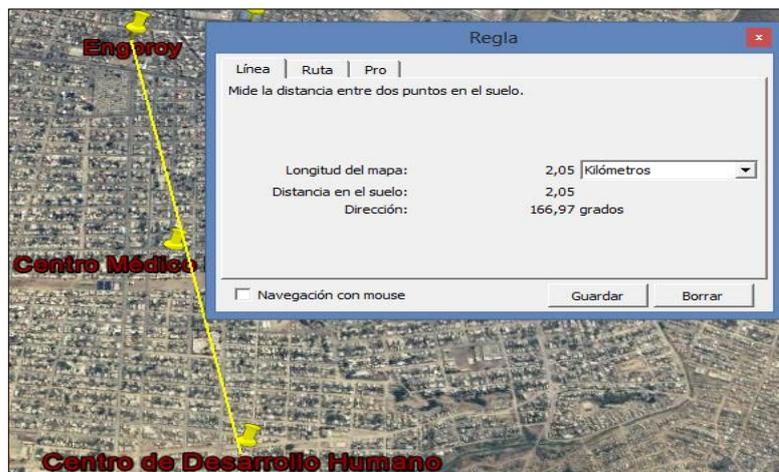


Figura 9: Distancia entre el Engoroy y el CDH
Fuente: Creada por Autor desde: desde: Google Earth

En la figura No.10 se puede observar geográficamente la red de comunicación tipo estrella existente del GAD con las dependencias externas a través de un enlace tipo estrella mediante el centro de distribución (Engoroy) en Google Earth.

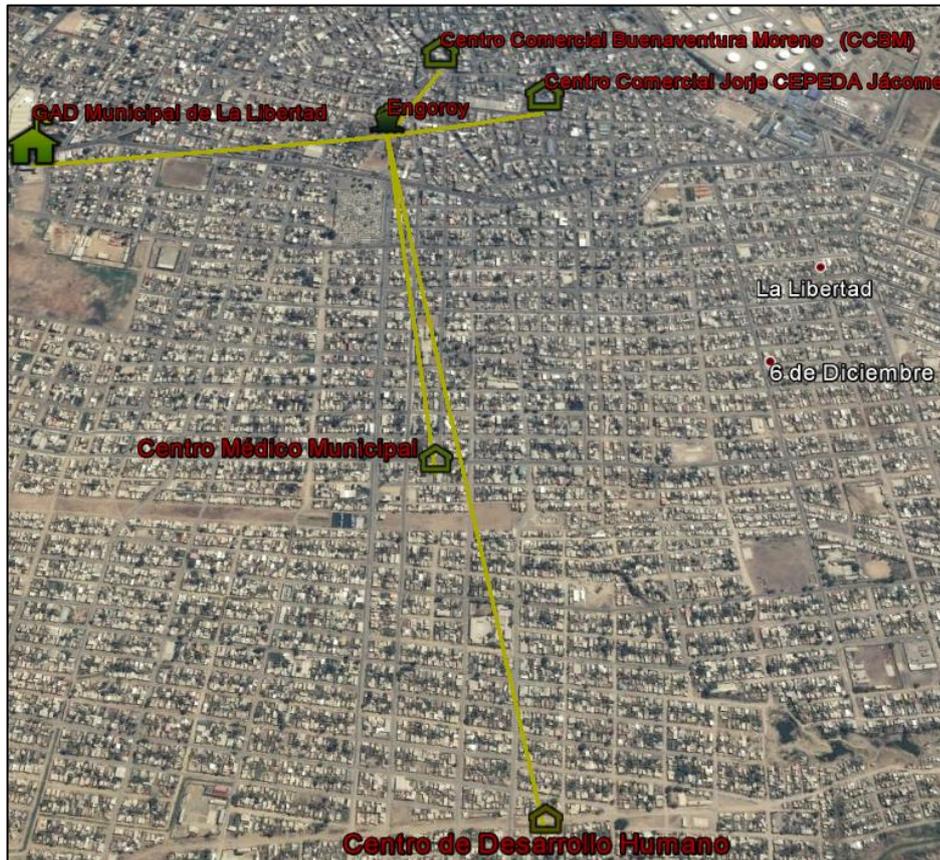


Figura 10: Red inalámbrica existente en el GAD de La Libertad tipo Estrella
Fuente: Creada por Autor desde: Google Earth

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

La presente propuesta tecnológica está enfocada a brindar una solución óptima que permita integrar las dependencias municipales externas del GAD Municipal del cantón La Libertad, de acuerdo a las normas y estándares de Telecomunicaciones IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) en español Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, establecidos para este tipo de propuesta.

Por la necesidad enunciada en los párrafos anteriores, se dio lugar a implementar una actualización de la red de comunicación inalámbrica que data de hace ya más

de 10 años, en el transcurso de su operación no ha tenido cambios o actualizaciones tecnológicas, lo que ha llevado a tener en la actualidad un ambiente operativo de mala imagen y calidad del servicio, varios son los factores que influyen en estos problemas, uno la limitación financiera y otra por administración técnica limitada y operativas dentro del GAD Municipal.

La finalidad de esta propuesta tecnológica, es el analizar, mejorar y recomendar técnicas que permitan la optimización y funcionalidad de la infraestructura de telecomunicaciones inalámbricas existente actualmente entre el GAD Municipal de La Libertad ubicado en la Av. Carlos Espinoza, La Libertad con las dependencias externas existentes, como son: CDH (Centro de Desarrollo Humano), CCBM (Centro Comercial Buenaventura Moreno), CEPEDA (Comercial Cepeda Jácome) y el C.MED (Centro Médico Municipal).

Para la presente propuesta tecnológica se hace imprescindible realizar un levantamiento de datos de la infraestructura actual, para ejecutar un análisis detallado y de simulaciones basadas en pruebas de campo de los enlaces existentes que permitan tener una visión clara y objetiva de los problemas presentados, permitiendo dar soluciones, para complementar esta información se realizarán entrevistas personalizadas a usuarios internos y externos.

Se determinará los puntos críticos considerados como los más importante el tamaño y distancia de la red junto con la línea de vista para cada enlace, también se considerará la ubicación correcta de torretas y nuevos equipos inalámbricos para tener una línea de vista adecuada y más precisa, evitando la obstaculización de la Zona de Fresnel para lo cual se aplicará software de simulación radio Mobile para la simulación de los enlaces.

Para la creación de la nueva red no se necesitará elegir tecnología costosa y sobreestimada en opciones de funcionamiento sin descuidar la arquitectura de la red en cuanto a escalabilidad de los equipos lo cual permite asegurar la inversión, para que la red nueva sea efectiva y eficiente la propuesta se basa aparte de un

mejor diseño, en el tamaño y características necesarias de equipos tecnológicos que cumplan con los requerimientos actuales del GAD Municipal de La Libertad, tomando en consideración el crecimiento de la red, y considerando que se cumpla con las características específicas de la arquitectura de una red de telecomunicaciones: Escalabilidad, Tolerancia a Fallas, Calidad de servicios y Seguridad.

A la herencia tecnológica existente se le debe realizar un análisis partiendo de que la creación de la red se inició sin análisis alguno de las necesidades a mediano y largo plazo del Municipio de La Libertad, dejando de lado estándares de escalabilidad que debe primar en este tipo de instalaciones. Además pasando por alto la utilización eficaz de las frecuencias que están considerados en los estándares 802.11b y la 802.11g que usan la banda de los 2,4 GHz la cual es de uso libre dentro de las bandas ISM definida por la UIT, convirtiéndose en una frecuencia ruidosa y que sufre interferencias de otras señales ajenas a la red, debido a su alto acogimiento en las áreas urbanas para las redes WLAN y otros dispositivos.

Los límites exactos de esta banda dependen de las regulaciones de cada país, pero el intervalo comúnmente aceptado es de 2.400 a 2. 483,5 MHz. Por esta razón en la presente propuesta se trabajará con estándares 802.11a o 802.11n que funcionan en la banda de los 5 GHz y por tener menos interferencias. [3, p. 9].

Se debe realizar un estudio sobre montaje de torres o torretas actualmente inexistentes, que permitan tener la mejor línea de vista que repercute directamente en los enlaces a implantarse para mejorar la comunicación, previa operación y montaje se desarrollaran pruebas virtuales con software de simulación Radio Mobile, basado en norma ANSI/TIA/EIA 222-F para su funcionamiento.

El objetivo de la norma TIA/EIA-222-F, es *“proporcionar criterios mínimos para la especificación y el diseño de torres y estructuras de acero para antenas. No es la intención de estas normas reemplazar los códigos aplicables”* siendo total responsabilidad del usuario si hace o no el uso correcto de estas normas, [4].

La nueva infraestructura de la red para el GAD Municipal debe considerar las necesidades requeridas y sin desperdiciar recursos obteniendo una red efectiva en cuanto al rendimiento de las aplicaciones utilizadas por los usuarios, mejorando la calidad de servicios brindados a partir de su implementación.

Para delimitar el alcance de la presente propuesta tecnológica se partirá de un análisis de la red actual a través del estudio de su infraestructura que permitirá conocer en detalles su funcionalidad con la aplicación operativa de la carga actual, determinando la necesidad de reemplazar o innovar la actual infraestructura de telecomunicaciones a lo más conveniente, optimizando las actuales necesidades del GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado), esto mejorará los tiempos de respuesta y por ende aumentar la velocidad de transmisión, lo cuál va a repercutir en la imagen de la institución producto del presente trabajo de propuesta tecnológica.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL:

Rediseñar la red inalámbrica del GAD La Libertad con sus dependencias externas, utilizando topología tipo estrella que permita mejorar la velocidad de transmisión y optimizar el flujo de información en el departamento de Sistemas del Municipio.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analizar la infraestructura de la red inalámbrica actual.
- Proponer una reubicación del nodo de distribución para tener un enlace directo entre el GAD Municipal y las dependencias externas, eliminando el nodo de distribución de señal en Engoroy actualmente existente.
- Proponer reemplazo de los equipos inalámbricos existentes en la red por unos nuevos que trabajen a un rango de 5 GHz de frecuencia.

- Realizar un estudio de factibilidad técnica y teórica de toda la red para asegurar su disponibilidad y en una futura implementación un óptimo funcionamiento.

Teniendo como antecedentes la obsolescencia de la infraestructura actual, la presente propuesta tendrá como uno de los objetivos específicos más importantes el cambio total del equipamiento actual, para este objetivo se analizará entre diferentes marcas y especificaciones técnicas el más apropiado, capaz de cubrir las necesidades actuales y futuras de la institución.

Los equipos se reemplazarán en toda la red ya que los actuales tienen funcionando más de diecinueve años desde que fueron instalados excediendo su tiempo de vida útil recomendable.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Las pruebas presentadas en los antecedentes evidencian el problema que presenta la red actual, estas situaciones han llevado inclusive a crear soluciones temporales de emergencia como el desmontaje del enlace que comunica el CDH (Centro de Desarrollo Humano) con el centro de distribución Engoroy.

Por razones de índole técnico – económico se reutilizaron estos equipos inalámbricos para el enlace principal (GAD-ENGORROY), y poder atender los requerimientos de los sitios restantes con servicios prioritarios o de mayor importancia, sin mayor análisis técnico, al realizar este cambio se obtuvo una leve mejoría en el rendimiento de las aplicaciones en las otras dependencias externas, sin embargo la comunicación se sigue perdiendo en fechas como quincena y fines de mes por la gran cantidad de registros que se generan en línea.

Con el estudio de factibilidad técnica se pretende corregir la problemática de latencia existente, al eliminar el centro de distribución Engoroy se generan enlaces directos desde el edificio principal del GAD Municipal de La Libertad hasta sus

dependencias externas, cuyos enlaces necesitarán un análisis de la nueva línea de vista generada por la eliminación del centro de distribución Engoroy, estos procesos permitirán dar la confianza suficiente para asegurar un óptimo funcionamiento al implementar el rediseño de la red propuesta.

El presupuesto técnico de la potencia recibida nos permitirá apreciar de una forma teórica la potencia de la señal que llega al receptor, esta propuesta pretende generar enlaces que tengan una fuerza idónea entre 0 a -20 dBm para que la transmisión sea óptima siendo esta la razón que justifica la futura implementación del rediseño de la red inalámbrica y el necesario cambio de la infraestructura tal como se propone en la presente propuesta tecnológica y mejorar notablemente el rendimiento de la comunicación actual.

Con la futura implementación de la presente propuesta tecnológica se logrará evitar las pérdidas de información y los retardos excesivos que provocan la parálisis total de la comunicación inalámbrica existente, ya que el análisis técnico-teórico permitirá analizar las circunstancias en el peor de los casos, este proceso permitirá optimizar la funcionabilidad de los enlaces.

Se debe considerar la imprescindible importancia teórica de esta propuesta tecnológica en función a la gran cantidad de información con la que se debe contar para su desarrollo, siendo éste el motivo principal de la propuesta, tratándose de una implementación factible que se enmarca en las líneas de investigación de la escuela de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Península de Santa Elena involucrando tecnologías actuales.

1.5. ALCANCE

La presente propuesta tecnológica tiene como finalidad mejorar el rendimiento y agilidad de la comunicación, reflejando el resultado tanto en la matriz como en las dependencias externas, siendo los usuarios quienes aprecien el mejoramiento de la calidad de los servicios brindados.

Para tener enlaces óptimos se propone un rediseño de la red externa de telecomunicaciones inalámbrica actual donde se eliminará el punto de distribución del centro Engoroy, para repartir los enlaces y tener una comunicación de conexión directa desde el GAD Municipal de La Libertad con cada dependencia externa.

Será necesario colocar torres de telecomunicaciones basados en estándares ANSI/TIA/EIC 222-F en cada una de las ubicaciones para que exista línea de vista dentro de la llamada zona de Fresnel sin obstrucciones, manteniendo la misma topología (estrella), garantizando la eficiencia de los enlaces y el óptimo funcionamiento de los nuevos equipos propuestos.

Se inicia con un estudio detallado que permita mejorar la problemática presentada en el GAD Municipal de La Libertad, que mejore los tiempos de repuesta en los enlaces de telecomunicación inalámbrica existente y prevea interrupciones de conexión en un futuro, analizando especificaciones técnicas que puedan suplir la necesidad de esta red y utilizar datos reales de uno de los equipos recomendados para representar los enlaces creados por la nueva red mediante software de simulación (Radio Mobile), permitiéndonos visualizar la zona de Fresnel generada, producto de esta definición se procederá a:

- Determinar las nuevas distancias exactas de los enlaces directos entre el GAD Municipal y sus dependencias externas, para visualizar el recorrido que tendrá la señal a transmitida haciendo uso de la aplicación Google Earth.
- Seleccionar marcas de equipos tecnológicos inalámbricos (antenas) existentes en el mercado con especificaciones técnicas que cumplan las mínimas que permitan solucionar la problemática, se deberá considerar características de velocidad de transmisión y normas establecidas con la previsión de evitar interferencias de otras señales que utilicen la misma banda, para ello deberá considerarse que:

- Los equipos deben cumplir con la norma IEEE 802.11n cuya frecuencia de trabajo es de 5 GHz y que tiene una tasa de transmisión hasta 600 Mbps o mínimo la norma 802.11a que también usa la misma frecuencia pero su tasa de transmisión es de 54 Mbps.
 - Hacer comparaciones de las características y especificaciones técnicas de las marcas recomendadas, que permitan la mejor selección del equipamiento a proponer.
 - Que la distancia de alcance típico de las antenas esté de acuerdo a características del rediseño de la red.
- Seleccionar uno de los equipos recomendados que cumpla con los requerimientos mínimos para realizar pruebas de simulación mediante uso de Radio Mobile Online, herramienta que simula la propagación de las ondas emitidas por un equipo inalámbrico utilizando información técnica real del equipo seleccionado como son: frecuencia, potencia, ganancia, sensibilidad, ubicación en la red y destino de enlace.
 - Examinar la zona de Fresnel que se genera entre cada dependencia externa y el GAD Municipal mediante el uso de radio enlace, donde:
 - Se utilizarán las alturas actuales (sin torres) de cada dependencia y del edificio principal del Municipio de La Libertad.
 - Analizar la Zona de Fresnel generada y encontrar posibles obstrucciones que impidan transmitir la señal de una forma segura.
 - Analizar los enlaces directos utilizando diferente altura que simulen torres incluidas en cada ubicación, y comprobar que la zona de Fresnel este libre para transmitir correctamente la señal.
 - Plantear gráficamente la nueva red de telecomunicaciones inalámbricas que se plantea en esta propuesta tecnológica para el Municipio de La Libertad, demostrando mediante este análisis la justificación de su implantación como solución al caso estudiado.

- Para complementar la presente propuesta tecnológica y como un requerimiento mínimo que permita una operación adecuada y eficiente, se debe considerar que el cableado interno la empresa cumpla con especificaciones y normas técnicas por lo que se considerará:
 - Recomendar cable UTP categoría 6 con dispositivos (Switch) que trabajen a 10/100/1000 Mbps, con opción de socket para instalación de módulos de fibra óptica para crecimientos futuros en la red, siguiendo las normas correspondientes para una buena administración de red, siguiendo la norma internacional ISO/IEC 11801 el cual contiene normas americanas EIA/TIA-568 “*estándar de Cableado para Edificios Comerciales*”, centrándose más en la norma ANSI/TIA/EIA-568-A “*norma para la construcción comercial del cableado de telecomunicaciones*” para tener en cuenta los criterios técnicos sobre el rendimiento de los componentes y requisitos mínimos a considerar en el cableado para realizar las configuraciones del sistema.
 - Realizar el debido etiquetado de rack y cableado instalado, detallando por ejemplo las características del mismo como: tipo, función y aplicación, con su debida configuración de colores que exige la norma ANSI/TIA/EIA-606 “*Administración para la Infraestructura de Telecomunicaciones de Edificios Comerciales*”, y así poder tener un mejor seguimiento de cambios suscitados en el cableado o adiciones necesarias a futuro facilitando la localización de fallas que pudieren ocasionarse.

Obligatoriamente recomendar el uso de norma ANSI/TIA/EIA-607 “*Requisito de aterrizado y protección para las telecomunicaciones en edificios comerciales*” norma que asegura la puesta a tierra de la infraestructura de telecomunicaciones de la empresa protegiendo eléctricamente los equipos del GAD Municipal [5, pp. 253-255], obteniendo finalmente una red certificada.

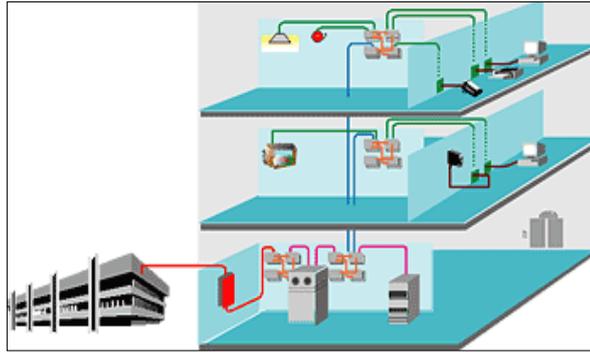


Figura 11: ANSI/TIA/EIA-607

Fuente: http://4.bp.blogspot.com/_vGyeq0aSq6c/SDmT4QlfVMI/AAAAAAAAAGI/JTGpaj86N30/s400/i_grafico-infra01.gif

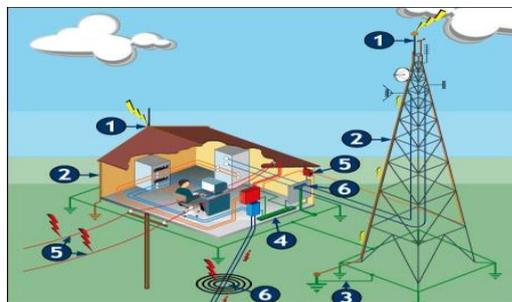


Figura 12: Puesta a Tierra de Antenas

Fuente: <http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe50torre.jpg>

Una vez que se ponga en práctica las recomendaciones y sugerencias de la presente propuesta tecnológica, se podrá observar la mejora en los servicios brindados por el GAD Municipal a sus dependencias, ya que la señal emitida desde la matriz a las dependencias externas garantizará una interconexión de calidad y confiabilidad, Los nuevos puntos de enlaces con nuevas alturas de las antenas evitará obstáculos que se presentaban en la línea de vista y que interferían en la zona de Fresnel de la infraestructura actual.

1.6. METODOLOGÍA

Esta propuesta tecnológica utiliza cuatro métodos de investigación: exploratoria, descriptiva, explicativa y experimental.

La presente propuesta tecnológica involucra una investigación exploratoria ya que tiene como objetivo examinar e involucrarse para conocer el problema de

telecomunicaciones existente en el GAD Municipal, el cual no ha sido estudiado de una manera prolija y detallada anteriormente. Los estudios exploratorios servirán para familiarizarnos con las características de la tecnología utilizada actualmente, que permitirá desde una mejor óptica realizar la propuesta de la nueva red inalámbrica.

Dentro del aspecto de metodología descriptiva de investigación, se realizará entrevistas a los encargados del departamento de Sistemas del Municipio de La Libertad, al jefe del departamento, y a su asistente, quienes permitirán recopilar la actual y posterior información, mediante el diálogo directo con cada uno de ellos.

Colaborando con la visualización de la distribución actual de la red y los modelos de los equipos que están funcionando, otorgando un sentido de entendimiento más completo, claro y directo del problema al que se hace referencia. Buscando información relacionada a la presente propuesta para hacer comparaciones que colaboren a la solución de la problemática.

Se utilizará metodología explicativa proporcionando un detalle de la infraestructura actual, dando a conocer en cómo se encuentra la topología de la red actual del Municipio de La Libertad mostrándose en la figura 1, explicando la tecnología que fue utilizada para cada enlace de la misma. En la justificación se relatan las situaciones en las que se generan los problemas de la mala comunicación de la red del GAD Municipal provocando el retardo de la información, describiendo también en el alcance de esta propuesta las normas que se deberán seguir para tener una mejor infraestructura de telecomunicaciones para la nueva red que se propondrá.

Se describirán los conceptos y especificaciones técnicas de la tecnología que se propone utilizar en la nueva infraestructura de la red de telecomunicaciones inalámbrica, comparando características y propiedades, que se explicarán mejor en cuadros detallados con las especificaciones técnicas de los equipos recomendados y así poder elegir la tecnología más adecuada y obtener un mejor funcionamiento agilizando los procesos requeridos por los usuarios.

También se usará metodología experimental para simular los enlaces entre las dependencias externas y el municipio se lleva a cabo el método experimental, por tener la facilidad de cambiar las variables como: frecuencia, ganancia, sensibilidad, potencia, altura de torres y antenas propuestas en el programa utilizando Radio Mobile Online el cual nos permite examinar la zona de Fresnel y Google Earth para la ubicación geográfica y poder tener la línea de vista emitida, probando que al manipular y aumentar la altura de las torres de telecomunicación se puede obtener una señal más limpia y sin que se obstaculice la transmisión.

Las diferentes metodologías a usarse en la presente propuesta tecnológica se las enunciarán y aplicarán de acuerdo al avance de cada una de las etapas de investigación en campo o en sitio central mediante configuración de equipos o experimentación de parámetros de gestión que permita obtener la opción de solución más óptima.

CAPÍTULO II

PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. MARCO CONTEXTUAL

El diseño e implementación de trabajos dentro de este ámbito de redes de telecomunicaciones hoy en día forman parte del convivir de las operaciones tanto administrativa como técnicas dentro de las organizaciones, dentro y fuera de nuestro país comparten la idea de realizar rediseños en redes inalámbricas, factibles y con gran acogida por la forma en que agilizan el sistema de comunicación brindando confianza y disponibilidad del servicio, para una mejor comprensión del tema propuesto me referiré a propuestas similares a la presentada, como referencias para el trabajo a realizar:

- “Rediseño de la Red de Comunicaciones Administrativa de Hidropastaza S. A. aplicando Tecnologías de Calidad de Servicio y Alta Disponibilidad para solucionar los problemas de Comunicaciones de la Empresa” [6].
- “Diseño de una Red de Comunicación de Banda Ancha para el Sistema SCADA de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A” [7].
- “Diagnóstico y rediseño de la red inalámbrica de la universidad católica de Pereira” [8].
- “Diseño de una red comunitaria inalámbrica en bandas no licenciadas para proveer servicios de telecomunicaciones a escuelas ubicadas en la provincia de Santa Elena” [9].

De los estudios realizados por José Luis Reyes Mena y Rafael Alexander Espinosa Giraldo se identifican los problemas y falencias existentes en las redes, en especial cuando los usuarios utilizaban el servicio de comunicación, ofreciendo mayor cobertura y mejorando el rendimiento de la comunicación, se supo aprovechar y optimizar los recursos tecnológicos garantizando disponibilidad y una buena calidad de servicios para los usuarios, asegurando que el estándar

802.11n de la norma IEEE es la mejor opción para el mejoramiento de las redes inalámbricas.

Del tema realizado por Manolo S. Muñoz E. se determina el siguiente análisis: que las ganancias, potencias, sensibilidad del receptor de las antenas a utilizarse debe cumplir con las condiciones actuales y distancia de separación existente entre el Municipio de La Libertad hasta cada dependencia externa, para que la transmisión sea segura y confiable, sin olvidar las pérdidas que ocasionadas por los componentes de la red y el clima en donde se implementará la presente propuesta.

El proyecto que realizaron Diego Manuel Carrera Benavides Edwin Guillermo Quel Hermosa presentaron un diseño de un red inalámbrica extensa con 81 unidades que conformaban las escuelas fiscales de la actual provincia de Santa Elena comparando tecnologías inalámbricas y seleccionando como se pretende en la presente propuesta tecnológica la más adecuada para la implementación del mismo, en este proyecto se consideró el crecimiento en el número de usuarios al transcurrir cinco años después de instalar la red.

Así como en los trabajos mencionados, la presente propuesta tecnológica se plantea para aplicarla en el Municipio de La Libertad, ubicado en la Av. Carlos Espinoza, de La Libertad (**2°13'40.20"S 80°55'13.10"O**), provincia de Santa Elena, Ecuador, que tiene como objetivo mejorar la eficiencia de la comunicación inalámbrica de la red de telecomunicaciones existente en el GAD Municipal de La Libertad y sus dependencias externas.

Actualmente la red está compuesta por 4 servidores, 128 terminales, dos terminales por cada dependencia externa y 120 en edificio matriz, 10 Switch, 10 equipos de comunicación inalámbrica y 5 enlaces: GAD Municipal – Engoroy, Engoroy – CCBM, Engoroy – CEPEDA, Engoroy - C.MED, Engoroy – CDH.

Los enlaces actuales mostrados en la Figura No.13 están conformados con las siguientes características geográficas:



Figura 13: Ubicación actual puntos de enlace Red GAD Municipal La Libertad
Fuente: Creado por Autor, referencia Google Earth.

La red inicial fue creada con las siguientes características:

- Para cada enlace los dos equipos que son de igual marca y modelo.
- El enlace principal es el del GAD Municipal con Engoroy.
- En la red el nodo de distribución es Engoroy.
- Las cuatro antenas en Engoroy direccionadas a las dependencias externas están conectadas a un Switch existente en Engoroy.
- Presenta un ancho de banda (WB) máximo de 9 Mbps

La presente propuesta plantea una solución puntual que permite la operación óptima de la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad, y brindar de esta manera una nueva concepción del ámbito tecnológico mejorando la imagen en la prestación de servicios del ente gubernamental, los numerosos estudios producidos y sugeridos del desarrollo en el uso de estos avances tecnológicos, aportarán a la investigación y planteamiento del rediseño de la red de comunicaciones inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad.

Es por esta razón que se pretende rediseñar la red inalámbrica con la finalidad de cumplir con los parámetros de un servicio de calidad (QoS), con el estudio técnico

a realizar se pretende mejorar el servicio que se brinda actualmente en estas instalaciones y asegurar su operatividad ininterrumpida requerida por los usuarios.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

En esta propuesta tecnológica se plantea el rediseño de la red inalámbrica del Municipio de La Libertad, para formar enlaces de conexión directas entre el Edificio principal y cada dependencia externa, las antenas existentes deberán ser reemplazadas por tecnología actualizada de tipo direccional y que cumpla con la norma IEEE.

Las antenas que trabajan bajo estándares 802.11a/n en el rango de 5 GHz de frecuencia, el rango de bandas ISM que tiene para trabajar es de 5725 a 5850 MHz, aunque ambos estándares trabajen a la misma frecuencia sus velocidades de transmisión varían, 54 Mbps para el estándar 802.11a y el estándar 802.11n transmite hasta 600 Mbps teóricos además de su tecnología MIMO. [10, p. 176].

MIMO proviene de “Múltiple Input Múltiple Output” en la comunicación inalámbrica permite el acceso a zonas complicadas y evita las pérdidas de los paquetes de datos que se transmiten brindando mayor velocidad debido al que usa simultáneamente varias antenas, con esta tecnología las señales que rebotan provocan reflexiones que en vez de destruirse se reutilizan, la velocidad es incrementada notablemente por tener la particularidad Three-Stream y hacer uso de dos canales contiguos que forman un ancho de 40 MHz en el canal. [11]

Las antenas que cumplen el estándar 802.11n, 5 GHz de frecuencia tienen como características distancias de alcance menor a las antenas que están siendo utilizadas actualmente en la red inalámbrica y zonas de Fresnel más finas por esta razón la ganancia debe ser estrictamente mayor a 16 dBi ya que es directamente proporcional al alcance generado, a mayor ganancia mayor alcance de transmisión por esta razón se debe tener una zona limpia de obstrucciones para que la señal no sea entorpecida, sea clara y sin pérdidas de potencia [12].

Para el estudio de las nuevas trayectorias de la línea de vista se hará uso del software de simulación Google Earth, permitiendo observar posibles obstáculos en la línea de vista entre las antenas transmisoras y receptoras, y con el software Radio Mobile que simula radioenlaces se verificará el rendimiento de los enlaces generados por la antena propuesta, recepción de la señal propagada por la antena seleccionada

La nueva red inalámbrica es metropolitana de topología estrella concentrando toda la información en el edificio principal del Municipio de La Libertad con enlaces punto a punto (PtP) entre cada dependencia y el departamento de sistemas, las dependencias externas se podrán comunicar entre ellas solo si transmiten o reciben la información por medio del concentrador ubicado en el nodo central.

Según el análisis de la trayectoria o línea de vista de la señal se determinará la altura de las torres para colocar las antenas, con el programa radio Mobile se seleccionará la elevación más apropiada que permita una buena propagación de la señal con una zona de Fresnel libre de obstrucciones.

Las torres de comunicación colocadas en cada dependencia externa y en el GAD Municipal de La Libertad, deben seguir el estándar ANSI/TIA/EIA 222-F para su correcta elaboración, sin olvidar la norma ANSI/TIA/EIA-607 el cual es un requisito importante de puesta a tierra para asegurar la funcionalidad de los equipos de comunicación que serán posteriormente instalados, y proteger los equipos de posibles descargas eléctricas. [5, pp. 253-255].

El concentrador o Switch ubicado en el Edificio Municipal debe tener de características velocidad de transmisión de 10/100/1000 Mbps, para que esté acorde con la velocidad de transferencia que tienen los equipos inalámbricos propuestos, se tendrá como opciones adicionales los puertos de fibra óptica para el desarrollo de nueva infraestructura en la edificación.

El cable coaxial deberá tener exclusivamente una impedancia de 50 ohmios por características de la antena, y evitar posibles reflexiones y pérdidas en la transferencia de datos, se plantea el uso del cable más grueso LDF4-50a de 16 mm el cual tiene una atenuación mínima de 0.187 dB/m. [13, p. 6].

Para el cableado interno se debe seguir la norma internacional ISO/IEC 11801 con el estándar EIA/TIA-568 usado para Edificios Comerciales, centrándose más en la norma ANSI/TIA/EIA-568-A correspondiente al cableado de telecomunicaciones, es obligatorio el uso de la norma ANSI/TIA/EIA-606 para la administración del etiquetado del cableado interno para facilitar el seguimiento de algún cambio futuro. [5, pp. 253-255].

2.3. MARCO TEÓRICO

Las comunicaciones se tornaron imprescindibles para la sociedad, y para las empresas el compartir (transmitir o recibir) información se hizo una actividad organizativa y primordial, desde el año 1964 Darmouth College implementa el sistema de Tiempo-compartido.

Cinco años más tarde es aplicada en redes privadas de España, expandiéndose por el resto de países debido a las necesidades de las empresas, también empezaron a establecer redes comerciales y redes LAN, ya por la época de los 1973 aparecieron los protocolos TCP/IP los cuales se aplican de forma obligatoria para instalar una red [14, p. 67].

Las telecomunicaciones inalámbricas tuvieron sus inicios en Francia, con la construcción del primer receptor de ondas electromagnéticas en el año 1890 por el físico Edouard Branly quien utilizó los fundamentos científicos del Italiano Temistocles Calzecchi Onesti, investigaciones realizadas en el año 1884.

La primera transmisión con señales inalámbricas la realizó el Italiano Marconi en el año 1894 a una distancia de 2.4 Km haciendo posible la evolución de la radiotelegrafía, Inglaterra era el país más desarrollado en el área técnica en esa

época, cuatro años después se inauguró el servicio de forma regular entre Wight y Bournemouth y en el año 1899 se establece comunicación entre Inglaterra y Francia, en ese mismo año realizaron experimentos con antenas de microondas, como reflectores parabólicos, lentes y bocinas, evolucionando constantemente el mundo de las telecomunicaciones [14, pp. 50-51].

Para América la era electrónica dio sus inicios en el año 1906 al construirse el primer sistema de ondas electromagnéticas que transmitía voz, entre 1910 a 1919 se crearon grandes antenas con la característica de usar frecuencias muy bajas y potencias elevadas, recordando que la electrónica nació con la radiotelegrafía se convierte en tecnología muy poderosa, que serviría de base para las telecomunicaciones y para la informática, para el control automatizado, la electro medicina y muchas aplicaciones más.

Determinando telecomunicación como: *“Toda emisión o recepción de signos, señales o escritos, imágenes, sonido o información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios óptico u otros sistemas electromagnéticos”*, según la Unión Internacional de Telecomunicaciones, cuyo concepto queda un poco estrecho debido al extraordinario avance que se ha producido [14, p. 31].

Las telecomunicaciones se convirtieron en el motor indispensable de la humanidad, por ello Ecuador cedió paso por primera vez a las telecomunicaciones con el gobierno de Gabriel García Moreno, brindando el servicio de telegrafía por medio de la empresa denominada “All América Cable and Radio” en el año de 1971, a través de un cable submarino.

Con ello se comenzaron a establecerse reglamentos y leyes básicas de telecomunicaciones, las mismas que fueron cambiando a medida que las telecomunicaciones evolucionando. Ecuador puso en práctica la comunicación inalámbrica, utilizando satélites que funcionaban con canales VHF (*Very High Frequency*), esta forma de comunicación se hizo posible por la ayuda de Marconi

en el año 1953 expandiendo los enlaces de telecomunicación inalámbrica por el resto del país.

Desde que el Ecuador tuvo la oportunidad de instalar el servicio telegráfico para facilitar la comunicación entre ciudades, el progreso de las telecomunicaciones fue muy acelerado en el transcurso de la década de 1890 a 1899. Su constante evolución y el buen acogimiento que tiene la tecnología por parte de los ciudadanos convierten a las telecomunicaciones en un elemento importante para el país y para el mundo.

Por este motivo la presente propuesta tecnológica tiene como finalidad mejorar la calidad de servicio planteando el rediseño de la red inalámbrica existente en el GAD Municipal de La Libertad utilizando tecnología actualizada y que permita solucionar los problemas existentes y que los usuarios tienen que afrontar.

Para este tipo de enlaces de telecomunicaciones se debe seguir los estándares 802 de comunicación LAN/MAN elaborados por la IEEE quienes sin fines de lucro elaboran estándares internacionales en esta área, en tecnología de información (IT) y en generación de energía. Dentro de esta familia de estándares se encuentra el 802.11, estándar de redes LAN inalámbricas, esta es una de las 22 áreas que forma parte del comité de estándares LAN/MAN.

Las redes de comunicación inalámbrica son muy factibles para realizar transferencia de datos de un edificio a otro (como el GAD Municipal y sus dependencias externas), por medio de las ondas electromagnéticas que generan los equipos inalámbricos, siendo una opción de instalación más sencilla que las cableadas y con disposición de movilidad si se cambiara de ubicación alguna dependencia externa.

El rediseño de la red inalámbrica que se plantea en la presente propuesta tecnológica es de topología estrella con equipos que apliquen el estándar 802.11 de la IEEE y el cambio que se sugiere de los equipos existentes por tecnología

actualizada que cumpla con los requerimientos necesarios para la empresa favorecerá al mejoramiento de comunicación inalámbrica en el municipio, agilizar el envío y recepción de datos sin retardos que colapsen y paralicen la conexión entre el GAD Municipal de La Libertad y sus dependencias externas con el fin de mejorar la calidad y confiabilidad del servicio brindado a los usuarios internos y externos.

2.4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.4.1. COMPONENTES DE LA PROPUESTA

Las redes inalámbricas que usan tecnologías elaboradas bajo el estándar IEEE 802.11 tienen múltiples beneficios como son: implementación más sencilla, flexibilidad y escalabilidad, características necesarias e indiscutibles para ser aplicadas en las empresas. Para realizar esta propuesta se tienen los siguientes elementos:

2.4.1.1. COMPONENTES FÍSICOS

- **Antenas**

La velocidad de transmisión en una comunicación inalámbrica depende de la ganancia, de la potencia del equipo, para que los alcances sean óptimos se deben seleccionar antenas direccionales por la característica de tener un haz más potente, las marcas: HyperLink, Ubiquiti y Motorola, poseen equipos que están elaborados bajo el estándar 802.11a/n los cuales trabajan a 5 GHz de frecuencia.

Para seleccionar los equipos inalámbricos se consideraron los parámetros técnicos más importantes con son: la ganancia, la potencia de transmisión, la sensibilidad del equipo en función a la distancia de los enlaces, la normativa y la frecuencia con la que trabajan, por ello se seleccionaron tres antenas diferentes para comparar sus especificaciones técnicas y seleccionar una que cumpla con las necesidades de la propuesta planteada:

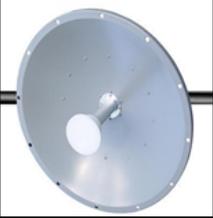
Especificaciones Técnicas	HyperLink MIMO HG4958DP-30D 	Ubiquiti NanoStationM5: 5 GHz 2x2 MIMO AirMax TDMA Station 	Motorola Canopy 5700BHRF20BC 
Norma	802.11 n	802.11n	802.11a
Rango de Frecuencia	4.9 a 5.8 Ghz	4.9 - 5.9 GHz	5.7GHz
Bandas ISM	5.1/5.3/5.4/5.8 GHz.	5.170 - 5.875 GHz	5.725 - 5.850 GHz
Potencia de Tx (dBm) - (Watts)	<50 dBm (<100 W)	24 dBm (0.2512 W)	47.99 dBm (63 W)
Ganancia Mínima	28dBi (4.9 - 5.3 GHz)	14.6dBi	7dB → 9,14dBi
Ganancia Máxima	30dBi (5.4 -5.8 GHz)	16.1dBi	18dB → 20,14dBi
Sensibilidad (dBm) - (uV)	-79 dBm (25.2 uV)	-79 dBm (25.2 uV)	-79 dBm (25.2 uV)
Velocidad de Transferencia	Hasta 600 Mbps teóricos	Hasta 600 Mbps teóricos	20Mbps reales-54Mbps teóricos
Interfaz de Red	N hembra	2P Ethernet 10/100	10/100 Base T, half/full duplex
Peso promedio del Equipo	13,45 lbs (6.1 Kg)	0.88 lbs (0.4 kg)	14 lbs (6.35 kg)
Consumo máximo de energía	8.1 W	8 W	0.34 A @ 24 VDC = 8.2 W
Tecnología	MIMO	MIMO	Banda Ancha. 20 MHz
Distancia alcance Típico	Largo alcance por sistema Backhaul	Hasta 15 Km teóricos	Hasta 56 Km teóricos
Fácil alineamiento	Ajustable de 0 ° a 30 °		
Impedancia	50 Ohm		
Compatibilidad	100% con Ubiquiti ROCKETM5		

Tabla 1: Comparación de las Especificaciones Técnicas de las antenas Recomendados
Fuente: Creado por Autor referencias de fabricante

Para determinar las nuevas distancias de separación de los enlaces generados por el rediseño de la red inalámbrica propuesta se usa el programa Google Earth, tal como se visualiza en la Figura No.14.

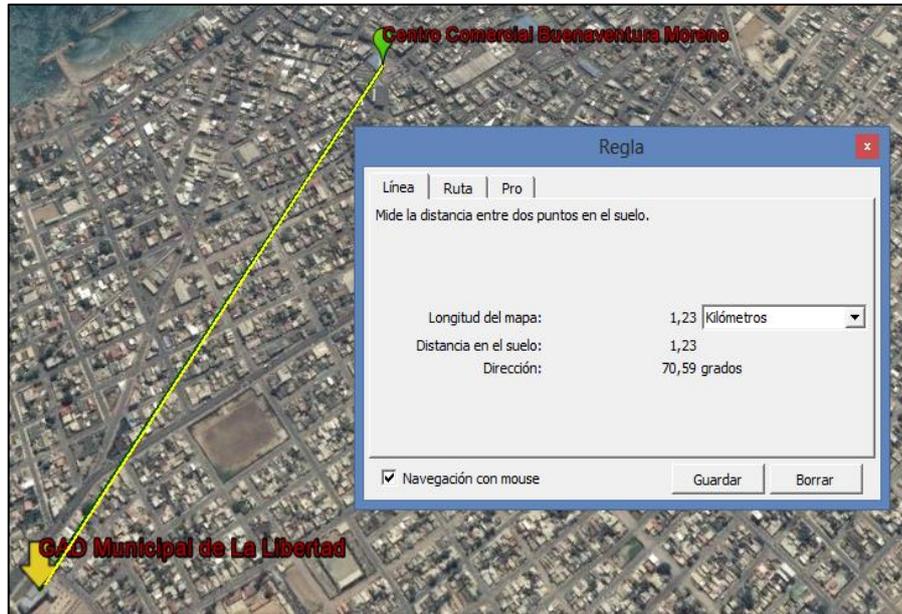


Figura 14: Distancia entre el GAD y la dependencia externa CCBM
Fuente: Creado por Autor, referencia: Google Earth

De la misma forma se procede a determinar la distancia de los demás enlaces para obtener la Tabla No.2 especificando los valores de separación entre las unidades que conforman los enlaces de la nueva red, los resultados obtenidos de las nuevas distancias para el rediseño planteado en la presente propuesta tecnológica son los siguientes:

DISTANCIA DE SEPARACIÓN ENTRE LAS UNIDADES DE LOS ENLACES	
GAD-CCBM	D = 1,23Km
GAD-CEPEDA	D = 1,51Km
GAD-CMED	D = 1,54Km
GAD-CDH	D = 2,38Km
GAD-ENGOROY	D = 1,03Km

Tabla 2: Valores Distancia entre las unidades de los enlaces
Fuente: Creado por Autor, referencia: Google Earth

Al realizar un análisis y comparación de las características y especificaciones técnicas de los equipos mencionados en la Tabla No.1 se concluyó lo siguiente:

Las antenas de la marca Ubiquiti son las más usadas en el mercado por motivo de tener costo muy bajos, el modelo Ubiquiti NanoStationM5: 5GHz 2x2 MIMO AirMax TDMA Station es uno de los que se consideró en la implementación del cambio de equipamiento parcial en la red actual, en la presente propuesta tecnológica se escogió el mismo modelo para analizar sus especificaciones técnicas y determinar si fuera posible su reutilización en el rediseño de la red planteada, este equipo cuenta con requerimientos mínimos que debe cumplir como su ganancia operativa, tiene un rango de 14.6 a 16.1 dBi, utiliza la norma 802.11n trabajando en el rango de 5 GHz de frecuencia con una velocidad de transferencia teórica de 600 Mbps.

Se debe recalcar que con una ganancia operativa de 16 dBi el alcance real es de 1.5 Km de trayectoria limitando la transferencia de información para el enlace más largo en el rediseño de la red formado por el GAD Municipal y el CDH cuya distancia de separación entre las dos unidades es de 2.38 Km, véase Tabla No.2, el funcionamiento que tendría esta antena no será óptimo y sus enlaces no serían 100% eficaz proporcionando desconfianza en su operatividad, por este motivo este modelo de antena queda descartado de la presente propuesta tecnológica.

Las antenas de marca Motorola Canopy también son altamente reconocidas en el mercado y muy utilizadas en empresas para comunicaciones inalámbricas, este equipo de modelo 5700BHRF20BC tiene una potencia de transmisión buena pero presenta un déficit en la ganancia ya que tiene un rango de 9.14 a 20.14 dBi, esta antena presentaría el mismo inconveniente del modelo anterior.

La ganancia de las antenas es la característica técnica más importante para tener una buena transmisión, el modelo escogido de marca Motorola trabaja en el rango de los 5 GHz de frecuencia elaborado bajo la norma 802.11a, estándar que limita la velocidad de transmisión de los datos a 20 Mbps reales, debido a las

necesidades de la propuesta y por motivos de una posible y futura expansión demográfica y de sus dependencias es necesario que la velocidad para transferir los datos sea mayor a 54 Mbps teóricos que brinda el estándar 802.11a, anulando la opción a implementar la presente propuesta tecnológica con este modelo de antena.

Por motivos de escalabilidad, requerimiento de la red inalámbrica de la presente propuesta es necesario escoger un tipo de equipo que cumpla con todas las necesidades del GAD Municipal, que sea capaz de evitar futuros inconvenientes y que el costo de su futura implementación no exceda el presupuesto.

Por lo tanto es recomendable seleccionar equipos de mayor robustez y máxima velocidad de transmisión con la mayor ganancia disponible, como se da en las características técnicas que tiene el equipo HyperLink MIMO HG4958DP-30, esta antena trabaja con una ganancia de 30 dBi en un rango de frecuencia 5.4 – 5.8 GHz, elaborado bajo la norma 802.11n de la IEEE y máxima transmisión teórica de 600 Mbps.

Esta antena utiliza tecnología MIMO lo cual permite acceder a zonas complicadas que estén dentro del área de transmisión y reutilizar las señales que hayan sufrido de reflexiones incrementando la transferencia de datos (cantidad de información), las características robustas que tiene la antena HyperLink son razones que convierten a este equipo inalámbrico en fiable para la futura implementación de la presente propuesta tecnológica.

- **Torres**

Según la ubicación geográfica de las unidades (Dependencias externas y GAD Municipal), coordenadas que se pueden visualizar en la Tabla No.3, y la trayectoria de la línea de vista también llamado LoS (Line-Of-Sight) que presenten los enlaces determinará el uso de torres de telecomunicación, si el LoS que se obtienen desde el GAD Municipal a cada una de las dependencias externas

presenta obstrucciones se determinará la altura de las torres de telecomunicación para mejorar el enlace y prevenir inconvenientes en un futuro.

COORDENADAS DE LAS UNIDADES	
GAD Municipal de La Libertad	
Latitud	02°13'40,2" S
Longitud	080°55'13,1" W
CCBM (Centro Comercial Buenaventura Moreno)	
Latitud	02°13'27,0" S
Longitud	080°54'35,3" W
CEPEDA (Centro Comercial Jorge Cepeda Jácome)	
Latitud	02°13'32,2" S
Longitud	080°54'25,1" W
CMED (Centro Médico Municipal)	
Latitud	02°14'11,7" S
Longitud	080°54'34,0" W
CDH (Centro de Desarrollo Humano)	
Latitud	02°14'40,7" S
Longitud	080°54'25,0" W
Engoroy (Cerro de Engoroy)	
Latitud	02°13'35,8" S
Longitud	080°54'40,0" W

Tabla 3: Coordenadas de las Unidades

Fuente: Creado por Autor referencia de: Google Earth

El uso de torres de comunicación es indispensable en el desarrollo la presente propuesta tecnológica puesto que al eliminar el centro de distribución que antes era Engoroy las líneas de vista de los enlaces sufren de obstrucciones debido a la ubicación geográfica de cada dependencia externa (unidades), obteniendo como resultado la red inalámbrica presentada en la Figura No.15.

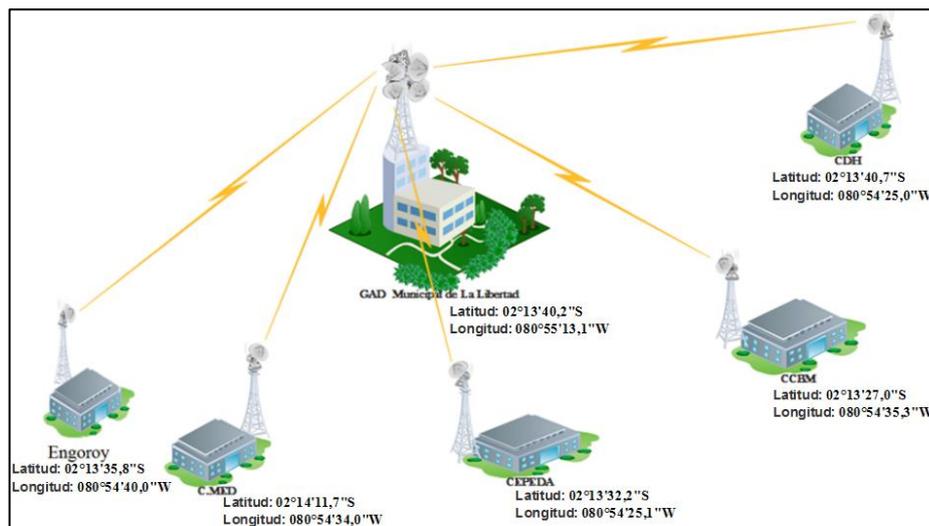


Figura 15: Red Inalámbrica, Propuesta para el GAD Municipal de La Libertad

Fuente: Creado por Autor, referencia Google Earth

Para lograr la comunicación estable y directa con las dependencias CCBM (Centro Comercial Buenaventura Moreno), CEPEDA (Centro Comercial Jorge Cepeda Jácome), CMED (Centro Medico Municipal) y CDH (Centro de Desarrollo Humano), las mismas que se encuentran ubicadas en el barrio Mariscal Sucre calle Guayaquil entre Av.4 y 5ta, en el Barrio Rocafuerte Av. 7ma y calle 21, en el Barrio Manabí Av. 26 entre calle 19 y 20ª y en la Ciudadela 5 de Junio respectivamente.

Se debe conseguir que el radio de la zona de Fresnel generado por las antenas se encuentre totalmente libre de obstáculos y por este motivo se analizaron las trayectorias utilizando los tres modelos de antenas antes mencionadas y poder verificar el estado de los enlaces previo al uso de torres de comunicación.

En las Figuras No.16 y 17 se puede apreciar la línea de vista (LoS), trayectorias de las señales transmitidas, y la zona de Fresnel generada por las tres diferentes antenas propuestas sin utilizar torres de telecomunicación en cada una de las unidades, presentando obstáculos cercanos a la línea de vista (nLoS) en los enlaces GAD-CCBM, GAD-CMED y GAD-CDH, en el enlace generado por GAD-CEPEDA no existe línea de vista (NLoS) debido a la obstrucción generado por la existencia de un desnivel geográfico, para la unidad Engoroy la zona de Fresnel que se genera al realizar el enlace se encuentra sin mayores obstrucciones.

A continuación se puede apreciar la comparación de la efectividad de los enlaces creados con las tres marcas de antenas antes mencionada: Ubiquiti, Motorola e HyperLink.

Recalcando que las simulaciones se realizaron con las alturas normales de las unidades, donde el GAD Municipal tiene 15 m altura, las dependencias externas de dos pisos se les colocó 6 m y para las de un solo piso se colocó 3 m de altura para la antena, la efectividad de los enlaces se divide por colores: línea de vista marcada de color rojo para enlaces extremadamente bajos con efectividad nula, amarillo para un enlace promedio y verde para enlaces buenos.

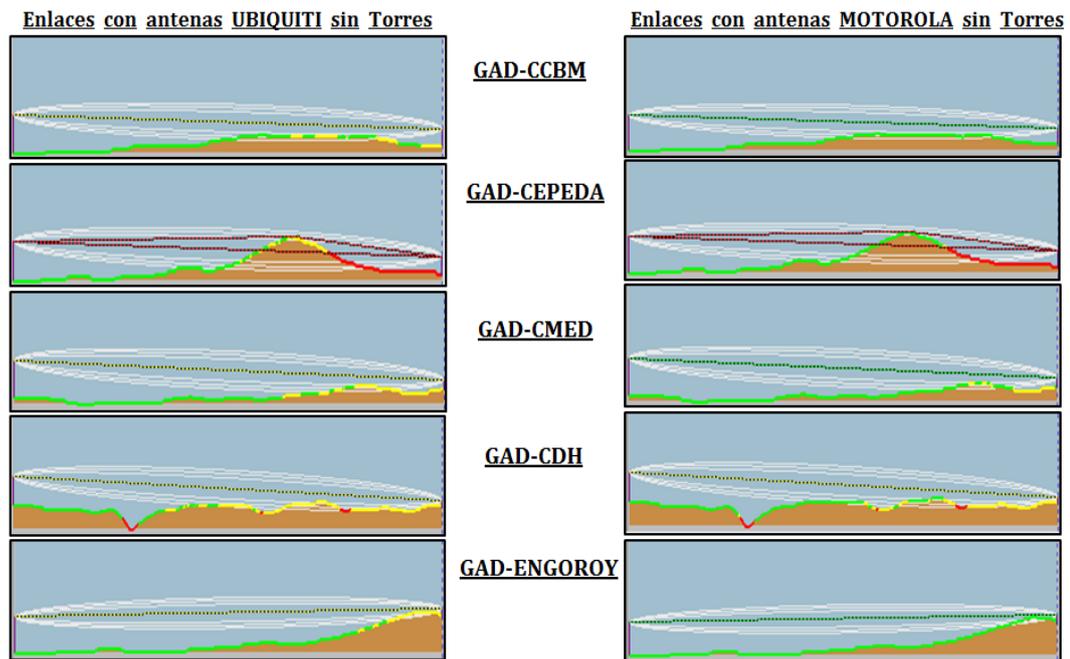


Figura 16: Comparación de LoS entre antenas Ubiquiti y Motorola
Fuente: Creado por Autor, referencia de simulación en Radio Mobile

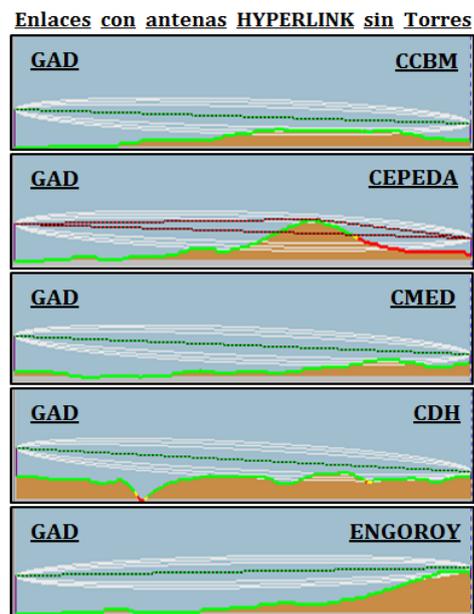


Figura 17: Enlaces con antenas HyperLink sin torres
Fuente: Creado por Autor, referencia de simulación en Radio Mobile

Se puede observar la diferencia de transmisión para cada enlace con las tres antenas diferentes, corroborando que las especificaciones técnicas de la antena HyperLink son las más óptimas para el perfecto funcionamiento de los enlaces

inalámbricos, mostrados en simulación (línea de vista color verde) de la red propuesta, se puede verificar comparando las Figuras No.16 y 17.

Aunque varias de las dependencias posean dos plantas y la antena sea colocada sobre el techo y con una extensión como estaba al comienzo de su instalación, la línea de vista para el enlace GAD-CEPEDA es nula (NLoS), ya que la señal es totalmente obstruida antes de llegar a su destino como se muestra en la Figura No.17 de acuerdo a la simulación realizada con la antena HyperLink.

Esta es una de las razones por la que varios de los enlaces necesitan aumentar la altura de las antenas con la ayuda de las torres de comunicación.

Para determinar exactamente la altura de las torres que serán situadas en cada una de las unidades se debe calcular el radio de la primera zona de Fresnel y la limpieza de la línea de vista mínima que debe haber entre el obstáculo y el radio de la zona de Fresnel generado por las antenas, las formulas aplicadas para la presente propuesta son las siguientes:

$$r_1 = 17,32 \sqrt{\frac{D}{4f}}$$

Ecuación 1: Ecuación para el Cálculo de la primera Zona de Fresnel

Resultando:

$$r_1 = 8,657 \sqrt{\frac{D}{f}}$$

Ecuación 2: Ecuación simplificada del Cálculo de la primera Zona de Fresnel

Donde:

r_1 = radio de la primera zona de Fresnel en m.

D = distancia de separación entra las unidades del enlace en Km.

Si existen obstáculos en la línea de vista entonces $D = d_1 + d_2$

Si el obstáculo se encuentra situado en medio entonces: $d_1 = d_2$

f = frecuencia de transmisión en GHz

Y al reemplazar se obtiene:

$$r_1 = 8,657 \sqrt{\frac{d_1 + d_2}{f}}$$

Ecuación 3: Ecuación para el Cálculo de la primera Zona de Fresnel con obstáculos

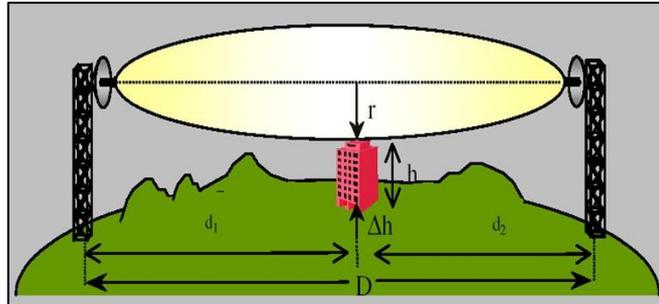


Figura 18: Obstáculo y Radio de la Zona de Fresnel

Fuente: http://images.slideplayer.com.br/3/1221884/slides/slide_60.jpg

Como en la presente propuesta tecnológica se especifica el uso de la norma 802.11n la cual trabaja a una frecuencia de 5 GHz y tiene el radio de la zona de Fresnel más delgado, ésta debe estar totalmente despejada, en especial el área que existe entre la línea de vista y el obstáculo, en la Figura No.18 se aplica un ejemplo de un obstáculo cerca al radio de la zona de Fresnel, para que no exista roce entre ellos y el enlace sea totalmente efectivo se debe aplicar la Ecuación No.4 y con esta determinar la separación o área despejada ente el obstáculo y el radio de la zona de Fresnel.

$$\text{Despejamiento} = 0,6 \cdot r_{F1}$$

Ecuación 4: Despejamiento de la zona de Fresnel

El despejamiento es la distancia que debe existir entre la trayectoria directa (LoS) y el obstáculo en cualquier punto del elipsoide de la primera zona de Fresnel. [15, pp. 220-223]. Con esta ecuación encontraremos la distancia minina para despejar el radio de la zona de Fresnel generada en cada enlace y con la ayuda del software de simulación Radio Mobile aumentaremos la altura de las antenas hasta que el valor del despejamiento (Worst Fresnel para Radio Mobile) coincida con el valor calculado con los datos de cada enlace y las Ecuaciones No. 4.

Para calcular el radio de las zonas de Fresnel de los enlaces con obstáculos, que se presentan en la Figura No. 17, debemos tener las distancias de: d_1 y d_2 , los cuales corresponden de la siguiente manera: d_1 es la distancia que existe entre el GAD Municipal y el obstáculo, y d_2 es la distancia que separa las dependencia externas hasta el obstáculo, valores que se pudieron determinar al simular los enlaces en Radio Mobile y Google Earth, datos en Tabla No.4.

Datos de d_1 y d_2 en cada Enlace					
	CCBM	CEPEDA	CMED	CDH	ENGOROY
d1 en Km	0,72	0,52	1,23	1,74	0,97
d2 en Km	0,51	0,99	0,31	0,64	0,06
D en Km	1,23	1,51	1,54	2,38	1,03

Tabla 4: Valores para calcular el radio y el despejamiento de la Zona de Fresnel

Fuente: Creado por Autor referencia: Radio Mobile y Google Earth

Cálculo el radio de la zona de Fresnel y Despejamiento mínimo de los enlaces de la Red		
$r_1 = 8,657 \sqrt{\frac{d_1 + d_2}{f}}$	Despejamiento = $0,6 \cdot r_{F1}$	
Enlace GAD-CCBM		
$r_1 = 8,657 \sqrt{\frac{0,72 + 0,51}{5,8}}$	$r_1 = 8,657 \sqrt{0,46}$	$r_1 = 4,01 [m]$
$Despejamiento = 0,6 \times 4,01$	Despejamiento minimo (Worst Fresnel) = $2,41F_1$	
Enlace GAD-CEPEDA		
$r_1 = 8,657 \sqrt{\frac{0,52 + 0,99}{5,8}}$	$r_1 = 8,657 \sqrt{0,51}$	$r_1 = 4,67 [m]$
$Despejamiento = 0,6 \times 4,45$	Despejamiento minimo (Worst Fresnel) = $2,67F_1$	
Enlace GAD-CMED		
$r_1 = 8,657 \sqrt{\frac{1,23 + 0,31}{5,8}}$	$r_1 = 8,657 \sqrt{0,52}$	$r_1 = 4,49 [m]$
$Despejamiento = 0,6 \times 4,49$	Despejamiento minimo (Worst Fresnel) = $2,69F_1$	
Enlace GAD-CDH		
$r_1 = 8,657 \sqrt{\frac{1,74 + 0,64}{5,8}}$	$r_1 = 8,657 \sqrt{0,64}$	$r_1 = 5,58 [m]$
$Despejamiento = 0,6 \times 5,58$	Despejamiento minimo (Worst Fresnel) = $3,35F_1$	
Enlace GAD-ENGOROY		
$r_1 = 8,657 \sqrt{\frac{0,97 + 0,06}{5,8}}$	$r_1 = 8,657 \sqrt{0,42}$	$r_1 = 3,67 [m]$
$Despejamiento = 0,6 \times 3,67$	Despejamiento minimo (Worst Fresnel) = $2,20F_1$	

Tabla 5: Valores del Radio y Despejamiento de la Zona de Fresnel

Fuente: Creado por Autor referencia: Ecuaciones3 y 4

Para determinar los valores del radio de la zona de Fresnel y del despejamiento (Worst Fresnel en Radio Mobile) se utilizaron los datos de la Tabla No.4 en las Ecuaciones No.3 y 4, sin olvidar que el valor de la frecuencia usada es 5.8 GHz ya que pertenece al rango de 5.725 - 5.850 GHz, frecuencia de uso libre en el rango de los 5 GHz, se obtuvo como resultado los valores de la Tabla No.5.

Una vez obtenido los valores del despejamiento se pueden simular los enlaces e incrementar las alturas de las antenas hasta que el Worst Fresnel de Radio Mobile sea igual al valor calculado del despejamiento mínimo (ver Figura No.19).

Este valor es requerido para que cada enlace sea óptimo y eficaz, este procedimiento se puede apreciar más adelante en el capítulo 2.4.2.6.SIMULACIÓN DE ENLACES CON TORRES.

Para la futura implementación de la presente propuesta tecnológica existen variedad de torres de telecomunicación como por ejemplo:

- Las antenas auto soportadas que generalmente se construyen en áreas urbanas o en cerros.
- Las arriostradas que usan tirantes para su estabilidad y son utilizadas con mayor frecuencia en lugares específicos como los de la presente propuesta tecnológica y sobre edificaciones.
- Y las de tipo monopolo que ocupan menos espacio y son más estéticas.

Las torres de comunicación que se usarán deben seguir el estándar ANSI/TIA/EIA 222-F para su correcta elaboración, junto con la norma ANSI/TIA/EIA-607 requisito importante de puesta a tierra.

Esta norma sirve para asegurar la funcionabilidad de los equipos de comunicación que serán posteriormente instalados de posibles descargas eléctricas, el uso de la misma estará sujeto a los requerimientos del GAD Municipal.

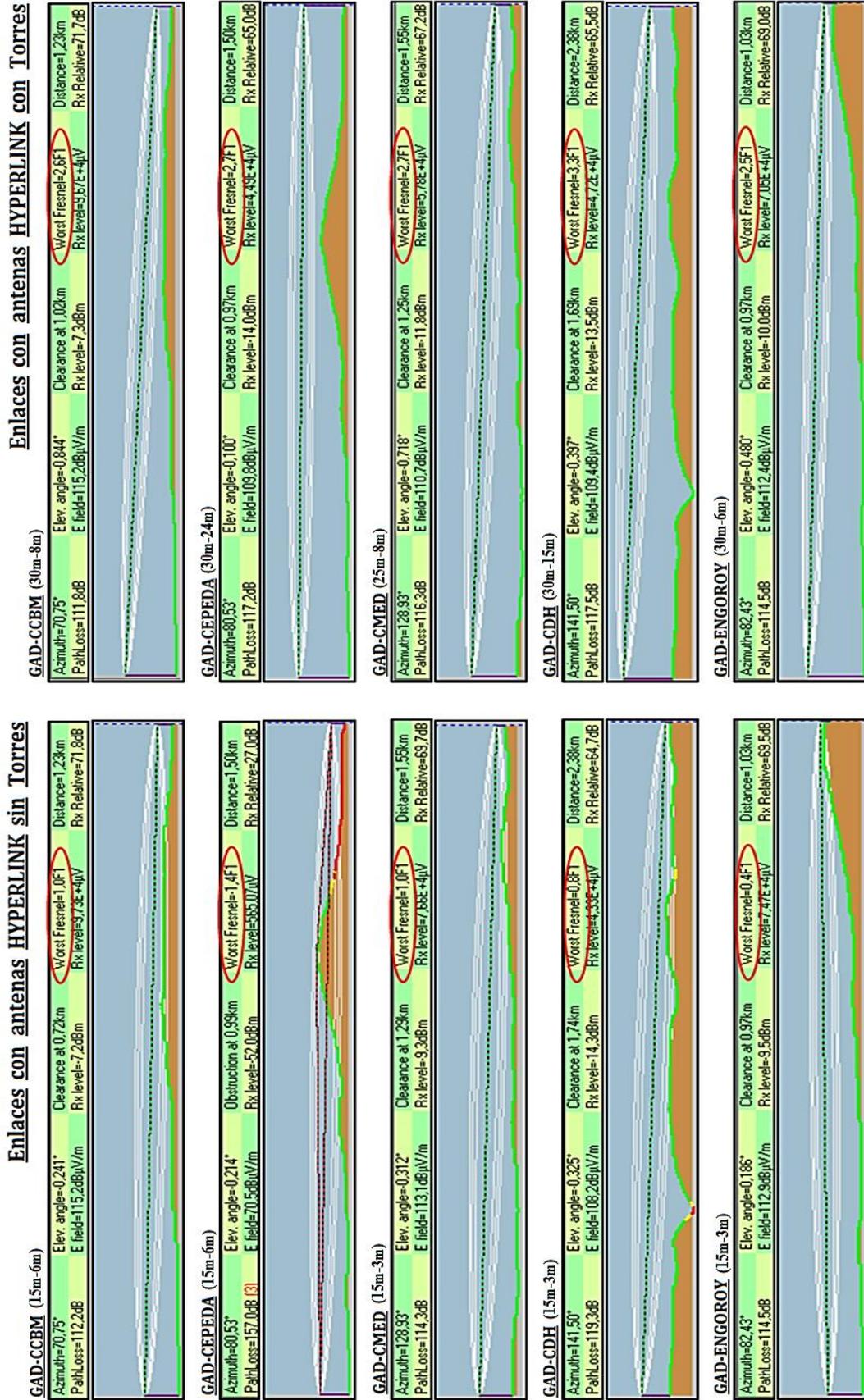


Figura 19: Cuadro comparativo de los enlaces sin/con Torres
Fuente: Creado por Autor, referencia de simulación en Radio Mobile

- **Equipos de Transmisión y Recepción**

Estos equipos son básicos en la comunicación de enlaces de telecomunicación inalámbrica ya que estos equipos son los que se encargan de decodificar la señal, procesarla y volverla a decodificar para que sean reenviados.

En la presente propuesta tecnológica se colocarán estos equipos en cada una de las antenas del rediseño de la red y para ello se han seleccionado varios modelos de RouterBoards reconocidos internacionalmente y muy acogidos en el área de telecomunicaciones estos equipos poseen la ventaja de tener diferentes capacidades de memoria y diferentes tipos de licencias.

Los RouterBoards Son pequeños Routers integrados parecidos a los Mainboard y sirven para montar sistemas personalizados de telecomunicación, estos Routers están configurados con el sistema operativo RouterOS el cual es de fácil configuración.

La amplia variedad de modelos RouterBoards existentes van de acuerdo a diferentes necesidades requeridas por los clientes estos equipos pueden ser instalados al aire libre o en oficinas según la utilidad que le impongan. A continuación se presentan tablas de los modelos de RouterBoards posibles a seleccionar:

Características	Modelos de RouterBoards					
	411L	411	411U	411AR	411AH	411GL
CPU MHz	300	300	300	680	680	680
RAM MB	32	32	32	64	64	64
Power Jack	-	yes	yes	yes	yes	yes
Serial Port	-	yes	yes	yes	yes	-
USB	-	-	yes	-	-	yes
MiniPCI express	-	-	yes	-	-	-
Integrates Wireless	-	-	-	2,4 GHz	-	-
Gigabit LAN	-	-	-	-	-	yes
RouterOS License	Level 3	Level 3	Level 4	Level 4	Level 4	Level 4

Tabla 6: Comparación entre modelos de RouterBoards
Fuente: <http://www.balticnetworks.com/docs/2016-Q1Q2.pdf>

En la Tabla No.6 se realiza una comparación con las características técnicas de cada modelo sugerido para la implementación de la presente propuesta tecnológica.

Debido a la cantidad de memoria RAM utilizable que tiene cada equipo y los puertos que dispone para la necesidad de la red y sus requerimientos es notable que el modelo: RB411GL es el equipo más conveniente.

El RouterBOARD RB411GL tiene un puerto LAN Gigabit, característica técnica que padecen los demás RouterBoards, la tarjeta con este puerto logra alcanzar una transmisión máxima teórica de 1 gigabit por segundo, alcanzando el rendimiento óptimo que se necesita en la comunicación del municipio de La Libertad con sus dependencias externas.

Al comparar la velocidad de este modelo de tarjeta con otras, se puede fácilmente apreciar que es mayor a 100BASE-TX (100 megabits por segundo de Fast Ethernet) velocidad que tienen la mayoría de los RouterBoards. Por estos motivos existe una diferencia muy notable y conveniente para lograr buenos enlaces en el rediseño de la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad.

RouterBOARD RB411GL

El RouterBOARD RB411GL es un punto de acceso inalámbrico de alta gama que cuenta con un procesador con una velocidad de 680 MHz, con puerto Gigabit Ethernet para sacar el máximo provecho de la norma 802.11n, con Puertos Ethernet que ofrecen una velocidad de 10/100/1000 Mbps.

Este Router será instalado en cada una de las unidades para poder recibir y enviar la señal a través de la antena inalámbrica HyperLink [16].

A continuación se presenta la Tabla No.7 donde se detallan las especificaciones técnicas del RouterBOARD RR411GL:

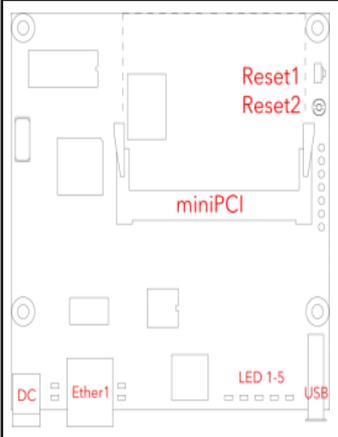
Detalles y Especificaciones del RouterBOARD RB411GL	
	
CPU frecuencia nominal	680 MHz
CPU número de núcleos	1
Arquitectura	MIPS-BE
Tamaño de RAM	64 MB
Puertos Ethernet 10/100/1000	1
slots MiniPCI	1
Número de puertos USB	1 tipo A
Conector de alimentación	1
Voltaje de entrada el apoyo	8 V - 30 V
PoE	Sí
Sistema operativo	RouterOS
Nivel de licencia	4
UPC	AR7161
El tamaño de almacenamiento	64 MB

Tabla 7: Especificaciones del RouterBOARD RB411GL
Fuente: <https://routerboard.com/RB411GL>

Para poder efectuar e implementar un enlace de telecomunicación el RouterBOARD no es suficiente ya que se necesita de un hardware adicional para poder propagar la señal, por eso tienen incorporadas ranuras o slots para tarjetas MiniPCI.

Las MiniPCI son tarjetas Wireless fundamentales para efectuar el enlace PtP. Así como los RouterBOARD también existe una gran variedad de MiniPCI y para poder seleccionar la tarjeta adecuada se puso en consideración la potencia con que trabajan y la sensibilidad de recepción de cada modelo para determinar el alcance que ofrecen y la norma con la que trabajan, a continuación se presenta la Tabla No.8 para realizar la comparación de las MiniPCI.

Especificaciones Wireless						
Estándares	R52Hn		R52HnD		R5-SHPn	
	RX Sensitivity	TX Power	RX Sensitivity	TX Power	RX Sensitivity	TX Power
Rate (802.11b)						
1Mbit	-93	24	-100	26	-	-
11Mbit	-93	24	-94	26	-	-
Rate (802.11g)						
6Mbit	-94	25	-96	26	-	-
54Mbit	-81	22	-80	25	-	-
Rate (802.11n - 2.4GHz)						
MCS0	-94	25	-96	23	-	-
	-92	24			-	-
MCS7	-78	21	-78	23	-	-
	-75	20			-	-
Rate (802.11a)						
6Mbit	-94	25	-96	26	RX Sensitivity	TX Power
54Mbit	-81	22	-80	25	-93	29
					-77	25
Rate (802.11n - 5GHz)						
MCS0	-97	24	-96	23	RX Sensitivity	TX Power
	-92	22	-96		-93	28
MCS7	-77	18	-78	21	-89	29
	-74	17			-74	24
					-71	24

Tabla 8: Comparaciones de las Especificaciones de los MiniPCI

Fuente: Creado por Autor

En la tabla No.8 presentada se escogieron 3 MiniPCI para comparar las sensibilidades, el estándar con el que trabajan y la potencia que tienen para transmitir la señal, se debe tener pendiente que a mayor sensibilidad de recepción es mejor la calidad de señal recibida siempre y cuando no existan obstrucciones en el trayecto de la señal.

En modelo R5-SHPn solo trabaja en el rango de los 5 GHz de frecuencia con potencias de transmisión muy elevadas, pero para una futura implementación y reuso de estos equipos inalámbricos quedará obsoleta si deseara trabajar en el rango de los 2.4 GHz de frecuencia.

Los equipos R52HnD y R52Hn son muy parecidos, con valores de sensibilidades muy elevadas requisito importante para la implementación de la presente propuesta tecnológica y con una potencia óptima para generar una adecuada señal.

La diferencia entre estos dos equipos es que R52HnD tiene una sensibilidad y potencia de transmisión generalizada, es por este motivo que se escoge el modelo R52Hn de MiniPCI para el rediseño planteado en la presente propuesta tecnológica, esta tarjeta inalámbrica tiene una sensibilidad de -97 y una potencia de 24 W.

MiniPCI R52Hn

La tarjeta seleccionada para una futura implementación de la presente propuesta tecnológica es la tarjeta MiniPCI de modelo R52Hn.

Cuyas características y especificaciones técnicas se encuentran en la Tabla No.9, tiene una potencia de 300 mW y trabaja con las norma 802.11a/b/g/n seleccionables con un buen rendimiento tanto en 2 GHz como en 5 GHz, proporcionando mayor eficiencia al transferir archivos en la red, R52Hn cuenta con dos conectores MMCX para antenas externas [17], que cumple con las especificaciones necesarias en el presente proyecto.

Detalles y Especificaciones de MiniPCI R52Hn	
	
802.11a	Sí
802.11b	Sí
802.11g	Sí
802.11n	Sí
conector	MMCX
Formato	Mini-PCI
chipset	AR9220
Potencia de salida	25 dBm
2GHz	Sí
5 GHz	Sí
Temperatura de funcionamiento	-50 °C a + 70 °C
compatibilidad RouterOS	Si v4

Tabla 9: Especificaciones de MiniPCI R52Hn
Fuente: <https://routerboard.com/R52Hn>

Para conectar estos equipos a la antena externa HyperLink MIMO HG4958DP-30D es necesario de un Pigtail (cable) con un conector (Mini-PCI) y un conector N-Hembra, un nuevo Pigtail tipo N-macho a N-macho para llegar desde las instalaciones hasta la antena externa ubicada en la torre de comunicación.

- **Pigtail**

Estos cables son coaxiales adecuados especialmente para conectar las tarjetas inalámbricas MiniPCI y RouterBOARD a la antena inalámbrica para poder transmitir la señal. En la tarjeta de acceso MiniPCI se encuentra un conector el cual puede ser MMCX o UFL, este tipo de conectores deben ser identificados antes de realizar la conexión directa, en la parte que se conecta la antena pueden ser de tipo RPSMA, N o SMA macho o hembra dependiendo de las características técnicas de cada antena.

De esta manera se conecta a la tarjeta MiniPCI R52Hn con el Pigtail de conector MMCX a N-hembra, Pigtail mostrado en la Figura No.20, como estos cables generalmente son pequeños, se debe elaborar otro Pigtail (Opción 1) con cable coaxial y conectores N-macho a N-macho para llegar hasta la antena ubicada en la torre ya que la interface que tiene la antena HyperLink es N-hembra, acoplando de esta manera la antena inalámbrica externa con el dispositivo inalámbrico interno, caso contrario se colocan las tarjetas en la torre cerca de la antena (Opción 2) y esta se conecta con una extensión Ethernet hasta el Switch.

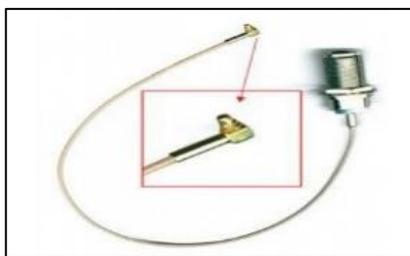


Figura 20: Pigtail con un conector MMCX y conector N-Hembra

Fuente: <http://www.balticnetworks.com/mikrotik-mmcx-to-n-female-pigtail-12-inch-31-cm.html>

- **Opción 1: Elaboración del Pigtail**

Para elaborar el Pigtail que se conectará hasta la antena HyperLink ubicada en la torre se debe tener claro el esquema de un Pigtail, ver Figura No.21, cuyo cable coaxial debe ser flexible y soportar la frecuencia microondas que se está utilizando en la presente propuesta tecnológica, en un extremo se debe colocar un conector (depende del conector del Pigtail anterior) en este caso es de tipo N-macho y en el otro extremo del cable coaxial debe ir un conector de tipo N-macho (para se conecte con la interfaz N-hembra de la antena HyperLink).

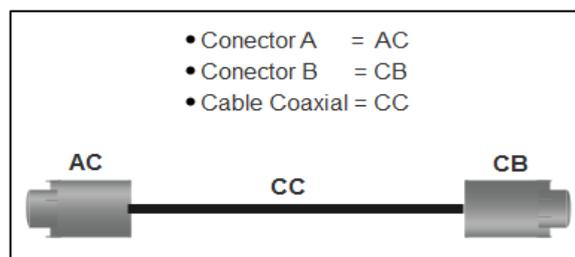


Figura 21: Esquema básico de un Pigtail

Fuente: Creado por Autor

Cable Coaxial

Como en la presente propuesta tecnológica se utilizan torres de comunicación se tendrá en consideración el cable con menor atenuación posible. El cable coaxial escogido para elaborar el otro Pigtail el cual conectará a la antena ubicada en la torre se escogió también por soportar señales microondas como las que se está utilizando y por tener una atenuación mínima, el cable coaxial LDF4-50a soporta frecuencias desde 1 hasta 8800 MHz con una atenuación de 0.187 dB/m, y tiene la impedancia de 50 ohmios ideal para que sea compatible con la antena HyperLink así se evitan las posibles reflexiones, las especificaciones técnicas del cable seleccionado se presentan a continuación en la Tabla No.10.

Dimensiones y Especificaciones Eléctricas del Cable LDF4-50a	
Medida Nominal	1/2"
Peso del Cable	0.15 lb/ft 0.22 kg/m
Impedancia del Cable	50 ohm \pm 1 ohm
Capacidad del Cable	23.1 pF/ft 75.8 pF/m
Resistencia de Corriente Continua, de Conductor interno	0.450 ohms/kft 1.480 ohms/km
Resistencia de Corriente Continua, de Conductor externo	0.580 ohms/kft 1.903 ohms/km
dc Tensión de prueba	4000 V
Inductancia	0.190 μ H/m 0.058 μ H/ft
Resistencia de aislamiento	100000 MOhm
Chaqueta Tensión de prueba de chispa (rms)	8000 V
Banda de frecuencia de funcionamiento	1 – 8800 MHz
Punta del Poder	40.0 kW
Reflexión de impulsos	0.5%
Atenuación	0.187 dB/m
Velocidad	88%

Tabla 10: Especificaciones del Cable coaxial LDF4-50a de 16mm
Fuente: <https://www.rfparts.com/coax/helioxcoax/heliox-12inch/ldf4-50a.html>

Conectores para el cable coaxial

Sin olvidar que se debe escoger los conectores N-macho de acorde al cable coaxial en este caso los conectores compatibles a usar son L4TNM-PSA tipo N-macho, el conector y sus especificaciones técnicas se encuentran en la Tabla No.11.

Especificaciones Generales y Eléctricas del Conector L4TNM-PSA tipo N-Macho	
	
Interfaz	N Male
Tipo de cuerpo	Straight
Impedancia del conductor	50 ohm
Banda de frecuencia operativa	0 – 8800 MHz
Impedancia	50 ohm
Tensión de funcionamiento de RF, máximo (Vrms)	707.00 V
Tensión de Prueba dc	2000 V
Resistencia de contacto exterior, máximo	0.30 mOhm
Resistencia de contacto interior, máximo	2.00 mOhm
Resistencia de aislamiento, mínimo	5000 MOhm
Energía promedio	0.6 kW @ 900 MHz
Potencia pico, máximo	10.00 kW
Pérdida de inserción, típico	0.05 dB
Eficacia de apantallamiento	-130 dB

Tabla 11: Especificaciones del Conector L4TNM-PSA tipo N-Macho

Fuente: <https://www.rfparts.com/l4tnm-psa.html>

Indoor Case

Para que las tarjetas (dispositivos inalámbricos) se encuentren cubiertos en el área del centro de cómputo o departamento de sistemas se los debe colocar dentro de una caja especial la cual es compatible físicamente para insertar este tipo de RouterBoards, escogiendo el modelo de Mikrotik CA411-711 (ver Figura No.22), el material del que está elaborado es aluminio, con tres agujeros en donde se insertan los conectores N-hembra y con agujeros de montaje en la parte posterior para que puedan ser ubicados en la pared (en caso de no existir Racks), esta caja incluye tres paneles frontales, los cuales pueden ser intercambiable a conveniencia del producto utilizado.



Figura 22: Indoor Case

Fuente: <http://www.balticnetworks.com/mikrotik-case-for-rb411-and-rb711-series-indoor-aluminum-with-inter-changeable-front-panels.html>

- **Opción 2: Conexión Ethernet**

Una de las opciones para conectar la antena es elaborar el Pigtail de conector MMCX a N-macho, Pigtail mostrado en la Figura No.23, porque lo más apropiado es que el cable que conecta la tarjeta MiniPCI con la antena sea lo más corto posible, para evitar atenuaciones, es por ello que otra opción sería colocar las tarjetas dentro de una caja hermética para exteriores especialmente para este tipo de conexiones en telecomunicaciones, ubicarla en la torre cerca de la antena y conectarla directamente con la MiniPCI por medio de un pigtail pequeño, como se muestra en la Figura No.24, y así evitar las atenuaciones provocadas por la longitud del cable coaxial y por exceso de conectores.

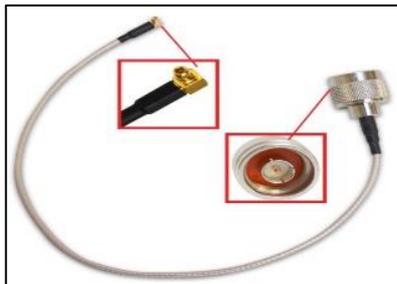


Figura 23: Pigtail con un conector MMCX y conector N-macho

Fuente: <http://www.balticnetworks.com/mmcx-to-n-male-pigtail-12-inch-31-cm.html>



Figura 24: Conexión de la antena utilizando un Pigtail pequeño

Fuente: <http://www.ryohnosuke.com/foros/index.php?threads/17003/>

Outdoor Case

Para realizar la conexión como se muestra en la Figura No.24 se debe utilizar una caja especial para exteriores donde se ubicarán las tarjetas Wireless de cada unidad, ver Figura No.25, esta caja será colocada cerca de las antenas para que el pigtail sea corto en cada una de las torres de comunicación. En este caso la conexión del RouterBOARD a la Fuente de Poder vía Ethernet, también llamada PoE (Power over Ethernet), se la realiza con cable FTP categoría 6 para exteriores desde el dispositivo hasta llegar a las instalaciones o departamento de sistemas.



Figura 25: Outdoor Case

Fuente: <http://www.balticnetworks.com/mikrotik-case-for-rb411-rb711-rb911-and-rb912-series-indoor-outdoor.html>

Cable FTP

El cable de par trenzado que se utilizará para realizar la conexión Ethernet del RouterBOARD hasta el dispositivo de alimentación será FTP categoría 6 ya que su característica de revestimiento a base de polietileno proporciona protección contra la intemperie, su alta resistencia garantiza un desempeño óptimo al ser instalado en exteriores, como es el caso de la presente propuesta tecnológica, este cable está elaborado bajo las normas ANSI/TIA-568-C.2 y RoHS (Restricción de Sustancias Peligrosas) para tener mayor seguridad con los aparatos eléctricos y electrónicos, en la Tabla No.12 se puede encontrar las especificaciones del cable.

Especificaciones del Cable FTP categoría 6	
	
Velocidades Gigabit Ethernet	hasta 1000Mbps.
Material del conductor	100% cobre sólido pulido
Soporte de aplicaciones	hasta 250 MHz de ancho de banda
Compatible con productos	CAT5 y CAT5E y CAT6
Garantiza	full-duplex
código de colores	8 hilos de cobre
Certificaciones	ANSI/TIA/EIA-568 C.2, ISO/IEC 11801, UL 444 & CSA-C22.2 No.214 Tipo CMX, ETL
Diámetro del Conductor	0.585 mm (23 AWG)
Diámetro externo	7.3 mm +/- 0.3mm
Resistencia máxima del conductor	7.32 ohm/100m
Material del revestimiento externo	PVC HDPE (CMI-75E)
Revestimiento externo	tipo CMX
Temperatura máxima	75°C

Tabla 12: Especificaciones del Cable FTP categoría 6

Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-409727518-rollo-de-cable-ftp-cat6-nexxt-outdoor-blindado-305-mts-negro-_JM

Conectores para el cable FTP

Para toda conexión de cables y de dispositivos en una red LAN se necesitan conectores dependiendo de las características del cable, es por esta razón que para realizar la conexión Ethernet se necesita de conectores RJ45 de 8 hilos para cables de red de exteriores, como es el FTP categoría 6, las características de estos conectores se encuentran en la Tabla No.13

Especificaciones del conector RJ45	
	
Estilo del plug:	8P8C de 50 micrones (el que todos conocemos)
Marca:	VENTION
Modelo:	VBSJT-6F
Certificación del escudo de metal:	UL RoHS
Blindaje del metal	chapado en oro 24k
Color:	Cristal Transparente

Tabla 13: Especificaciones del Conector RJ45

Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-409824487-funda-de-10-conectores-rj-45-blindados-categoria-6-vention-_JM

- **PoE**

Un PoE es la alimentación eléctrica que alimenta a cualquier dispositivo de una red por medio de Ethernet (cable que se utiliza para realizar las conexiones en una red LAN), esta forma de alimentación ininterrumpida es la aplicación más sencilla para que funcione todos los días de la semana y por las 24 horas, está regulado bajo la norma IEEE 802.3af, la corriente que suministra este dispositivo a la infraestructura de la red LAN solo puede ser activado si se identificara un terminal compatible, caso contrario el suministro de corriente es bloqueado, por lo tanto es confiable permitiendo mezclar con total libertad y seguridad los dispositivos preexistentes en la red con dispositivos compatibles con PoE asegurando el rendimiento óptimo de la comunicación y transmisión de los datos, sin reducir el alcance de la red, las especificaciones técnicas se encuentran en la Tabla No.14.

Especificaciones Técnicas del PoE	
	
Voltaje de Salida:	24VDC @ 1A
Voltaje de Entrada:	90-260VAC @ 47-63Hz
Corriente de entrada:	0.6A @ 120VAC, 0.4A @230VAC
Frecuencia de conmutación:	65kHz
Regulación de línea:	+/- 1%
Regulación de carga:	+/- 3%
Temperatura Operativa:	32 to 104 deg F (0C to 40 deg C)
Tamaño:	3.47 x 2.24 x 1.3in (88 x 57 x 33mm)
Modelo:	GP-H240-100G

Tabla 14: Especificaciones técnicas del PoE

Fuente: <http://www.balticnetworks.com/ubiquiti-24v-24w-gigabit-poe-adapter.html>

- **Switch**

El éxito del rediseño de una red es que se proporcione de manera satisfactoria y fluida la transferencia de datos entre cliente/servidor, por ello es muy importante tener en cuenta la velocidad de transmisión de los equipos a utilizar y el ancho de banda que nos brindan y aprovechar estos recursos de la mejor manera posible y

que los usuarios no tengan inconvenientes por la rapidez y la confiabilidad del servicio brindado por el GAD Municipal de La Libertad.

Por este motivo en la presente propuesta tecnológica se plantea el uso de switches que permitan acelerar la salida de paquetes a los equipos de los usuarios de la red, la velocidad del Switch que interconecta las dependencias externas con el GAD Municipal de La Libertad debe ajustarse a la velocidad que brindan los enlaces mediante uso de antenas seleccionadas, es decir, que la velocidad de transmisión del Switch utilizado debe ser igual o mayor a 600 Mbps, por eso la velocidad de 100/1000 Mbps.

Considerando las dimensiones de la red y el posible crecimiento que pueda presentarse en los siguientes cuatro años se debe seleccionar Switch de 16 puertos para las redes internas de las dependencias externas, no trabajan con subredes así que no tendrán ningún inconveniente. En el edificio principal tienen en uso un Switch que satisface las necesidades y requerimientos para el buen funcionamiento de la red inalámbrica la marca del equipo es Tp-Link, cuenta con una velocidad 100/1000 Mbps, tiene puertos de fibra óptica disponibles para una posible expansión de la red y no excede el tiempo de vida útil recomendado de 5 años, estas características son óptimas para la reutilización del equipo.

Debido a la confiabilidad del equipo utilizado y por la facilidad que presentan al ser no gestionables, se recomienda el uso de la misma marca para las redes LAN de las dependencias externas. A continuación se describe al equipo que tp-link, Switch de 48 puertos recomendado para el edificio principal y uno de 16 puertos para las dependencias externas.

Descripción del Switch TL-SG1048

Switch con 48 puertos Gigabit que tiene aprendizaje de direcciones MAC, es decir que graban los dispositivos que están conectados a la LAN (Auto-Learning), su conexión es por medio de cables de par trenzado con terminación T568A o T568B

las cuales corresponden a la norma TIA/EIA-568-B, no necesita de configuración ya que el MDI/MDIX es automático, sus puertos son RJ45 y trabajan a una velocidad de 10/100/1000 Mbps.

Requiere de sistemas Microsoft Vista™, Windows 7 o Windows 8, MAC® OS, NetWare, UNIX o Linux para su administración, este Switch tiene la disponibilidad de satisfacer las necesidades más exigentes de la empresa debido a las características antes mencionadas que posee, trabaja bajo la norma IEEE 802.3x en modo Full Duplex y Half Duplex lo que garantiza la transmisión fiable sin congestionar el tráfico de los datos del GAD Municipal de La Libertad.

A continuación se presenta la Tabla No.15 donde se detallan las especificaciones técnicas del Switch TL-SG1048:

CARACTERÍSTICAS DEL SWITCH TL-SG1048	
	
Estándares y Protocolos	IEEE 802.3i, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3x
Interfaz	48 puertos RJ45 a 10/100/1000 Mbps Negociación automática, MDI/MDIX automático
Medios de Red	10BASE-T: UTP category 3, 4, 5 cable (maximum 100m) 100BASE-TX/1000BASE-T: UTP categoría 5, 5e (máximo 100m)
Cantidad de Ventiladores	2 ventiladores
Fuente de Alimentación	100-240VAC, 50/60Hz
Consumo de Potencia	Máximo: 29.8W (220V/50Hz)
Dimensiones	17,3*14,2*1,7 pulgadas (440*360*44 mm)
Capacidad de Switches	96Gbps
Tasa de Reenvío de Paquetes	71.4Mpps
Tabla de Direcciones MAC	8K
Memoria de Buffer	16Mb
Jumbo Frame	10KB
Método de Transferencia	Store-and-Forward
Certificaciones	FCC, CE, RoHS
Requisitos del sistema	Microsoft® Windows® 8, 7, Vista™, XP or MAC® OS, NetWare®, UNIX® or Linux.

Tabla 15: Especificaciones Técnicas del Switch TL-SG1048

Fuente: <http://www.tp-link.es/products/details/TL-SG1048.html#specifications>

Descripción del Switch TL-SG1016D

Este Switch consta con 16 puertos Gigabit, también trabaja con una velocidad de 10/100/1000 Mbps óptimo para aprovechar al máximo la velocidad de transferencia que tienen las antenas seleccionadas en la presente propuesta tecnológica, tiene la capacidad de ahorrar en un 40% la energía que consume ofrece un alto rendimiento a bajo costo es de administración muy.

Están elaborados bajo estándares que mejoran el rendimiento de la red antigua sus puertos soportan auto MDI / MDIX cuya característica evita la instalación de cables cruzados, detectando de forma inmediata la velocidad con que llegan los datos a este dispositivo para ajustarse y ser compatible brindando un óptimo rendimiento de telecomunicación en la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad.

En la Tabla No.15 se puede encontrar las características donde se detallan las especificaciones técnicas del Switch TL-SG1016D, esta marca de equipos cumplen con certificaciones FCC, CE, RoHS, lo que proporciona una fácil instalación y administración del producto.

“CE es el nombre general para una metodología de regulación de productos y RoHS es solo una regulación para un aspecto de producto en particular. RoHS se refiere a la prevención de usar ciertos metales pesados en electrónica” [18].

Se puede decir que los equipos elaborados bajo certificaciones Europeas son adaptables con equipamientos nuevos y posibles a desarrollarse con el transcurso del tiempo, brindando flexibilidad, característica importante para una buena implementación de red de telecomunicaciones.

La instalación y utilización de estos equipos puede ser realizada por el dueño de la red o por el encargado en el área técnica ya que no requiere de certificación aprobada por terceros, aplicando la norma ANSI/TIA/EIA-606, la cual es

necesaria y primordial para contar con toda la seguridad, gestión, calidad, administración y conectividad de la red cableada interna.

CARACTERÍSTICAS DEL SWITCH TL-SG1016D	
	
Estándares y Protocolos	IEEE 802.3i, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3x
Interfaz	16 puertos RJ45 a 10/100/1000 Mbps Negociación automática, MDI/MDIX automático
Medios de Red	10BASE-T: UTP categoría 3, 4, 5 (máximo 100m) 100BASE-TX/1000BASE-T: UTP categoría 5, 5e (máximo 100m)
Certificaciones	FCC, CE, RoHS
Cantidad de Ventiladores	Sin ventilador
Fuente de Alimentación	100-240VAC, 50/60Hz
Consumo de Potencia	Máximo: 13.3W (220V/50Hz)
Dimensiones	11,6*7,1*1,7 pulgadas (294*180*44 mm)
Capacidad del Switch	32Gbps
Tasa de Reenvío de Paquetes	23.8Mpps
Tabla de Direcciones MAC	8K
Jumbo Frame	10KB
Tecnología Ecológica	Innovadora tecnología de eficiencia energética que ahorra hasta un 15% de energía
Método de Transferencia	Store-and-Forward

Tabla 16: Especificaciones Técnicas del Switch TL-SG1016D

Fuente: http://www.tp-link.es/products/details/cat-42_TL-SG1016D.html#specifications

2.4.1.2. COMPONENTES LÓGICOS

Ya seleccionados los equipos con que planteará la solución de en la presente propuesta tecnológica, con la ayuda de los siguientes programas de simulación se puede analizar los enlaces futuros que se obtendrán con los equipos inalámbricos seleccionados. Se escogió un software que permita utilizar mapas con datos reales sobre la elevación del terreno en que se plantea los enlaces de telecomunicación inalámbrica, junto con los parámetros y especificaciones técnicas de los equipos seleccionados para que el modelo de la propagación del enlace sea lo más real posible.

- **Radio Mobile**

Es una herramienta que pronostica la propagación de las ondas electromagnéticas propagadas por los equipos de transmisión inalámbrica en el espacio, este programa de simulación utiliza la información digital del terreno y por medio de modelos matemáticos simula las transmisiones de radio entre dos sitios fijos o entre un sitio fijo y un móvil, predice las atenuaciones de los enlaces que trabajen en un rango de 20MHz a 20GHz con longitudes máximas a 2000 Km. [19].

En la Figura No.26 se muestra la ventana principal del programa de simulación recomendado en la presente propuesta tecnológica, Radio Mobile, al simular los enlaces directos entre el GAD Municipal de La Libertad y sus dependencias externas se analizará la propagación de la señal que emite la antena HyperLink.

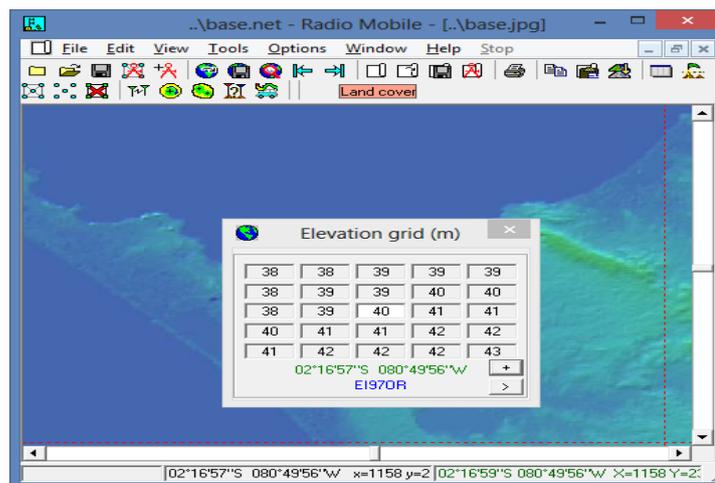


Figura 26: Ventana del Programa Radio Mobile
Fuente: Creado por Autor, referencia: Software Radio Mobile

- **Google Earth**

Este software es un programa informático que en este caso servirá para visualizar las ubicaciones exactas de las unidades (GAD Municipal de La Libertad y dependencias externas) que conforman la red inalámbrica de telecomunicaciones de la presente propuesta tecnológica, utilizando de base fotografías satelitales e información geográfica de todo el mundo, como se muestra en la Figura No.27.

El programa fue seleccionado por la compatibilidad que tiene con el programa Radio Mobile, esto nos permite exportar de un software a otro los lugares exactos (coordenadas de las unidades, Tabla No.3) y los enlaces terminados para poder visualizar su trayectoria.

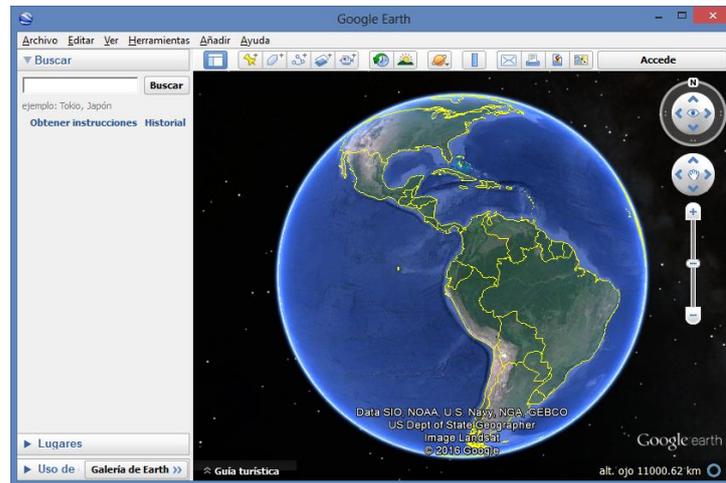


Figura 27: Mapa Terrestre en Google Earth

Fuente: Creado por Autor, referencia: Software de simulación Google Earth

Una vez que se tienen las coordenadas exactas de ubicación de las unidades en Google Earth (ver Figura No.28) estas pueden ser extraídas y ubicadas en el mapa del programa de simulación Radio Mobile (ver Figura No.31).

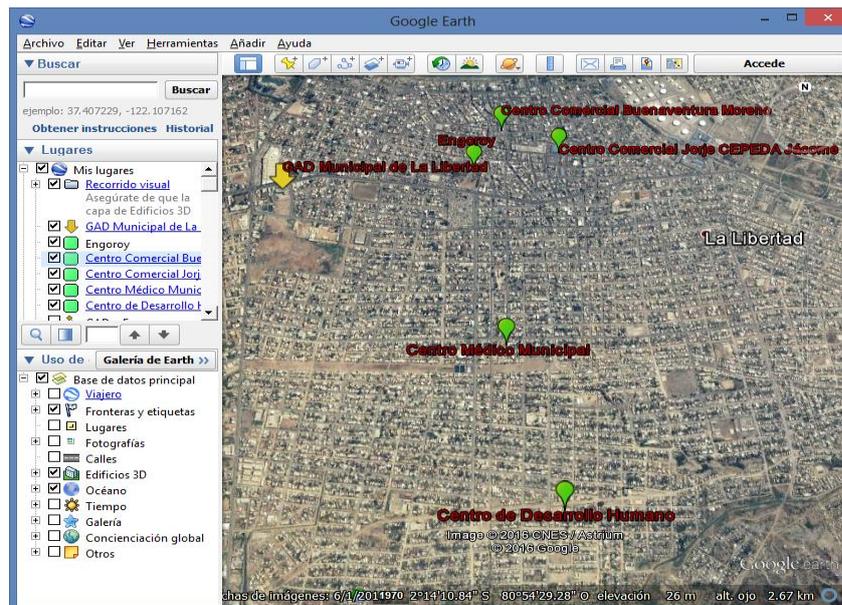


Figura 28: Ubicaciones exactas de las unidades en Google Earth

Fuente: Creado por Autor, referencia: Google Earth

Para insertar las ubicaciones en el programa de simulación Radio Mobile nos ubicamos en la barra de herramientas y se debe seleccionar el quinto icono “Units Properties” que en español sería Propiedades de las Unidades (ver Figura No.29).

Para colocar las coordenadas se debe abrir la ventana de las propiedades de las unidades para proceder a colocar la Longitud y Latitud (botón: “Enter LAT LON or QRA”) de cada unidad, como también se puede copiar la unidad desde Google Earth y en Radio Mobile darle clic al botón “Paste” para pegar la posición como se indica en la Figura No.30.



Figura 29: icono "Units properties" de Radio Mobile
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

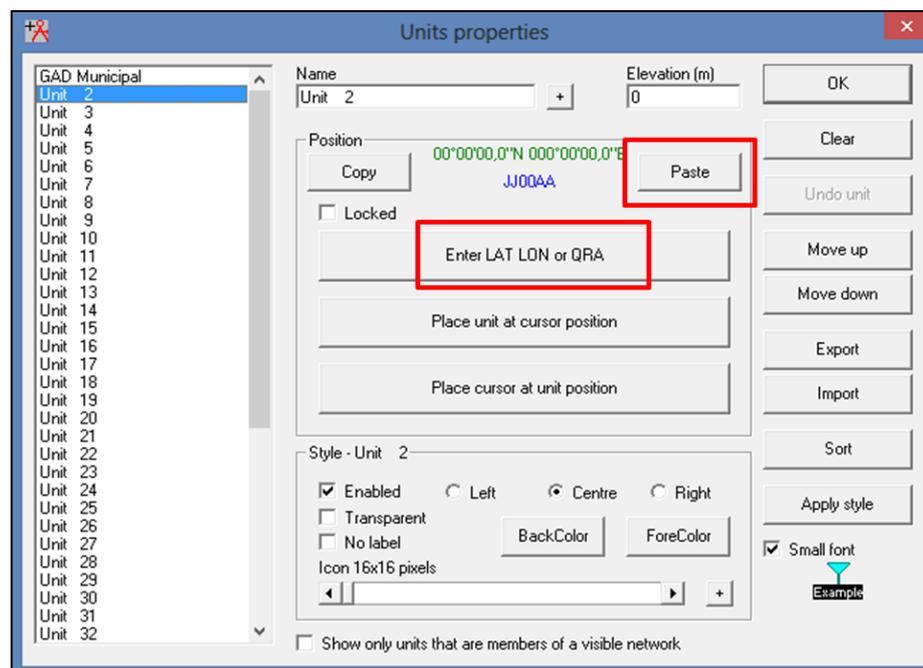


Figura 30: Ventana para insertar las coordenadas de las unidades que conforman la red
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

Se procede a ubicar las coordenadas de todas las unidades que conforman la red inalámbrica de telecomunicaciones del GAD Municipal de La Libertad, para obtener las unidades ubicadas en el mapa de Radio Mobile, Figura No.28:

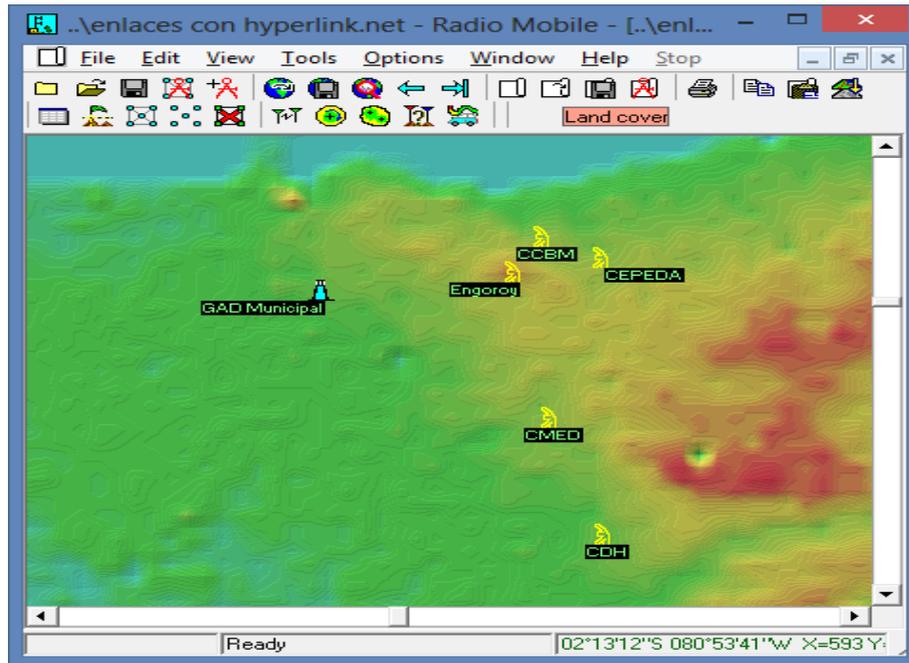


Figura 31: Unidades que conforman la red inalámbrica del GAD Municipal La Libertad
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

Destaco el conocimiento de que los programas mencionados para el estudio de los enlaces inalámbrico son completamente accesibles para cualquier persona ya que están disponibles en internet y fácilmente descargables para su utilización.

- **RouterOS**

Para la administración de los equipos inalámbricos seleccionados para una futura implementación en la presente propuesta tecnológica es necesario el uso de MikroTik RouterOS el cual es un sistema operativo que se usa en el hardware de la marca Mikrotik RouterBOARD, la configuración de estos equipos es muy fácil ya que este sistema operativo está basado en Kernel de Linux 2.6.

La manera de configurar a los equipos de comunicación inalámbrica puede ser:

- Por Acceso local vía teclado y monitor.
- Por consola serial con una terminal.
- Por acceso vía Telnet y SSH vía una red.
- Utilizando una interfaz gráfica llamada WinBox.
- Una API para el desarrollo de aplicaciones propias para la configuración.

En la versión RouterOSv4 y posteriores vienen con lenguaje Scripting Lua, RouterOS soporta rutas estáticas y varios protocolos de rutas dinámicas como son:

- Para IPv4 soporta RIP v1 y v2, OSPF v2, BGP v4
- Para IPv6 soporta RIPng, OSPFV v3 y BGP

RouterOS le agrega diversas funcionalidades de los Routers de Mikrotik y a cualquier PC que pudiéramos tener sin uso, con este sistema operativo le podemos implementar alguna función y hacerla útil. Los RouterBoards de Mikrotik, han mostrado ser eficientes y robustos en un ambiente crítico de producción [20].

2.4.2. DISEÑO DE LA PROPUESTA

En la presente propuesta tecnológica la solución a la problemática inicial de comunicación en la red es rediseñar la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad e implementar equipos inalámbricos de mayor robustez, por lo tanto se realizó el rediseño gráfico para que el lector tenga un mejor entendimiento.

2.4.2.1. ESQUEMA GRÁFICO DE TODA LA RED

El rediseño de red inalámbrica que se plantea en la presente propuesta tecnológica en el cual se realizarán enlaces punto a punto desde el GAD Municipal de La Libertad con cada una de las dependencias externas tal como se mostró en la Figura No.15.

2.4.2.2. ESQUEMA GRÁFICO DE LAS TORRES

En cada una de las unidades (GAD Municipal y dependencias externas) donde utilizarán torres de telecomunicación se procede a la conexión de los equipos inalámbricos seleccionados para su implementación el cual puede visualizarse en las Figuras No.33 y 34.

En estas dos Figuras se muestran la conexión de todos los componentes físicos mencionados en el campo 2.4.1.1.COMONENTES FÍSICOS, para que la comunicación inalámbrica pueda ser realizada.

Los componentes físicos de la opción 1 (ver Figura No.33), como son: la antena Hyperlink que estará conectada a la extensión de cable coaxial hasta llegar a la caja donde se encuentra ubicado el RouterBoard y la MiniPCI los cuales deben estar ubicados dentro de un departamento de sistemas en cada unidad.

En la opción 2 (ver Figura No.34) se puede visualizar que la conexión de la antena se la realiza con el pigtail más pequeño hasta la MiniPCI ubicada en una caja hermética cerca de la antena Hyperlink, las tarjetas estarán alimentadas vía Ethernet por medio de una extensión de cable FTP categoría 6 hasta llegar al departamento de sistemas de cada unidad.

Con cualquiera de las dos opciones presentadas deberán llegar a conectarse a los switch ubicados en un área adecuada dentro de cada unidad que conforma esta red inalámbrica, con la finalidad de que estos equipos se encuentren protegidos.

En la Figura No. 32 se puede apreciar el rediseño completo de la red que se plantea en la presente propuesta tecnológica, para el Municipio de La Libertad logre una excelente comunicación inalámbrica con sus dependencias externas en esta figura se presenta la conexión de los equipos inalámbricos colocados en las torres de comunicación hasta el departamento de sistemas o área de administración de cada unidad.

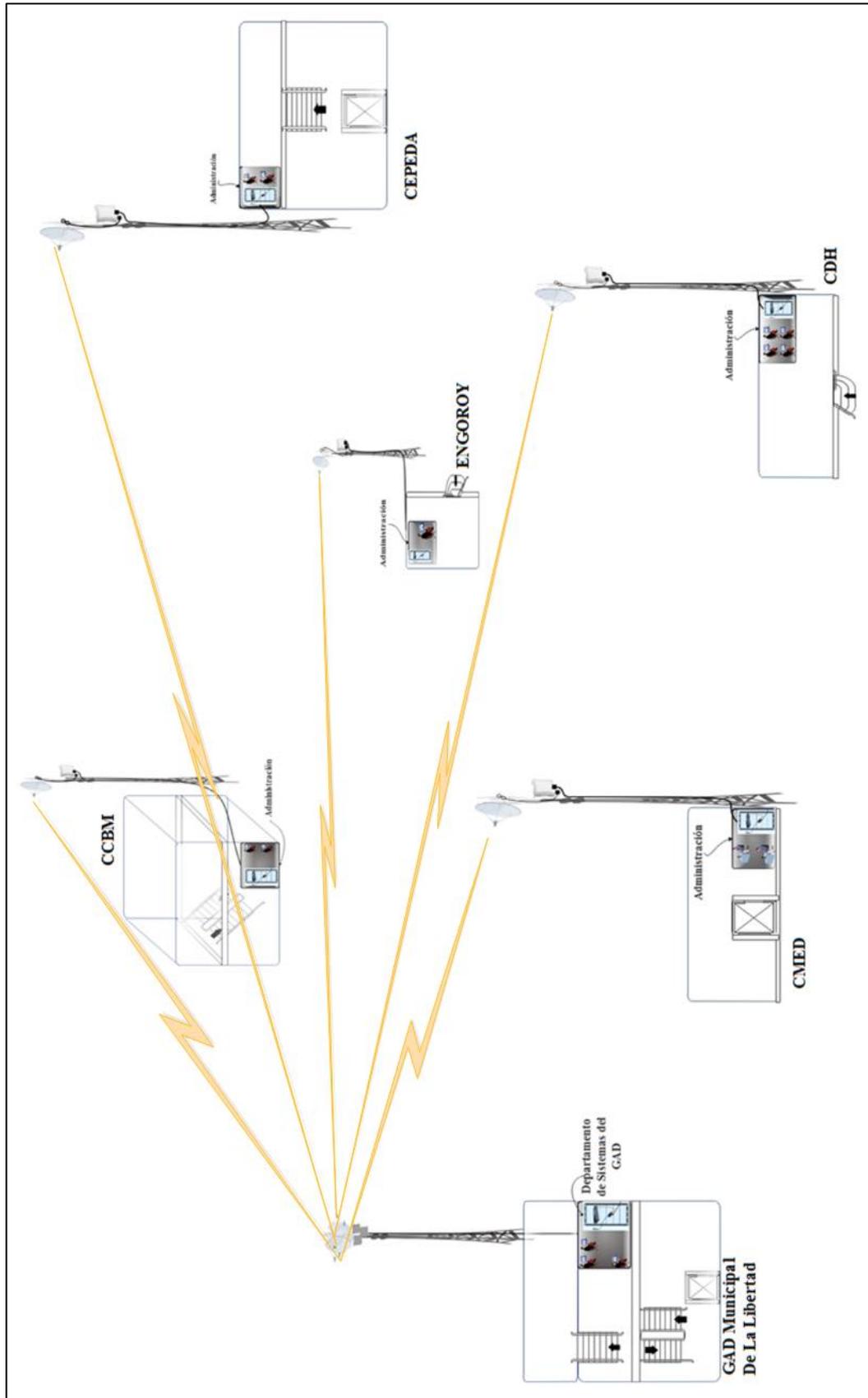


Figura 32: Conexión de Equipos inalámbricos a cada departamento de sistemas
Fuente: Creado por Autor

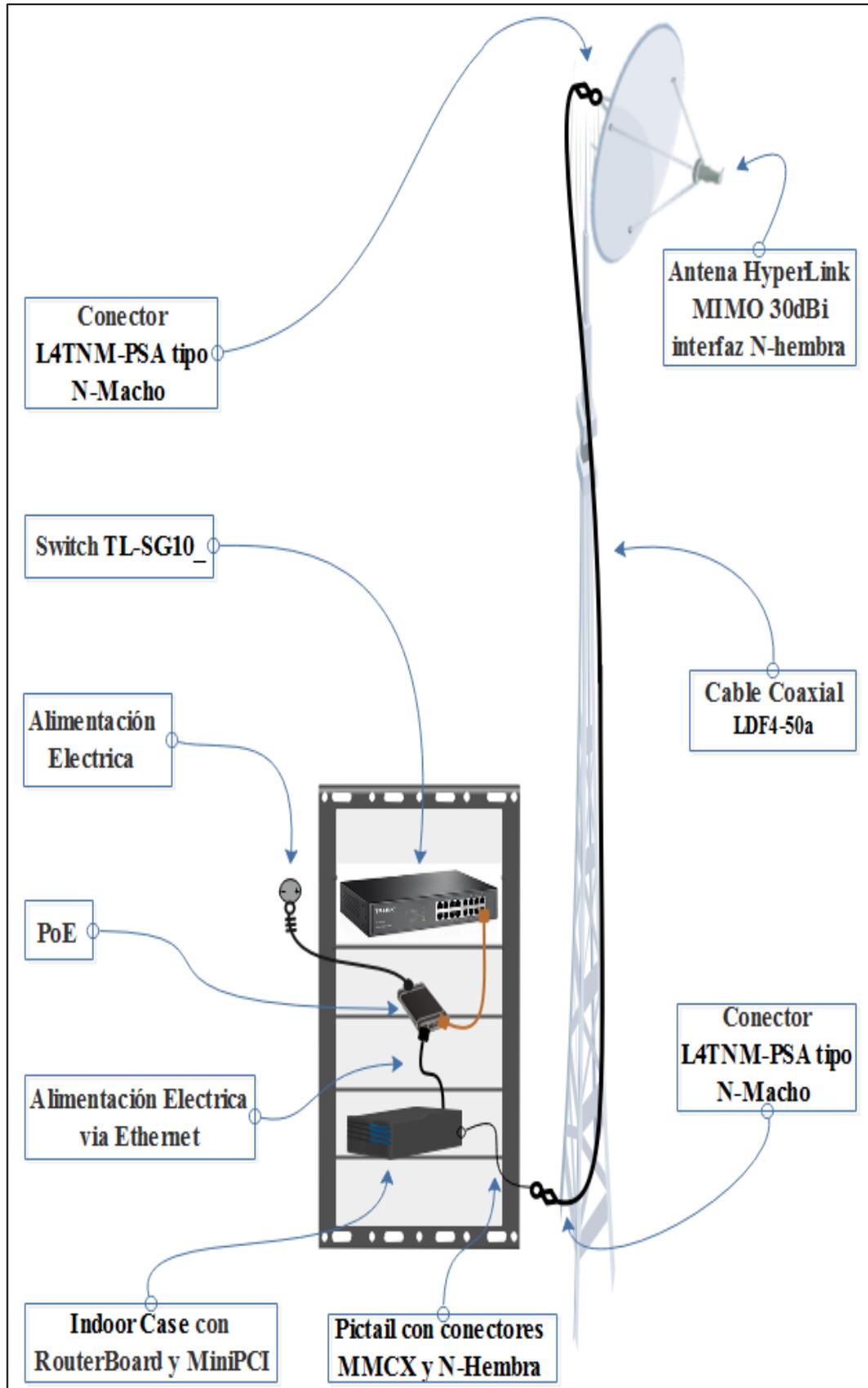


Figura 33: Conexión de Equipos inalámbricos Opción 1
Fuente: Creado por Autor

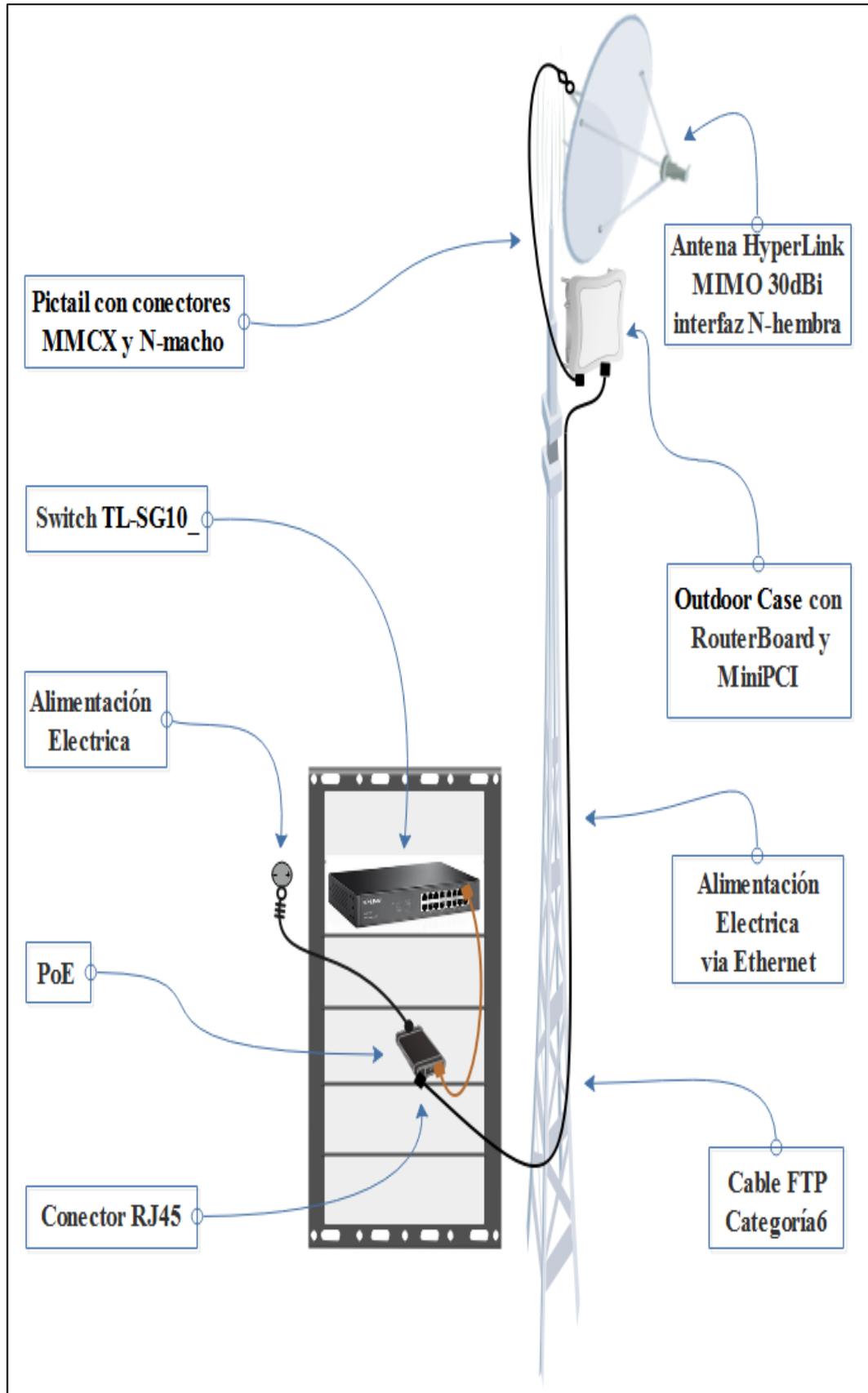


Figura 34: Conexión de Equipos inalámbricos Opción 2

Fuente: Creado por Autor

2.4.2.3. ESQUEMA LÓGICO

A continuación se presenta la Figura No.35 detallando el diseño lógico de toda la red de telecomunicaciones del Municipio de La Libertad, esquema realizado en Packet Tracer (programa que sirve para la configuración de redes) con las Ip seleccionadas por los encargados del departamento de Sistemas del municipio de La Libertad.

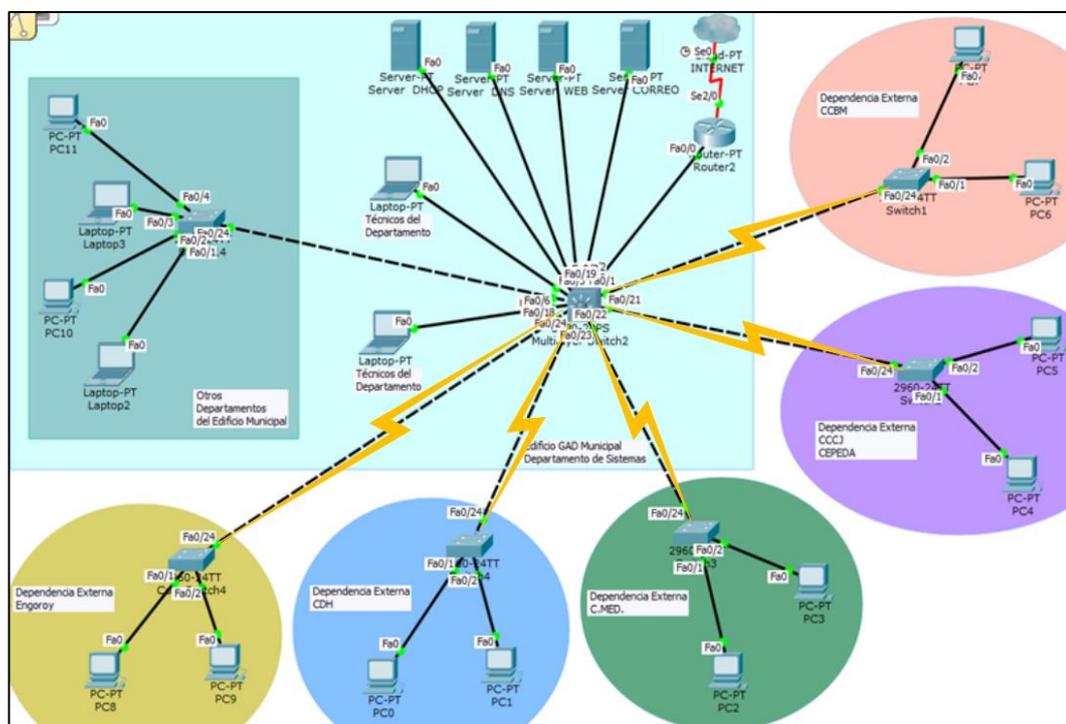


Figura 35: Diseño Lógico del Rediseño de la Red Inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad
Fuente: Creado por Autor

Los enlaces punto a punto se realizará desde una torre ubicada en el GAD Municipal de La Libertad a las nuevas torres de las dependencias externas, tal como se mostró en la Figura No.31, donde la torre del Centro Comercial Cepeda Jácome será la de mayor altura por presentar pérdida total de señal (ver Figura No.16), en las demás unidades se necesitarán torres pero de menor altura, estas alturas dependerán del valor de Worts Fresnel (despejamiento) en Radio Mobile cuyo valor tiene que coincidir con los calculados en la Tabla No.4 en el capítulo 2.4.1.1.COMONENTES FÍSICOS-Torres, con la ayuda de la Ecuación No.4

Con los resultados del radio de la zona de Fresnel (ver Tabla No.4) generado por los equipos inalámbricos y con ello el despejamiento mínimo (Ecuación No.4) que debe tener la señal para que no sufra de obstrucciones al propagarse entre los dos puntos de cada enlace.

Se puede establecer la altura mínima a la que deberán ser colocadas las antenas para tener un enlace efectivo, este análisis se realizará más adelante del presente capítulo 2.4.2.6.SIMULACIÓN DE ENLACES CON TORRES.

2.4.2.4. CONSIDERACIONES PARA LA SIMULACIÓN

Para proceder a simular los enlaces de la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad en el programa Radio Mobile, una vez ubicadas las unidades en el mapa, como se observó en la Figura No.30.

Se debe crear los enlaces que conforman la red, para realizar este procedimiento en la barra de Herramientas el cuarto icono “Networks Properties” (ver Figura No.36) que en español sería Propiedades de las Redes, se abrirá una ventana en la que se procederá a colocar los parámetros considerados de cada unidad para el rediseño de la red.



Figura 36: Icono "Networks Properties" de Radio Mobile
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

A la izquierda de la ventana se encuentran la lista de los enlaces que se formarán en la red inalámbrica y en la primera pestaña “Parameters” (ver Figura No.37), en esta sección nos permite darle nombre al enlace y colocar las frecuencia mínima y máxima con la que trabaja la antena, opciones para seleccionar la polarización de las antenas y el clima donde se encuentra instalado el enlace.

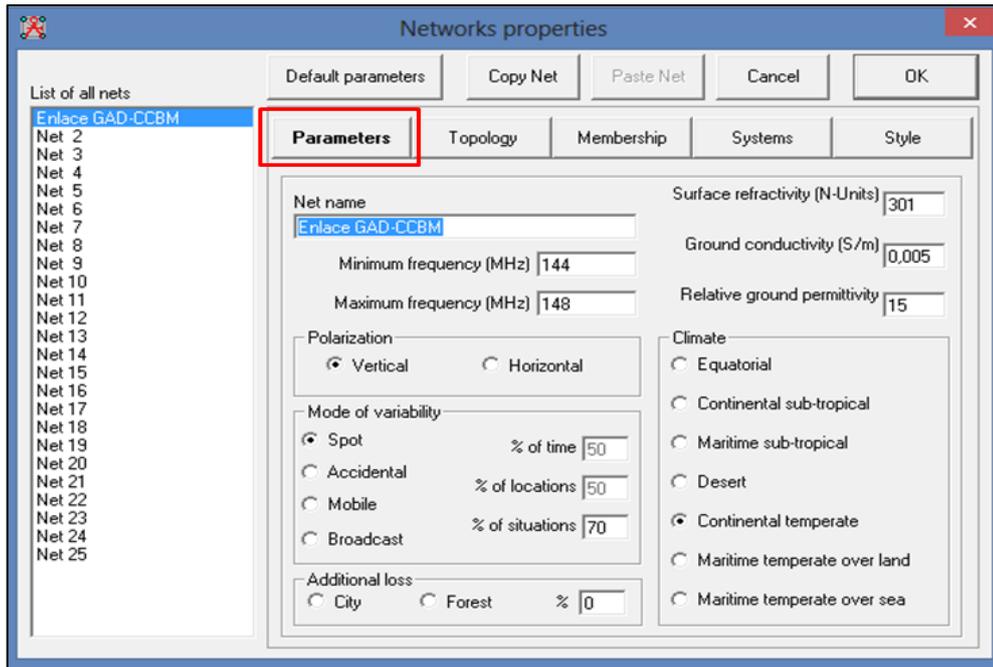


Figura 37: Ventana para insertar las Propiedades de la Red
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

En el caso de la ante Hyperlink cuyo rango de frecuencia de trabajo es 5 GHz se colocan las Bandas ISM para este rango 5725 MHz a 5850 MHz, como se muestra en la siguiente Figura:

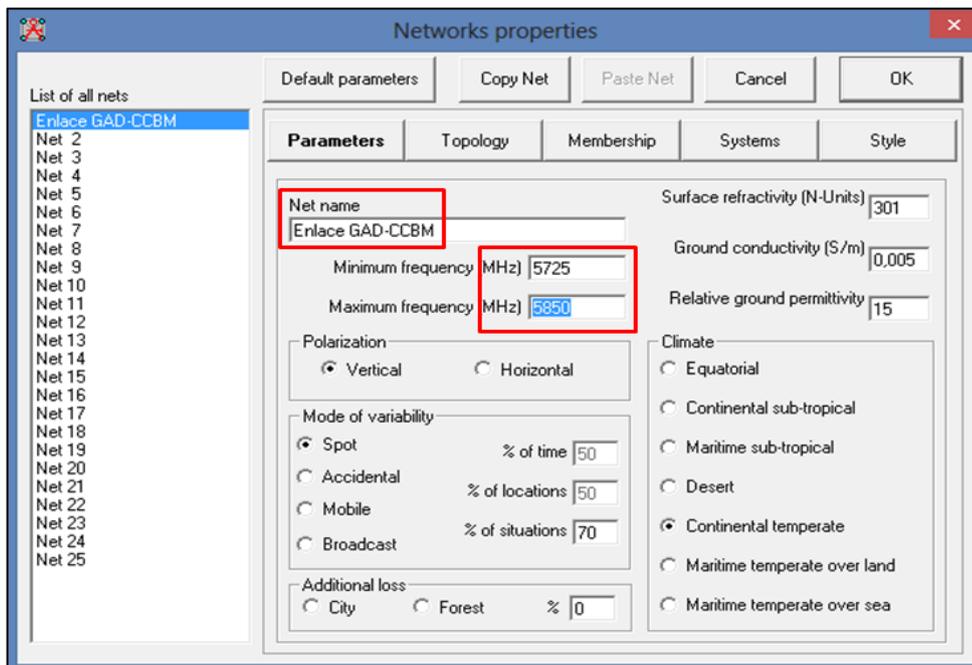


Figura 38: Parámetros de la Red: Nombres y Rango de Frecuencias utilizadas
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

En la “Polarización” del enlace se puede colocar cualquiera de las dos polaridades: vertical u horizontal, ya que la antena Hyperlink cuenta con un sistema de alimentación de doble polaridad muy conveniente para el sistema MIMO la cual permite ampliar el ancho de banda.

El modo de la variabilidad se coloca en la opción accidental y en la pérdida adicional del enlace se selecciona la opción “City” para que simule el enlace dentro del entorno de una ciudad.

En el lado derecho se encuentra la opción del clima “Climate” tiene diferentes opciones a elegir a conveniencia y dependiendo del lugar donde se efectúa el enlace para que el programa mediante fórmulas matemáticas nos permita visualizar el presupuesto del enlace, en el caso de la presente propuesta tecnológica se selecciona la opción “Ecuatorial”, como se muestra en la Figura No.39.

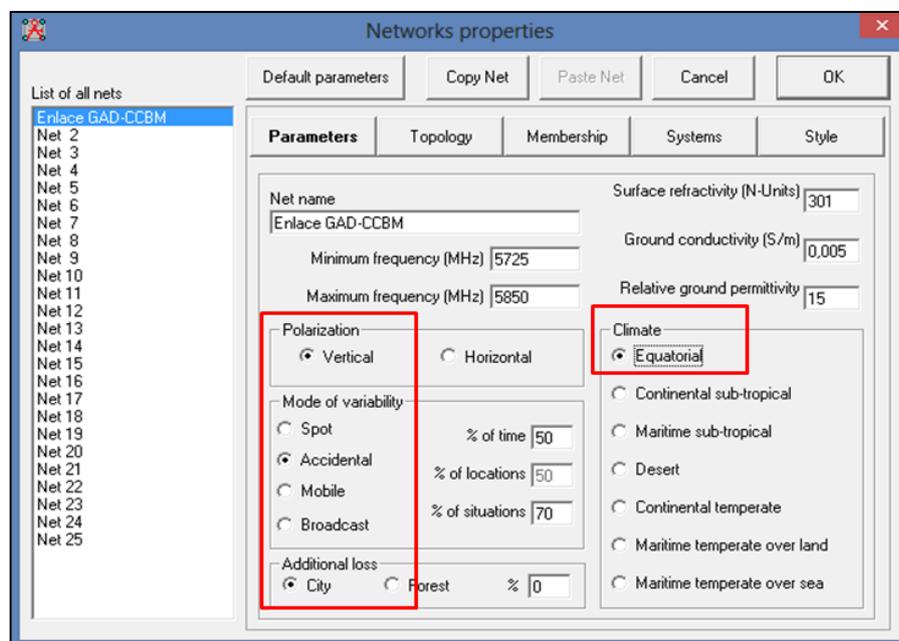


Figura 39: Parámetros de la Red: Polarización, Modo de la Variabilidad, Pérdidas adicionales y Clima
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

Se procede a realizar los mismos pasos para los demás enlaces que conforman la red para obtener lo siguiente:

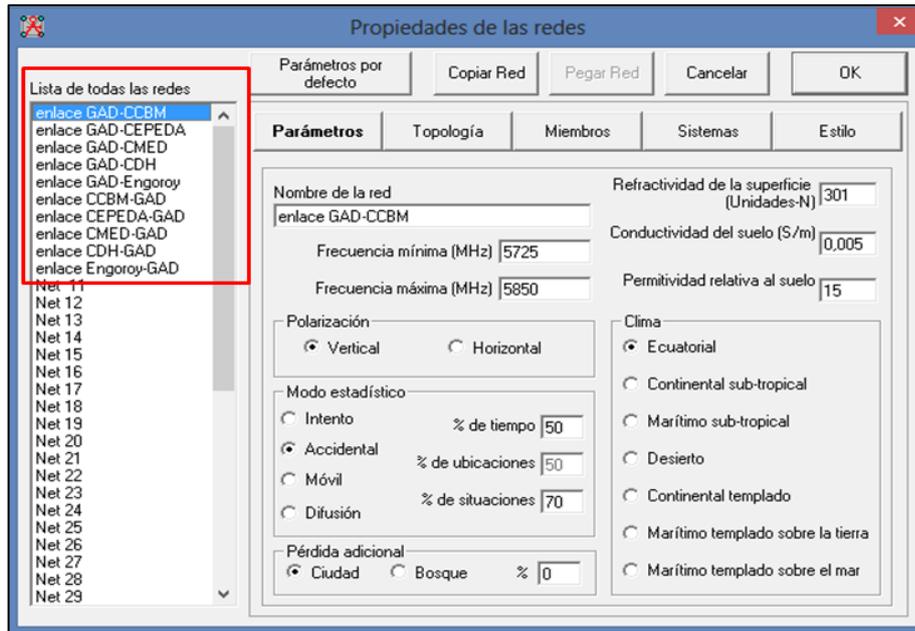


Figura 40: Parámetros de la Red: Lista completa de los enlaces
 Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

La siguiente pestaña a modificar es de “Topología”, donde podemos escoger tres opciones diferentes: Red de voz, Red de datos tipo estrella (Topología de la presente propuesta tecnológica) y Red de datos tipo nodo terminal, seleccionamos la segunda opción como se muestra en la Figura No.41.

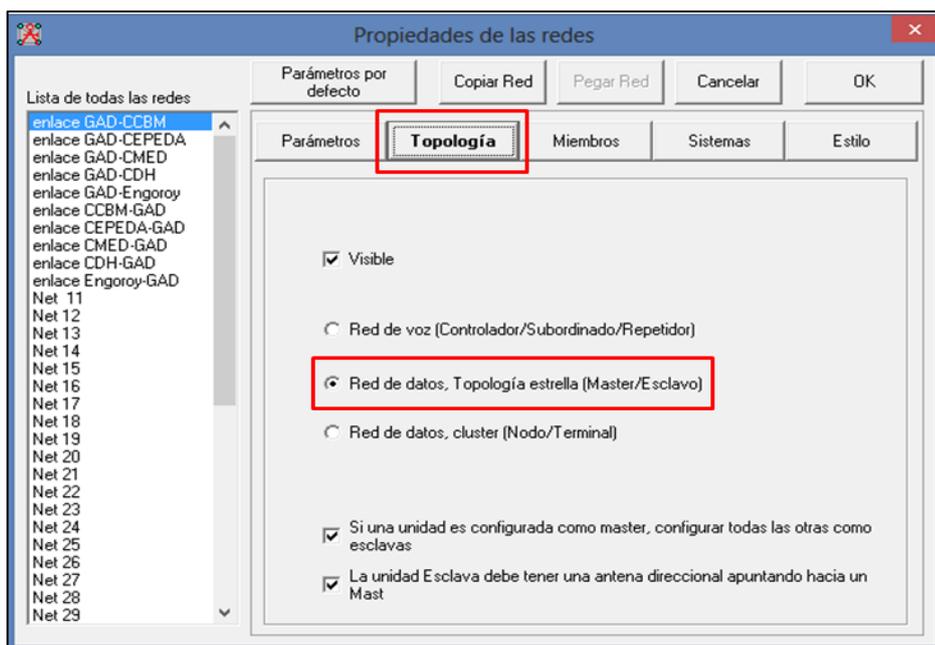


Figura 41: Topología de la Red
 Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

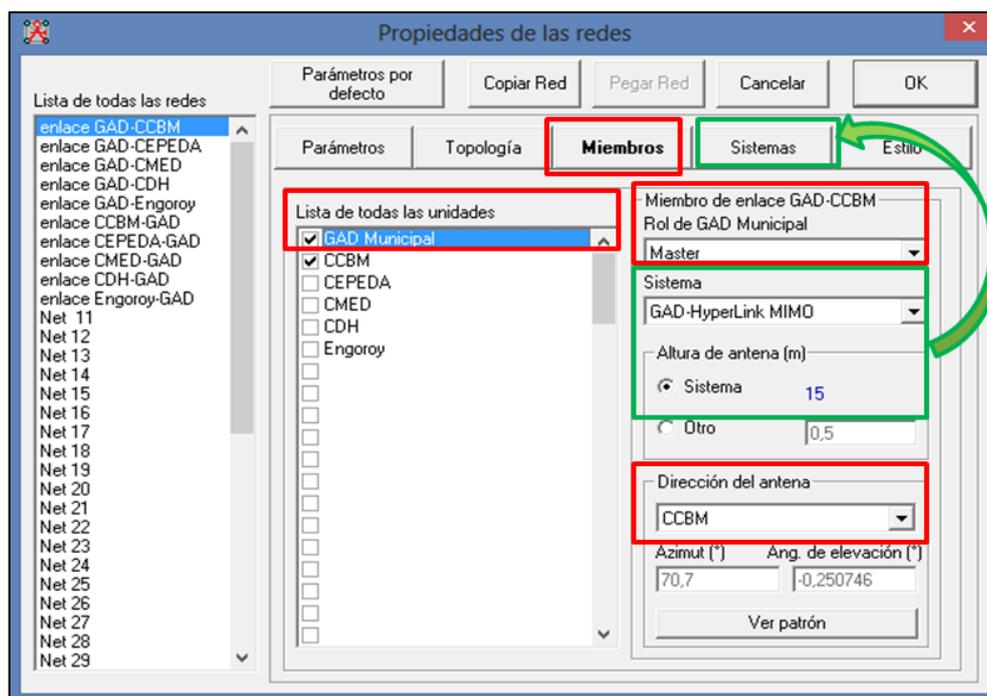


Figura 42: Miembros de la Red

Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

En la pestaña “Miembros” de las propiedades de la Red, como se puede visualizar en la parte izquierda de la Figura No.42, se encuentran todos los enlaces de la red, seleccionándolas se puede establecer en la “Lista de todas las unidades” los que conforman el enlace, al momento de seleccionar cada uno se le debe poner el rol que cumple, la dirección de la antena (a donde apunta) y el tipo de sistema con que funciona, antes de seleccionar el tipo de sistema (antena), se debe configurar primero en la pestaña “Sistemas” las características de la antena a utilizar.

Nos trasladamos a la pestaña “Sistemas” y se rellenan con las especificaciones técnicas de la antena seleccionada para que sean guardados por el programa Radio Mobile y se pueda seleccionar el sistema de funcionamiento para cada unidad.

En la Figura No.43 se muestran los parámetros de técnicos a rellenar son: Potencia de Transmisión en Watts o en dBm (Transmit Power), Sensibilidad en uV o -dBm (Receiver Threshold), la Ganancia en dBi (Antena Gain) y la altura de la antena en m (Antena Height), por último se ingresa la perdida adicional del cable en dB/m (Additional Cable Loss).

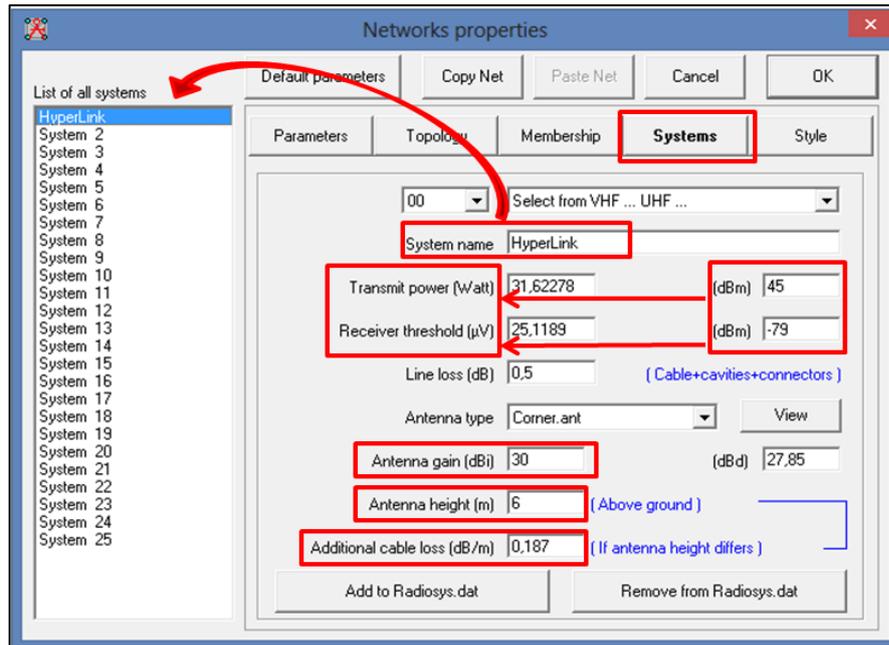


Figura 43: Sistemas de la Red
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

Sin olvidar el tipo de la antena, Figura No.44, donde podemos seleccionar: tipo Omnidireccional, Cardio, Corner, Dopile, Elipse o Yagi, el patrón de radiación de cada tipo de antena disponibles a seleccionar se muestran en la Figura No.45. Como la antena HyperLink es direccional se selecciona la tipo Corner.

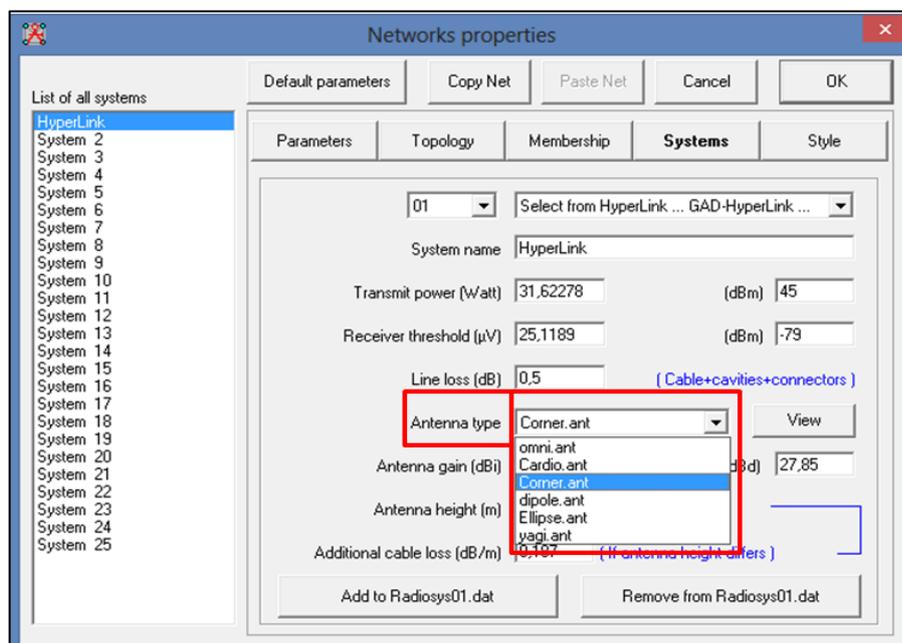


Figura 44: Sistemas de la Red, Tipo de Antenas
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

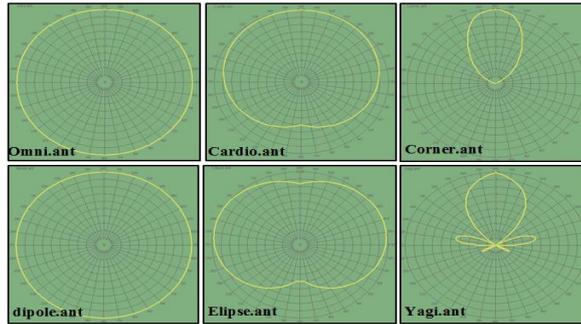


Figura 45: Patrón de radiación de los Tipos de Antenas
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

En esta parte de configuración de la red se colocaron todos los sistemas (antenas) con diferentes características y diferentes alturas como por ejemplo para el GAD Municipal 15 m y para las dependencias externas 6 m (alturas de las antenas sin torres), para poder seleccionar y diferenciar el sistema utilizado en cada unidad y observar sus diferencias al propagar la señal.

Una vez que se hayan establecido las características técnicas de la antena seleccionada se le puede regresar a la pestaña “Membership” o miembros de la red para establecer a cada unidad el sistema que utilizarán para simular y calcular el presupuesto de los enlaces de la red, para terminar este proceso se debe dar clic en el botón “ok”, tal como se muestra en la Figura No.46.

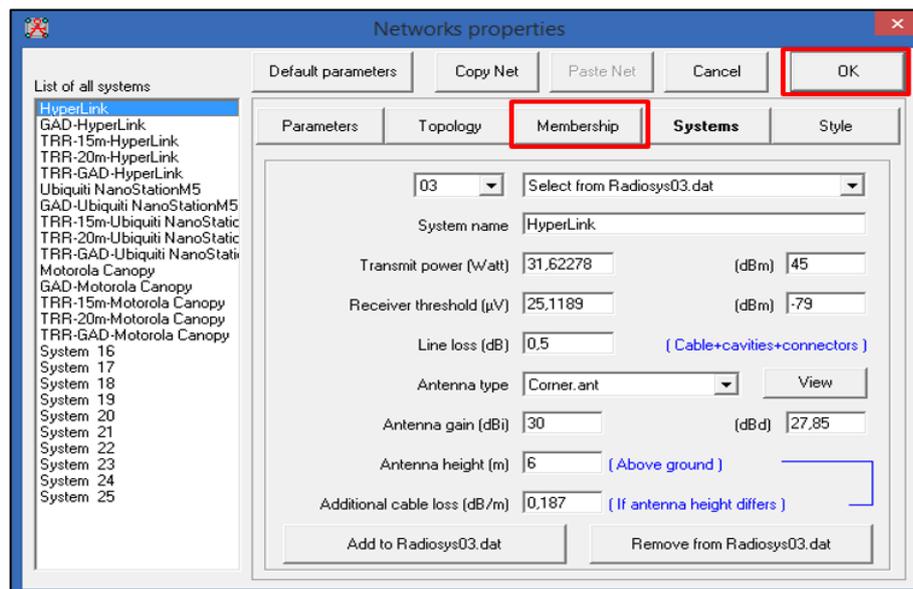


Figura 46: Configuración de las especificaciones técnicas de las Antenas
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

Al terminar todas las configuraciones de la red y de sus enlaces integrantes se puede observar en la Figura No.47 el rediseño completo la presente propuesta tecnológica en Radio Mobile utilizando la antena HyperLink de modelo: MIMO HG4958DP-30D en cada una de las unidades que conforman la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad.

En las simulaciones de los enlaces se colocaron las antenas a la altura normal de las dependencias externas las que corresponden a 6 m en CCBM y CEPEDA, 3 m para CMED, CDH y ENGOROY, solo para el GAD Municipal se colocó una altura de 15 m.

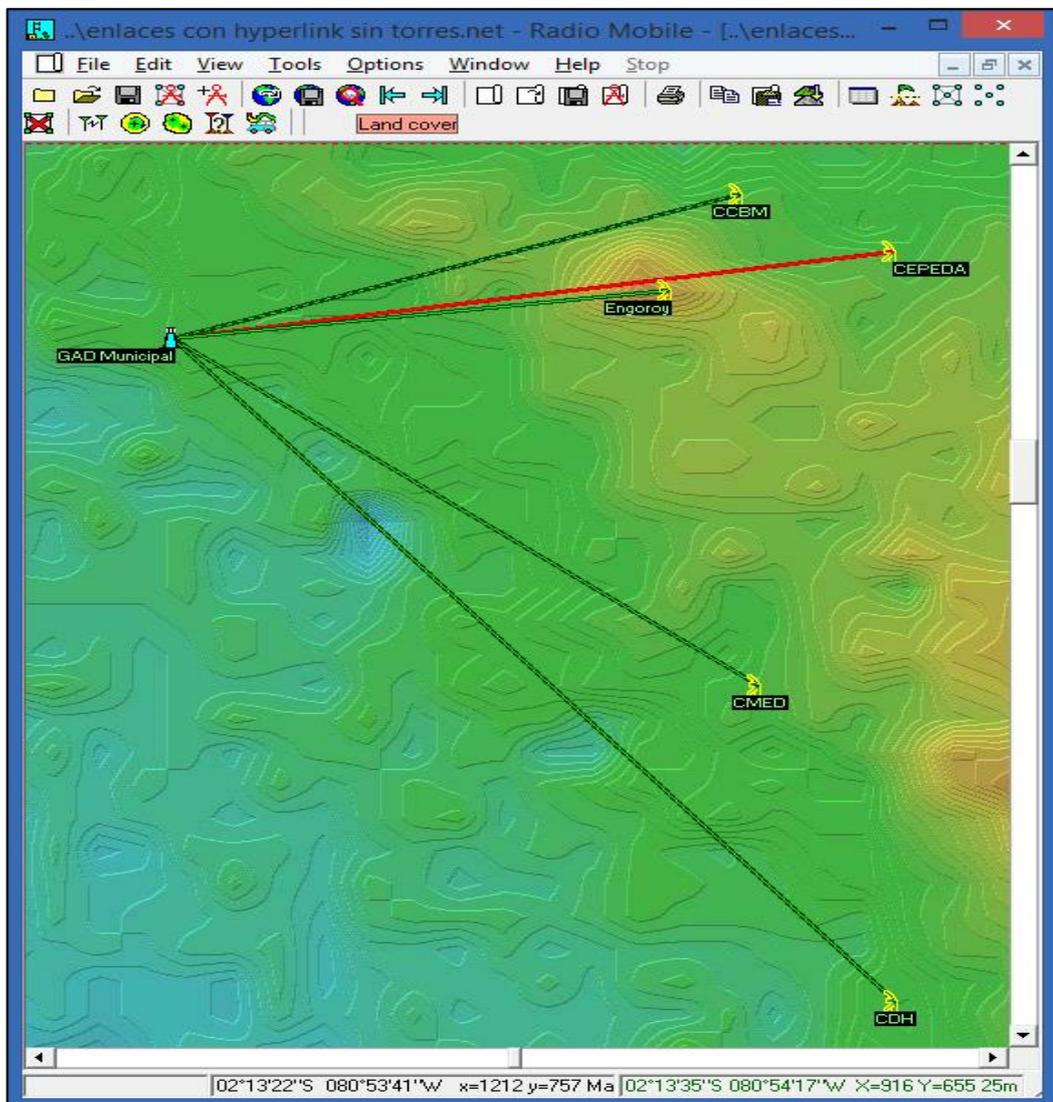


Figura 47: Red Completa Simulada en Radio Mobile sin torres
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

2.4.2.5. SIMULACIÓN DE ENLACES SIN TORRES

Al simular el rediseño de la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad se pueden observar los datos del presupuesto realizado para cada enlace, en el cual obtienen los siguientes datos:

- **Azimut (Azimuth):** determina la dirección de orientación de la antena en grados. Siendo el norte cero.
- **Angulo de elevación (Elev. Angle):** representa la inclinación con respecto al eje horizontal que ha de sufrir la antena.
- **Obstrucción / Despeje a (Obstruction/Clearance):** distancia en kilómetros entre el emisor y la obstrucción o despeje en metros desde el enlace de radio al suelo.
- **Peor Fresnel/Despejamiento (Worst Fresnel):** es la distancia de separación que existe entre el suelo a la señal transmitida.
- **Distancia (Distance):** representada en Kilómetros entre los dispositivos
- **Pérdidas (PathLoss):** pérdidas existentes entre el emisor y receptor.
- **Campo Eléctrico (E Field):** expresado en decibelios por micro voltios/metros, solo de la antena receptora.
- **Nivel Rx (Rx Level):** determina la Potencia de Recepción, valor expresado en decibelios o microvoltios, potencia recibida por el receptor.
- **Rx relativo (Rx Relative):** es la señal relativa con respecto a la sensibilidad del receptor en dB.

Donde el Despejamiento (Worst Fresnel) tiene que estar acorde con los valores calculados en base a las Ecuaciones No.3 y 4, presentados en la Tabla No.4: Valores del Radio y Despejamiento de la Zona de Fresnel.

El indicador de fuerza de la señal recibida está determinada por el Rx Level en dBm cuya señal idónea es cero, el rango entre -40 a -60 la tasa de transferencia de datos es estable, pero no recomendable. En cuanto a la sensibilidad o potencia recibida determinada por Rx Relative en dB.

- **CCBM (Centro Comercial Buenaventura Moreno)**

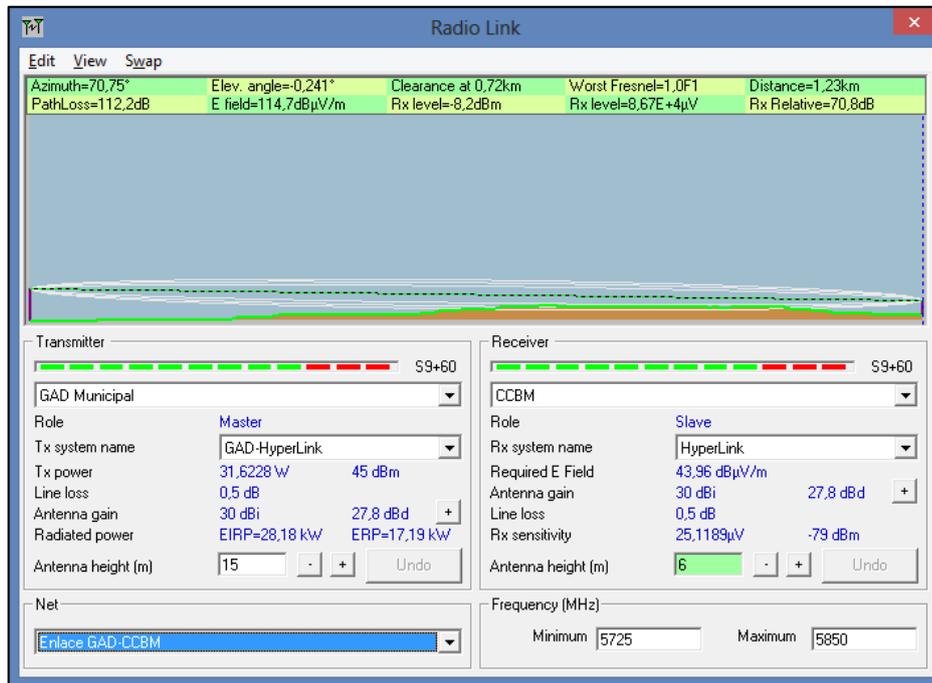


Figura 48: Simulación del Enlace GAD-CCBM en Radio Mobile sin torres
 Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

Al simular este enlace, Figura No.48 se puede observar que la zona de Fresnel tiene obstrucción media (nLoS) en el kilómetro 0.72 provocada por una elevación de 26 m sobre el nivel del mar (ver Figura No.49), los cálculos que realiza Radio Mobile del despejamiento actual es de 1.0 m (Worst Fresnel, en Radio Mobile), al calcular con la Ecuación No.3 el radio de la zona de Fresnel se obtuvo como resultado 4.01 m y el despejamiento de la zona de Fresnel con la Ecuación No.4 para que toda la zona esté libre es de 2.41 m, por lo tanto a este enlace hace falta altura en las antenas.

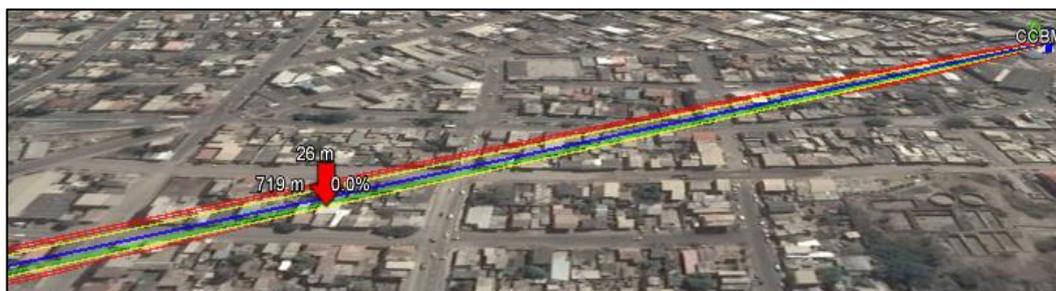


Figura 49: Ubicación de la obstrucción en el Enlace GAD-CCBM sin torres
 Fuente: Creado por Autor, referencia: Google Earth

- **CEPEDA (Centro Comercial Jorge Cepeda Jácome)**

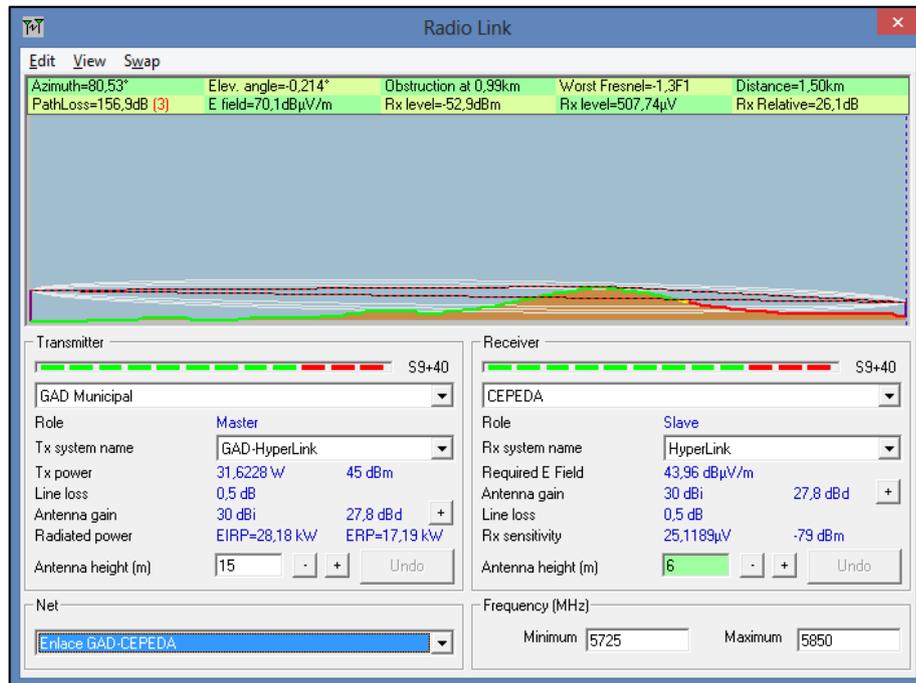


Figura 50: Simulación del Enlace GAD-CEPEDA en Radio Mobile sin torres
 Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

Como se puede observar en la Figura No.50 que al simular el enlace con CEPEDA la obstrucción de la señal es provocada por el cerro Engoroy en el kilómetro 0.99 (ver Figura No.51), la línea de vista o trayectoria directa de la señal entre el GAD Municipal y la dependencia es nula (NLoS), la señal es totalmente absorbida y difractada por el cerro, el despejamiento en este caso refleja -1.3 m cuando debería tener 2.67 m de área libre entre la línea de vista y la posible obstrucción, sin duda la utilización de torres para este enlace es indispensable.



Figura 51: Ubicación de la obstrucción en el Enlace GAD-CEPEDA sin torres
 Fuente: Creado por Autor, referencia: Google Earth

- **CMED (Centro Médico Municipal)**

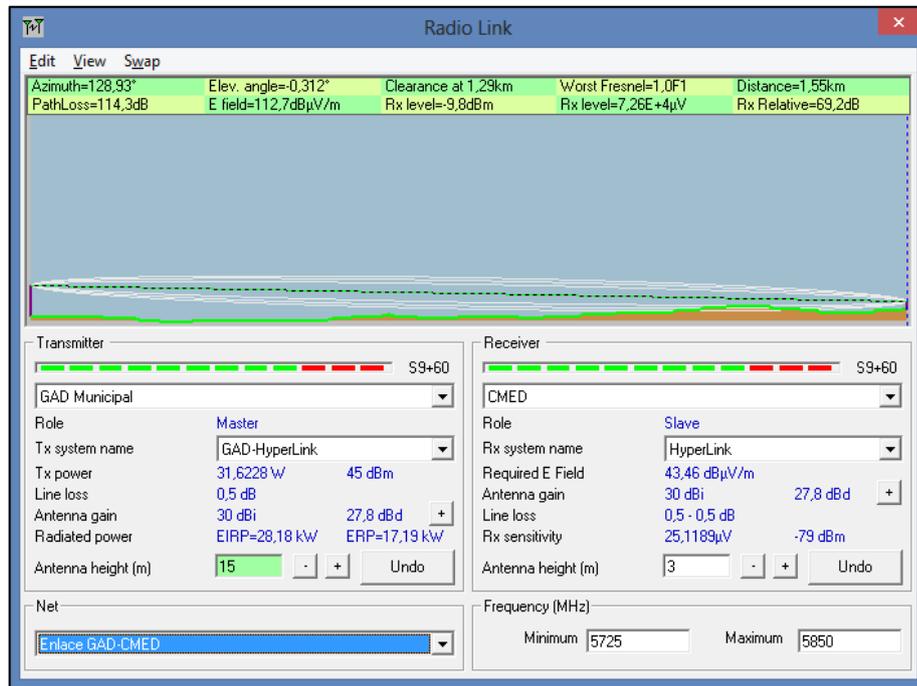


Figura 52: Simulación del Enlace GAD-CMED en Radio Mobile sin torres
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

En el enlace creado por el Centro Medico Municipal (CMED) y el GAD Municipal de La Libertad, Figura No.52 se encuentra una pequeña obstrucción de la zona de Fresnel en el kilómetro 1.29 de la trayectoria del enlace (ver Figura No.53), el enlace en la simulación realizada por Radio Mobile presenta una clara línea de vista con un despejamiento de 1 m con respecto a la zona de Fresnel, pero para tener un enlace efectivo y que presente un óptimo funcionamiento el despejamiento mínimo que debe tener la señal en esta ubicación es de 2.69 m entre la posible obstrucción y su área de transmisión.



Figura 53: Ubicación de la obstrucción en el Enlace GAD-CMED sin torres
Fuente: Creado por Autor, referencia: Google Earth

- **CDH (Centro de Desarrollo Humano)**

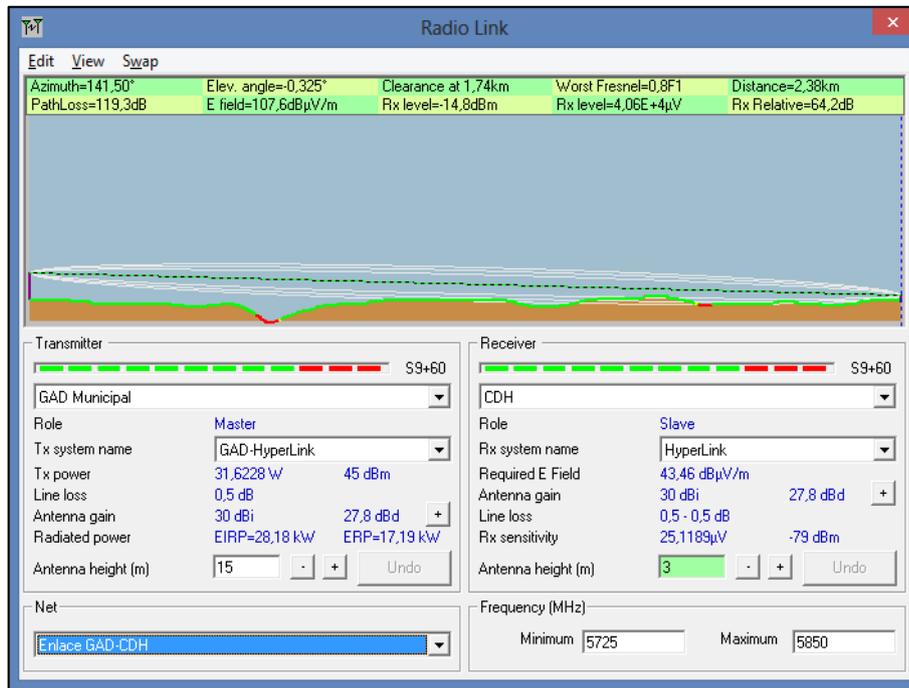


Figura 54: Simulación del Enlace GAD-CDH en Radio Mobile sin torres
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

El enlace GAD-CDH, observado en la Figura No.54 se encuentra una obstrucción en la zona de Fresnel ubicado en el kilómetro 1.74 (ver Figura No.55), una elevación de 20 m de altura sobre el nivel del mar interfiere con la señal transmitida en este enlace, el despejamiento obtenido es de 0.8 m con respecto a la zona de Fresnel, al realizar el cálculo del radio de la zona de Fresnel con la Ecuación No.3 y su despejamiento total para que el enlace sea totalmente efectivo y sin ninguna obstrucción con la Ecuación No.4, la línea de vista (LoS) debe estar a 3.35 m sobre el obstáculo.



Figura 55: Ubicación de la obstrucción en el Enlace GAD-CMED sin torres
Fuente: Creado por Autor, referencia: Google Earth

- **ENGORROY (Cerro de Engorroy)**

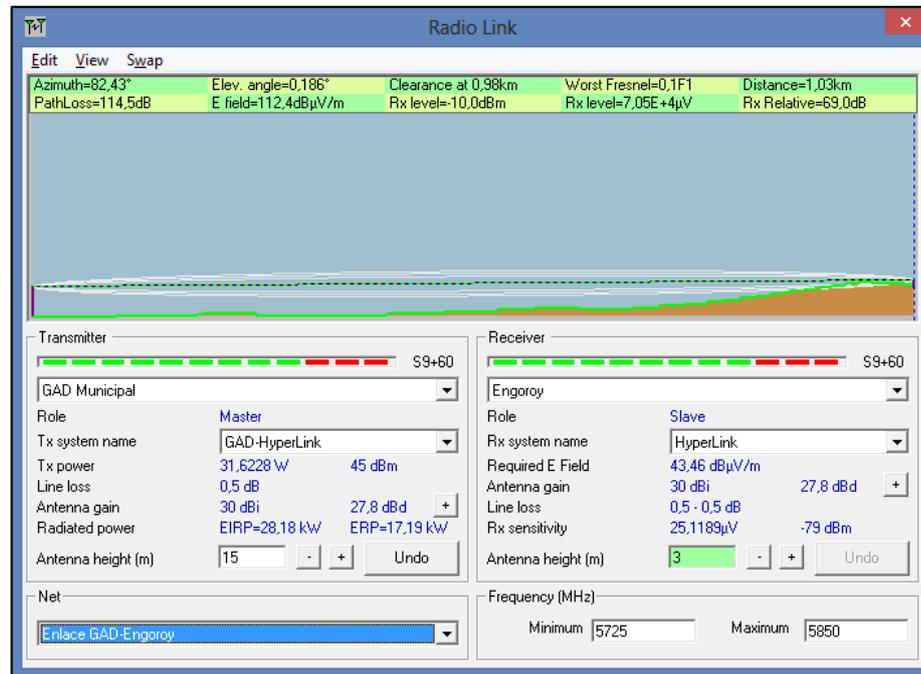


Figura 56: Simulación del Enlace GAD-ENGORROY en Radio Mobile sin torres
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

El enlace creado por el GAD Municipal y Engorroy, Figura No.56, tiene una distancia total de 1.03 Km y se encuentra despejado hasta el kilómetro 0.96 (ver Figura No.57) con un despejamiento de 0,1 m con respecto a la zona de Fresnel que se genera para este enlace, valor que se encuentra por debajo del requerimiento para alcanzar un enlace optimo en los cálculos realizados por las Ecuaciones No.3 y 4 determinan que el despejamiento debe ser mínimo de 2.2 m desde la línea de vista o trayectoria directa hasta el posible obstáculo desde la unidad del GAD hasta la obstrucción, cercano a Engorroy.



Figura 57: Ubicación de la obstrucción en el Enlace GAD-ENGORROY sin torres
Fuente: Creado por Autor, referencia: Google Earth

2.4.2.6. SIMULACIÓN DE ENLACES CON TORRES

Para una aplicación técnica de las especificaciones de uso de torres se aplica un modelo de simulación con metodología experimental, haciendo uso del software Radio Mobile y aplicando varias alturas hasta obtener la más apropiada que nos proporcione el despejamiento mínimo para efectuar un enlace efectivo.

Los enlaces simulados en el punto anterior sin torres, utilizando las especificaciones técnicas de la antena seleccionada HyperLink MIMO de 30 dBi para implementar la presente propuesta tecnológica en la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad presentaron interferencias en sus trayectorias directas, el enlace más grave con línea de vista nula es la que se genera desde el edificio del GAD Municipal al Centro Comercial Jorge Cepeda Jácome (CEPEDA) como se pudo observar en la Figura No.48, en los demás enlaces se presentan obstrucciones dentro de la zona de Fresnel generada por la radiación de las ondas electromagnéticas de la señal transmitida debido a la ubicación geográfica de las dependencias y a los relieves geográficos que se encuentran dentro del área de transmisión de la red inalámbrica.

Para proceder a establecer la altura de las torres de comunicación se escoge primero el enlace con NLoS (Line de Vista Nula) GAD-CEPEDA, dependiendo del valor del despejamiento mínimo Worts Fresnel para Radio Mobile calculado con la Ecuación No.4 como se mostró en la Tabla No.4 del capítulo 2.4.1.1.COMONENTES FÍSICOS-Torres se utilizará el método experimental al realizar las simulación con diferentes alturas, variando la altura de la antena y el ángulo de elevación de la misma para lograr un despejamiento mínimo del radio de la zona de Fresnel al propagar la señal en el espacio libre.

Dependiendo de la altura que necesite la torre ubicada en el edificio principal del GAD Municipal al simular el enlace GAD_CEPEDA, en las demás simulaciones se colocará la misma altura para la unidad GAD, puesto que las antenas estarán ubicadas todas en la misma torre de comunicación, todas las alturas de las torres

dependerán del valor del despejamiento o Worts Fresnel para Radio Mobile (Ver Tabla No.17) obtenidos de la Tabla No.4 para conseguir un enlace efectivo.

Despejamiento mínimo (m) entre el obstáculo y la señal de los Enlaces en Radio Mobile	
GAD-CCBM	Worst Fresnel = 2,41m
GAD-CEPEDA	Worst Fresnel = 2,67m
GAD-CMED	Worst Fresnel = 2,69m
GAD-CDH	Worst Fresnel = 3,35m
GAD-ENGOROY	Worst Fresnel = 2,20m

Tabla 17: Valores del Despejamiento de la Zona de Fresnel
Fuente: Creado por Autor, referencia: Ecuación No. 4

- **CEPEDA (Centro Comercial Jorge Cepeda Jácome)**

Al subir las antenas a torres de comunicación ubicándolas a una altura de 15m sobre la terraza del GAD Municipal obteniendo 30m en esta unidad y 15m para la unidad de CEPEDA, se logra tener línea de vista pero la señal aún se encuentra obstruida en el kilómetro 0.99 (ver Figura No.58).

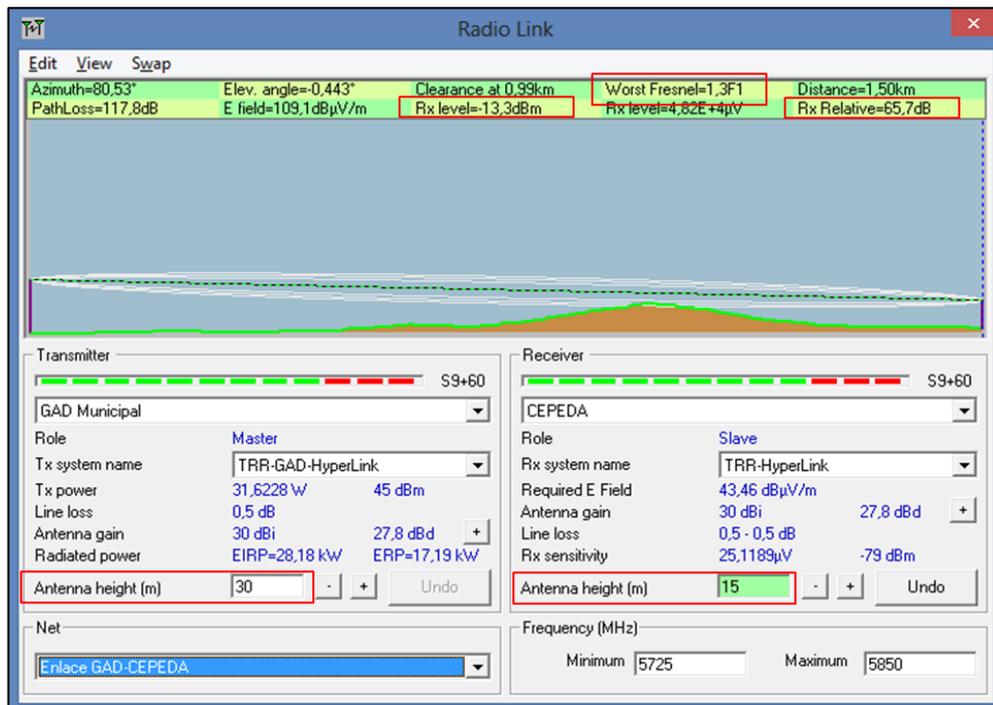


Figura 58: Simulación del Enlace GAD-CEPEDA en Radio Mobile con torres de 15m
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

Para conseguir el despejamiento de la zona de Fresnel sin roce de alguna obstrucción en este enlace GAD-CEPEDA las alturas a la que las antenas deben estar ubicadas en las torres de comunicación son 15 m sobre el edificio municipal y 20 m en la dependencia externa como se muestra en la Figura No.59.

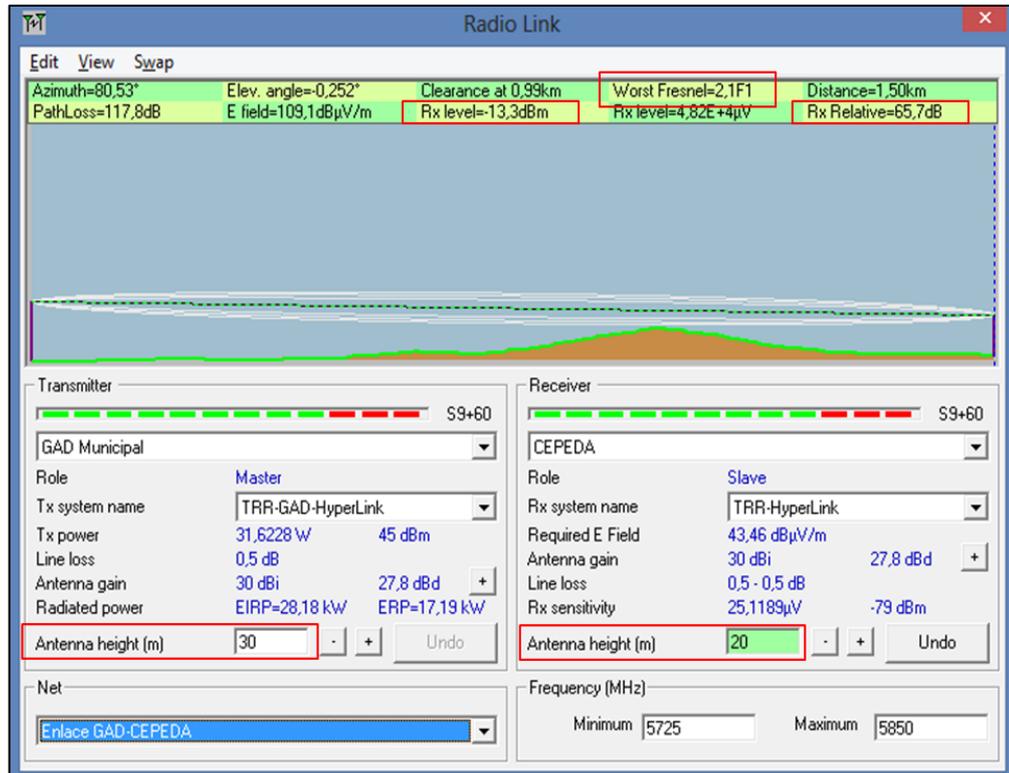


Figura 59: Simulación del Enlace GAD-CEPEDA en Radio Mobile con torres de 15m y 20m

Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

Sin embargo al no tener roce en la zona de Fresnel el valor del worst Fresnel (despejamiento) mínimo aun no coincide con los valores obtenidos en la Tabla No.17, para establecer un enlace óptimo con una transferencia efectiva de señal el despejamiento mínimo (Worst Fresnel, en Radio Mobile) deber ser de 2.67 m, valor determinado con las Ecuaciones No.3 y 4 con los datos de la Tabla No.2, para que el enlace logre un despejamiento mínimo de 2.67 m en el Kilómetro 0.99 desde el GAD a la dependencia externa, se debe aumentar las alturas de las antenas en ambas unidades, colocándolas en las torres de comunicación con alturas mínimas de 15 m sobre la terraza del edificio del GAD Municipal de La Libertad y 24 m de altura para la torre de comunicación ubicada en el CEPEDA, tal como se muestra en la Figura No.60.

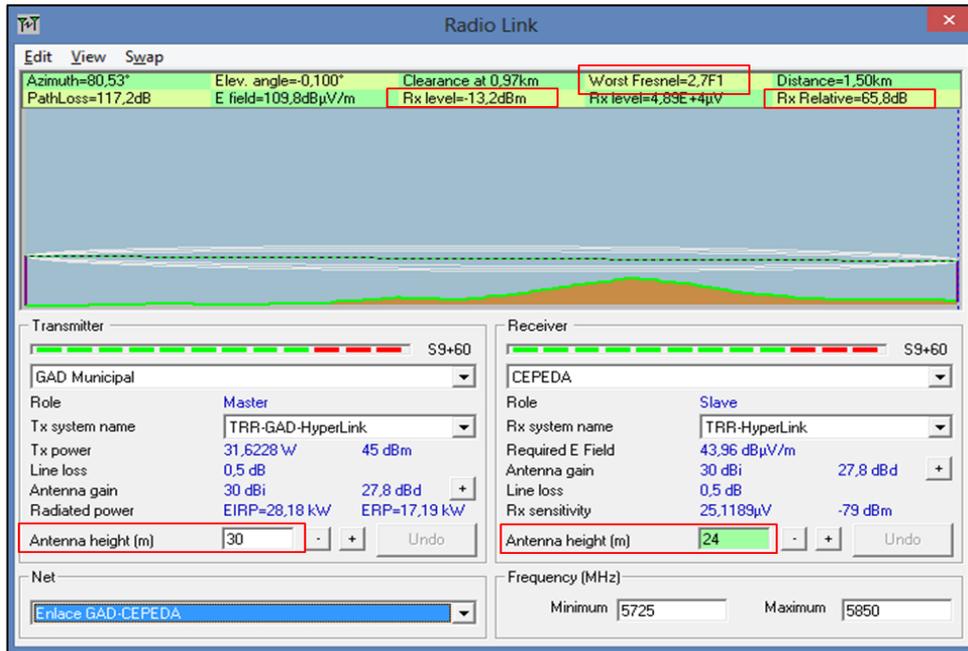


Figura 60: Simulación del Enlace GAD-CEPEDA en Radio Mobile con torres de 15m y 24m
 Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

- **CCBM (Centro Comercial Buenaventura Moreno)**

Al aumentar la altura de la antena en la unidad del GAD Municipal 10m sobre la terraza del municipio se puede observar que el despejamiento aún no es el mínimo requerido para establecer un enlace totalmente efectivo, observar Figura No.61.

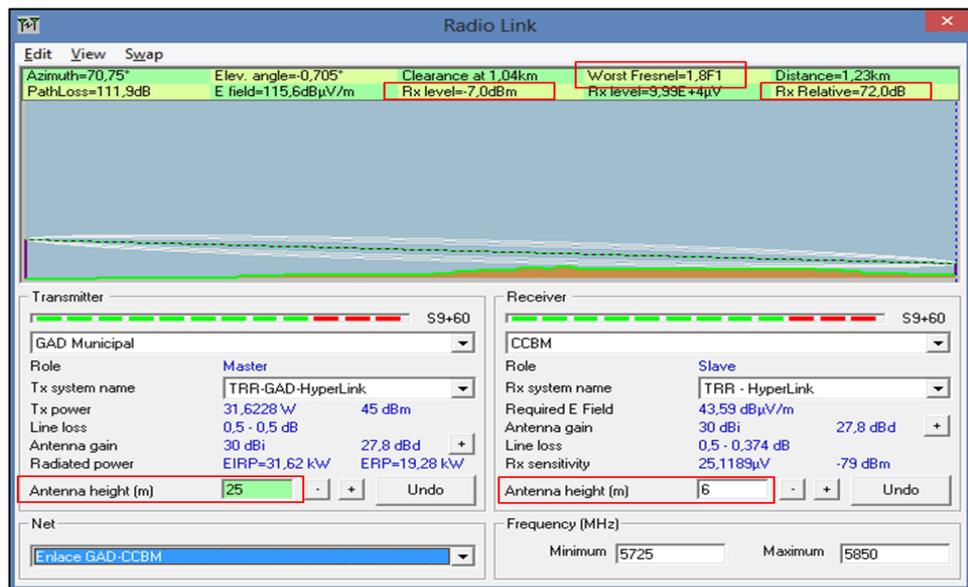


Figura 61: Simulación del Enlace GAD-CCBM en Radio Mobile con torres de 10m y 6m
 Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

Por lo tanto con la ayuda del método experimental y el software de simulación de enlaces Radio Mobile se logra determinar la altura necesaria para colocar las antenas del enlace GAD-CCBM y que el despejamiento coincida con el valor determinado por la Ecuación No.4 en la Tabla No.4 (ver valores de despejamiento en Tabla No.16).

En la siguiente figura se puede observar las alturas en que deben estar colocadas las antenas para que exista un despejamiento mínimo de 2.6m entre la obstrucción y el radio de la zona de Fresnel, las torres deben ser mínimo de 15 m sobre la terraza del GAD Municipal y 8 m para el Centro Comercial Buenaventura Moreno (CCBM) tal como se muestra en la Figura No.62.

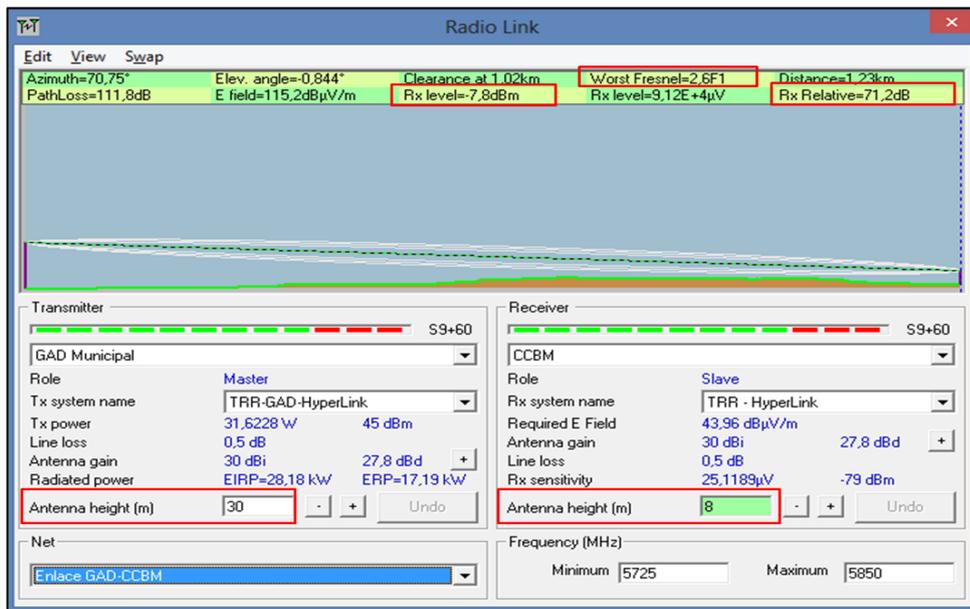


Figura 62: Simulación del Enlace GAD-CCBM en Radio Mobile con torres de 15m y 8m

Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

- **CMED (Centro Médico Municipal)**

Al elevar la antena ubicada en el GAD Municipal que apunta hacia la dependencia externa CMED en la misma altura donde están las dos antenas anteriores el valor del despejamiento mínimo requerido para este enlace es 2.7m se logra ubicando a la antena de la dependencia a una altura de 7m, como se puede visualizar en la Figura No.63 la potencia recibida de la señal con estas alturas da -12.3 dBm.

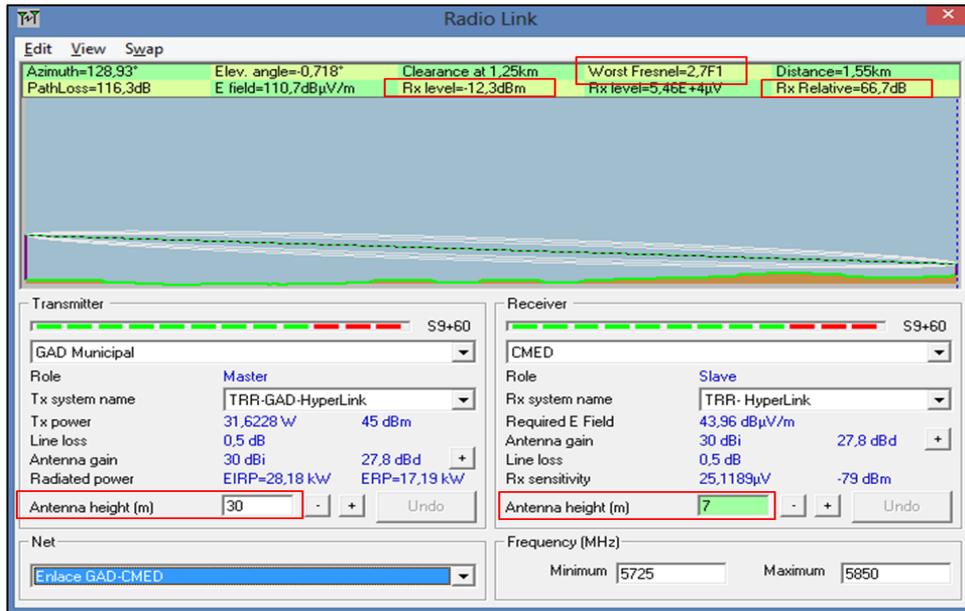


Figura 63: Simulación del Enlace GAD-CMED en Radio Mobile con torres de 15m y 7m
 Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

Pero si se aumenta la altura de la antena en la dependencia CMED hasta 8 m y se baja la antena del GAD para este enlace a 10 m sobre la terraza del edificio municipal también se obtiene el valor del despejamiento requerido para este enlace indicado en la Tabla No.17 y el valor del nivel de potencia de recepción baja a -9.9 dBm, indicando un mejor funcionamiento, obsérvese la Figura No.64.

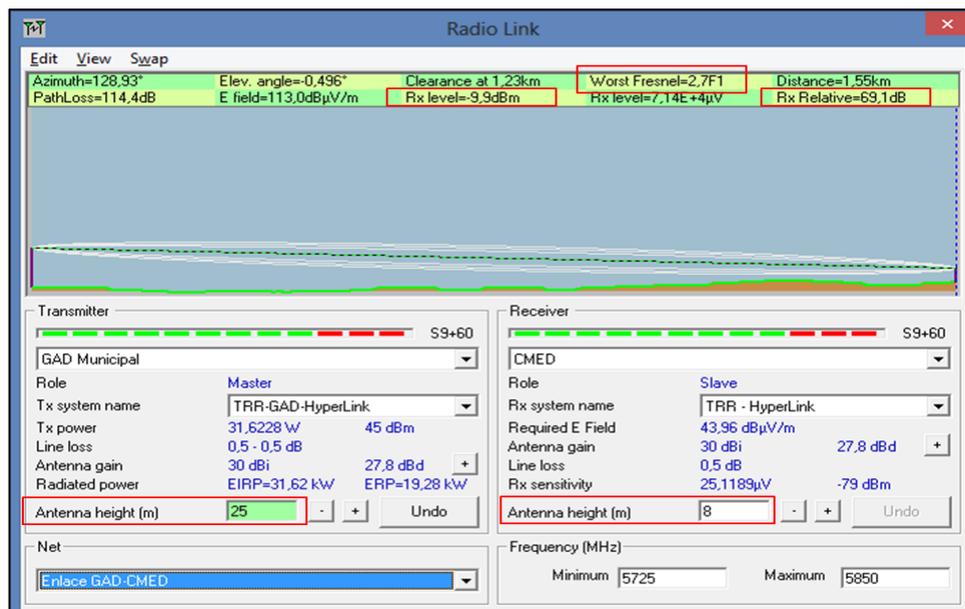


Figura 64: Simulación del Enlace GAD-CMED en Radio Mobile con torres de 10m y 8m
 Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

- **CDH (Centro de Desarrollo Humano)**

Aunque en este enlace la antena que apunta a la dependencia externa CDH se ubique en la parte más alta de la torre de comunicación ubicada en el GAD Municipal no se consigue obtener el despejamiento apropiado para este enlace, obsérvese la Figura No.65 con un nivel de potencia recibida igual a -15.7 dBm.

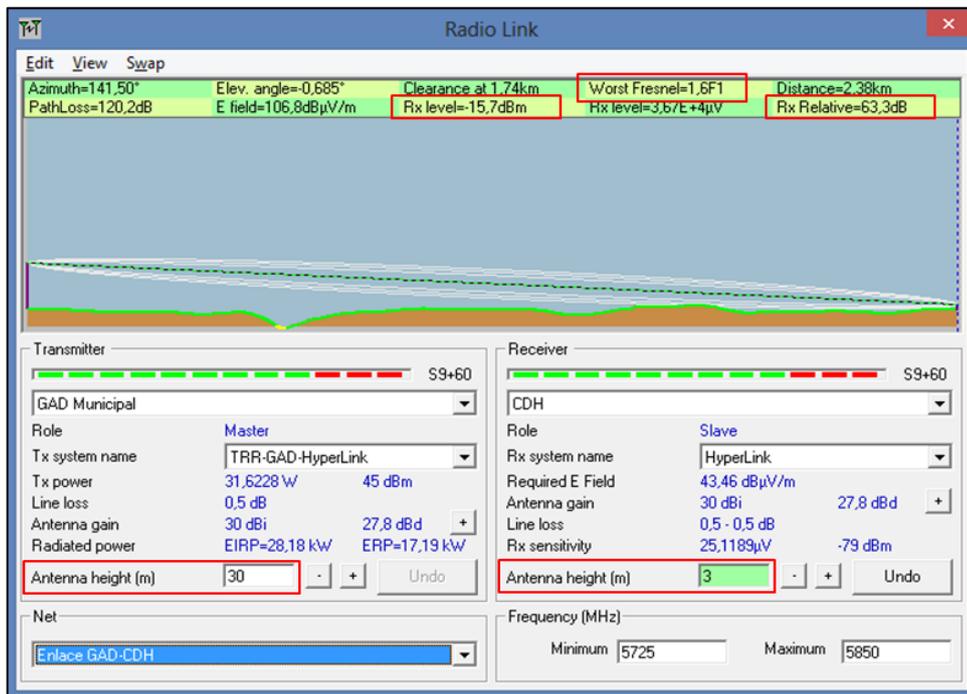


Figura 65: Simulación del Enlace GAD-CDH en Radio Mobile con torres de 15m y 3m
Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

La opción más óptima para este enlace es colocar la antena del GAD Municipal que apunta a la dependencia externa CDH a 15 m de altura sobre la terraza del edificio municipal y la antena que se encuentra en el CHD colocarla a una altura de 15 m tal como se observa en la Figura No.66 para que el despejamiento mínimo requerido sea 3.3 m entre el área de la zona de Fresnel y la posible obstrucción, la transmisión que se efectúa a esta altura para el enlace GAD-CDH con estas alturas obtiene un nivel de potencia recibida de -13.5dBm, resultando menor al enlace de la Figura No.65, este valor indica que mientras sea menor la calidad del enlace será mejor, existen mayores pérdidas si este valor es más negativo.

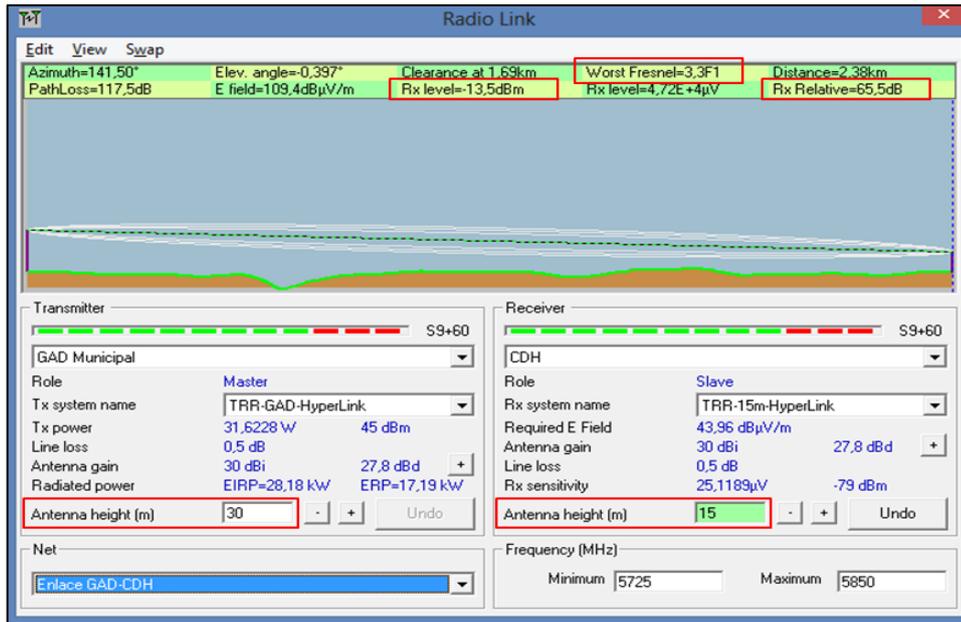


Figura 66: Simulación del Enlace GAD-CDH en Radio Mobile con torres de 15m y 15m
 Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

- **ENGOROY (Cerro de Engoroy)**

En este enlace con subir la antena en la dependencia externa tres metros más que su altura inicial se logra obtener un enlace efectivo con un nivel de potencia de recepción igual a -10.5 dBm tal como se puede observar en la siguiente Figura.

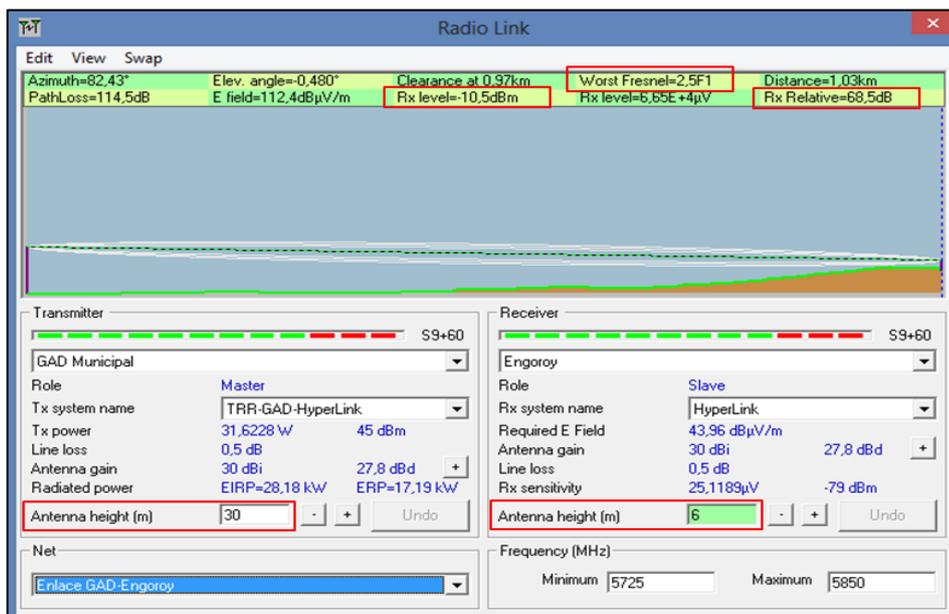


Figura 67: Simulación del Enlace GAD-ENGOROY en Radio Mobile con torres de 15m y 6m
 Fuente: Creado por Autor, referencia: Radio Mobile

Se inició el método experimental con el enlace GAD-CEPEDA en la parte de simulación para determinar las alturas en las que deben estar ubicadas las antenas y lograr enlaces efectivos con referencia al valor del despejamiento hallado con las Ecuaciones No.3 y 4, una vez determinada la altura a la que deben estar ubicadas las antenas se prosiguió con el enlace GAD-CCBM.

La altura mínima necesaria para establecer un enlace efectivo entre el GAD Municipal y la dependencia externa CCBM es colocando la antena que apunta a la unidad CCBM a 15 m de altura sobre la terraza del edificio municipal y la antena ubicada en la dependencia a 8 m.

Para que el enlace GAD-CMED sea totalmente efectivo la antena ubicada sobre el edificio municipal que apunta a la dependencia debe estar a 10 m de altura y la antena ubicada en CMED debe estar a 8 m de altura, en el enlace GAD-CDH es necesario que las dos antenas estén ubicadas a una altura de 15 m por lo tanto las torres más altas deben medir mínimo 15 m de altura para colocar las antenas, y en el enlace generado por GAD y la dependencia ENGOROY basta con colocar la antena a una altura de 6 m para conseguir el despejamiento mínimo requerido.

Al aumentar o disminuir las alturas de las antenas se puede observar que el nivel de la potencia de recepción [$-dBm$] determinado por P_{RX} o Rx Level en Radio Mobile es más negativo que el valor presentado en las Figuras No.60, 62, 64, 66 y 67, es necesario una potencia cercana a cero para que la transmisión del enlace sea ideal y más óptima.

2.4.3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Para que una propuesta tecnológica tenga éxito se debe determinar la factibilidad en forma técnica y financiera detallando la inversión total, para poder determinar si es conveniente o no la implementación de la presente propuesta tecnológica, dependiendo totalmente de la organización a quien se le plantea el rediseño de la red inalámbrica que en este caso es el municipio de La Libertad.

2.4.3.1. FACTIBILIDAD TÉCNICA

El rediseño de la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad debe asegurar que las señales transmitidas no causen problemas futuros, evitando interferencias de señales ajenas al municipio, es por ese motivo que los equipos escogidos para el planteamiento de la solución en la presente propuesta tecnológica son robustos, tecnología que cuentan con potencia de trasmisión, ganancia y sensibilidad muy elevada, ya que de estos factores depende que la señal sea poderosa y llegue sin ningún inconveniente a su destino.

- **Confiabilidad de la Red**

La confiabilidad de los enlaces es primordial para mantener a los usuarios internos y externos del Municipio de La Libertad y de las dependencias externas satisfechos con el servicio brindado. Aplicando la Norma ISO 9000 (fundamentos de gestión de la calidad) para brindar confianza, eficacia y eficiencia de los procesos, eliminar las causas y prevenir futuros problemas, enfocándonos en los clientes que integran la organización para comprender sus actuales y futuras necesidades, y con ello poder brindar un buen servicio (QoS-Sistema de Gestión de la Calidad) y de manera adecuada poder transmitir todos los datos e información requeridos por el Municipio y sus clientes.

La tecnología que usa el estándar IEEE 802.11 soporta en cualquier situación y en diferentes entornos tráfico en tiempo real, esta aplicación es una garantía para QoS. Por esta razón se realizará el cálculo de Confiabilidad en los enlaces del rediseño de la presente propuesta tecnológica para saber el porcentaje con relación al tiempo ininterrumpido de la red debido a las pérdidas en el espacio, posibles refracciones y absorciones presentadas al transmitir la señal.

$$R = \left(1 - 10^{\left(\frac{30 \log(d) + 10 \log(6ABf) - 70 - Mu}{10} \right)} \right) \times 100\%$$

Ecuación 5: para calcular el porcentaje de Confiabilidad del Enlace

Donde:

d = Distancia entre las unidades de cada enlace en Km.

f = Frecuencia utilizada para efectuar el enlace en GHz.

A = Factor de rugosidad del terreno.

= 4 si esta sobre el agua o el terreno es extremadamente liso.

= 1 si el terreno es promedio con alguna rugosidad.

= $1/4$ si el terreno es demasiado rugoso o montañoso.

B = Factor para convertir la peor probabilidad mensual en anual.

= 1 pasa la disponibilidad anual a la peor base mensual.

= $1/2$ aplicado para áreas calientes o húmedas.

= $1/4$ aplicado en áreas continentales promedio.

= $1/8$ aplicado en áreas muy secas o montañosas.

Mu = Margen Respecto al umbral en dBm.

- **Margen Respecto al umbral**

El margen total es la diferencia entre la potencia de recepción y la potencia umbral del receptor, es importante que la intensidad o potencia recibida sea mayor a la sensibilidad o umbral del equipo receptor.

$$Mu = P_{RX} - P_u$$

Ecuación 6: para calcular el Margen respecto al Umbral

Donde:

P_u = Es la Potencia Umbral del receptor en dBm.

En las especificaciones técnicas del equipo es la Sensibilidad.

P_{RX} = Es la Potencia de Recepción en dBm, para Radio Mobile es Rx Level.

- **Potencia de Recepción**

Es la potencia que ingresa al equipo inalámbrico y que se puede calcular por medio de la suma y diferencia de la potencia de transmisión, pérdidas y ganancias.

$$P_{RX} = P_{TX} - A_{g1} - A_{g2} + G_1 + G_2 - A_0 - A$$

Ecuación 7: para calcular la Potencia de Recepción

Donde:

P_{TX} = Es la Potencia de Transmisión del equipo utilizado.

A_{g1} = Atenuación provocada por el cable y el conector 1.

A_{g2} = Atenuación provocada por el cable y el conector 2.

G_1 = Ganancia de la Antena 1.

G_2 = Ganancia de la Antena 2.

A = Atenuación provocada por refracción, absorción o difracción de la señal.

A_0 = Pérdidas de propagación en el espacio libre en dB.

- **Pérdidas en el espacio libre**

Según la recomendación UIT-R P.525-2 de la asamblea de Radiocomunicaciones denominada también a la pérdida básica de transmisión en el espacio libre (A_0) como L_{bf} de manera que si se trata de enlaces punto a punto se debe utilizar la siguiente ecuación en función de la frecuencia [21]:

$$A_0 = L_{bf} = 32,4 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

Ecuación 8: para calcular las Pérdidas de Propagación

Donde:

d = Distancia entre las unidades de cada enlace en Km.

f = Frecuencia utilizada para efectuar el enlace en MHz.

Estas pérdidas (A_0) provocadas por la propagación de sus ondas electromagnéticas en el espacio libre están determinadas por la frecuencia que se utiliza para efectuar el enlace y por la distancia de separación que existe entre las dos unidades que conforman el enlace PtP (Punto a Punto), tal como se puede observar en la Ecuación No.8, en la presente propuesta tecnológica se plantea el uso de la normativa 802.11n quien trabaja en la banda de los 5 GHz de frecuencia cuyo rango de banda no licenciada es de 5725 MHz a 5850 MHz, en la cual se usa la frecuencia de 5800MHz..

Para realizar el presupuesto técnico de la potencia recibida en cada enlace, se debe calcular primero las perdidas existentes en el trayecto por el espacio libre, este valor es expresado en dB y no debe ser tan elevado puesto que al formar parte de la Ecuación No.7 (Ecuación para calcular la potencia de recepción) este valor se convierte en negativo, bajando significativamente la potencia recibida en el receptor del enlace, esto sucede ya que las pérdidas provocadas por el espacio libre son directamente proporcional a la potencia del receptor.

A continuación se presenta la Tabla No.18 con el cálculo de las pérdidas que existe en cada enlace al transmitir sus ondas electromagnéticas por el espacio libre.

Pérdidas existentes en los enlaces de la Red $A_0 = 32,4 + 20\log(f) + 20\log(d)$		
Enlace GAD-CCBM		
$A_0 = 32,4 + 20\log(5800) + 20\log(1,23)$	$A_0 = 32,4 + 72,268 + 1,80$	$A_0 = 109,47 [dB]$
Enlace GAD-CEPEDA		
$A_0 = 32,4 + 20\log(5800) + 20\log(1,51)$	$A_0 = 32,4 + 72,268 + 3,58$	$A_0 = 108,25 [dB]$
Enlace GAD-CMED		
$A_0 = 32,4 + 20\log(5800) + 20\log(1,54)$	$A_0 = 32,4 + 72,268 + 3,75$	$A_0 = 108,42 [dB]$
Enlace GAD-CDH		
$A_0 = 32,4 + 20\log(5800) + 20\log(2,38)$	$A_0 = 32,4 + 72,268 + 7,53$	$A_0 = 112,2 [dB]$
Enlace GAD-ENGOROY		
$A_0 = 32,4 + 20\log(5800) + 20\log(1,03)$	$A_0 = 32,4 + 72,268 + 0,26$	$A_0 = 104,93 [dB]$

Tabla 18: Valores de Pérdidas en los enlaces
Fuente: Creado por Autor referencia: Ecuación No.8

El siguiente paso es tomar este valor e incorporar lo en la Ecuación No.7, como la potencia de transmisión de la antena inalámbrica Hyperlink es de <50 dBm , valor que al igual a su ganancia son de mayor potencia que otras antenas, y al realizar la sumatoria de todas sus ganancias junto a la potencia de transmisión del enlace y restar todas sus pérdidas el indicador de fuerzas de la señal recibida mostrará un valor ideal para proporcionar una señal intensa al transmitir información.

- **Presupuesto técnico de la Potencia Recibida**

Con los valores de pérdidas obtenidos en la tabla anterior se puede calcular la potencia de recepción determinada como Rx Level [$-dBm$] en Radio Mobile, este valor para tener un enlace optimo y efectivo debe acercarse a cero, mientras este valor sea mayor a la sensibilidad del receptor mejor será la señal recibida, la potencia recibida (RSSI) nos indica la fuerza de la señal recibida, en la Tabla No.19 se puede apreciar que cuanto menor sea el valor obtenido en la Potencia Recibida (Rx Level en Radio Mobile) mejor calidad tendrán los enlaces que conforman la red.

Indicador de Fuerza de la Señal Recibida (RSSI)		
0	Es un valor ideal	Se obtiene una señal idónea pero muy pocas veces se logra en la práctica.
-20 a -60	Enlace bueno	Es idónea para tasas de transferencias altas y estables
-60 a -70	Enlace regular	La conexión puede ser estable pero la tasa de transferencia es baja, con conexión estable al 80%.
-70 a -80	Enlace regular-bajo	Presenta irregularidades con lluvia o viento y la tasa de transferencia muy baja.
-80 a -100	Enlace malo	Existen desconexiones (caídas de la red Wi-Fi) y debido a las retransmisiones la tasa de transferencia es muy baja.

Tabla 19: Indicador de Fuerzas de la Señal Recibida

Fuente: <http://www.testdevelocidad.es/test-de-calidad-y-velocidad-en-tu-red-inalambrica-con-acrylic-wi-fi/>

En esta parte se plantearon dos presupuestos, debido al caso de la implementación de materiales para la conexión de los equipos inalámbricos en las torres, se realizará el presupuesto aplicando la utilización del cable coaxial para la opción 1 y con cable Ethernet para la opción 2, véase Tabla No.20.

Para la opción 1 los valores de Atenuación (A_g) de cable y conectores serán seleccionados de las especificaciones técnicas dadas en la Tabla No.7 cuya atenuación será de 0.187dB/m, dependiendo de la altura en que se encuentre la antena en cada dependencia, más la pérdida provocada por los conectores se considerara 0.25dB considerando que el conector esté bien fabricado, de lo contrario pueden provocar pérdidas mayores para la atenuación en cada conector del cableado. Para la opción 2 como la pérdida es mínima por utilizar un Pigtail pequeño se asume en el peor de los casos una atenuación de 2dB para A_g y para las atenuaciones provocadas por difracciones (A) el peor de los casos es 4dB.

Potencia de Recepción para cada enlace de la Red Inalámbrica		
$P_{RX} = P_{TX} - A_{g1} - A_{g2} + G_1 + G_2 - A_0 - A$		
Enlace GAD-CCBM		
$A_{g1} = (0,187 \times 15) + (0,25 \times 4)$ $A_{g2} = (0,187 \times 8) + (0,25 \times 4)$	$P_{RX} = 45 - 3,805 - 2,496 + 30 + 30 - 109,47 - 4$ $P_{RX} = -14,771 [dBm]$	P_{RX} en opción 1
$A_{g1} = A_{g2} = 2$	$P_{RX} = 45 - 2 - 2 + 30 + 30 - 109,47 - 4$ $P_{RX} = -12,47 [dBm]$	P_{RX} en opción 2
Enlace GAD-CEPEDA		
$A_{g1} = (0,187 \times 15) + (0,25 \times 4)$ $A_{g2} = (0,187 \times 24) + (0,25 \times 4)$	$P_{RX} = 45 - 3,805 - 5,488 + 30 + 30 - 108,25 - 4$ $P_{RX} = -16,543 [dBm]$	P_{RX} en opción 1
$A_{g1} = A_{g2} = 2$	$P_{RX} = 45 - 2 - 2 + 30 + 30 - 108,25 - 4$ $P_{RX} = -11,25 [dBm]$	P_{RX} en opción 2
Enlace GAD-CMED		
$A_{g1} = (0,187 \times 10) + (0,25 \times 4)$ $A_{g2} = (0,187 \times 8) + (0,25 \times 4)$	$P_{RX} = 45 - 2,87 - 2,496 + 30 + 30 - 108,42 - 4$ $P_{RX} = -12,786 [dBm]$	P_{RX} en opción 1
$A_{g1} = A_{g2} = 2$	$P_{RX} = 45 - 2 - 2 + 30 + 30 - 108,42 - 4$ $P_{RX} = -11,42 [dBm]$	P_{RX} en opción 2
Enlace GAD-CDH		
$A_{g1} = (0,187 \times 15) + (0,25 \times 4)$ $A_{g2} = (0,187 \times 15) + (0,25 \times 4)$	$P_{RX} = 45 - 3,805 - 3,805 + 30 + 30 - 112,2 - 4$ $P_{RX} = -18,81 [dBm]$	P_{RX} en opción 1
$A_{g1} = A_{g2} = 2$	$P_{RX} = 45 - 2 - 2 + 30 + 30 - 112,2 - 4$ $P_{RX} = -15,2 [dBm]$	P_{RX} en opción 2
Enlace GAD-ENGOROY		
$A_{g1} = (0,187 \times 15) + (0,25 \times 4)$ $A_{g2} = (0,187 \times 6) + (0,25 \times 4)$	$P_{RX} = 45 - 3,805 - 2,122 + 30 + 30 - 104,93 - 4$ $P_{RX} = -9,857 [dBm]$	P_{RX} en opción 1
$A_{g1} = A_{g2} = 2$	$P_{RX} = 45 - 2 - 2 + 30 + 30 - 104,93 - 4$ $P_{RX} = -7,93 [dBm]$	P_{RX} en opción 2

Tabla 20: Valores de la Potencia de Recepción para cada Enlace
Fuente: Creado por Autor referencia: Ecuación No.7

Cabe recalcar que en la presente propuesta tecnológica se plantea el uso del mismo sistema (equipo escogido) para todas las unidades que conforman la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad, por este motivo solo se realizará el presupuesto en un solo sentido (emisor-receptor), será igual en ambos sentidos.

Al obtener los valores de Potencia de Recepción (Rx Level en Radio Mobile) utilizando los valores de pérdidas en el espacio libre, en el cable y en los conectores para las dos opciones que se detallan en capítulo 2.4.1.1.COMONENTES FÍSICOS se puede apreciar la mejor opción para una futura implementación de la propuesta tecnológica presentada, siendo mejor opción utilizar un Pigtail pequeño e instalar los equipos inalámbricos cerca de la antena (Opción 2, sobre la torre) para evitar mayores pérdidas que atenúen la señal y obtener mayor potencia de recepción en cada enlace.

- **Cálculo del Margen respecto al Umbral**

Para calcular los valores del Margen del umbral se utilizará la opción 2 de cada enlace de la Tabla No.20 y la Potencia Umbral del receptor en dBm, este valor es la Sensibilidad del equipo seleccionado para implementar la presente propuesta tecnológica como se observa en las especificaciones técnicas de la Antena Hyperlink (ver Tabla No.1).

Margen respecto al Umbral de cada enlace		
$Mu = P_{RX} - P_u$		
Enlace GAD-CCBM		
$Mu = (-12,47) - (-79)$	$Mu = 79 - 12,47$	$M_u = 66,53 [dBm]$
Enlace GAD-CEPEDA		
$Mu = (-11,25) - (-79)$	$Mu = 79 - 11,25$	$M_u = 67,75 [dBm]$
Enlace GAD-CMED		
$Mu = (-11,42) - (-79)$	$Mu = 79 - 11,42$	$M_u = 67,58 [dBm]$
Enlace GAD-CDH		
$Mu = (-15,2) - (-79)$	$Mu = 79 - 15,2$	$M_u = 63,8 [dBm]$
Enlace GAD-ENGOROY		
$Mu = (-7,93) - (-79)$	$Mu = 79 - 7,93$	$M_u = 71,07 [dBm]$

Tabla 21: Valores del Margen respecto al Umbral en los enlaces
Fuente: Creado por Autor referencia: Ecuación No.6

- **Presupuesto técnico para Cálculo de Confiabilidad de la Red**

Se debe hacer el presupuesto técnico de la red completa, por lo tanto se realizará el cálculo de confiabilidad en cada enlace de la red inalámbrica de la presente propuesta tecnológica, en la siguiente Tabla No.22 se puede interpretar el porcentaje de confiabilidad de una manera más sencilla y puedan ser comparadas con experiencias en la disponibilidad de la red actual.

Confiabilidad (%)	Tiempo de Interrupción (%)	Año (Horas)	Tiempo de Interrupción por mes (Horas)	Día (Horas)
0	100	8760	720	24
50	50	4380	360	12
80	20	1752	144	4.8
90	10	876	72	2.4
95	5	438	36	1.2
98	2	175	14	29 minutos
99	1	88	7	14.4 minutos
99.9	0.1	8.8	43 minutos	1.44 minutos
99.99	0.01	53 minutos	4.3 minutos	8.6 segundos
99.999	0.001	5.3 minutos	26 segundos	0.86 segundos
99.9999	0.0001	32 segundos	2.6 segundos	0.086 segundos

Tabla 22: Confiabilidad y Tiempo de Interrupción

Fuente: <https://hellsingge.files.wordpress.com/2014/08/sistemas-de-comunicaciones-electronicas-tomasi-4ta-edicion3b3n.pdf> , Referencia: Pag768

Según la Tabla No.22 mientras el porcentaje de confiabilidad sea más cercano a 100% menor es el tiempo de interrupción que existe en un enlace por día.

Una vez calculados todos los valores para el presupuesto técnico de los enlaces se puede calcular la confiabilidad de la red inalámbrica planteada, para determinar por medio de la Ecuación No.5 si los enlaces son confiables o no para los usuarios internos y externos del Municipio de La Libertad, para el Factor de Rugosidad del terreno en esta ecuación se aplicará $A = 1$ ya que el terreno donde se implementará esta red inalámbrica si tiene rugosidades pero no tan severas ni en abundancia y para el Factor de peor probabilidad mensual se aplicará $B = \frac{1}{2}$.

Confiabilidad de los enlaces de la Red		
$R = \left(1 - 10^{\left(\frac{30 \log(d) + 10 \log(6ABf) - 70 - Mu}{10} \right)} \right) \times 100\%$		
Enlace GAD-CCBM		
$R = \left(1 - 10^{\left(\frac{30 \log(1,23) + 10 \log(6 \times 1 \times \frac{1}{2} \times 5,8) - 70 - 66,53}{10} \right)} \right) \times 100\%$		
$R = \left(1 - 10^{\left(\frac{-123,23}{10} \right)} \right) 100\%$	$R = (1 - (4,75335230E - 13)) \times 100\%$	R = 100%
Enlace GAD-CEPEDA		
$R = \left(1 - 10^{\left(\frac{30 \log(1,51) + 10 \log(6 \times 1 \times \frac{1}{2} \times 5,8) - 70 - 67,75}{10} \right)} \right) \times 100\%$		
$R = \left(1 - 10^{\left(\frac{-119,98}{10} \right)} \right) \times 100\%$	$R = (1 - (1,00461579E - 12)) \times 100\%$	R = 100%
Enlace GAD-CMED		
$R = \left(1 - 10^{\left(\frac{30 \log(1,54) + 10 \log(6 \times 1 \times \frac{1}{2} \times 5,8) - 70 - 67,58}{10} \right)} \right) \times 100\%$		
$R = \left(1 - 10^{\left(\frac{-119,55}{10} \right)} \right) \times 100\%$	$R = (1 - (1,10917482E - 12)) \times 100\%$	R = 100%
Enlace GAD-CDH		
$R = \left(1 - 10^{\left(\frac{30 \log(2,38) + 10 \log(6 \times 1 \times \frac{1}{2} \times 5,8) - 70 - 63,8}{10} \right)} \right) \times 100\%$		
$R = \left(1 - 10^{\left(\frac{-110,10}{10} \right)} \right) \times 100\%$	$R = (1 - (9,77237221E - 12)) \times 100\%$	R = 100%
Enlace GAD-ENGOROY		
$R = \left(1 - 10^{\left(\frac{30 \log(1,03) + 10 \log(6 \times 1 \times \frac{1}{2} \times 5,8) - 70 - 71,07}{10} \right)} \right) \times 100\%$		
$R = \left(1 - 10^{\left(\frac{-128,28}{10} \right)} \right) \times 100\%$	$R = (1 - (1,48593564E - 13)) \times 100\%$	R = 100%

*Tabla 23: Confiabilidad de los enlaces de la Red
Fuente: Creado por Autor referencia: Ecuación No.5*

Con la Ecuación No.5 de confiabilidad en la Tabla No.23, se pudo comprobar que los enlaces planteados en la presente propuesta tecnológica con los equipos inalámbricos seleccionados proporcionan una confiabilidad del 100% para brindar un buen servicio con el menor tiempo de interrupciones posibles y proveer satisfacción a los usuarios internos y externos del GAD Municipal de La Libertad.

- **Resumen de características técnicas de la red**

Con los siguientes datos obtenidos de Ecuaciones No.3, 4, 5, 6, 7 y 8 se obtiene la Tabla No.24 donde se puede observar todas las características técnicas de la Red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad.

Presupuesto Completo Técnico de la Nueva Red Inalámbrica del Municipio de La Libertad					
Enlaces GAD-	CCBM	CEPEDA	CMED	CDH	ENGOROY
Frecuencia f [GHz]	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Distancia d [Km]	1,23	1,51	1,54	2,38	1,03
Sensibilidad P_u [dBm]	-79	-79	-79	-79	-79
Potencia de Transmisión $P_{TX} < 50$ [dBm]	45	45	45	45	45
Altura de torres [m]	15-8	15-24	10-8	15-15	15-6
Despejamiento Mínimo [m]	2,41	2,67	2,94	3,35	2,21
Pérdidas $Loss$ [dB]	109,47	108,25	108,42	112,2	104,93
Potencia de Recepción P_{RX} [dBm]	-12,47	-11,25	-11,42	-15,2	-7,93
Margen del Umbral M_u [dBm]	66,53	67,75	67,58	63,8	71,07
Confiabilidad del Enlace > 99,9[%]	100	100	100	100	100

Tabla 24: Presupuesto Técnico Completo de la Red
Fuente: Creado por Autor referencia: Ecuaciones No.3, 4, 5, 6, 7 y 8

El cálculo de confiabilidad se realiza con la finalidad de saber si la Potencia de recepción es mayor a la sensibilidad (Potencia Umbral) del receptor ya que depende de esto que la señal sea totalmente absorbida por el receptor.

El Margen del Umbral determina la comparación entre la sensibilidad o potencia umbral del receptor y la suma de las ganancias y pérdidas del enlace, mientras mayor sea el nivel de potencia recibida, mejor es la calidad de la transmisión realizada en el enlace, el valor del margen del umbral nunca debe ser menor que la Potencia Umbral del receptor (Sensibilidad).

Y por último un presupuesto técnico se realiza para saber si los enlaces que conforman la red inalámbrica son confiables para los usuarios ya que el tiempo mínimo esperado para que la red esté en funcionamiento es >99.9% para que los enlaces de comunicación tengan total disponibilidad. Comparando los resultados obtenidos del porcentaje de confiabilidad de la Tabla No.23 con la Tabla No.22 (Confiabilidad y Tiempo de Interrupción) se puede observar que los enlaces no sufrirán de interrupciones debido a la robustez de los equipos y al análisis técnico realizado previo a su instalación.

Con este presupuesto técnico se comprueba que el rediseño de la red inalámbrica y los equipos seleccionados en la presente propuesta tecnológica proporcionan confianza, seguridad y estabilidad de comunicación para una futura implementación.

2.4.3.2. FACTIBILIDAD FINANCIERA

Una vez establecida las características físicas y técnicas de los equipos recomendados para el rediseño de la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad en la presente propuesta tecnológica. Cabe recalcar que en la unidad del GAD Municipal solo se colocará una torre, ubicada en la terraza del edificio, debe medir 15m de altura como mínimo ya que las cuatro antenas que comunican a las dependencias de: CCBM, CEPEDA, CDH y ENGOROY deben ser ubicadas a esta altura, la antena que enlaza la dependencia externa CMED se encontrará ubicada a una altura de 10 en la torre.

En las demás unidades la torres de comunicación tendrán mínimo las siguientes medidas: 8 m para CCBM, igual que la dependencia CMED, 24 m para CEPEDA, 15 m para CDH y 6 m para el cerro ENGOROY, tal como se determinó en el análisis realizado con el Software de simulación, ver capítulo 2.4.2.DISEÑO DE LA PROPUESTA-Simulación de enlaces con Torres en Radio Mobile, a continuación se presenta la Figura No.68 en la que se detalla el cronograma de actividades para la futura instalación de la presente propuesta tecnológica.



Figura 68: Cronograma de Actividades para una Futura instalación
 Fuente: Creado por Autor

El presupuesto financiero de los equipos necesarios en la presente propuesta se detalla en la Tabla No.25, con la cantidad de cada uno de los equipos y los metros de las torres de comunicación requeridos para cada unidad, el valor de las torres depende de los metros requeridos y su costo es de \$55,00 el metro.

Presupuesto Financiero de equipos				
Lugar	Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Edificio principal del GAD Municipal	Antenna HyperLink 30dBi	5	\$ 171,55	\$ 857,75
	Pigtail	1	\$ 5,00	\$ 5,00
	MikroTik RouterBOARD RB411GL	5	\$ 72,00	\$ 360,00
	MiniPCI MikroTik R52Hn	5	\$ 49,95	\$ 249,75
	Outdoor Case para MikroTik	5	\$ 39,95	\$ 199,75
	Switch TP-Link TL-SG1048	1	\$ 327,00	\$ 327,00
	Torre	15m	\$ 55,00	\$ 825,00
Dependencia externa CCBM (Centro Comercial Buenaventura Moreno)	Antenna HyperLink 30dBi	1	\$ 72,00	\$ 72,00
	Pigtail	1	\$ 5,00	\$ 5,00
	MikroTik RouterBOARD RB411GL	1	\$ 72,00	\$ 72,00
	MiniPCI MikroTik R52Hn	1	\$ 49,95	\$ 49,95
	Outdoor Case para MikroTik	1	\$ 39,95	\$ 39,95
	Switch TP-Link TL-SG1016D	1	\$ 69,50	\$ 69,50
	Torre	8m	\$ 55,00	\$ 440,00
Dependencia externa CEPEDA (Centro Comercial Jorge Cepeda Jácome)	Antenna HyperLink 30dBi	1	\$ 72,00	\$ 72,00
	Pigtail	1	\$ 5,00	\$ 5,00
	MikroTik RouterBOARD RB411GL	1	\$ 72,00	\$ 72,00
	MiniPCI MikroTik R52Hn	1	\$ 49,95	\$ 49,95
	Outdoor Case para MikroTik	1	\$ 39,95	\$ 39,95
	Switch TP-Link TL-SG1016D	1	\$ 69,50	\$ 69,50
	Torre	24m	\$ 55,00	\$ 1.320,00
Dependencia externa CMED (Centro Medico Municipal)	Antenna HyperLink 30dBi	1	\$ 72,00	\$ 72,00
	Pigtail	1	\$ 5,00	\$ 5,00
	MikroTik RouterBOARD RB411GL	1	\$ 72,00	\$ 72,00
	MiniPCI MikroTik R52Hn	1	\$ 49,95	\$ 49,95
	Outdoor Case para MikroTik	1	\$ 39,95	\$ 39,95
	Switch TP-Link TL-SG1016D	1	\$ 69,50	\$ 69,50
	Torre	8m	\$ 55,00	\$ 440,00
Dependencia externa CDH (Centro de Desarrollo Humano)	Antenna HyperLink 30dBi	1	\$ 72,00	\$ 72,00
	Pigtail	1	\$ 5,00	\$ 5,00
	MikroTik RouterBOARD RB411GL	1	\$ 72,00	\$ 72,00
	MiniPCI MikroTik R52Hn	1	\$ 49,95	\$ 49,95
	Outdoor Case para MikroTik	1	\$ 39,95	\$ 39,95
	Switch TP-Link TL-SG1016D	1	\$ 69,50	\$ 69,50
	Torre	15m	\$ 55,00	\$ 825,00
Engoroy	Antenna HyperLink 30dBi	1	\$ 72,00	\$ 72,00
	Pigtail	1	\$ 5,00	\$ 5,00
	MikroTik RouterBOARD RB411GL	1	\$ 72,00	\$ 72,00
	MiniPCI MikroTik R52Hn	1	\$ 49,95	\$ 49,95
	Outdoor Case para MikroTik	1	\$ 39,95	\$ 39,95
	Switch TP-Link TL-SG1016D	1	\$ 69,50	\$ 69,50
	Torre	6m	\$ 55,00	\$ 330,00
	Rollo de 305 mts Cable F/UTP Categoría 6. Apantallado	1	\$ 299,99	\$ 299,99
	Funda de 10 Conectores RJ45 Blindados Categoría 6	2	\$ 10,99	\$ 21,98
Presupuesto Financiero Total de las unidades que conforman la red:			\$ 8.365,19	

Tabla 25: Presupuesto Financiero de los equipos tecnológicos
Fuente: Creado por Autor

A continuación se detalla el presupuesto financiero de la dirección técnica que se necesita para la instalación de la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad, el tiempo estimado para la total implementación es de 45 días laborables como máximo estimado en el peor de los casos, 3 meses.

Presupuesto Financiero de Dirección Técnica			
Personal requerido	Meses	Valor Unitario	Valor total
Director de obra	3	\$ 2500,00	\$ 7500,00
Supervisor de obras	3	\$ 1500,00	\$ 4500,00
Cuadrilla (6 obreros máximo)	3	\$ 600,00	\$ 1800,00
Rubro de varios (Lunch, movilización, sobre tiempos, etc.)	3	\$ 3000,00	\$ 9000,00
Presupuesto Financiero Total de dirección técnica:		\$ 22.800,00	

*Tabla 26: Presupuesto Financiero de dirección técnica
Fuente: Creado por Autor*

Los valores presentados en la Tabla No.26 son estimados del promedio máximo que un ingeniero en Telecomunicaciones con más de 10 años de experiencia recibe de ingreso mensual, este presupuesto es opcional dependiendo del contratista al que se le encargue la obra.

El presupuesto financiero total será la suma de los dos presupuestos mostrados en las Tablas No.25 y 26, si el Municipio de la Libertad decide realizar la implementación de la presente propuesta tecnológica deberá invertir el valor presentado en la Tabla No.27.

Presupuesto Financiero Total	
Presupuesto Financiero Total de las unidades que conforman la red:	\$ 8.365,19
Presupuesto Financiero Total de dirección técnica:	\$ 22.800,00
Presupuesto total de la implementación:	\$ 31.165,19

*Tabla 27: Presupuesto Financiero Total para una futura implementación
Fuente: Creado por Autor*

RESULTADOS

- **Pruebas Realizadas**

Aparte de las pruebas de las simulaciones mostradas en el capítulo 2.4.2. DISEÑO DE LA PROPUESTA se realizaron otras pruebas de propagación, reusando los equipos inalámbricos actuales de la red en el rediseño planteado por la presente propuesta tecnológica para ver el presupuesto y valores emitidos por Radio Mobile, se puede observar en la Figura No.69 que cuatro enlaces de la red no presentan óptimas condiciones para un buen funcionamiento, se puede observar claramente que la línea de transmisión en el software de simulación Radio Mobile se pintan de amarillo, característica no favorable.

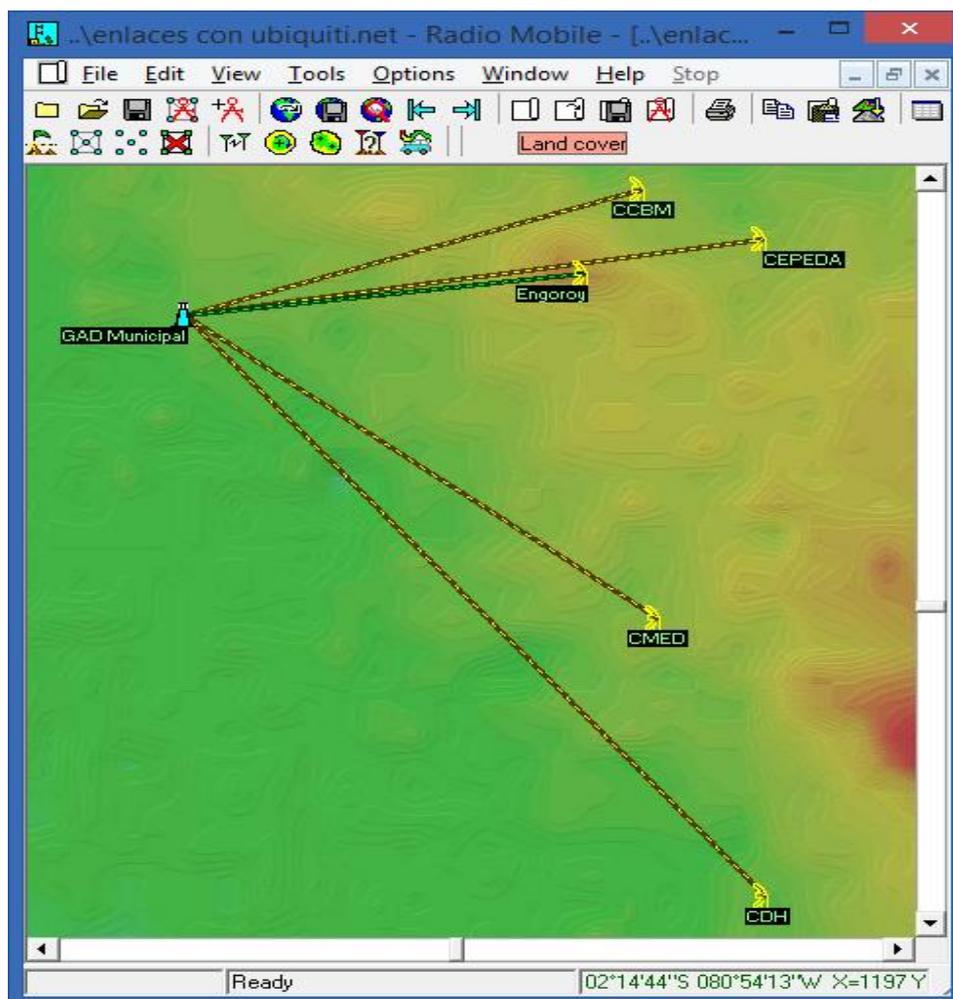


Figura 69: Simulación de la Red inalámbrica con equipos Reutilizados en Radio Mobile con torres
Fuente: Creado por Autor, referencia d Radio Mobile

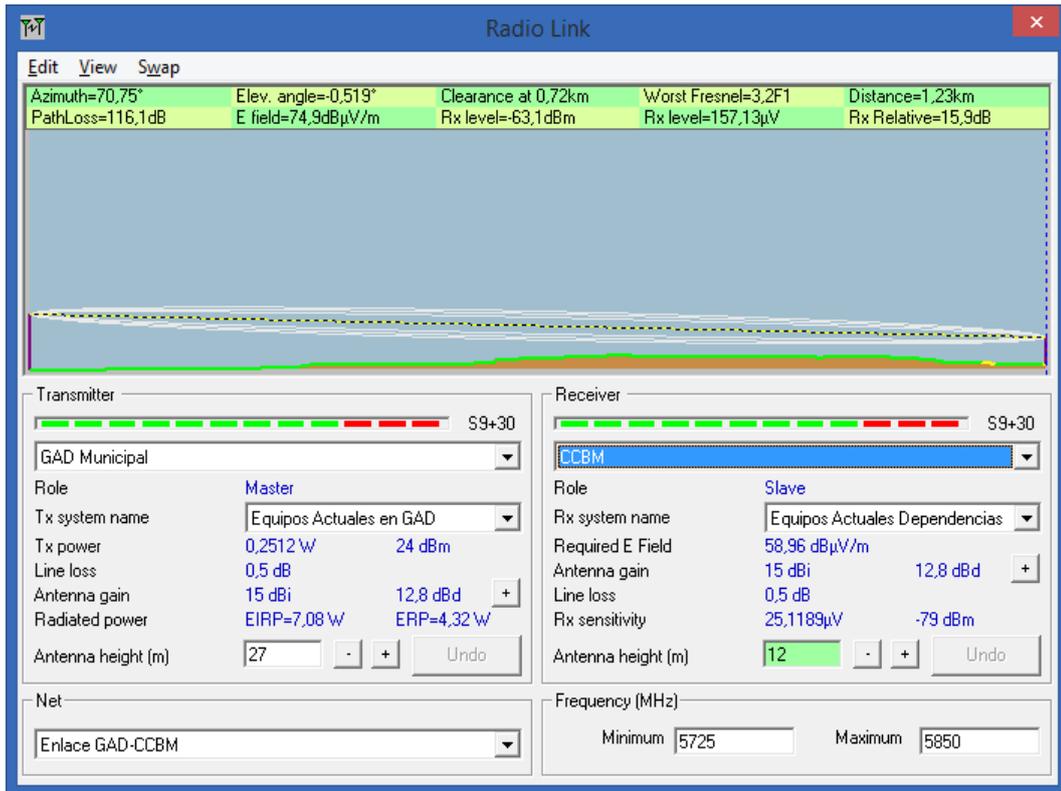


Figura 70: Simulación del Enlace GAD-CCBM con equipos Reutilizados en Radio Mobile
Fuente: Creado por Autor, referencia d Radio Mobile

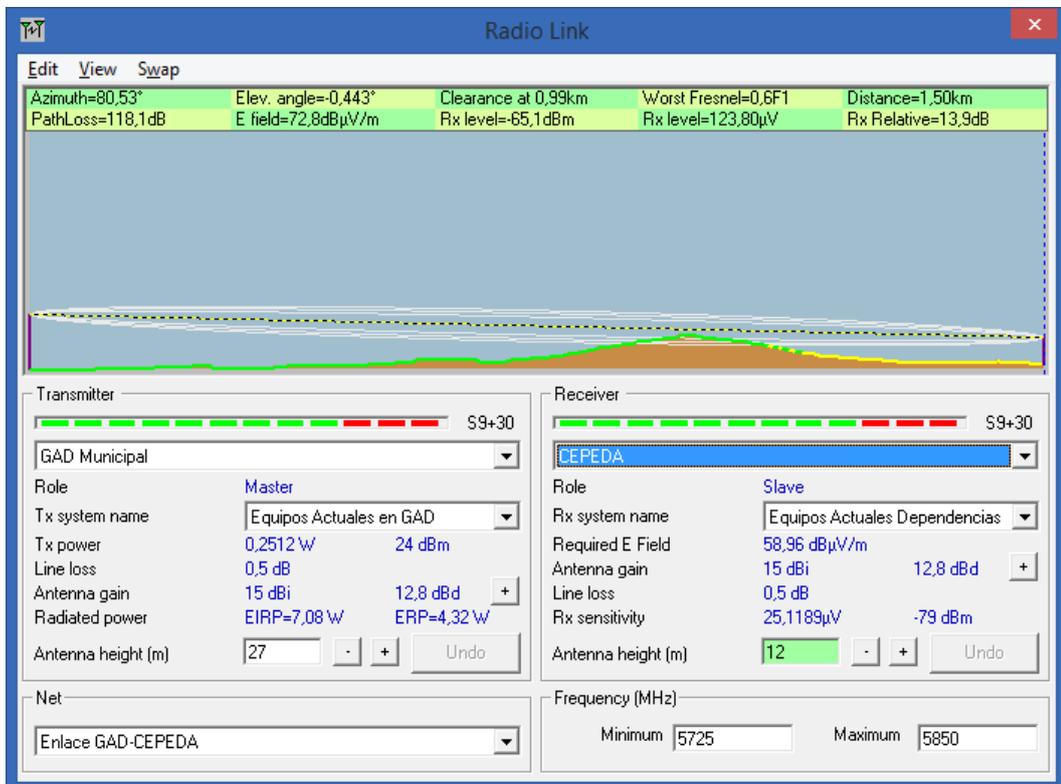


Figura 71: Simulación del Enlace GAD-CEPEDA con equipos Reutilizados en Radio Mobile
Fuente: Creado por Autor, referencia d Radio Mobile

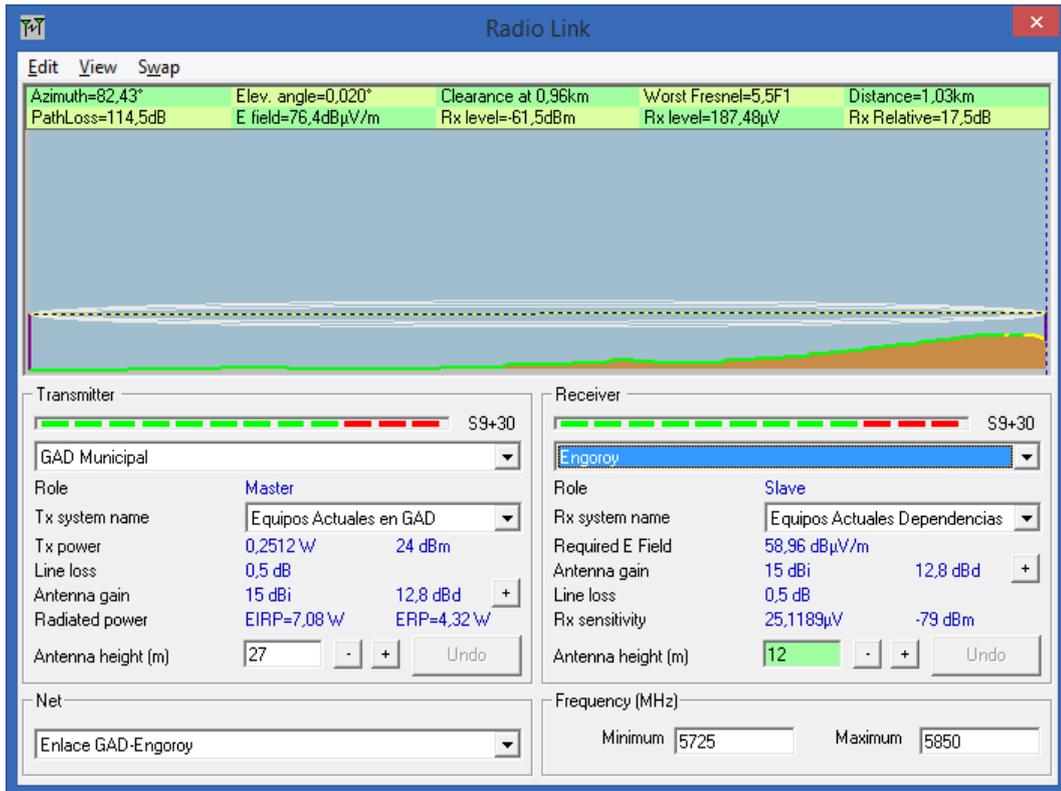


Figura 72: Simulación del Enlace GAD-ENGORROY con equipos Reutilizados en Radio Mobile
 Fuente: Creado por Autor, referencia d Radio Mobile

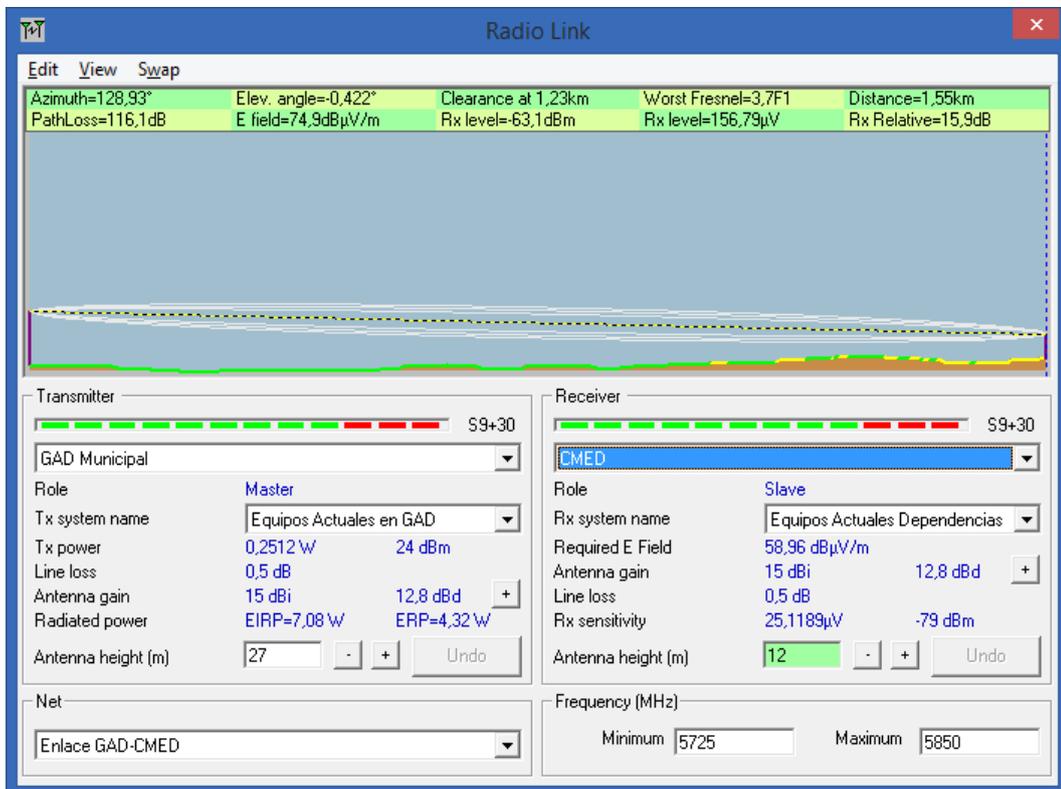


Figura 73: Simulación del Enlace GAD-CMED con equipos Reutilizados en Radio Mobile
 Fuente: Creado por Autor, referencia d Radio Mobile

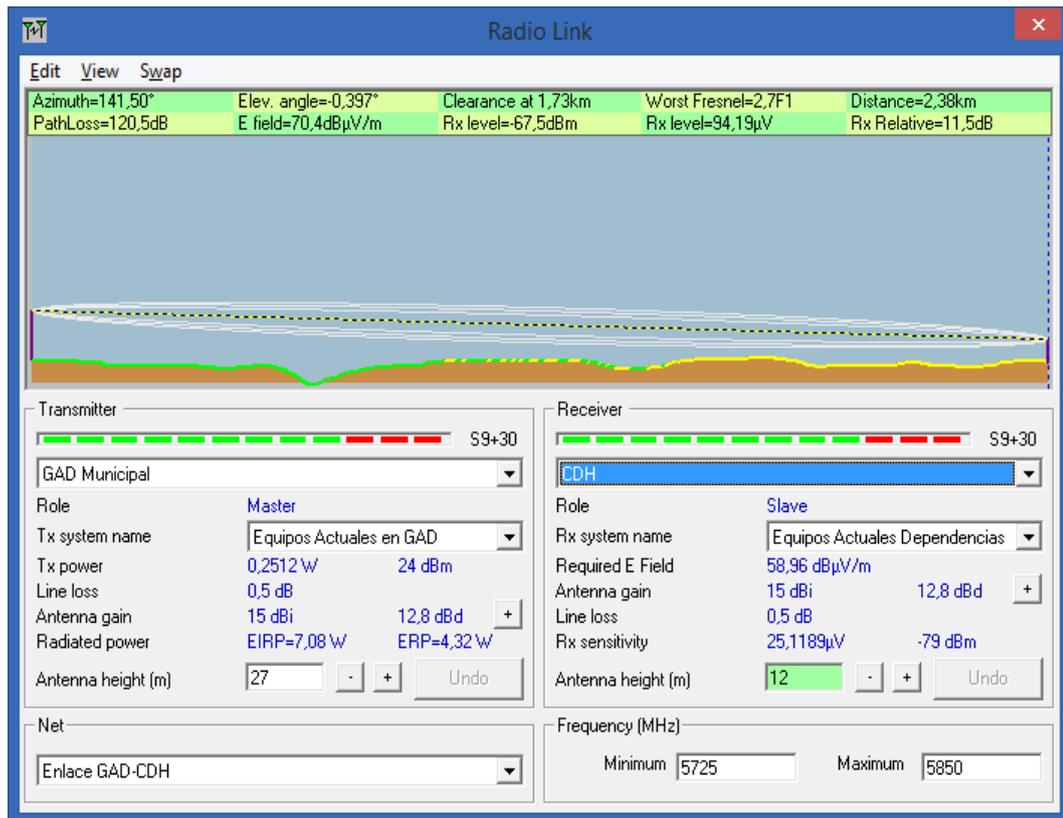


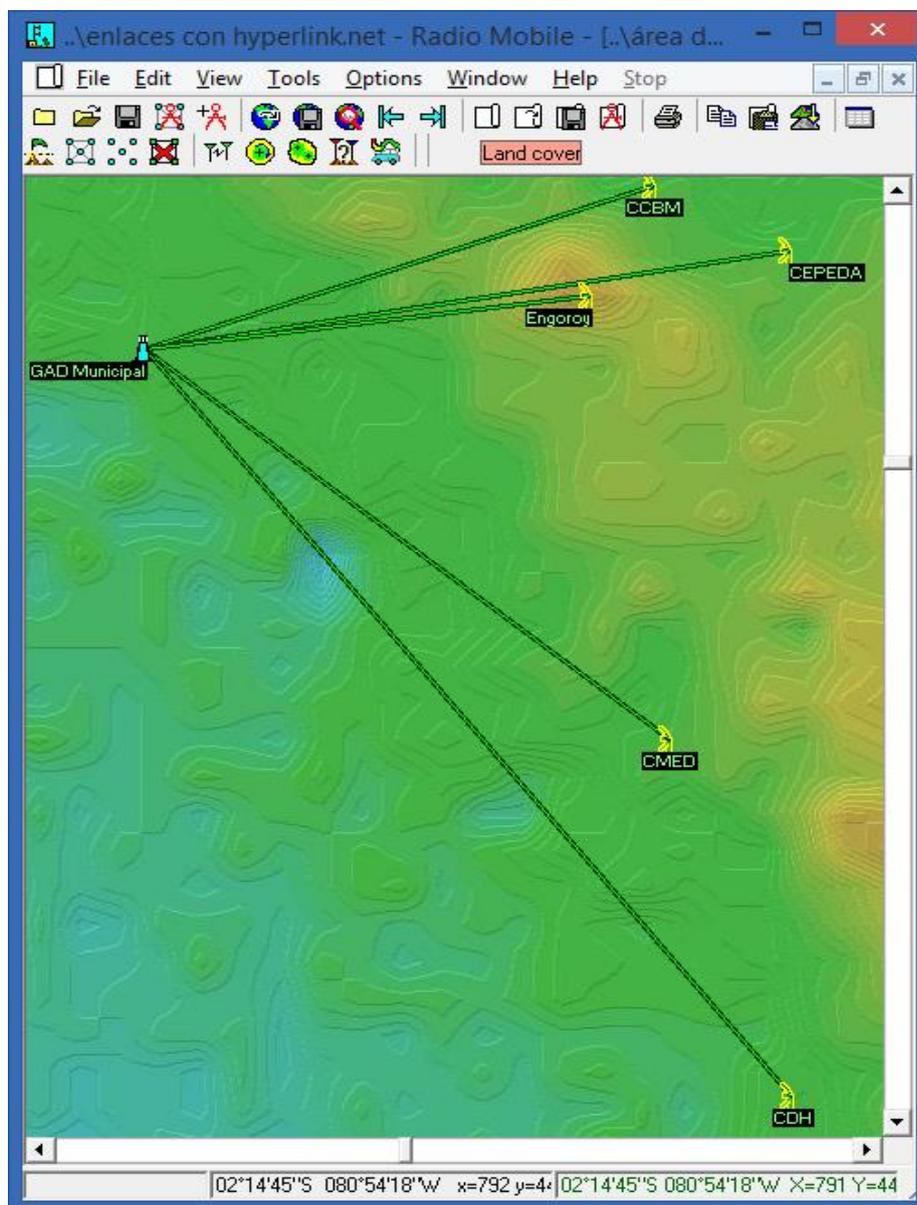
Figura 74: Simulación del Enlace GAD-CDH con equipos Reutilizados en Radio Mobile
Fuente: Creado por Autor, referencia d Radio Mobile

Al reutilizar los equipos inalámbricos actuales en los nuevos enlaces con una altura de antena de 12 m cada (Torres actualmente adquiridas por el Municipio de La Libertad) se puede apreciar claramente en la Figuras No. 70, 71, 72, 73 y 74 **que no son óptimos para un funcionamiento de transmisión de datos efectivo ya que se obtienen niveles muy bajos de recepción (Rx Level) y un despejamiento inadecuado para el enlace GAD-CEPEDA (ver Figura No.71).**

Se concluye que al reutilizar los equipos actuales en el rediseño de la red inalámbrica sin previo estudio de factibilidad técnica claramente se puede apreciar en las simulaciones que los dispositivos no cuentan con características técnicas necesarias para satisfacer las necesidades y requerimientos de los usuarios, la ganancia de las antenas es muy baja para el nuevo alcance que tienen las señales desde el edificio principal del municipio hasta las dependencias, ya que al ser eliminado el centro de distribución Engoroy la distancia entre las unidades que conforman los enlaces de la red inalámbrica aumentaron.

- **Resultados Finales**

Por el motivo mencionado en el párrafo anterior, realizar un presupuesto técnico de la red y de cada enlace que lo conforma es indispensable para seleccionar la tecnología más adecuada que satisfaga las necesidades de los usuarios internos y evitar los problemas de interrupciones al momento de administrar, recibir o enviar información del Municipio de La Libertad y de los usuarios externos al recibir una asistencia de calidad sin retardos en las peticiones de los servicios brindados.



*Figura 75: Simulación de la Red inalámbrica con Equipos Recomendados con torres
Fuente: Creado por Autor, referencia d Radio Mobile*

CONCLUSIONES

- La red actual se considera inapropiada por razones técnico-operativas por depender de un centro de repartición (Engoroy), dando como resultado una comunicación totalmente vulnerable a ser interrumpida dejando sin servicio de telecomunicaciones a las dependencias enlazadas a la red si se presentara algún fallo en este sitio.
- El enlace que presentó mayor inconveniente al realizar el rediseño de la red es GAD-CEPEDA por tener NLoS (Línea de vista nula), pero al determinar el despejamiento cuyo valor es 2.67m y para cumplir este requerimiento las antenas deben ser colocadas a 15m sobre el edificio del GAD Municipal y a 24m en la dependencia externa CEPEDA para un enlace óptimo.
- En los demás enlaces GAD-CCBM, GAD-CMED, GAD-CDH y GAD-ENGORROY el despejamiento mínimo calculado es de: 2.41m, 2.94m, 3.35m y 2.21m, dichos requerimientos se cumplen al colocar las antenas a 15m, 10m, 15m y 15m sobre el edificio del GAD Municipal de La Libertad y a 8m, 10m, 15m y 6m en las dependencias externas respectivamente.
- El uso de la banda no licenciada 5.8GHz la cual pertenece al rango de 5725 a 5850 MHz es la mejor opción para evitar interferencias provocadas por señales de la banda 2.4 GHz emitidas por otras prestaciones de servicios, debido al poco uso de esta frecuencia en el área.
- La escalabilidad que presenta el rediseño de la red es ventajosa en el sentido que se puede aumentar el número de usuarios internos en cada dependencia externa como también es posible aumentar el número de dependencias externas o movilizarlas de un lugar a otro debido a la facilidad de instalación de los equipos inalámbricos.

RECOMENDACIONES

- Al momento de hacer la adquisición de los equipos para la implementación del rediseño de la red se debe considerar que las características técnicas determinados por el fabricante cumplan con los requerimientos mínimos planteados en la presente propuesta tecnológica.
- Se recomienda implementar una bitácora del funcionamiento de la red diaria y considerando factores como el número de usuarios, servicios brindados, cantidad de datos transmitidos, etc. para tener en un futuro datos históricos de la operatividad y estabilidad de la misma.
- Si en un futuro se requiere aumentar el número de enlaces en la red inalámbrica del GAD Municipal de La Libertad se debe realizar un presupuesto teórico-técnico junto con las simulaciones de los enlaces, previo a la implementación tal como se realizó en la presente propuesta tecnológica.
- Si al implementar la presente propuesta tecnológica se escogen equipos alternos, se debe tener en consideración los más robustos que cumplan con el estándar IEEE 802.11n y que trabajen con tecnología MIMO, para reducir la tasa de error y conseguir una eficaz comunicación.
- Los enlaces implementados deben cumplir con las alturas de las antenas mínimas recomendadas para que funcione de manera óptima, las torres de comunicación pueden ser más altas, según considere el beneficiario, pero no menor a lo establecido en la presente propuesta tecnológica.
- La puesta a tierra de una torre de comunicación es muy importante ya que al poner en práctica la norma ANSI/TIA/EIA-607 (requisito importante de puesta a tierra) se evita que al ocurrir posibles descargas eléctricas los equipos instalados pierdan su funcionalidad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] G.A.D. Municipal del Cantón La Libertad, «Demografía Cantonal,» [En línea]. Available: <http://www.lalibertad.gob.ec/index.php/lalibertad/demografia>.
- [2] G.A.D. Municipal del Cantón La Libertad, «Misión, Visión Y Objetivos,» [En línea]. Available: <http://lalibertad.gob.ec/index.php/municipio/mision-y-vision>.
- [3] A. Escudero Pascual, «Unidad 02: Estándares en Tecnologías Inalámbricas,» [En línea]. Available: http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/02_es_estandares-inalambricos_guia_v02.pdf.
- [4] TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION, «Normas estructurales para torres y estructuras de acero para antenas,» Junio 1996. [En línea]. Available: <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/Norma.pdf>.
- [5] R. Iglesias Mouteira, «Instalacion e Redes Informáticas de Ordenadores,» 2006. [En línea]. Available: <https://books.google.co.uk/books?id=EF7uiU9IK60C&pg=PA253&dq=normativa+americanaTIA/EIA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj769DuwFH0AhVLWBoKHSXnB1sQ6AEIIDAA#v=onepage&q=normativa%20americanaTIA%2FEIA&f=false>.
- [6] J. L. Reyes Mena, *Rediseño de la Red de Comunicaciones Administrativa*, Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Maestría en Redes y Telecomunicaciones, 2010.
- [7] M. S. Muñoz E., *Diseño de una Red de Comunicación de Banda Ancha para el Sistema SCADA de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A*, Ambato, 2007.
- [8] R. A. Espinosa Giraldo, *Diagnóstico y rediseño de la red inalámbrica de la universidad católica de Pereira*, Pereira, 2011.
- [9] D. M. Carrera Benavides y E. G. Quel Hermosa, *Diseño de una red comunitaria inalámbrica en bandas no licenciadas para proveer servicios de telecomunicaciones a escuelas ubicadas en la Provincia de*

Santa Elena, Quito, 2010.

- [10] J. Andréu Gómez, *Redes Locales*, Editex.
- [11] S. De Luz, «MIMO: Qué es? Para qué sirve?. Todo lo que necesitas saber,» 10 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <http://www.redeszone.net/2012/09/10/mimo-que-es-para-que-sirve-todo-lo-que-necesitas-saber/#sthash.jgqOBoz7.dpuf>.
- [12] Marvento Studio, «Interferencias Wifi y No-Wifi,» 20 Abril 2014. [En línea]. Available: <http://www.maravento.com/2014/04/interferencias-wifi-y-no-wifi.html>.
- [13] E. y R. , «Antenas y Lineas de Transmisión,» 16,17,21 06 2010. [En línea]. Available: http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/03-Antenas_y_Lineas_de_Transmision-es-v3.0-notes.pdf.
- [14] A. R. Figueiras, *Una Panorámica de las Telecomunicaciones*, Madrid: Pearson Educación S.A., 2002.
- [15] R. R. Luz, *Sistemas de Radiocomunicaciones*, España: Paraninfo, 2015.
- [16] Mikrotik, «Routerboard RB411GL,» [En línea]. Available: <https://routerboard.com/RB411GL>.
- [17] Mikrotik, «MiniPCI R52Hn,» [En línea]. Available: <https://routerboard.com/R52Hn>.
- [18] H. Zuyderwijk, Interviewee, *Certificados CE, RoHS y FCC Explicados*. [Entrevista]. 22 05 2014.
- [19] . R. Coudé, «Radio Mobile Online - Online RF propagation simulation software,» 03 junio 2015. [En línea]. Available: <http://radiomobileonline.pe1mew.nl/>.
- [20] E. Duarte, «CAPACITY,» 09 Abril 2014. [En línea]. Available: <http://blog.capacityacademy.com/2014/04/09/que-es-mikrotik-routeros/>.
- [21] UIT-R, «Recomendación UIT-R P.525-2,» 1978-1982-1994. [En línea]. Available: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.525-2-199408-I!!PDF-S.pdf.

ANEXOS

ANEXO 1: Datasheet de Antena HyperLink Modelo HG4958DP-30D

www.L-com.com

HyperLink Wireless 4.9 to 5.8 GHz 30 dBi Dual Polarity & X Polarized/Dual Feed Dish Antenna - Model: HG4958DP-30D

Applications

- 5.1/5.3/5.4/5.8 GHz ISM and UNII Band Applications
- 4.9 GHz Public Safety Band
- MIMO and 802.11 n Applications
- WiMAX Applications
- Long Distance Backhaul and Point to Point Data Links

Features

- Wide Bandwidth
- Adjustable Dual and X Polarity feed horn system
- (2) N-Female connectors
- Aluminum reflector dish with UV stable light gray polymer finish
- Includes tilt and swivel mast mount kit



Description

The HyperGain model HG4958DP-30D is a high performance broadband dual polarized solid dish antenna. Because of its' superb electrical performance and mechanical stability, the parabolic dish antenna can be used in a wide variety of high performance 4.9GHz and 5GHz range (5.1/5.3/5.4/5.8GHz) wireless applications. The wide band design of this antenna eliminates the need to purchase different antennas for each frequency. This simplifies installations since the same antenna can be used for a wide array of wireless applications. This antenna features 28 - 30 dBi of gain with a 4.8° horizontal beam-width and 4.9° vertical beam-width.

Adjustable Dual Polarity Feed Horn System

The HG4958DP-30D features an adjustable dual polarity feed horn system which allows the antenna to be configured for Dual Polarization (horizontal and vertical) or for X-Polarization (+45° and -45°). It is fed via two N-Female connectors, one for each polarized signals. This feature makes it ideal for MIMO/802.11n and polarization diversity systems.



Rugged and Weatherproof

The reflector dish of the HG4958DP-30D is constructed from high quality aluminum which gives it superior strength. The dish is coated in a light gray UV-inhibited polymer for durability and aesthetics. The small diameter of the dish helps minimize wind loading.

The HG4958DP-30D is supplied with a tilt and swivel mast mount kit. This allows installation at various degrees of incline for easy alignment. It can be adjusted up or down from 0° to 30°.

Specifications

Mechanical Specifications

Connector Interface	(2) N Female
Diameter	23.6 in (600mm)
Weight	13.45 lbs (6.1kg)
Mounting Mast Size	1.6 - 3 in (40-75mm)

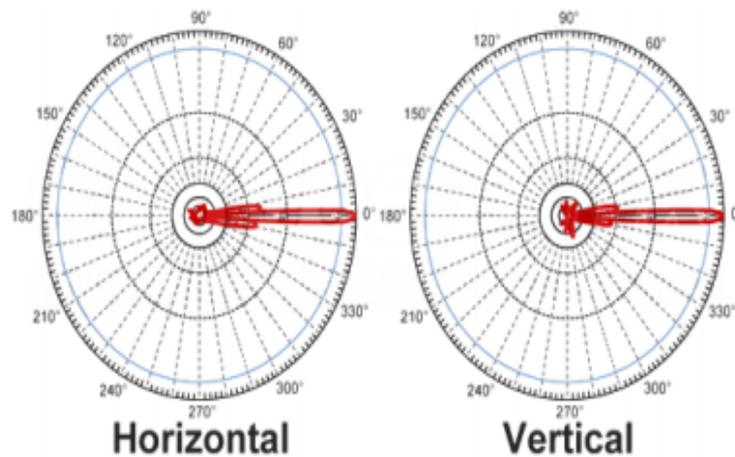
Electrical Specifications

Frequency	4750 - 5850MHz
Gain	28 dBi @ 4.9-5.3 GHz / 30dBi @ 5.4 - 5.8 GHz
Polarization	Adjustable - Dual Polarized (Vertical and Horizontal) or X-Polarized (+45° and -45°)
Horizontal /Vertical Beam-width	4.8°/ 4.9°
F/B ratio	>35dB
Cross-pol Isolation	>30dB
Max Input Power	100 watts
Impedance	50 Ohm

Wind Loading Data

Wind Speed (MPH)	Loading
100	113 lbs
125	177 lbs

RF Antenna Patterns



L-com, Inc. 50 High St., West Mill, 3rd Floor, Suite #30 North Andover, MA 01845
 www.L-com.com E-mail: sales@L-com.com Phone: 1-800-343-1455 Fax: 1-978-689-9484

ANEXO 2: Datasheet Del Router Board RB411GL



RB411GL

The RB400L is our new low cost series. The RB411GL has one miniPCI slot, one Gigabit Ethernet port and a USB port for 3G or storage.

Use this device in an outdoor case for a CPE device, or a point to point wireless link installation. The miniPCI slot allows you to choose your own preferred wireless card model. The Gigabit port allows you to fully benefit from the 802.11n MIMO wireless speed.

It's powered by an Atheros 680MHz CPU and has 32MB of RAM and a Level4 RouterOS license.

CPU	Atheros AR7161 680MHz
Memory	64MB DDR SDRAM onboard memory
Boot loader	RouterBOOT
Data storage	NAND memory chip
Ethernet	One 10/100/1000 Gigabit Mbit/s Ethernet ports with Auto-MDI/X
miniPCI	One MiniPCI Type IIIA/IIIB slots
Expansion	One USB 2.0 port with 5V power
Extras	Reset switch, beeper, voltage monitor
Serial port	-
LEDs	Power, NAND activity, 5 user LEDs
Power options	PoE: 8-28V DC on Ether1 (Non 802.3af). Jack: 8-30V DC
Dimensions	105 mm x 105 mm, Weight: 105g
Power consumption	1,4W board only, 10W available to miniPCI card
Operating System	MikroTik RouterOS, L4 license

ANEXO 3: Guía Técnica del Router Board RB411GL

RouterBOARD 411GL

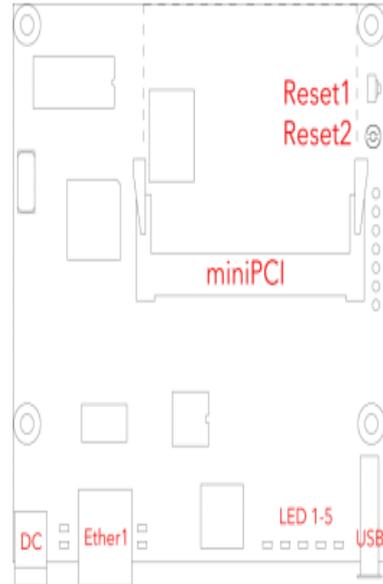
Quick Setup Guide and Warranty Information

The RB411UAHL has one miniPCI slot and one Gigabit Ethernet port. It has a Level4 RouterOS which allows it to be used as a wireless CPE or AP device.

Assembling the Hardware

First use of the board:

- Insert the miniPCI card. There is one miniPCI slot available
- Connect antenna cables to the miniPCI card
- Install the board in a case
- Plug in power cable or a passive PoE powered Ethernet cable to turn on the device



Powering

The board accepts powering from Ether1 Ethernet port:

- Ether1 port accepts 8-30V DC input (at the board; higher voltage needed to compensate for power loss on long cables; at least 18V suggested) from non-standard (passive) Power over Ethernet injectors (no power over datalines). The board **does not** work with IEEE802.3af compliant 48V power injectors.
- DC power jack (5.5mm outside and 2mm inside diameter, female, pin positive plug) accepts 8-30V DC

Booting process

RouterOS is the operating system of all RouterBOARD routers. Please see detailed configuration guide here:

<http://wiki.mikrotik.com/wiki/Category:Manual#list>

This device doesn't come fitted with a Serial Port connector, so initial connection has to be done via the Ethernet cable, using the MikroTik Winbox utility. Winbox should be used to connect to the default IP address of

192.168.88.1 with the username **admin** and **no password**.

In case you wish to boot the device from network, for example to use MikroTik Netinstall, hold the RESET button of the device when starting it until the LED light turns off, and Groove will start to look for Netinstall servers.

In case you wish to boot the device from network, for example to use MikroTik Netinstall, hold the RESET button of the device when starting it until the LED light turns off, and Groove will start to look for Netinstall servers.

In case IP connection is not available, Winbox can also be used to connect to the MAC address of the device. More information here: http://wiki.mikrotik.com/wiki/First_time_startup

Extension Slots and Ports

- One Gigabit Ethernet port, supporting automatic cross/straight cable correction (Auto MDI/X), so you can use either straight or cross-over cables for connecting to other network devices. The Ethernet port accepts 8-30V DC powering from a passive PoE injector.
- One MiniPCI Type IIIA/IIIB port with 3.3V power signaling.

Operating System Support

Currently tested operating system is MikroTik RouterOS (starting from v5).

Copyright and Warranty Information

Copyright and Trademarks. Copyright MikroTiks SIA. This manual contains information protected by copyright law. No part of it may be reproduced or transmitted in any form without prior written permission from the copyright holder. RouterBOARD, RouterOS, RouterBOOT and MikroTik are trademarks of MikroTiks SIA. All trademarks and registered trademarks appearing in this manual are the property of their respective holders.

Hardware. MikroTiks SIA warrants all RouterBOARD series equipment for the term of fifteen (15) months from the shipping date to be free of defects in materials and workmanship under normal use and service, except in case of damage caused by mechanical, electrical or other accidental or intended damages caused by improper use or due to wind, rain, fire or other acts of nature.

If you have purchased your product from a MikroTik Reseller, please contact the Reseller company regarding all warranty and repair issues, the following instructions apply **ONLY** if you purchased your equipment directly from MikroTik Latvia

To return failed unit or units to MikroTiks you must perform the following RMA (Return Material Authorization) procedure. Follow the instructions below to save time, efforts, avoid costs, and improve the speed of the RMA process. Take into account that all goods have one year warranty.

Instructions are located on our webpage here: <http://rma.mikrotik.com>

Manual. This manual is provided "as is" without a warranty of any kind, expressed or implied, including, but not limited to, the implied warranty of merchantability and fitness for a particular purpose. The manufacturer has made every effort to ensure the accuracy of the contents of this manual, however, it is possible that it may contain technical inaccuracies, typographical or other errors. No liability is assumed for any inaccuracy found in this publication, nor for direct or indirect, incidental, consequential or other damages that may result from such an inaccuracy, including, but not limited to, loss of data or profits. Please report any inaccuracies found to support@mikrotik.com

ANEXO 4: Datasheet de la Tarjeta Inalámbrica MiniPCI R52Hn

RouterBOARD R52Hn



802.11a/b/g/n dual band miniPCI card

- Dual band IEEE 802.11a/b/g/n standard
- Output Power of up to 25dBm @ a/g/n Band
- Support for up to 2x2 MIMO with spatial multiplexing
- Four times the throughput of 802.11a/g
- Atheros AR9220, chipset
- High Performance (up to 300Mbps physical data rates and 200Mbps of actual user throughput) with Low Power Consumption
- 2 X MMCX Antenna Connector
- Modulations:
OFDM: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64QAM
DSSS: DBPSK, DQPSK, CCK
- Operating temperatures: -40°C to +70°C
- Idle power consumption 0.4W
- Max power consumption 7W
- MiniPCI IIIA+ design (3mm longer than MiniPCI IIIA)
- 1.5mm heatsink, 3mm RF shield thickness

RouterBOARD R52Hn miniPCI network adapter provides leading 802.11a/b/g/n performance in both 2GHz and 5GHz bands, supporting up to 300Mbps physical data rates and up to 200Mbps of actual user throughput on both the uplink and downlink. 802.11n in your Wireless device provides higher efficiency for everyday activities such as local network file transfers, Internet browsing, and media streaming. R52Hn has a high power transmitter, bringing you even more range.

802.11b	RX Sensitivity	TX Power
1Mbit	-93	24
11Mbit	-93	24
802.11g		
6Mbit	-94	25
54Mbit	-81	22
802.11n 2.4GHz		
MCS0 20MHz	-94	25
MCS0 40MHz	-92	24
MCS7 20MHz	-78	21
MCS7 40MHz	-75	20

802.11a	RX Sensitivity	TX Power
6Mbit	-97	25
54Mbit	-80	21
802.11n 5GHz		
MCS0 20MHz	-97	24
MCS0 40MHz	-92	22
MCS7 20MHz	-77	18
MCS7 40MHz	-74	17

Data Rates

802.11b	
	11Mbps; 5.5Mbps; 2Mbps; 1Mbps
802.11a/g	
	54Mbps; 48Mbps; 36Mbps; 24Mbps; 18Mbps; 12Mbps; 9Mbps; 6Mbps
802.11n	
20MHz	1Nss: 65Mbps @ 800GI, 72.2Mbps @ 400GI (Max.) 2Nss: 130Mbps @ 800GI, 144.4Mbps @ 400GI (Max.)
40MHz	1Nss: 135Mbps @ 800GI, 150Mbps @ 400GI (Max.) 2Nss: 270Mbps @ 800GI, 300Mbps @ 400GI (Max.)

ANEXO 5: Outdoor Case para MikroTik RouterBOARD RB411

	ARC Wireless ARC-Enclosure	MaxWave LibTik™ UBTIK-BOX	MaxWave LibTik™ 433 UBTIK-433-BOX	MaxWave Outdoor 12x12 Wireless Enclosure MW-OOE-12-BOX	MaxWave 411 MW-OOE-411-BOX	ITElite MPR-BOXe	ITElite PR-BOX	ITElite PR-BOXe	ITElite SR-BOX	ITElite SR-BOXe
RB411	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB411L	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB411GL	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB411UAHR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB411AH	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB411U	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB711-2Hn	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB711-5Hn	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB711-2HnD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB711UA-2HnD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB911G-2HPnD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB911G-5HPnD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB912UAG-2HPnD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB912UAG-5HPnD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB433	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB433AH	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB433UAH	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB433L	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB433GL	✓*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
RB435G				✓	✓					
RB493				✓	✓					
RB493AH				✓	✓					
RB493G				✓	✓					
RB450				✓	✓					
RB450G				✓	✓					
RB800				✓					✓	✓

* will not work with mini-PCI cards installed

Anexo 7: Outdoor Case para MikroTik RouterBOARD RB411

ANEXO 6: Especificaciones Técnicas del conector RJ45 Cat. 6 Blindado



- Conectores RJ45 de 8 hilos para armar cables de red ideal para cables de red de exteriores
- Pueden trabajar en cableado CAT 6/5e
- 100% Nuevos en Paquetes de 10 unidades
- 100% Nuevos en Paquetes
- Estilo del plug: 8P8C de 50 micrones (el que todos conocemos)
- Marca: VENTION
- Modelo: VBSJT-6F
- Escudo de metal Certificación : UL RoHS
- Blindaje del metal, chapado en oro 24k
- Color: Cristal Transparente

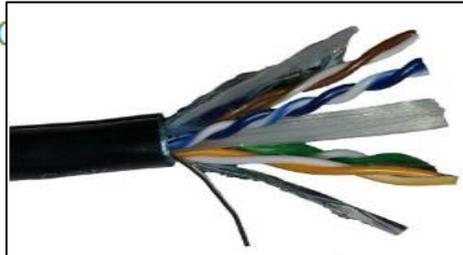
Anexo 8: Especificaciones Técnicas del conector RJ45 Cat. 6 Blindado

ANEXO 7: Especificaciones Técnicas del Cable F/UTP Cat. 6 Apantallado para exteriores

El cable F/UTP categoría 6 se compone de 4 pares de hilos de cobre trenzados, calibre 23 (AWG). Sus pares trenzados están dispuestos de tal forma de garantizar su óptimo desempeño al cumplir con los más altos estándares de transmisión de datos en redes LAN, convirtiéndolo en la solución ideal para cualquier instalación que necesita cable exterior de alta resistencia. Cuenta con protección contra la intemperie y otros factores externos, mediante un revestimiento de polietileno de alta densidad (HDPE). UL 444 & CSA-C22.2 No.214: Tipo CMX, 23AWG x 4P ANSI/TIA-568-C.2: Cable Horizontal (Conductor Sólido), elaborado conforme a la normativa RoHS para mayor seguridad. Cada caja contiene una bobina de cable de 305 m (1000 pies).

Especificaciones:

- Cable de red para cableado estructurado y aplicaciones de exteriores de alta resistencia CAT6 pasa todas las certificaciones eléctricas internacionales
- Ideal para aplicaciones de velocidades Gigabit Ethernet de hasta 1000Mbps.
- Material del conductor 100% cobre sólido pulido
- Soporta aplicaciones de hasta 250 MHz de ancho de banda
- Compatible con todas los prouctos y apliaciones anteriores CAT5 y CAT5E y CAT6
- Garantiza full-duplex Crosstalk values
- Dispone 8 hilos de cobre en código de colores
- Certificaciones ANSI/TIA/EIA-568 C.2, ISO/IEC 11801, UL 444 & CSA-C22.2 No.214 Tipo CMX, ETL
- Diametro del Conductor 0.585 mm (23 AWG)
- Diámetro externo 7.3 mm +/- 0.3mm
- Insulation grozor 1.05±0.015mm
- Resistencia máxima del conductor 7.32 ohm/100m
- Material del revestimiento externo PVC
- Revestimiento externo tipo **CMX**
- Temperatura maxima 75°C
- Etiquetado de medida en pies
- Dimension 1000 pies o 305 mts
- Color Negro



ANEXO 8: Especificaciones Técnicas del Switch TL-SG1048

CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE	
Estándares y Protocolos	IEEE 802.3i, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3x
Interfaz	48 puertos RJ45 a 10/100/1000 Mbps Negociación automática, MDI/MDIX automático
Medios de Red	10BASE-T: UTP category 3, 4, 5 cable (maximum 100m) 100BASE-TX/1000BASE-T: UTP category 5, 5e or above cable (maximum 100m)
Cantidad de Ventiladores	2
Fuente de Alimentación	100-240VAC, 50/60Hz
Consumo de Potencia	Máximo: 29.8W (220V/50Hz)
Dimensiones	17,3"14,2"1,7 pulgadas (440*360*44 mm)
RENDIMIENTO	
Capacidad de Switches	96Gbps
Ancho de Banda / Backplane	
Tasa de Reenvío de Paquetes	71.4Mpps
Tabla de Direcciones MAC	8K
Memoria de Buffer	16Mb
Jumbo Frame	10KB
Método de Transferencia	Store-and-Forward
OTROS	
Certificaciones	FCC, CE, RoHS
Contenido del Paquete	Switch para sobremesa con 48 puertos Gigabit Cable de alimentación Manual de usuario Rackmount Kits Rubber Feet
Requisitos del sistema	Microsoft® Windows® 8, 7, Vista™, XP or MAC® OS, NetWare®, UNIX® or Linux.
Factores Ambientales	Temperatura de funcionamiento: 0°C–40°C (32°F–104°F); Temperatura de almacenamiento: -40°C–70°C (-40°F–158°F); Humedad de funcionamiento: 10%–90% sin condensación; Humedad de almacenamiento: 5%–90% sin condensación

Anexo 10: Especificaciones Técnicas del Switch TL-SG1048

ANEXO 9: Especificaciones Técnicas del Switch TL-SG1016D

CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE	
Estándares y Protocolos	IEEE 802.3i, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3x
Interfaz	16 puertos RJ45 a 10/100/1000 Mbps con negociación automática (MDI/MDIX automático)
Medios de Red	10Base-T: cable UTP categorías 3, 4, 5 (100 metros máximo) 100Base-Tx/1000Base-T: cable UTP categorías 5, 5e (máximo 100 metros)
Cantidad de Ventiladores	Sin ventilador
Fuente de Alimentación	100-240VAC, 50/60Hz
Consumo de Potencia	Máximo: 13.3W (220V/50Hz)
Dimensiones	11,6*7,1*1,7 pulgadas (294*180*44 mm)
RENDIMIENTO	
Capacidad de Switches	32Gbps
Tasa de Reenvío de Paquetes	23.8Mpps
Tabla de Direcciones MAC	8K
Jumbo Frame	10KB
Tecnología Ecológica	Innovadora tecnología de eficiencia energética que ahorra hasta un 15%* de energía
Método de Transferencia	Store-and-Forward
OTROS	
Certificaciones	FCC, CE, RoHS
Contenido del Paquete	Switch con 16 puertos Gigabit Cable de alimentación Manual de usuario Rackmount Kits Rubber Feet
Requisitos del sistema	Microsoft® Windows® XP, Vista™, Windows 7 or Windows 8, MAC® OS, NetWare®, UNIX® or Linux.
Factores Ambientales	Temperatura de funcionamiento: 0°C~40°C (32°F~104°F); Temperatura de almacenamiento: -40°C~70°C (-40°F~158°F); Humedad de funcionamiento: 10%~90% sin condensación; Humedad de almacenamiento: 5%~90% sin condensación

ANEXO 10: Fotografía de las Unidades impladas en la Red

GAD Municipal de La Libertad



CCBM – Centro Comercial Buenaventura Moreno



Anexo 12: Fotografía de las Unidades impladas en la Red

CEPEDA – Centro Comercial Jorge Cepeda Jácome



CMED – Centro Médico Municipal



Anexo 13: Fotografía de las Unidades impladas en la Red

CDH – Centro de Desarrollo Humano



ENGOROY



Anexo 14: Fotografía de las Unidades impladas en la Red

ANEXO 10: Carta Aval

CARTA AVAL

La Libertad, 18 de noviembre de 2016

Ing.
Washington Torres
**DIRECTOR CARRERA DE ELECTRONICA Y
TELECOMUNICACIONES**
En su despacho.-

De mi consideración:

Luego de la revisión de la propuesta tecnológica **“Rediseño de la Red de distribución de Comunicaciones del Gad Municipal de La Libertad hacia sus dependencias externas, mediante topología de estrella y tecnología inalámbrica”** presentada por la egresada MOREIRA IMACAÑA LISSETT ADRIANA, me permito declarar que luego de haber evaluado dicha propuesta, la apruebo en todas sus partes.

Por la atención prestada a la presente, le expreso mis agradecimientos.

Atentamente,



Sr. Andrés Intriago, LSI.

DIRECTOR DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS GAD MUNICIPAL DE LA LIBERTAD