

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA EN EL PROYECTO
TELEFÉRICO DE LAS LAJAS**

JONNATAN DARIO SERRATO BURBANO

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2017**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA EN EL PROYECTO
TELEFÉRICO DE LAS LAJAS**

JONNATAN DARIO SERRATO BURBANO

**Informe final de pasantía presentado como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Electrónico**

**Asesor:
ANDRÉS EDGAR CALVACHE GARCÍA
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2017**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“La Universidad de Nariño no se hace responsable por las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor”

Acuerdo1, Artículo 324. Octubre 11 de 1966. Emanado del Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño. Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva del autor.

Nota de aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

ANDRÉS EDGAR CALVACHE GARCÍA
Asesor

San Juan de Pasto, 8 de Marzo de 2017

DEDICATORIA

A mis padres, familiares, profesores y amigos por sus innumerables enseñanzas a lo largo de toda mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Andrés Edgar Calvache García, docente del Departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad de Nariño.

A la Corporación las Lajas y al personal que en ella labora principalmente al Ingeniero Ricardo Alfredo Obando Reyes Representante Legal y a Diana Eira Economista de la Corporación por sus aportes que realizaron, los cuales permitieron el desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	20
1. FORMULACION DEL PROYECTO	21
1.1 SITUACIÓN ACTUAL	21
1.2. OBJETIVO GENERAL	21
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.4 PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS	22
2. MARCO REFERENCIAL.....	22
2.1 MARCO CONTEXTUAL	22
3. MARCO TEÓRICO	25
3.1 INTRODUCCION A LAS COMUNICACIONES.....	25
3.1.2 ONDAS ELECTROMAGNETICAS.....	25
3.1.3 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	26
3.1.3.1 Espectro electromagnético y telecomunicaciones.	26
3.1.3.2 División del espectro electromagnético.....	27
3.2 SISTEMAS DE ACCESO A INTERNET.	28
3.3 REDES INALÁMBRICAS.....	29
3.3.1 ESTÁNDARES IEEE 802.11.....	30
3.3.1.1 Estándar 802.11g.....	30
3.4 FRECUENCIAS DE OPERACIÓN.....	30
3.5 ANALIZADOR DE ESPECTRO.	31
3.6 PARAMETROS DEL RADIOENLACE.	31

3.6.1	Calculo del Balance de Potencias.....	31
3.6.2	ATENUACIÓN A ESPACIO LIBRE.....	32
3.6.3	MARGEN RESPECTO AL UMBRAL.....	33
3.6.4	MARGEN DE DESVANECIMIENTO.....	33
3.6.5	LÍNEA VISUAL.....	34
3.6.6	ZONA FRESNEL.....	34
3.7	SOFTWARE PARA SIMULAR LOS ENLACES.....	35
3.7.1	RADIO MOBILE.....	36
4.	MARCO METODOLÓGICO.....	37
4.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO TÉCNICO.....	37
4.2	ESTUDIO DE CAMPO.....	37
4.3	COORDENADAS DE LOS ENLACES.....	45
4.4	DISEÑO DE LOS ENLACES.....	46
4.5	EQUIPOS A UTILIZAR.....	47
4.5.1	EQUIPOS PARA LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED.....	48
4.6	ENLACES REALIZADOS.....	49
4.7	ANÁLISIS DEL ESPECTRO.....	53
4.8	CALCULO DE LOS ENLACES.....	57
4.8.1	PERDIDA EN ESPACIO LIBRE.....	57
4.8.2	POTENCIA EN EL RECEPTOR.....	57
4.8.3	MARGEN RESPECTO AL UMBRAL.....	59
4.8.4	MARGEN DE DESVANECIMIENTO.....	59
4.8.5	PRESUPUESTO DEL ENLACE.....	60
4.8.6	ZONA DE FRESNEL.....	62

4.9 SIMULACIÓN DE LOS ENLACES.....	63
4.9.1 SIMULACIÓN PRIMER ENLACE.	64
4.9.2 SIMULACIÓN SEGUNDO ENLACE.	65
4.9.3 SIMULACIÓN TERCER ENLACE.....	66
4.9.4 SIMULACIÓN CUARTO ENLACE.	67
4.9.5 SIMULACIÓN QUINTO ENLACE.	67
4.10 APOYO LOGÍSTICO A LA CORPORACIÓN LAS LAJAS.	68
4.10.1 LISTA DE EQUIPOS Y CARACTERISTICAS.....	69
5. ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO DE LA RED INALAMBRICA.....	72
5.1. PERSONAL	72
5.1.1 PAPEL A DESEMPEÑAR.....	72
5.2. CAPEX.....	73
5.3. OPEX	75
5.4. ROI	78
5.5. ANÁLISIS DE CAPEX CON FIBRA ÓPTICA.....	80
5.6. ANÁLISIS DE OPEX CON FIBRA ÓPTICA.....	83
5.7. ANÁLISIS DEL ROI CON FIBRA ÓPTICA.....	84
5.8. COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO DE METODOS DE ACCESO A LA RED ENTRE RADIOFRECUENCIA Y FIBRA ÓPTICA	86
6. RESULTADOS.....	87
7. CONCLUSIONES	96
8. RECOMENDACIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	98
WEBGRAFÍA	100

ANEXOS102

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del Santuario de Las Lajas.....	24
Figura 2. Diagrama de Bloques de un Sistema de Comunicación.....	25
Figura 3. Usos en Telecomunicaciones, medios de transmisión guiados y no guiados	27
Figura 4. División del espectro electromagnético.....	28
Figura 5. Balance de Potencias.	32
Figura 6. Regiones Críticas de las zonas Fresnel.....	35
Figura 7. Antena RCN.....	38
Figura 8. Estación Superior.	39
Figura 9. Torre 4.	40
Figura 10. Torre 5.	40
Figura 11. Vista Superior de La Estación Intermedia.....	41
Figura 12. Estación Intermedia.	42
Figura 13 . Obstáculo Torre 11.	43
Figura 14. Estación de Llegada.	44
Figura 15. Torre Parqueadero.....	44
Figura 16. Torre Parqueadero y Vista Superior Pueblito de las Lajas.	45
Figura 17. Puntos a Comunicar.	46
Figura 18. Primer Enlace.	49
Figura 19. Segundo Enlace.	50
Figura 20. Tercer Enlace.	51
Figura 21. Cuarto Enlace.	51

Figura 22. Quinto Enlace.52

Figura 23. Perfil del Terreno.64

Figura 24. Primer Enlace.65

Figura 25. Segundo Enlace.66

Figura 26. Tercer Enlace.66

Figura 27. Cuarto Enlace.67

Figura 28. Quinto Enlace.68

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Coordenadas Geográficas.	45
Tabla 2. Características del primer equipo.	47
Tabla 3. Características del segundo equipo.	47
Tabla 4. Perdida en Espacio Libre.	57
Tabla 5. Potencia del Receptor.	58
Tabla 6. Margen Respecto al Umbral.	59
Tabla 7. Relación Margen Respecto al Umbral y Desvanecimiento.	60
Tabla 8. Trayecto de la señal de ida.	60
Tabla 9. Trayecto de la señal de regreso.	61
Tabla 10. Primera Zona Fresnel.	63
Tabla 11. Estructura Organizacional.	72
Tabla 12. Salario del Personal.	73
Tabla 13. Primera Zona.	74
Tabla 14. Segunda Zona.	75
Tabla 15. Tercera Zona.	75
Tabla 16. Primera Zona.	76
Tabla 17. Segunda Zona.	76
Tabla 18. Tercera Zona.	77
Tabla 19. Inversión en la Red Completa.	78
Tabla 20. Ganancia en la Red Completa.	78
Tabla 21. Primera Zona.	80

Tabla 22. Segunda Zona	81
Tabla 23. Tercera Zona	82
Tabla 24. Primera Zona	83
Tabla 25. Segunda Zona	83
Tabla 26. Tercera Zona	84
Tabla 27. Inversión en la Red Completa utilizando Fibra Óptica	85
Tabla 28. Ganancia en la Red Completa utilizando Fibra Óptica	85
Tabla 29. Resumen Primer Enlace	88
Tabla 30. Resumen Segundo Enlace.	89
Tabla 31. Resumen Tercer Enlace.	90
Tabla 32. Resumen Cuarto Enlace.	92
Tabla 33. Resumen Quinto Enlace.	93

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. ALTURAS DE LAS TORRES DEL TELEFÉRICO	103
ANEXO B. ESPECIFICACIONES UBIQUITI AIRGRID M2.....	104
ANEXO C. ESPECIFICACIONES NANOBRIDGE M2 UBIQUITI	106
ANEXO D. ESPECIFICACIONES NANOSTATION M2I	108
ANEXO F. ESPECIFICACIONES FIBRA ÓPTICA 4 HILOS MULTIMODO 62.5/125	
114	

GLOSARIO

FRECUENCIA ASIGNADA: Frecuencia central de la banda de frecuencias asignadas a una estación.

INTERFERENCIA: Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada

LÍMITES DE EMISIONES NO DESEADAS: Se refiere a las emisiones pico fuera de las bandas de frecuencia de operación.

MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA: Utilización de diferentes técnicas de modulación digital en una anchura de banda asignada con una densidad espectral de potencia baja compatible con la utilización eficaz del espectro; al permitir la coexistencia de múltiples sistemas en una misma anchura de banda.

SISTEMA PUNTO - PUNTO: Sistema de radiocomunicación que permite enlazar dos estaciones fijas distantes, empleando antenas direccionales en ambos extremos, estableciendo comunicación unidireccional o bidireccional.

SISTEMA MÓVIL: Sistema de radiocomunicaciones que permite enlazar una estación fija central con una o varias estaciones destinadas a ser utilizadas en movimiento o mientras estén detenidas en puntos no determinados.

IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers

FRECUENCIA: Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

Hz: Unidad de frecuencia del Sistema Internacional, de símbolo Hz, que equivale a la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo periodo es un segundo.

MHz: Equivale a 10^6 hercios (1 millón). Se utiliza muy frecuentemente como unidad de medida de la frecuencia de trabajo de un dispositivo de hardware, o bien como medida de ondas electromagnéticas en telecomunicaciones.

GHz: Es un múltiplo de la unidad de medida de frecuencia hercio (Hz) y equivale a 10^9 (1 000 000 000) Hz. Por lo tanto, tiene un período de oscilación de 1 nanosegundo.

dB: o decibelio es una unidad relativa de medida frecuentemente utilizada en la electrónica de comunicaciones para describir la ganancia o atenuación de potencia. Los decibelios se usan para cálculos de ganancia en sistemas de microondas, para ganancias de potencia de antenas y para muchas medidas en sistemas de comunicación.

dB/Hz: La referencia es la potencia de ruido de un ancho de banda de 1 Hz. Se utiliza a menudo en las comunicaciones digitales y en los sistemas con láser.

dbi: Este es el dB isotrópico. Se utiliza como referencia para definir la ganancia de una antena

dBm: 1 mW, Medida típica para especificaciones de entradas-salidas. También se usa para especificaciones de transmisores de baja potencia.

dBW: Esta unidad está referida a 1 W de potencia. Se utiliza típicamente en aplicaciones de amplificadores de potencia RF y especificaciones de amplificadores de potencia de audio.

ANTENA: Es un dispositivo (conductor metálico) diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma energía eléctrica en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

GANANCIA: Se define como la cualidad que tiene una antena para concentrar la energía en un área dada.

SENSIBILIDAD RX: La sensibilidad es una medida de su capacidad de discernir señales de bajo nivel.

POLARIDAD DUAL: Significa que la antena posee dos polaridades para trabajar (horizontal y vertical)

RED INALÁMBRICA: (Wireless network en inglés) es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física (cables), ésta se da por medio de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos.

SISTEMA DE COMUNICACIÓN: Conjunto de dispositivos interconectados que realizan acciones las cuales permiten que las personas puedan comunicarse o conectarse entre sí

WiFi: (Wireless Fidelity) es un conjunto de estándares para redes inalámbricas basado en las especificaciones IEEE 802.11.

TIC: Tecnologías de la Información y Comunicaciones.

SRTM: (Shuttle Radar Topography Mission) mantiene una base de datos acerca de las elevaciones de todo el planeta, en resolución variable.

CANAL: (Channel) Trayectoria unidireccional o bidireccional para transmitir y/o recibir señales de radio.

LOS: (Line of Sight) Línea de Vista. Término que se refiere a la propagación de la señal de radio en línea recta desde el transmisor al receptor, sin refracción; generalmente se extiende al horizonte visible.

PATRÓN DE RADIACIÓN: (Radiation Pattern) Característica determinada por el diseño de una antena e influenciada fuertemente por su ubicación con respecto al suelo. Los patrones de radiación dependen de la frecuencia.

POLARIZACIÓN: Orientación de una onda relativa a un plano de referencia.

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO: Es el conjunto de ondas electromagnéticas que existen en el universo ordenadas en función de sus frecuencias o longitudes de onda, o de la energía que transportan.

ESPECTRO RADIOELÉCTRICO: Es el conjunto de las ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de los 3000 Giga Hertz y que se propagan por el espacio sin guía artificial.

ONDA: Es una perturbación que se propaga a través del espacio y transporta energía.

ONDA ELECTROMAGNÉTICA: Consiste de campos eléctricos y magnéticos oscilantes. Estos campos se propagan en el vacío con una velocidad constante $c = 300\,000$ Km/s.

TELECOMUNICACIÓN: Es toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

RESUMEN

El presente documento en la modalidad de pasantía institucional tiene como propósito la Red inalámbrica para la Corporación las Lajas, con el fin de establecer comunicación por medio de la tecnología WiFi en la Banda Libre de 2,4Ghz utilizando el estándar IEEE 802.11g. A través de un trabajo de campo, se recolecto la información para disponer los puntos en donde es necesario y posible establecer los enlaces, identificando los diversos problemas presentes en la comunicación haciendo uso de métodos como de línea de vista y analizador de espectros se dió solución para concretar las rutas que mejor se ajustan. Con la realización de cálculos y especificaciones técnicas se logró una estimación cuantitativa de la Red, finalizando con la aplicación del software Radio Mobile asignando una solución para la Implementación futura de la Red con este procedimiento en el corregimiento de las Lajas.

ABSTRACT

The main aim of this internship work was to design a Wireless Network to Las Lajas Corporation in order to establish a framework of communication through Wi-Fi technology in a 2,4Ghz free-band using the IEEE 802.11g standard.

Throughout a fieldwork, the information was collected to provide the points where is necessary and possible to establish links, identifying the various problems present in the communication, applying methods like line of sight and spectrum analyzer, solution came to realize the routes that best fit. According to what has been written, it was continued performing calculations and technical specifications for a quantitative estimation of the Network, ending with the Mobile Radio software application. With this procedure it was giving a solution for the future implementation of the Network in the village.

INTRODUCCION

La población rural del corregimiento de las Lajas tiene una distribución de forma dispersa y en su mayoría bajos recursos por lo tanto se dificulta acceder al servicio de internet. Este factor implica a La Corporación disponer de una Red que disminuya esta brecha entre la población rural y el mundo digital, además se requiere un enlace de comunicación como mecanismo tecnológico a los turistas y al buen funcionamiento de los equipos electrónicos que necesitan conexión. Para esto se opta por hacer uso del método Inalámbrico cuyas características de distribución de Internet reduce los tiempos de instalación para el cliente final, permite una solución rápida y directa para los problemas inesperados que puedan presentar, facilita la actualización de los equipos y resulta ser un método barato para la distribución de este servicio.

En el desarrollo de las comunicaciones en el mundo actual, una infraestructura que permita el acceso de las telecomunicaciones en todos los rincones requeridos o deseados es fundamental; una de estas técnicas de la comunicación es la inalámbrica, esta permite aprovechar las ventajas de la propagación de las ondas vía radio para ofrecer el servicio de acceso a la red sin cables, dicha característica es posible gracias a la comunicación por medio de radio frecuencias la cual tiene lugar cuando una señal, en el rango de 30khz a 300Ghz, se propaga de transmisor a receptor, esto nos permite llevar la señal donde se requiere y realizar el Diseño y Simulación de la Red Inalámbrica (*Wirelessnetwork*) utilizando la Tecnología WiFi[1] en el proyecto Teleférico de las Lajas, ayudando a solucionar los distintos problemas de comunicación presentes en la zona.

Para la ejecución del proyecto se realiza el Diseño de la Red Inalámbrica; teniendo en cuenta las señales de transmisión y recepción necesarias para la comunicación, estas señales tienen diferentes tipos de usos, entre los cuales se destacan principalmente el de la conexión a la Red utilizando el estándar IEEE 802.11[2] (WiFi) tecnología inalámbrica acorde al estudio de características topográficas, tecnológicas, económicas, sociales presentadas en el corregimiento de las Lajas. Se contrasta estas particularidades de WiFi frente a otros sistemas de conexión, y el análisis permite concluir que otras técnicas no son de mucha viabilidad; debido que se requiere llevar la señal para el servicio de Internet desde la Antena RCN lugar donde se tiene la señal hasta distintos puntos como son: La Estación Superior, La Estación Intermedia, Estación de Llegada, Parte superior del corregimiento (Tola) de las Lajas y el Parqueadero; estos puntos de llegada de la señal son de difícil acceso debido a la geografía del terreno y las largas distancias que la señal debe recorrer, por lo tanto, el método más factible es el método Inalámbrico; esto se realiza por medio del enlace punto a punto en cada uno de los tramos para asegurar una buena transmisión que se caracteriza por sus costos reducidos y por la facilidad de Escalabilidad, Flexibilidad y Rapidez de despliegue, todo esto permitiendo que los Turistas y las personas de la Región tengan la posibilidad de conectarse a Internet, ventaja que posibilita acceder al servicio de conexión de red y ayuda al monitoreo de las estaciones del Teleférico junto al sistema de vigilancia.

1. FORMULACION DEL PROYECTO

1.1 SITUACIÓN ACTUAL

El problema presente en el corregimiento de Las Lajas del municipio de Ipiales es la inexistencia de una Red Inalámbrica que ofrezca el acceso a una comunicación ágil y segura para La Corporación, los habitantes y turistas. Esto implica contar con sistemas que permitan brindar datos e información para la zona conformada por la Estación superior desde el municipio de Ipiales o ruta denominada “La finca de la Antena”, la Estación Intermedia, la Estación de Llegada o ruta denominada “Camino Viejo” a un costado del Santuario de Las Lajas, Parte superior de las lajas y Parqueadero del corregimiento.

La prioridad de la Corporación las Lajas con este proyecto es de obtener el estudio de la Red Inalámbrica que se adapte a la necesidad de comunicar todas las zonas y ajustar un esquema de planificación como es el Diseñar y Simular los enlaces punto a punto de la Red, permitiendo la integración del sistema de radiofrecuencia acondicionado para un óptimo desempeño que se pueda utilizar en un futuro en la implementación de la Red Inalámbrica.

1.2. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el estudio de viabilidad de la Red Inalámbrica de área local en la zona del corregimiento de Las Lajas; recurriendo a la tecnología WiFi para el Diseño, y Simulación de los enlaces utilizando el Software Radio Mobile.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio de acuerdo a la infraestructura y ubicación de los sitios determinados por la Corporación las Lajas para las zonas a comunicar y requieran el sistema de Red Inalámbrica, sirviendo de apoyo con el diseño de la Red para el desarrollo de la tecnología en el sector.
- Calcular el Balance de Potencias, analizar el espectro electromagnético y determinar la zona Fresnel para cada uno de los enlaces.
- Realizar la simulación de los enlaces, utilizando el software Radio Mobile¹.
- Realizar el Apoyo Logístico en el desembalaje y organización de componentes, sistemas mecánicos y electrónicos que hacen parte del funcionamiento del Teleférico.

¹ Es un software de libre distribución utilizado para el cálculo de radioenlaces.

1.4 PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS

Con este proyecto se desea cumplir con ciertas actividades que contribuyan a la construcción y mejoramiento en el desarrollo de la zona como son:

- Realizar el monitoreo de la Estación Superior, Estación Intermedia y de la Estación Inferior del Teleférico de Las Lajas.
- Controlar y monitorear; la plataforma de llegada y salida de las cabinas, los sectores de abordaje y desabordaje, las taquillas, las oficinas y los cuartos de máquinas.
- Realizar los enlaces punto a punto entre los que se tiene el primer enlace ubicado en la Antena RCN y Estación Superior, el segundo enlace a realizar se encuentra en la Antena RCN y Torre 4, el tercer enlace Torre 4 y Estación Intermedia, el cuarto enlace Estación Intermedia y Estación de Llegada, el quinto enlace estará en los puntos de la torre 4 y Torre del Parqueadero. Esquema Figura 17.
- Tener conexión a internet para que los usuarios puedan conectar sus equipos electrónicos vía WiFi.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO CONTEXTUAL

El desarrollo de este proyecto se lleva a cabo en el Corregimiento de El Santuario de Nuestra Señora de las Lajas se ubica al suroriente de Ipiales, departamento de Nariño; a 8 kms de la ciudad y a 12 kms del Puente de Rumichaca, frontera entre Colombia y Ecuador Figura 1. Colindante con el municipio de Potosí el cual tiene una extensión total (tanto rural como urbana) inferior a 11 kilómetros cuadrados (restringiéndose en su centro poblado menos de dos tercios de kilómetro cuadrado, aproximadamente 60 Has.), en donde, en una topografía abrupta y junto al río Guaitara, se ubica tanto el Santuario de Nuestra Señora de Las Lajas y adyacente a él cerca de 200 casas que albergan a menos de 1000 pobladores residentes. Todas sus actividades socioeconómicas gravitan alrededor del Santuario y en consecuencia la mayoría de habitantes se dedican al pequeño comercio de escapularios, imágenes religiosas y artículos alusivos al Santuario y algunos de cacharrería y vestimenta, actividades que se desarrollan en casetas ubicadas sobre los márgenes de circulación de las dos vías principales de acceso. Otros habitantes disponen de pequeños restaurantes y alojamientos para peregrinos y pocos de ellos realizan actividades complementarias con las afluencias de visitantes (fotografías, ventas ambulantes, etc.).

La trayectoria por donde atraviesa el teleférico es un entorno que se constituye como un atractivo natural para el turista, sumándole a esto el Santuario de las Lajas como remate del recorrido. Las estaciones están ubicadas de tal forma que se aproveche al máximo las

características particulares de su entorno, todo esto para complementar el trayecto del teleférico y provocar diferentes emociones al visitante.

Límites:

Norte: Corregimiento de Las Cruces
Oriente y Sur: Municipio de Potosí
Occidente; Vereda de Zaguaran.

Jurisdicciones: Las Lajas está compuesta de dos veredas: Tola de Las Lajas y Cofradía. El caserío está organizado por muy pocos y pequeños barrios, legitimados por la costumbre, porque no existe nomenclatura, así: Inmaculada, La Estación, Socorro- Manantial, Centro, San Francisco, Bella Vista, Espíritu Santo y Mirador.

Área total: 11 Kilómetros cuadrados.

Ubicación: Dista 97 Km de la capital del Departamento de Nariño (Pasto), y 12 Kms de la frontera con Ecuador, se ubica a 8 Km del Municipio de Ipiales.

Población: 3500 habitantes; 1000 en el centro poblado (cifras aproximadas).

Principales características geofísicas

Coordenadas:

Latitud Norte: 00° 48` 29”
Longitud Oeste 77° 25` 21”
Altura: 2.660 m.s.n.m

Temperatura promedio: 14° C

Suelos típicos: Existen grandes depósitos de arcilla y arena. La geomorfología relativamente joven. Sus análisis revelan propiedades tales como: PH ligeramente ácido o neutro, bajo contenido de fósforo, salinidad hasta un 40% para suelos salinos sódicos; con presencia de piedra en el perfil; muy susceptibles a la erosión. Cerca al Santuario existe terreno pedregoso y rocas en proceso de formación (posiblemente de allí se haya tomado el nombre de “Las Lajas”).

Los procesos erosivos son significativos y representan (sobre todo para el centro poblado), gran riesgo y una vulnerabilidad evidente.

Topografía: Ladera Andina que se caracteriza por presentar pendientes escarpadas (desde el 25% al 40%) hasta extremadamente escarpadas (más del 70%).

Vegetación y Cultivos: Presencia de bosque latifolia de heterogéneo, de copas pequeñas y medianas con alto coeficiente de mezclas de especies forestales en diferentes estratos. Según los estudiosos, Las Lajas se referencia como el área de mayor deforestación del municipio; aun así, quedan pequeños espacios cubiertos de vegetación nativa, sobre todo los aledaños al cañón del río Guátara. El uso del suelo es por sus propias características de fertilidad natural y por el relieve abrupto del terreno. En algunos sectores se encuentran bosque seco-montano y bosque naturales. Puesto que el clima es

relativamente suave y los suelos son muy productivos, se propicia una agricultura intensiva de papa, maíz, trigo, cebolla, legumbres y hortalizas.

Precipitaciones anuales: alrededor de 1.000 y 1.500 mm[11]

Figura 1. Ubicación del Santuario de Las Lajas.



Fuente: <https://maps.google.com>

De acuerdo con una página de internet muy conocida en la Red, define en tres líneas al Santuario de Nuestra Señora de las Lajas, así: "...es un templo y basílica para el culto cristiano católico y veneración de Nuestra Señora de las Lajas situado en Ipiales, sur de Colombia y es destino de peregrinación y turismo desde el siglo XVIII"[11]. Posteriormente, dicha página web habla sucintamente de las características más importantes del Santuario, entre las que se cuentan la arquitectura, su historia, su construcción y aspectos referidos a sus reconocimientos e importancia. Esta fuente, como muchas otras, referencian a las Lajas y sus diferentes propiedades y atributos, denota un aspecto sobre el cual no hay ningún tipo de incertidumbre, y es el que tiene que ver con la "marca" que mundialmente ha adquirido este ícono religioso[11]. Por estas razones es un sitio muy conocido y turístico que debe poseer un sistema de conexión a Internet.

3. MARCO TEÓRICO

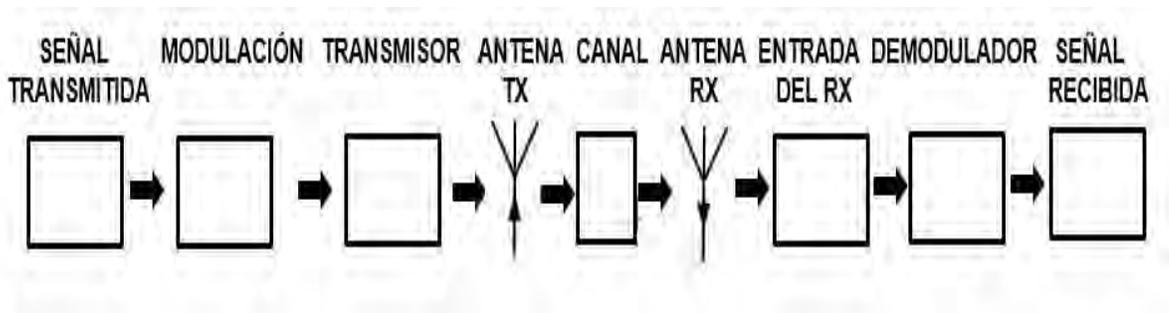
3.1 INTRODUCCION A LAS COMUNICACIONES

El objetivo fundamental de un sistema electrónico de comunicaciones, es transferir información de un lugar a otro. Por consiguiente, se puede decir que las comunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de información entre dos a más lugares, mediante circuitos electrónicos. La fuente original de información puede estar en forma analógica (continua), como por ejemplo la voz humana o la música, o en forma digital (discreta), como por ejemplo los números codificados binariamente o los códigos alfanuméricos. Sin embargo, todas las formas de información se deben convertir a energía electromagnética antes de ser propagadas a través de un sistema electrónico de comunicaciones[3].

El concepto de comunicación implica la existencia de los elementos que la hacen posible, ellos son: los interlocutores y el canal o medio de comunicación. Los interlocutores son la persona o equipo que origina la información, llamado emisor, y la persona o equipo que la recibe, denominado receptor. La información se transmite en una señal en la entrada del modulador a esta señal se la denomina moduladora, además de esta existe otra señal encargada de “trasladar” al otro extremo la información que tiene la moduladora ha esta se la denota como la portadora o carrier. Como resultado se origina una señal llamada portadora modulada que luego es emitida a través de la antena transmisora haciendo uso del canal. En cuanto al canal existen gran variedad de medios, desde el espacio libre como medio de transmisión hasta la fibra óptica que utiliza ondas electromagnéticas no visibles, finalizando la información llega y es recibida como se ilustra en la

Figura 2 tomada de la Fuente[22].

Figura 2. Diagrama de Bloques de un Sistema de Comunicación.



3.1.2 ONDAS ELECTROMAGNETICAS.

Una onda electromagnética es la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio. Son Ondas producidas por el movimiento de una carga eléctrica. Son disturbios ondulatorios que se repiten en una distancia determinada llamada la longitud de onda[4]. A diferencia de las ondas mecánicas, las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio físico para propagarse, se propagan libremente por el aire alcanzando velocidades de 300,000 Km/s[5].

La longitud de onda (algunas veces denotada como lambda, λ) es la distancia medida desde un punto en una onda hasta la parte equivalente de la siguiente, por ejemplo desde la cima de un pico hasta el siguiente. La frecuencia es el número de ondas enteras que pasan por un punto fijo en un segundo.

Dónde:

La velocidad se mide en metros/segundo, la frecuencia en ciclos por segundo (o Hertz, abreviado Hz), y la longitud de onda, en metros a continuación se muestra la formula (1).

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

La frecuencia y el periodo de una onda son recíprocos entre si y están representados por la siguiente formula (2).

$$f = \frac{1}{T} \quad (2)$$

A menor frecuencia mayor longitud de onda lo cual permite un mayor alcance y permite atravesar gran cantidad de obstáculos la desventaja es las bajas velocidades por el contrario, a mayor frecuencia menor longitud de onda, mayor velocidad, menor alcance y no atraviesan obstáculos a grandes distancias[6].

3.1.3 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

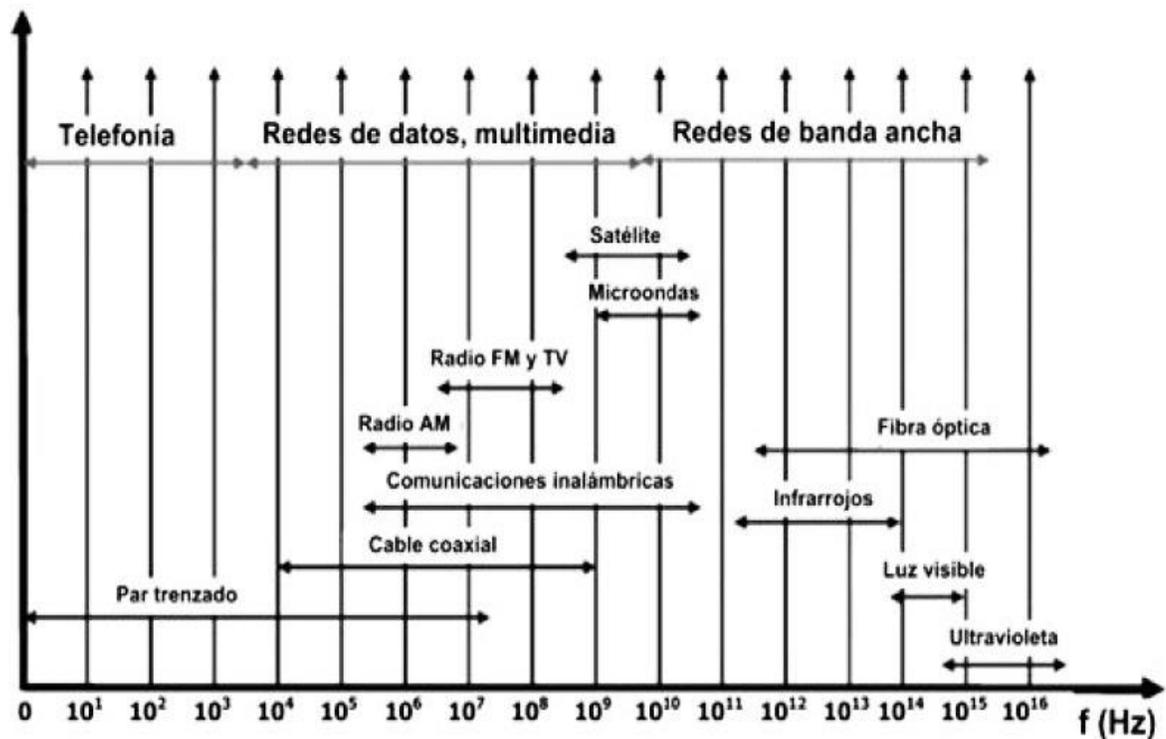
Al flujo saliente de energía de una fuente en forma de ondas electromagnéticas se le denomina radiación electromagnética. Esta radiación puede ser de origen natural o artificial. El espectro electromagnético es el conjunto de todas las frecuencias (número de ciclos de la onda por unidad de tiempo) posibles a las que se produce radiación electromagnética. Así, el límite teórico inferior del espectro electromagnético es 0 (ya que no existen frecuencias negativas) y el teórico superior es indeterminado[23].

3.1.3.1 Espectro electromagnético y telecomunicaciones.

Así, las ondas electromagnéticas, convenientemente tratadas y moduladas (normalmente, variando de forma controlada la amplitud, fase y/o frecuencia de la onda original), pueden

emplearse para la transmisión de información, dando lugar a una forma de telecomunicación. Hoy día se utilizan masivamente ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias para la transmisión de información por medios guiados (par trenzado, cable coaxial, fibra óptica, etc.) y por medios no guiados (normalmente el aire o el vacío). Las frecuencias utilizadas en cada caso dependen del comportamiento de las mismas en los diferentes materiales utilizados como medios de transmisión, así como de la velocidad de transmisión deseada. En el caso particular de que la propagación de ondas electromagnéticas se realice por medios no guiados, a esta forma de telecomunicación se le denomina radiocomunicación o comunicación inalámbrica. Así, se denomina espectro radioeléctrico a la parte del espectro electromagnético utilizada principalmente para radiocomunicaciones² a continuación se indica en la Figura 3 tomada de la Fuente[23] **Error! Reference source not found.**

Figura 3. Usos en Telecomunicaciones, medios de transmisión guiados y no guiados



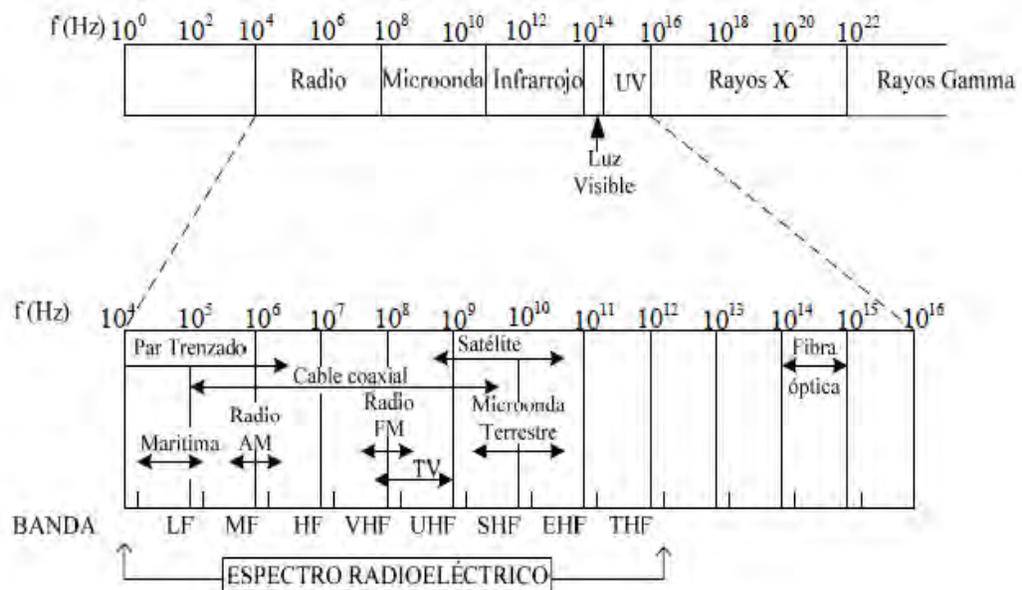
3.1.3.2 División del espectro electromagnético.

No todas las ondas electromagnéticas tienen el mismo comportamiento en el medio de propagación, la misma procedencia o la misma forma de interacción con la materia. Por

² Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico, Autores Científicos-Técnicos y Académicos, Javier Luque Ordoñez.p.18.

ello, el espectro electromagnético se divide convencionalmente en segmentos o bandas de frecuencia. Esta división se ha realizado en función de diversos criterios, y en todo caso no es exacta, produciéndose en ocasiones solapamientos en las bandas, pudiendo una frecuencia quedar por tanto incluida en dos rangos (por ejemplo, debido a diferentes fenómenos físicos que originan la radiación, o a diferentes aprovechamientos de la energía radiada a una frecuencia concreta)³. La clasificación más típica del espectro electromagnético se observa en la Figura 4 tomada de la Fuente [23]**Error! Reference source not found.**

Figura 4. División del espectro electromagnético



3.2 SISTEMAS DE ACCESO A INTERNET.

Estamos en una sociedad de la información donde se busca mejorar la calidad de vida de las personas, ocasionando al mismo tiempo; desarrollo en el espacio en donde se aplique la generación y distribución de la información. Se ha desarrollado diversas maneras de conectarse mediante múltiples medios, para mejorar sus servicios y facilitar su acceso para vincularla al público que aún no conoce esta realidad. Estos múltiples métodos de acceso a la Red conllevan a olvidar algunas otras formas de conexión debido al avance que existe en estos sistemas. Debido a los diversos tipos existentes para la conexión a

³ Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico, Autores Científicos-Técnicos y Académicos, Javier Luque Ordoñez.p.18.

internet se tiene que examinar sistemas de Banda Ancha como DSL⁴ esta tecnología requiere de líneas telefónicas de cobre de par trenzado y consiste en una línea digital de alta velocidad, es un servicio que se diseñó para eliminar la transformación de la señal digital a señal analógica, por lo tanto la información es transferida y recibida de forma digital esto permite que se utilice todo el ancho de banda[24]. En el proyecto la aplicación de este sistema sería favorable por la razón anterior de ocupar la mayor parte de ancho de banda, sin embargo el costo es elevado por el despliegue de las líneas telefónicas y en la zona de las lajas no tiene infraestructura para implantar esta tecnología.

Otra tecnología que se tiene en cuenta es la Acceso a Internet por Cable, en donde se destacan dos el de Fibra Óptica y por cable (coaxial o par trenzado). La F.O. tiene muchas ventajas entre las cuales se encuentran la no pérdida de información por refracción o dispersión de luz consiguiéndose así buenos rendimientos, las altas velocidades, la facilidad de instalación y sus desventajas son que las señales se ven atenuadas por la resistencia del material a la propagación de las ondas electromagnéticas, los elevados costos de instalación y despliegue de la red hasta la zona rural que se generarían para la Corporación, además de la situación geográfica de Colombia que cuenta con tres Cordilleras en las cuales el 60% de la población habita en ellas[25]. Esta razón trae como consecuencia inmediata dificultades de conexión en algunos lugares a través de Fibra Óptica, por esta justificación se podría implementar la Tecnología (WiBack Wireless Backhaul) es una red de acceso inalámbrico que usa tecnologías que ya existen en la actualidad, su principal característica consiste en utilizar un enrutador WiBack para lograr conexiones de radio de largo alcance reduciendo los costos de adquisición como de mantenimiento y facilitando las conexiones a las zonas geográficas de difícil acceso la gran desventaja es que es un sistema nuevo que aún se encuentra en desarrollo. La segunda tecnología de Eternet es la que utiliza como medio de transmisión cable Coaxial y UTP las velocidades son más bajas que las de Fibra Óptica[26]. Se podría utilizar esta tecnología en las oficinas de la Estación Superior e Inferior del Teleférico o donde los equipos estén fijos dejando esta tecnología como una futura opción para el proyecto; por el momento todo el estudio está enfocado en la Red Inalámbrica utilizando la tecnología WiFi.

3.3 REDES INALÁMBRICAS.

La tecnología Inalámbrica es un sistema de comunicaciones que ha ganado la confianza de un gran número de usuarios por el hecho de liberarles de las limitaciones de conexión por cable y por su flexibilidad a la hora de implementarlo como una extensión o como alternativa de una red por cable.

Además de minimizar la necesidad de conexiones por cable, la utilización del espectro electromagnético combina la comunicación de datos con la movilidad de los usuarios con acceso a la información en tiempo real.

⁴ DSL (Digital Subscriber Line) La línea de abonado digital es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica básica conmutada: ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL, HDSL, VDSL.

Esta movilidad soporta productividad y oportunidades de servicio imposibles con redes cableadas. La popularidad de la tecnología inalámbrica ha llegado a tocar las puertas de un gran número de clientes y mercados por la productividad generada con la utilización de equipos móviles para la comunicación en tiempo real entre los agentes desplazados y los servidores centrales de procesamiento. Actualmente el uso de las redes inalámbricas facilita el trabajo en zonas rurales, esto no sucede con el acceso para la instalación de cableado. Por lo tanto es factible utilizar en el corregimiento de las Lajas el método Inalámbrico por los tramos tan largos que la señal debe viajar y debido a la topografía del terreno en el que su ubican los puntos a comunicar.

Las redes inalámbricas están diseñadas para operar en rangos de frecuencia de carácter libre o con permiso del estado[27]. Empleando las frecuencias de uso libre los costos de uso son mucho menores que las redes basadas en los métodos cableados.

3.3.1 ESTÁNDARES IEEE 802.11

La especificación IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11) es un estándar internacional que define las características de una red de área local inalámbrica (WLAN). WiFi (que significa "Fidelidad inalámbrica", es el nombre de la certificación otorgada por la WiFi Alliance, anteriormente WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), grupo que garantiza la compatibilidad entre dispositivos que utilizan el estándar 802.11[28]. Una red WiFi es en realidad una red que cumple con el estándar 802.11. A los dispositivos certificados por la Wi-Fi Alliance se les permite usar el logotipo que los caracteriza. Con WiFi se pueden crear redes de área local inalámbricas de alta velocidad siempre y cuando el equipo que se vaya a conectar no esté muy alejado del punto de acceso. En la práctica, WiFi admite ordenadores portátiles, equipos de escritorio, asistentes digitales personales (PDA) o cualquier otro tipo de dispositivo de alta velocidad con propiedades de conexión también de alta velocidad (11 Mbps o superior)[29].

3.3.1.1 Estándar 802.11g

El estándar que se va a utilizar para la realización de la Simulación y el Diseño de la Red Inalámbrica en el proyecto es 802.11g [30] el cual es compatible con los productos 802.11b y además utiliza la misma frecuencia de trabajo, alcanzando velocidades de hasta 54 Mbps soportando modulaciones DSSS⁵ y OFDM⁶ [31], consiguiendo las mismas características de propagación que el estándar 802.11b y manteniendo la fiabilidad de transmisión con la reducción de la tasa de transmisión. La gran ventaja de este estándar es que se puede adaptar fácilmente con el 802.11b y con los quipos que trabajan con este

⁵ DSSS (Espectro expandido por secuencia directa) el dato son mezclados ordenadamente con ruido, van transmitiéndose primero en una frecuencia A, luego en otra B y en una tercera C. La cantidad de frecuencias utilizadas y el orden de la mezcla son determinadas por un algoritmo específico.

⁶ FHSS (Espectro ensanchado por salto de frecuencia) consiste en transmitir una parte de los datos en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo llamada (dwell time) los datos se transmiten saltando de una frecuencia a otra, en un orden determinado según una secuencia pseudoaleatoria almacenada en unas tablas, que han de conocer la emisora y el receptor.

tipo de especificación, teniendo así mayor facilidad a integrar gran cantidad de equipos a la red, debido a que en el mercado se comercializaba con este tipo de estándar.

3.4 FRECUENCIAS DE OPERACIÓN.

El decreto 4949 de 2009, tiene por objeto la reglamentación de la habilitación general para la provisión de redes y/o servicios de telecomunicaciones y el Registro TIC; de acuerdo a lo establecido en los artículos 10 y 15 de La Ley 1341 de 2009.

La Resolución 689 de 2004 atribuyó unas bandas de frecuencias radioeléctricas para su libre utilización dentro del territorio nacional, mediante sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local, que utilicen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia, en las condiciones establecidas por dicha resolución. El artículo 5º de la norma atribuyó las siguientes bandas de frecuencias para la operación de dichos sistemas inalámbricos de banda ancha y baja potencia[32]:

- a) Banda de 902 a 928 MHz
- b) Banda de 2.400 a 2.483,5 MHz
- c) Banda de 5.150 a 5.250 MHz
- d) Banda de 5.250 a 5.350 MHz
- e) Banda de 5.470 a 5.725 MHz
- f) Banda de 5.725 a 5.850 MHz

3.5 ANALIZADOR DE ESPECTRO.

El analizador de espectro es un instrumento utilizado en el análisis de señales, el permite visualizar el módulo del contenido espectral de frecuencias de una señal. Con la utilización del analizador de espectro se puede prever las posibles interferencias de señales que interfieren con el diseño de la Red.

3.6 PARAMETROS DEL RADIOENLACE.

Los enlaces son de gran utilidad y prácticos debido a que no requieren de instalaciones físicas entre las estaciones de Tx y Rx, como cable coaxial o fibras ópticas, por lo que no requieren de adquisiciones de derecho de vías entre las estaciones ni de instalaciones subterráneas o cableadas sobre postes. Cuando la distancia entre Tx y Rx excede los 6 Km es necesario tomar en cuenta el radio de curvatura de la tierra por lo que se tiene que elevar las alturas de las antenas transmisoras y receptoras en el caso del desarrollo de la Red Inalámbrica no es necesario disponer de este cálculo ya que los enlaces no sobrepasan estas distancias.

En los enlaces Inalámbricos se consideran muchos factores, dependiendo de algunos agentes como son: la distancia, temperatura, topología, entre otros; en el caso de los enlaces que se realiza para la Red Inalámbrica en el Proyecto Teleférico de las Lajas se identificó algunos de ellos los cuales tenían relación con las características en el presupuesto de potencia y el cálculo por condiciones geométricas (zonas de Fresnel). Con estos cálculos se tiene un enlace confiable para cumplir con el desarrollo del Proyecto. A continuación, se amplía estos ítems.

3.6.1 Cálculo del Balance de Potencias.

Es importante conocer parámetros como son la banda de frecuencias, las características climáticas de la zona y las especificaciones técnicas de los equipos de radio: potencia del transmisor, ganancias de las antenas, distancia, sensibilidad del receptor, requisito de disponibilidad, entre otros. Este cálculo del balance de potencias del sistema constituye una primera estimación teórica que puede corroborarse posteriormente con la utilización de aplicaciones informáticas como es el software Radio Mobile. La estimación de potencia es una herramienta de cálculo que es basada en la fórmula de Friis. Se debe identificar algunas propiedades de los equipos como es la sensibilidad de recepción (una potencia mínima para recibir datos con una tasa de error aceptable), una potencia de transmisión limitada y pérdidas en los diversos medios por los cuales pasa la señal. El presupuesto de potencia suma todas las ganancias, resta las pérdidas a lo largo del enlace inalámbrico como se indica en la Figura 5 y predice si el nivel de la señal será lo suficientemente alto para que el enlace trabaje adecuadamente. La ecuación del Balance de Potencias se calcula como lo indica la ecuación (1)[6].

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_1 + G_2 - P_L - L_p \quad (1)$$

Donde

P_{Rx} es la potencia de recepción [dBm]

P_{Tx} es la potencia de transmisión [dBm]

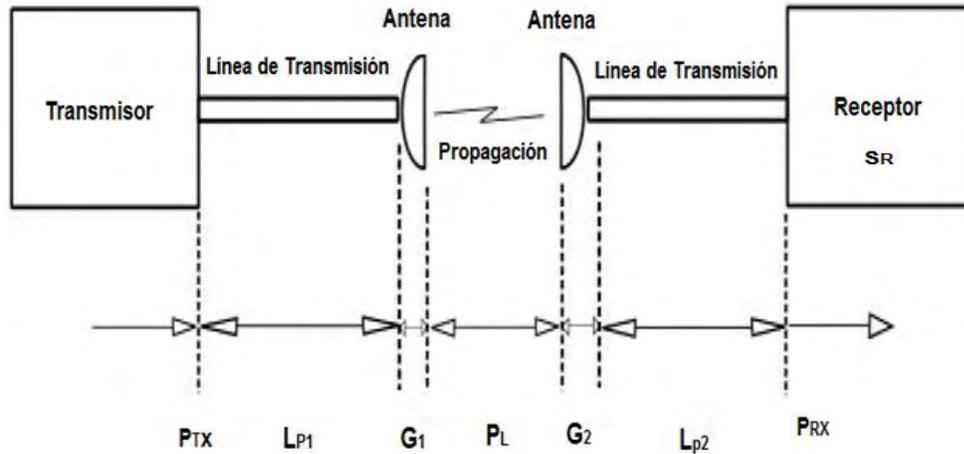
G_1 es la ganancia de la antena transmisora [dB]

G_2 es la ganancia de la antena receptora [dB]

P_L es la pérdidas de espacio libre [dB]

L_p es la suma de L_{p1} más L_{p2} los cuales son las perdidas en el cable y conectores en las dos antenas

Figura 5. Balance de Potencias.



3.6.2 ATENUACIÓN A ESPACIO LIBRE.

La pérdida en trayectoria por el espacio libre es una cantidad técnica artificial que se originó debido a la manipulación de las ecuaciones de presupuesto de un enlace de comunicaciones según el balance de potencias, en la realidad no se pierde energía alguna; la energía se reparte al ser propagada alejándose de la fuente, y como consecuencia la potencia que llega al otro punto disminuye[3]. Todo sistema de telecomunicaciones debe diseñarse para que en el receptor se obtenga una relación señal-ruido mínima que garantice su correcto funcionamiento. Existen muchos mecanismos mediante los cuales la potencia de la señal portadora (onda electromagnética) experimentan pérdidas mientras viaja a través del espacio entre el transmisor y el receptor, una de ellas es la Atenuación a Espacio Libre, este fenómeno ocurre cuando se atenúa la potencia de una señal al viajar hasta otro terminal sin que exista obstáculo entre el transmisor y el receptor [7] dichas pérdidas se calculan mediante la siguiente ecuación (2).

$$PL(d_0)[dB] = 32,44 + 20\text{Log}(d_0) + 20\text{Log}(f) \quad (2)$$

Donde d_0 es la distancia [Km] y f es la frecuencia [MHz].

3.6.3 MARGEN RESPECTO AL UMBRAL.

También se la conoce con el nombre de Fade Margin y es la cantidad de señal que se recibe por encima del nivel de sensibilidad del receptor. Se calcula como la diferencia entre el Nivel de Señal Recibida (P_{Rx}) y el Umbral de Sensibilidad del receptor (S_R) como se indica en la ecuación (3).

$$Mu[dB] = P_{Rx}[dBm] - S_R[dBm] \quad (3)$$

3.6.4 MARGEN DE DESVANECIMIENTO.

Esto ocurre cuando al propagarse una onda electromagnética por la atmósfera terrestre, la señal puede tener pérdidas intermitentes de intensidad, además de la pérdida normal en la trayectoria. Las pérdidas se pueden atribuir a varios fenómenos, que incluyen efectos de corto y largo plazo. Esta variación en la pérdida de la señal se llama desvanecimiento y se puede atribuir a perturbaciones meteorológicas como lluvia, nieve, granizo, entre otras; a trayectorias múltiples de transmisión y a una superficie terrestre irregular. Para tener en cuenta el desvanecimiento temporal, se agrega una pérdida adicional de transmisión a la pérdida en trayectoria normal. A ésta pérdida se le llama margen de desvanecimiento.

El margen de desvanecimiento es un factor que se incluye en la ecuación de ganancia del sistema para considerar las características no ideales y menos predecibles de la propagación de las ondas de radio, como por ejemplo la propagación por trayectorias múltiples y la sensibilidad del terreno. El margen de desvanecimiento también tiene en cuenta los objetivos de confiabilidad del sistema. Desarrollando las ecuaciones de confiabilidad de Barnett-Vignat se obtiene la siguiente ecuación (4) para el margen de desvanecimiento (FM).[3]

$$Fm[dB] = 30\text{Log}D + 10\text{Log}(6ABf) - 10\text{Log}(1 - R) - 70 \quad (4)$$

Donde

D=es la distancia [Km]

f= es la frecuencia [Ghz]

R= confiabilidad en decimales (es decir, 99.99%=0.9999 de confiabilidad)

1-R= Objetivo de confiabilidad para una ruta de 400Km en un sentido

A= factor de aspereza, donde puede tomar diferentes valores

4= sobre agua o un terreno muy liso

1= sobre terreno promedio

0.25= sobre un terreno muy áspero y montañoso

B= factor para convertir la probabilidad del peor de los meses en probabilidad anual

1= para convertir una disponibilidad anual a la base del peor de los meses

0.5= para áreas cálidas o húmedas

0.25= para áreas continentales promedio o con climas normales

0.125= para áreas muy secas o montañosas

3.6.5 LÍNEA VISUAL.

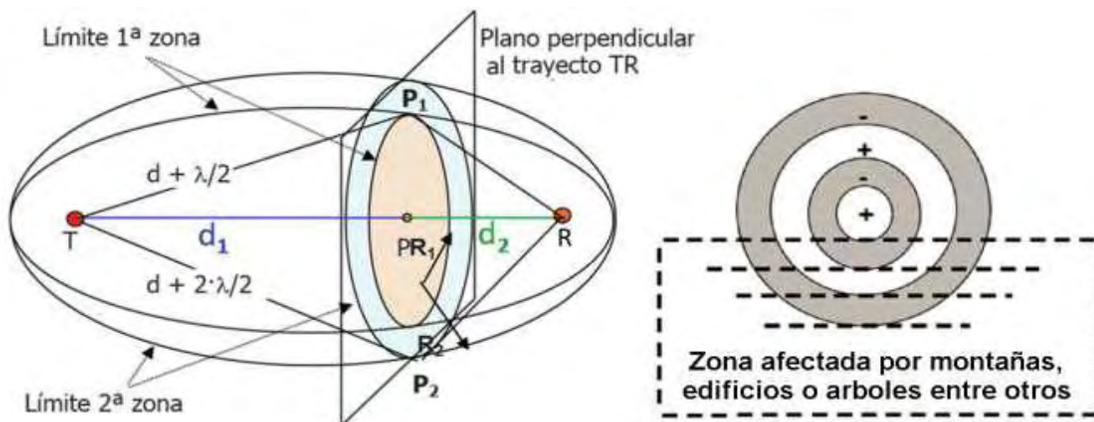
El término línea visual se conoce como LOS (por su sigla en inglés, Line of Sight)[3], es fácil de comprender cuando hablamos acerca de la luz visible: si podemos ver un punto B desde un punto A donde estamos, tenemos línea visual además se debe tener en cuenta que no debe haber nada en entre el enlace. La mayoría de las características de propagación de las ondas electromagnéticas son proporcionales a la longitud de onda. Este es el caso del ensanchamiento de las ondas a medida que avanzan. La luz tiene una longitud de onda de aproximadamente 0,5 micrómetros, las microondas usadas en las redes inalámbricas tienen una longitud de onda de unos pocos centímetros. El radio de su haz va a incrementarse con la distancia. La línea visual que necesitamos para tener una conexión inalámbrica óptima desde A hasta B es más que simplemente una línea delgada, su forma es más bien la de un cigarro, un elipsoide. Su ancho puede ser descrito por medio del concepto de zonas de Fresnel[8].

3.6.6 ZONA FRESNEL.

La zona Fresnel es la propagación de las ondas de radio entre dos puntos la onda no se propaga en línea recta debido a consideraciones de dispersión, la propagación se realiza en un área elíptica por encima y debajo de la línea recta del pasaje visual entre los dos puntos a interconectar. Esta zona elíptica se llama Zona de Fresnel y como consecuencia, las obstrucciones en esta zona deterioran la calidad de transmisión, como también la reducción de la distancia operacional entre los dos puntos. Esta zona entre los dos puntos no debería ser invadida por ningún objeto, bajo riesgo de que se genere una difracción que degrade adicionalmente la transmisión, si hay mayor invasión de la zona se producirá mayor magnitud de degradación de la señal. Existen infinitas zonas de Fresnel cada zona envuelve a la anterior, en este caso se va a determinar la primera zona de Fresnel es la más importante ya que en ella se concentra el porcentaje de la energía total radiada por el transmisor. En el proyecto si se encuentra obstáculos se va a garantizar por lo menos el 60% de estos.

El radio de la n -ésima zona Fresnel depende de la longitud de onda λ y las distancias del obstáculo a las antenas transmisora y receptora d_1 y d_2 respectivamente como indica la ecuación (5)[7]. La zona Fresnel se ilustra en la Figura 6.

Figura 6. Regiones Críticas de las zonas Fresnel.



$$r = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (5)$$

Dónde:

r = Radio de la primera zona Fresnel

d_1 = Distancia desde el transmisor [m]

d_2 = Distancia desde el receptor [m]

λ = Longitud de Onda

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

3.7 SOFTWARE PARA SIMULAR LOS ENLACES

Es una herramienta que permite confirmar con mayor exactitud los cálculos de los enlaces realizados de forma manual. El software calcula de forma automática y toma factores que manualmente no se los puede considerar como la pérdida en el espacio libre, en cambio con esta herramienta toma en cuenta otros factores relevantes (como absorción de los árboles, efectos del terreno, clima, e incluso la estimación de las pérdidas en el trayecto en áreas urbanas) resultando la pérdida en el espacio libre con mayor cantidad de variables y por consiguiente dando valores más cercanos a los reales por lo tanto, la utilización de un software es importante en el proyecto para verificar de una manera exacta los resultados conseguidos de la manera manual, el software a utilizar es Radio Mobile a continuación se describe de manera detallada.

3.7.1 RADIO MOBILE.

El estudio de viabilidad de la red debe incluir una simulación del diseño propuesto anteriormente con este software se logra satisfacer dicho fin, con la simulación de despliegue de la red se evalúa la viabilidad de los cinco enlaces realizados.

Radio Mobile es una herramienta para el diseño y simulación de sistemas inalámbricos. Predice las prestaciones de radioenlaces utilizando información acerca del equipo y un mapa digital del área. Es un software de dominio público, pero no de fuente abierta. Radio Mobile usa un modelo digital de elevación del terreno para el cálculo de la cobertura e indica la intensidad de la señal recibida en varios puntos a lo largo del trayecto.

Construye automáticamente un perfil entre dos puntos en el mapa digital mostrando el área de cobertura y la primera zona de Fresnel. Radio Mobile usa modelos digitales de elevación de terreno (mapas digitales) para calcular automáticamente el perfil del trayecto entre el transmisor y el receptor, además puede ser usado para predecir la atenuación de las señales de radio en sistemas WLAN Y WMAN.

Radio Mobile no sólo calcula presupuestos del enlace sino también produce una variedad de mapas virtuales, vistas 3D, vistas estereoscópicas y hasta animaciones. Además, proporciona toda la información necesaria para alinear las antenas tanto en el plano horizontal como vertical.

El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM o conocido como Modelo del Terreno Irregular⁷ (Irregular Terrain Model) o modelo Longley-Rice. Lo que permite predecir la atenuación media de una señal de radio que se propaga en un entorno troposférico sobre terreno irregular. Para ello, calcula la atenuación media de la misma, en función de la distancia y de la variabilidad de la señal en el espacio y en el tiempo[9].

Radio Mobile utiliza datos digitales de elevación del terreno que se descarga gratuitamente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés, y generar un perfil del trayecto entre un emisor y un receptor, esto permite tener de una manera fácil y completa la información necesaria de todo el sector del corregimiento de Las Lajas del municipio de Ipiales para poder ubicar los equipos y lograr los enlaces necesarios para la correcta comunicación de datos e información. Todo esto sirve como una herramienta para conocer los factores que se deben modificar y lograr por medio de este software las correcciones necesarias que permiten reflejar de forma fiel los equipos propuestos para el diseño a utilizar en la Red Inalámbrica.

4. MARCO METODOLÓGICO

⁷ Modelo del Terreno Irregular⁷ (ITM por sus siglas en inglés). Es un modelo para propagación de radio ITM de Longley-Rice (1968) Este algoritmo está basado en la teoría del electromagnetismo y en el análisis estadístico de las características del terreno y de los parámetros del radioenlace.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO TÉCNICO.

El proyecto consiste en conectar mediante radioenlaces zonas del Corregimiento de las Lajas en donde no existe señal de Internet. La señal que se quiere irradiar hacia los demás puntos proviene de la empresa Unimos la cual está ubicada en la ciudad de Ipiales y llega hasta la Antena de RCN en las Lajas punto de partida para la realización de los enlaces hacia la Estación Superior, Estación Intermedia, Estación Inferior y la zona que comprende el parqueadero con el sector superior de las Lajas.

4.2 ESTUDIO DE CAMPO

En el desarrollo de la primera fase se efectuó un estudio para definir los lugares que más se ajusten para la realización de la Red Inalámbrica. Se comenzó analizando la necesidad de la Corporación de tener una Red en su proyecto del Teleférico, determinando las zonas en las cuales es importante la comunicación de datos, llegando a concretar que estas zonas son: la Estación Superior, La Estación Intermedia, Estación de Llegada, Una parte superior de las Lajas (Tola) y el Parqueadero; Posteriormente se realizó junto con la ayuda de la Corporación un estudio de campo, en el que se identificó principalmente los puntos de recepción de la Señal de WiFi que llega de la Empresa Unimos desde la ciudad de Ipiales hasta la parte denominada "La finca de la Antena" situada en la Estación Superior, en este lugar está la antena RCN que se muestra a continuación en la **Error! Reference source not found.** Esta antena es el punto inicial donde se empezó el estudio de campo y se determinó cuáles son los puntos más adecuados e accesibles para situar las antenas, permitiendo conocer los espacios propicios para elaboración del desarrollo del primer objetivo.

Figura 7. Antena RCN.



Con la obtención de la señal de la Antena RCN que llega de la Empresa Unimos ubicada en la ciudad de Ipiales con una velocidad de 261Mbps se irradia hasta la Estación Superior Figura 8, sector referenciado para el emplazamiento de las cabinas y el ingreso al Teleférico; se sitúan también oficinas de la Corporación y algunos sistemas de control, en consecuencia es importante que se tenga la señal de WiFi en este punto ayudando a las diferentes actividades concretadas en esta zona.

Definiendo el primer enlace proyectado desde la Antena RCN hasta la Estación Superior, sitio en donde se acata que no existen obstáculos que interfieran con la propagación de las ondas, esto posibilita punto de vista (*LOS, Line Of Sight*)⁸ entre las dos antenas que se requieren para la comunicación.

Dependiendo de necesidades de conexiones futuras; la recomendación emplear antenas sectoriales con el fin de ofrecer cobertura en la Estación Superior e irradiar la señal en las áreas determinadas.

⁸ Line Of Sight (línea de visión) se refiere a la radiación electromagnética o a la propagación de ondas acústicas. La transmisión electromagnética incluye las emisiones de luz que se propagan en línea recta. Los rayos u ondas pueden ser difractados, refractados, reflejados o absorbidos por la atmósfera y los obstáculos con el material y, en general no pueden viajar sobre el horizonte o detrás de obstáculos.

Figura 8. Estación Superior.



Prosiguiendo con el estudio de campo, el esquema a seguir era comunicar la Antena RCN con la Estación Intermedia ejecutando este segundo enlace; se encontró un problema debido a la situación geográfica una obstrucción entre las antenas y por consiguiente no se posibilitó la línea de vista (LOS), primordial para realizar el enlace punto a punto. Se recurrió a una alternativa que sea viable y económica para la corporación; la primera solución era la construcción de una torre cuya ubicación sería la parte en donde empieza la carretera, este sitio permite el enlace de la Antena RCN con la Estación Intermedia, el inconveniente son los altos costos para la construcción de la torre, como segundo recurso se pensó la Torre 4 como se indica en la Figura 9, estructura que hace parte de las construcciones por donde las Góndolas realizan su recorrido, posibilitando el empleo de recursos presentes en el proyecto sin elevar los costos. Esta segunda opción se ajustó al proyecto por tal motivo se aprovechó la torre, estableciendo el enlace de la Antena RCN y la Estación Intermedia, con este procedimiento se logró dos enlaces; uno de ellos está comprendido desde la Antena RCN hasta la torre 4 segundo enlace, y el tercer enlace ubicado desde la Torre 4 hasta la Estación Intermedia.

Figura 9. Torre 4.



Al plantear el tercer enlace se notó algunos factores que hacen parte de la vegetación, como árboles ubicados a los costados a la llegada de la Estación Intermedia. Para dar una mejor idea de la situación topográfica; nos ubicamos en Torre 5 ilustrada en la Figura 10 percibiendo diferentes tipos de árboles como lo demuestra la Figura 11 una posible pérdida de señal es la causa de estos obstáculos naturales. Este inconveniente se manifestó al Ing. Ricardo Obando Gerente del Proyecto evidenciando una solución pronta de despeje de la zona, para que la señal llegue con mayor magnitud a este punto y sin ninguna dificultad.

Figura 10. Torre 5.



Figura 11. Vista Superior de La Estación Intermedia.



Con la señal en la Estación Intermedia se lleva a efecto la comunicación WiFi, prestando este servicio a las personas que realicen su recorrido por este punto logrando perdidas mínimas de señal de acuerdo con lo estipulado para este enlace, además de enlazarse con los sistemas de control ubicados en esta parte.

En la Estación Intermedia Figura 12 se recibe la señal de dos enlaces; el primer enlace tiene lugar en la Antena RCN hasta la Torre 4, seguido del enlace desde la Torre 4 hasta la Estación Intermedia estableciendo una comunicación punto a punto y logrando dar cobertura a las personas que deseen conectarse a la red en el momento que disfrutan del hermoso paisaje a través del Teleférico; al mismo tiempo servirá de soporte para informar y comunicar cualquier anomalía que pueda suceder con el sistema de control, alertando por medio de la red si se presentan algunas fallas para solucionarlas lo más pronto posible sin afectar la tranquilidad de los usuarios.

Figura 12. Estación Intermedia.



La señal en la Estación Intermedia se radiará en un futuro con antenas sectoriales dependiendo de las necesidades de conexión, cubriendo toda el área de cobertura y cumpliendo con las expectativas para lograr una red óptima que permita una conexión estable y segura para esta Estación.

Con la señal en La Estación intermedia se efectúa el cuarto enlace punto a punto hasta la Estación de Llegada. Se procede el estudio con una inspección visual en la zona, determinando que el único obstáculo entre el enlace es la Torre 10 como se muestra en la Figura 13. En el momento el enlace se establece como se afirmó anteriormente, si el enlace no resulta como se espera, se debe realizar un nuevo estudio que garantice una buena recepción de la señal hasta la Estación de Llegada.

Figura 13 . Obstáculo Torre 10.



Formalizando la llegada de la señal a la Estación Inferior desde la Antena RCN se tiene que ha recorrido todo el trayecto del Teleférico, cubriendo los puntos para el servicio de Internet en la Estación Intermedia y Estación de Llegada; como se propone en el estudio de campo la Estación Superior necesita un enlace que contribuya a la obtención de la señal WiFi, algo que no se había contemplado en un principio en la elaboración del Anteproyecto, Por lo tanto en el trabajo se integró la Estación Superior para los análisis, cálculos, simulaciones respectivas para la construcción del documento.

Este primer estudio de campo contempla la comunicación de las zonas por donde el Teleférico realiza su recorrido hasta llegar a la Estación de Llegada Figura 14.

Figura 14. Estación de Llegada.



En el segundo estudio de campo los sectores de empalme fueron el Parqueadero y una parte del pueblo de Las Lajas, denominándolo como quinto enlace. Se toma la señal de la Torre 4 y se efectúa el enlace punto a punto hasta la torre del Parqueadero Figura 15, mostrando que no existe ningún impedimento para que la señal llegue a la localización, logrando es un enlace viable debido a que existe (LOS) y ningún objeto se encuentra entre los dos sitios a comunicar.

Figura 15. Torre Parqueadero.



Otra área a empalmar fue el sector del pueblo; con el quinto enlace se garantizó una buena conexión de acuerdo a la inspección visual, facilitando el uso de la Torre ubicada en el parqueadero para dicho fin. Dependiendo de futuras necesidades de conexión se aconseja irradiar la señal disponiendo de antenas sectoriales para la distribución de datos

para la parte superior del pueblo y la zona baja del parqueadero, como se observa que en la Figura 16.

Figura 16. Torre Parqueadero y Vista Superior Pueblito de las Lajas.



4.3 COORDENADAS DE LOS ENLACES

En esta etapa con la ayuda del estudio de campo realizado, se comenzó con la ubicación por medio de coordenadas geográficas los puntos establecidos que conforman los 5 enlaces a comunicar donde estarán ubicadas las antenas, las coordenadas de estos puntos se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas Geográficas.

Punto	Latitud	Longitud	Altura(m)
Antena RCN	0°48'41.72"N	77°35'44.65"O	2856
Estación Superior	0°48'40.63"N	77°35'50.03"O	2860
Torre 4	0°48'36.09"N	77°35'40.36"O	2816
Estación Intermedia	0°48'32.09"N	77°35'31.16"O	2716
Estación de Llegada	0°48'23.40"N	77°35'11.23"O	2647
Torre del Parqueadero	0°48'24.58"N	77°34'52.00"O	2711

Con la utilización de Google Earth⁹ se ingresa las coordenadas, con el fin visualizar las zonas a conectar como se muestra en la Figura 17; de este programa ha sido fácil obtener una idea visual del terreno, posibilitando una mejor concepción de las características de los enlaces. También facilita realizar los diagramas de enlace de manera sencilla y con gran precisión permite distribuir los puntos en donde es favorable la ubicación de las antenas, dando una idea de la realidad de la disposición de la Red.

Figura 17. Puntos a Comunicar.



Fuente: <http://www.google.com/earth/>

4.4 DISEÑO DE LOS ENLACES.

El proyecto consiste en interconectar mediante radioenlaces la Estación Superior, La Estación Intermedia, Estación de Llegada, una parte del Pueblo (Tola) de las Lajas y el Parqueadero, en base a estos lugares se determina el estudio que más se ajusta a los requerimientos de la Corporación con el fin de aprovechar los recursos presentes en la zona como son las Torres. Se hace uso de la torre 4 por su ubicación la cual permite el empalme con Antena RCN con la Estación Intermedia y con la torre del Parqueadero; para estos enlaces se aprovecha la estructura de la torre 4 necesariamente porque entre antena y antena no existe ningún tipo de obstáculo.

⁹ Es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por Imagen satelital, fotografía aérea, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por ordenador.

Para la realización del Diseño de la Red se precisó de las alturas de las torres del Teleférico en especial de la torre 4, la cual sirve para hacer el enlace a los sectores determinados, estas alturas se pueden observar en el ANEXO A. Los equipos Ubiquiti son los empleados para la Red.

4.5 EQUIPOS A UTILIZAR.

En el Diseño de los Enlaces se eligió las antenas con características que se ajusten a las exigencias del proyecto tales como la frecuencia de banda sin licencia, potencia, ganancia entre otros atributos estas especificaciones se las observa en el ANEXO B y ANEXO C, algo importante es la referencia de los equipos los cuales deben ser de la misma marca para evitar problemas de afinidad, las propiedades de los equipos se indican en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2. Características del primer equipo.

Equipo 1	
Tipo de Antena	Ubiquiti Airgrid M2
Potencia	28dbm o 631mw
Ganancia	20dbi
Frecuencia de Operación	2.4Ghz
Sensibilidad Rx	-97dbm

Tabla 3. Características del segundo equipo.

Equipo 2	
Tipo de Antena	NanoBridge M2 Ubiquiti
Potencia	23dbm o 200mw
Ganancia	18dbi
Frecuencia de Operación	2.4Ghz
Sensibilidad Rx	-94dbm
Polaridad	Dual

4.5.1 EQUIPOS PARA LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED

En este proyecto se ejecutaron cinco enlaces, pero al lograr que las señales lleguen a los puntos requeridos se deberá irradiar estas señales por medio de Antenas sectoriales Nanoestación Ubiquiti M2 en este documento no estará soportado lo anterior ni la recomendación de los equipos; como una opción para la infraestructura de la Red se puede establecer de la siguiente manera:

- **Punto de acceso (Acces Point, AP):** en redes de computadoras es un dispositivo que interconecta equipos de comunicación inalámbrica para formar una red inalámbrica el AP se considera como el punto principal de emisión y recepción, este punto concentra la señal de los nodos inalámbricos y centraliza el reparto de la información de toda la red local sirviendo como puente para conectar de manera inalámbrica dos puntos de acceso a una distancia considerable, la cual por lo general se configura en sistema de distribución inalámbrico (WDS por sus siglas en inglés) es un sistema que permite la interconexión inalámbrica de puntos de acceso en una red IEEE 802.11. Permite que ésta pueda ser ampliada mediante múltiples puntos de acceso sin la necesidad de un cable troncal que los conecte.
- **Antenas sectoriales:** Son antenas que tienen un patrón de radiación de 60°, 90 °, y 120 ° su mayor característica es que tienen una mezcla de antenas direccionales y las antenas omnidireccionales. las antenas sectoriales se pueden comparar a un haz de luz largo pero no tan estrecho, sino más amplio, por tal razón tiene la ventaja de ofrecer una amplia señal WiFi, la operación debe ser en la banda de 2,4GHz para que sean compatibles con dispositivos IEEE 802.11. De acuerdo al patrón de radiación de las antenas una buena alternativa para radiar la señal hacia las Estaciones del Teleférico, el parqueadero y el pequeño sector del pueblito de las Lajas es utilizando las antenas sectoriales Nanoestación Ubiquiti M2.
- **Equipo local del cliente (CustomerPremisesEquipment,CPE):** es un equipo de telecomunicaciones usado tanto en interiores como en exteriores para originar, encaminar o terminar una comunicación. El equipo puede proveer una combinación de servicios incluyendo datos, voz, video y un host de aplicaciones multimedia interactivos, su operación de ser en la banda 2,4Ghz.
- **Swich:** Es un dispositivo de interconexión de redes de computadoras, su función es interconectar dos o más segmentos de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red. Para el diseño de la red se utilizan swiches configurables de 24 puertos, Fast Ethernet para ofrecer Internet a los computadores de las oficinas y a los puestos de control en las Estaciones.
- **Servidor Radius (acrónimo en inglés de Remote Authentication Dial-In User Server):** Es un protocolo de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a la red o movilidad IP. Utiliza el puerto 1813 UDP para establecer sus conexiones. Se basa en protocolo Radius que permite gestionar la autenticación, autorización y registro de usuarios. La elección del servidor se debe hacer teniendo en cuenta la capacidad de usuarios a conectar.

4.6 ENLACES REALIZADOS.

Primer enlace: Antena RCN hasta la Estación Superior

Para este primer enlace se tiene una antena Directivas Ubiquiti Airgrid M2 su ubicación será en la torre donde está la antena RCN, conectándose con la Estación Superior en donde se tendrá la antena Ubiquiti Nanobridge M2. Las coordenadas de la Antena RCN son $0^{\circ}48'41.72''N$, $77^{\circ}35'44.65''O$ a una altura de 2856m y la Estación Superior está a $0^{\circ}48'40.63''N$, $77^{\circ}35'50.03''O$ a una altura de 2860m, la distancia entre los dos puntos es de 0.17Km.

En la Figura 18 con ayuda de Google Earth se puede observar el primer enlace.

Figura 18. Primer Enlace.

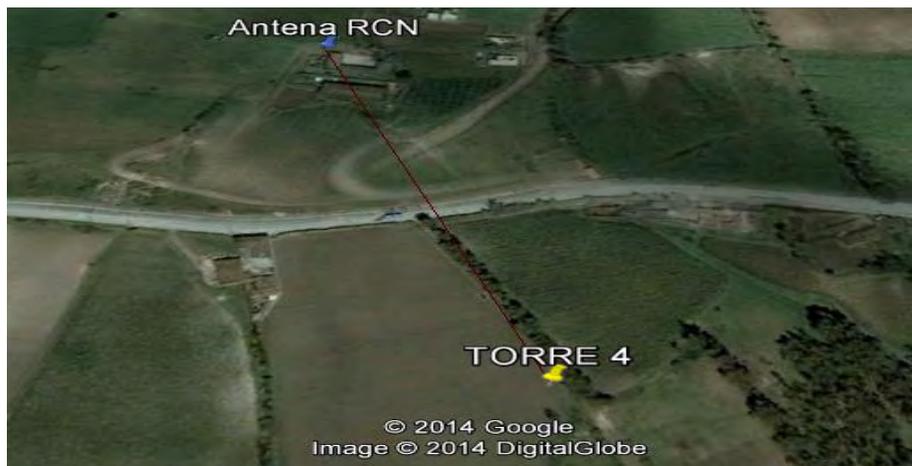


Fuente: <http://www.google.com/earth/>

Segundo enlace: Antena RCN hasta la Torre 4

Por causa de lo difícil de tener una conectividad directa entre la Antena RCN y La Estación Intermedia por factores de línea de vista; se diseñó un segundo enlace Figura 19, que cuenta con una antena Directiva Ubiquiti Airgrid M2 la cual estará ubicada en la antena RCN para enlazarse con la Torre 4 que cuenta con la antena Ubiquiti NanoBridge M2, las coordenadas donde está la antena de RCN son $0^{\circ}48'41.72''N$, $77^{\circ}35'44.65''O$ a una altura de 2856m y la Torre 4 está a $0^{\circ}48'36.09''N$, $77^{\circ}35'40.36''O$ a una altura de 2816m, la distancia entre los dos puntos es de 0.22Km.

Figura 19. Segundo Enlace.



Fuente: <http://www.google.com/earth/>

Tercer enlace: Torre 4 hasta Estación Intermedia

De acuerdo a la topografía del terreno se imposibilitó la línea de vista (LOS) entre Antena RCN y la Estación Intermedia; siguiendo el estudio de campo la solución de la Torre 4 como alternativa para los enlaces, se ajusta al diseño de comunicar la Antena RCN por medio de la Torre 4 hasta la Estación Intermedia. En la torre 4 se ubica un repetidor pasivo adecuado ya que la distancia es corta por lo tanto la potencia no va hacer alta, el repetidor es back to back consta de dos antenas una de las antenas es una yagi; su ubicación por encima de la antena Directiva Ubiquiti NanoBridge M2 tiene la función de recibir la señal de la Antena RCN y absorber la energía (apertura efectiva) hasta transmitirla por un cable hacia la antena Ubiquiti NanoBridge M2 radiando la señal a la Estación Intermedia.

Para el tercer enlace Figura 20, se tiene una la antena Directiva Ubiquiti NanoBridge M2 la cual estará ubicada en la Torre 4 las coordenadas son $0^{\circ}48'36.09''N$, $77^{\circ}35'40.36''O$ a una altura de 2816m hasta la Estación Intermedia donde se tendrá la antena Ubiquiti NanoBridge M2 con coordenadas $0^{\circ}48'32.09''N$, $77^{\circ}35'31.16''O$ a una altura de 2716m y la distancia entre los dos puntos es de 0.31Km.

Figura 20. Tercer Enlace.



Fuente: <http://www.google.com/earth/>

Cuarto enlace: Estación Intermedia hasta la Estación de Llegada

En este caso se cuenta con una la antena Directiva Ubiquiti NanoBridge M2 en la Estación Intermedia cuyas coordenadas son $0^{\circ}48'32.09''N$, $77^{\circ}35'31.16''O$ a una altura de 2716 m enlazándose con la Estación de Llegada por medio de la antena Ubiquiti NanoBridge M2 con coordenadas $0^{\circ}48'23.40''N$, $77^{\circ}35'11.23''O$ a una altura de 2647m, la distancia entre los dos puntos es de 0.67Km. Este enlace se observa en la Figura 21 utilizando Google Earth.

Figura 21. Cuarto Enlace.



Fuente: <http://www.google.com/earth/>

Quinto enlace: Torre 4 hasta la Torre del Parqueadero

Para el quinto enlace se tiene la antena Directiva Ubiquiti NanoBridge M2 la cual estará ubicada en la Torre 4 las coordenadas son $0^{\circ}48'36.09''N$, $77^{\circ}35'40.36''O$ a una altura de 2816m este enlace se realiza hasta torre del Parqueadero en donde se encuentra la antena Ubiquiti NanoBridge M2 con coordenadas $0^{\circ}48'24.58''N$, $77^{\circ}34'52.00''O$ a una altura de 2711m. La distancia de los dos enlaces es de 1.54km. El enlace se indica a continuación por medio de la

Figura 22.

Figura 22. Quinto Enlace.

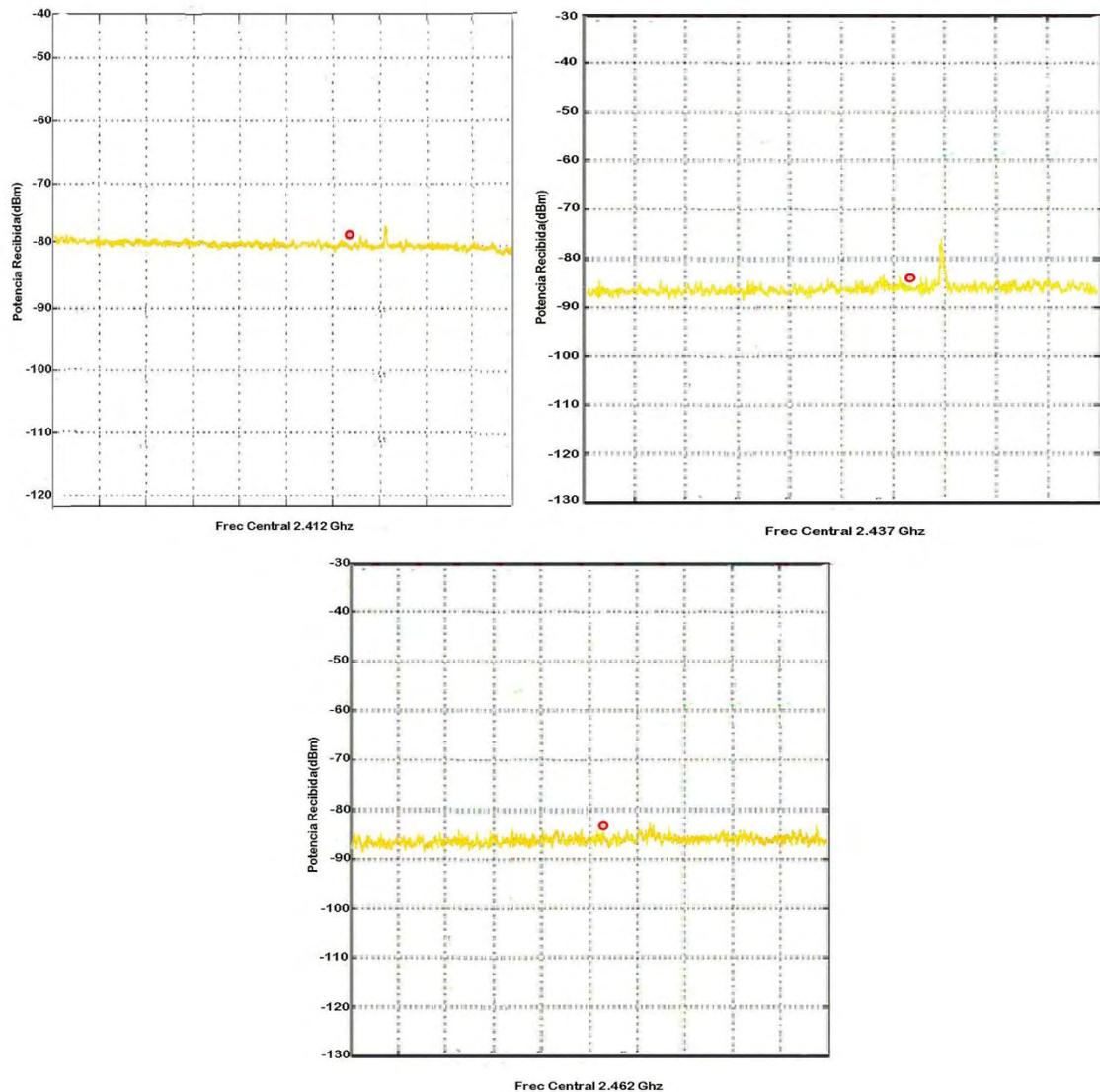


Fuente: <http://www.google.com/earth/>

4.7 ANÁLISIS DEL ESPECTRO.

Con la utilización del analizador de espectro Anritsu MS2721 se hace la medición en cada superficie determinada para cada enlace; se determina los canales para realizar la transmisión sin que ocurra ningún tipo de traslape o interferencias entre ellos.

Figura 23. Estación Superior Canal 1,6,11.



En la estación Superior las gráficas con el analizador de espectro muestran claramente que no existen ningún tipo de interferencia en los tres canales de la banda de 2,4Ghz. Solo se aprecia un pico en la frecuencia central de 2,437Ghz, pero esta por fuera de la frecuencia central sin causar interferencia mayor.

Figura 24. Estación Intermedia Canal 1,6,11.

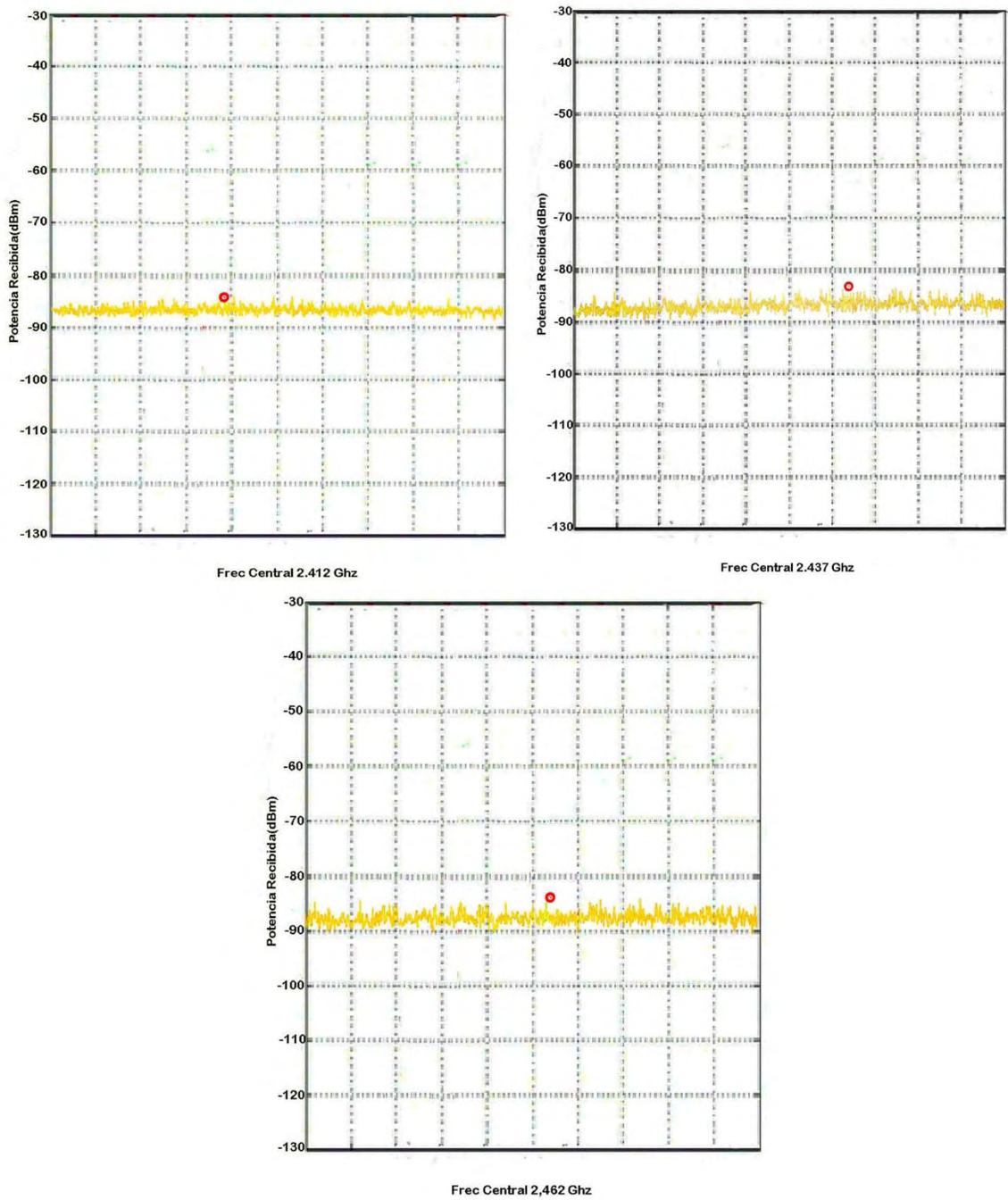
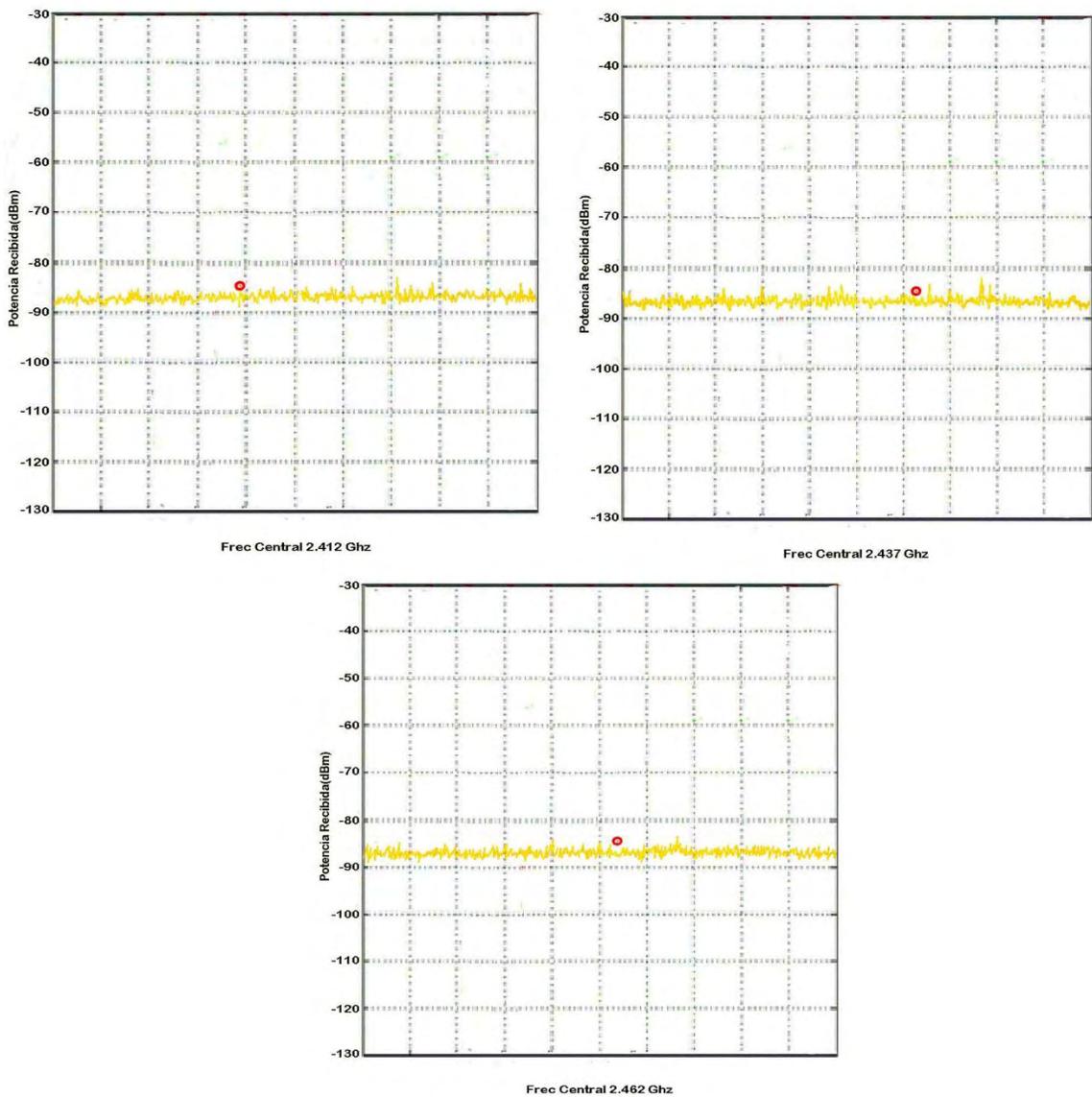
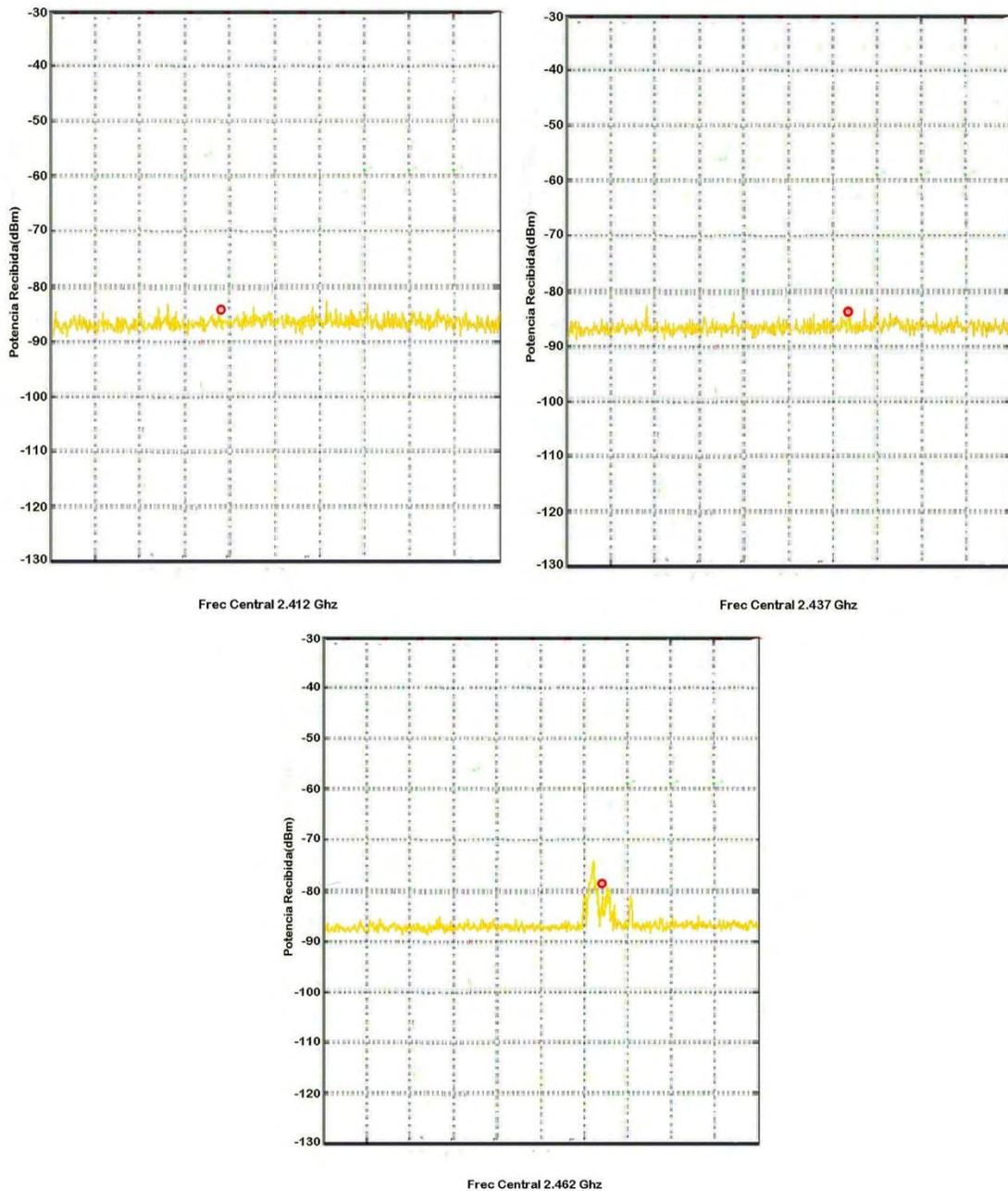


Figura 25. Estación Final Canal 1,6,11.



Las dos estaciones tanto la Intermedia como la Final están libres de interferencias, los tres canales no indican ningún tipo de perturbaciones por factores externos, por lo tanto, estos sitios no presentan problemas al momento de establecer los enlaces.

Figura 26. Parqueadero Canal 1,6,11.



Los canales 1 y 2 están libres de otras señales, sin embargo en la frecuencia de 2,462Ghz se observan picos de otras señales desconocidas que pueden oscilar entre un rango de -10dBm implicando interferencia de señal, lo más viable podría ser la no utilización del canal 11.

4.8 CALCULO DE LOS ENLACES.

Conseguido el estudio de viabilidad de los cinco enlaces es necesario la realización de los cálculos de algunos ítems para la disminución de probabilidad de errores permitiendo enlaces con un buen funcionamiento y siguiendo algunas normas para la realización de radioenlaces.

4.8.1 PERDIDA EN ESPACIO LIBRE.

Para el primer enlace se calcula la potencia con que la señal llega hasta la Estación Superior donde hay una perdida por dispersión esto se hace utilizando la ecuación (2).

$$PL(d_0)[dB] = 32,44 + 20Log(d_0) + 20Log(f) \quad (2)$$

Donde d_0 es la distancia [Km] y f es la frecuencia [MHz].

Los datos del primer enlace son $d_0 = 0.17\text{Km}$ y la $f = 2400\text{MHz}$

Remplazando los datos en la fórmula:

$$PL(d_0)[dB] = 32,44 + 20Log(0.17) + 20Log(2400) = 84.65dB$$

En la Tabla 4 se muestra los resultados de la Perdida en Espacio Libre en los enlaces realizados.

Tabla 4. Perdida en Espacio Libre.

Enlace	Perdida en Espacio Libre[dBm]
Antena RCN hasta la Estación Superior	84.65
Antena RCN hasta la Torre 4	86.89
Torre 4 hasta Estación Intermedia	89.87
Estación Intermedia hasta la Estación Inferior	96.57
Torre 4 hasta la Torre del Parqueadero	103.79

4.8.2 POTENCIA EN EL RECEPTOR.

Este cálculo ayuda a identificar la ganancia mínima que debe tener el sistema después de haber conocido los parámetros de atenuaciones y ganancias involucradas en este primer enlace, para esto se recurre a la ecuación (1).

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_1 + G_2 - P_L - L_p \quad (1)$$

Dónde:

P_{Rx} Es la potencia de recepción [dBm] en este caso es 23 dBm.

P_{Tx} Es la potencia de transmisión [dBm] para este primer enlace es de 28 dBm.

G_1 Es la ganancia de la antena transmisora [dBi] que será igual a 20 dBi.

G_2 Es la ganancia de la antena receptora [dBi] es igual a 18 dBi.

P_L Es las pérdidas de espacio libre [dB] se realizó con el cálculo anterior, dando el resultado 84.65 db.

L_p Son las perdidas en el cable y conectores en las dos antenas, para el peor de los casos sea tomado una perdida aproximada de 5[dB] se deberá hacer estos cálculos en la implementación de la red, revisando las especificaciones suministradas por el fabricante y la hoja de datos para las perdidas en su rango de frecuencia y el tipo de conector que se utilizará. Por el momento se tomará este valor el cual es un aproximado y no es el real.

Remplazando los datos en le ecuación (1) se obtiene:

$$P_{Rx} = -28 - 20 - 18 + 84.65 + 5 = 23.65dBm$$

Se tiene que $P_{Rx} = 23.65dBm$ y $SR = -94dBm$ con esto se concluye que la margen de seguridad de la Potencia recibida en el receptor supera a la Sensibilidad del receptor para un correcto funcionamiento del enlace.

En la Tabla 5 se indican los resultados de la Potencia del Receptor para los cinco enlaces.

Tabla 5. Potencia del Receptor.

Enlace	Potencia del Receptor[dBm]
Antena RCN hasta la Estación Superior	23.65
Antena RCN hasta la Torre 4	25.89
Torre 4 hasta Estación Intermedia	35.87
Estación Intermedia hasta la Estación Inferior	42.57
Torre 4 hasta la Torre del Parqueadero	49.79

4.8.3 MARGEN RESPECTO AL UMBRAL.

Es el valor obtenido entre la Potencia de Recepción y la Sensibilidad del Receptor se calcula con la ecuación (3).

$$Mu[dB] = P_{Rx}[dBm] - S_R[dBm] \quad (3)$$

$$Mu[dB] = P_{Rx}[dBm] - S_R[dBm]$$

$$Mu[dB] = 23.65dBm - (-94dBm)$$

$$Mu[dB] = 117.65dB$$

Los resultados de los cálculos para todos los enlaces de Margen Respecto al Umbral se los muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Margen Respecto al Umbral.

Enlace	Margen Respecto al Umbral [dB]
Antena RCN hasta la Estación Superior	117.65
Antena RCN hasta la Torre 4	119.89
Torre 4 hasta Estación Intermedia	129.87
Estación Intermedia hasta la Estación Inferior	136.57
Torre 4 hasta la Torre del Parqueadero	143.79

4.8.4 MARGEN DE DESVANECIMIENTO.

Estos cálculos se realizan en el primer enlace para determinar la pérdida de la señal ocasionada por factores meteorológicos. En la zona de las lajas varían influyendo mucho en la eficiencia general del sistema, así como las interferencias externas que pueden existir, además de estos factores el margen de desvanecimiento permite tener una mayor confiabilidad de conexión entre la Antena RCN y la Estación Superior, para el cálculo del Margen de Desvanecimiento se recurre a la ecuación (4).

$$Fm[dB] = 30LogD + 10Log(6ABf) - 10Log(1 - R) - 70 \quad (4)$$

Elegimos el factor de aspereza A= 1 sobre terreno promedio y B= 0.25 para áreas continentales promedio de acuerdo con las características de la zona de las Lajas y obtenemos:

$$Fm[dB] = 30Log(0.17) + 10Log(6 * 1 * 0.25 * 2.4) - 10Log(1 - 0.9999) - 70$$

$$Fm[dB] = -47.524dB$$

Este margen de desvanecimiento debe ser menor o igual al valor del margen respecto al umbral lo cual se expresa en la siguiente formula:

$$Mu[dB] \geq Fm[dB]$$

$$117.65dB \geq -47.524dB$$

En la tabla 7 se hace una comparación entre los cálculos del margen de desvanecimiento y el Margen respecto al umbral.

Tabla 7. Relación Margen Respecto al Umbral y Desvanecimiento.

Enlace	Margen Respecto al Umbral [dB]	Margen de Desvanecimiento [dB]
Antena RCN hasta la Estación Superior	117.65	-47.524
Antena RCN hasta la Torre 4	119.89	-44.167
Torre 4 hasta Estación Intermedia	129.87	-39.696
Estación Intermedia hasta la Estación Inferior	136.57	-29.66
Torre 4 hasta la Torre del Parqueadero	143.79	-18.81dB

Es así que en todos los enlaces esta relación existe, permitiendo que se cumpla el objetivo de calidad; definido como la confiabilidad del sistema y es el porcentaje de tiempo que un enlace no se interrumpe por consecuencia del desvanecimiento.

4.8.5 PRESUPUESTO DEL ENLACE.

EL cálculo del presupuesto se elabora para una estimación aproximada de viabilidad de los enlaces en donde se hace una diferencia entre las pérdidas de señal del medio ambiente o pérdidas espacio libre y la ganancia total. En la tabla 8 y 9 se indica estos resultados.

Tabla 8. Trayecto de la señal de ida.

	Ganancia	Perdida en Espacio Libre	Diferencia	Margen de Señal

Enlace	Total [dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Antena RCN hasta la Estación Superior	61	84.65	-23,65	70,35
Antena RCN hasta la Torre 4	61	86.89	-25,89	68,11
Torre 4 hasta Estación Intermedia	56	89.87	-33,87	60,13
Estación Intermedia hasta la Estación Inferior	56	96.57	-40,57	53,43
Torre 4 hasta la Torre del Parqueadero	56	103.79	-47,79	46,21

Tabla 9. Trayecto de la señal de regreso.

Enlace	Ganancia Total [dB]	Perdida en Espacio Libre [dB]	Diferencia [dB]	Margen de Señal [dB]
Antena RCN hasta la Estación Superior	56	84.65	-28,65	68,35
Antena RCN hasta la Torre 4	56	86.89	-30,89	66,11
Torre 4 hasta Estación Intermedia	56	89.87	-33,87	63,13
Estación Intermedia hasta la Estación Inferior	56	96.57	-40,57	56,43
Torre 4 hasta la Torre del Parqueadero	56	103.79	-47,79	49,21

La margen de señal debe estar por encima de la sensibilidad del radio receptor para asegurar que los enlace sean estables y se destaquen por su buen desempeño en momentos de situaciones climáticas y anomalías atmosféricas difíciles. Se considera un margen de 10-15 dB como adecuado, pero para lograr espacio en atenuaciones y multitrayectos en la señal que se recibe el margen tiene que ser mayor de 20 dB[19], en las tablas anteriores tanto en la señal de ida como la de regreso el margen sobrepasa este valor teniendo el valor más bajo de 46.21 dB esto infiere en una buena calidad global del enlace.

4.8.6 ZONA DE FRESNEL.

Para los cinco enlaces a comunicar se verifica que en el trayecto de la señal no existe ningún tipo de objeto que degrade la conexión. Esto hace factible la realización del cálculo de la primera zona Fresnel valiéndose de la ecuación (5).

$$r = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (5)$$

En el primer sitio donde se tiene la señal en la Antena RCN se desarrolla el cálculo de la zona Fresnel que va hasta la Estación Superior utilizando las distancias de Tx y Rx, se hace uso de la ecuación (5) y sustituyendo los valores de velocidad de la luz y frecuencia de operación se encuentra la longitud de onda identificando así la primera zona Fresnel, como se muestra a continuación.

Dónde:

r = Radio de la primera zona Fresnel

d_1 = Distancia desde el transmisor [m]

d_2 = Distancia desde el receptor [m]

λ = Longitud de Onda

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

Donde $c = 3 * 10^8$ [m/ s] es la velocidad de la luz y $f = 2.4Ghz$ es la frecuencia de la cual vamos hacer uso.

Reemplazando estos valores podemos encontrar la longitud de onda así:

$$\lambda = \frac{3 * 10^8}{2.4 * 10^9} = 0.125m$$

Para la primera zona Frenel se tiene una distancia $d_1 = d_2 = 84.5m$ tendrá:

$$r = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

$$r = \sqrt{\frac{0.125(84.5)(84.5)}{169}}$$

$$r = 2.30m$$

En este enlace no se encuentra ningún obstáculo, Este motivo permite que no exista difracción que degrade la comunicación entre antenas. Se observa que el radio de la primera zona Fresnel es de 2.30m, indicador de un radio pequeño debido a la distancia entre antenas, por consiguiente si en un futuro existe algún obstáculo este enlace es muy confiable.

Para los cuatro enlaces se sigue el procedimiento anterior determinando la primera zona Fresnel. En la Tabla 10 se resume los resultados.

Tabla 10. Primera Zona Fresnel.

Enlace	Distancia del enlace entre A y B[Km]	d_1 y d_2 [m]	Zona de Fresnel [m]
Antena RCN hasta la Estación Superior	0.17	84.5	2.30
Antena RCN hasta la Torre 4	0.22	108.5	2.60
Torre 4 hasta Estación Intermedia	0.31	154.5	3.11
Estación Intermedia hasta la Estación Inferior	0.67	336	4.58
Torre 4 hasta la Torre del Parqueadero	1.54	768	6.93

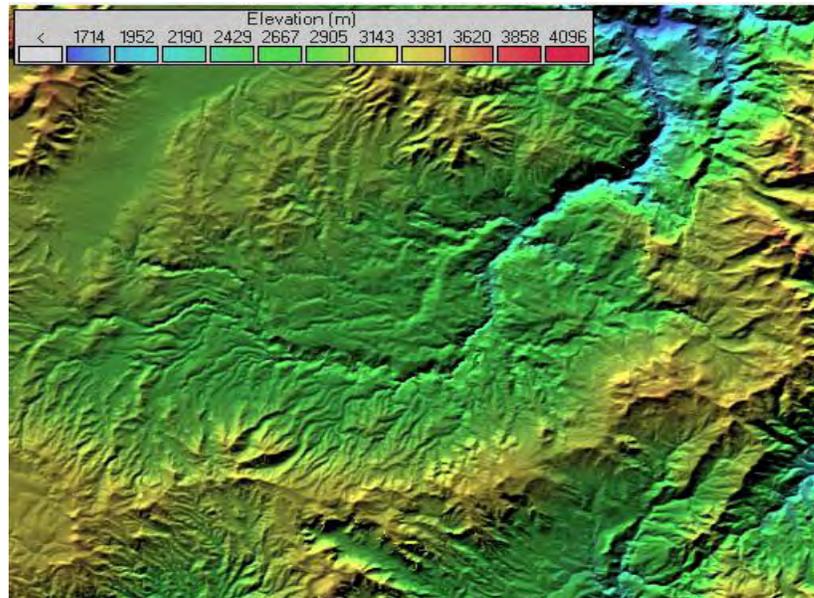
4.9 SIMULACIÓN DE LOS ENLACES.

En la Simulación se empleó el software Radio Mobile, en él se puede apreciar cálculos que incluyen: la obstrucción en el terreno de la línea de vista, la peor zona de Fresnel, cálculo de azimut, ángulo de elevación de la línea de vista, el campo eléctrico, la distancia, y algunos parámetros calculados anteriormente de manera manual. El mayor aporte de utilizar este software de simulación es poder visualizar cada uno de los enlaces y poder determinar además de los parámetros, los obstáculos presentes de los cinco enlaces realizados.

En la simulación con Radio Mobile se tomó en cuenta varios factores como; Los Parámetros del Sistema, estos se relacionan directamente con el sistema de comunicación involucrado y son independientes al ambiente algunos de ellos son: la frecuencia de la portadora, la distancia entre las dos antenas, la altura de cada antena medida por encima del suelo, la polarización de las antenas, las características de los equipos a utilizar. Parámetros Ambientales, describen el ambiente en el cual se va a operar. Parámetros de Implementación, se emplea el criterio de ubicación de las antenas previsto en el estudio de campo. Con estos parámetros se desarrolló las simulaciones de los cinco enlaces.

Teniendo en cuenta los parámetros anteriores para la simulación, se ingresó las coordenadas geográficas de cada zona utilizando Google Earth, y estos datos se los aplica a Radio Mobile obteniendo el levantamiento de perfil del terreno Figura 23 en donde se ubican los puntos de la Red Inalámbrica.

Figura 23. Perfil del Terreno.



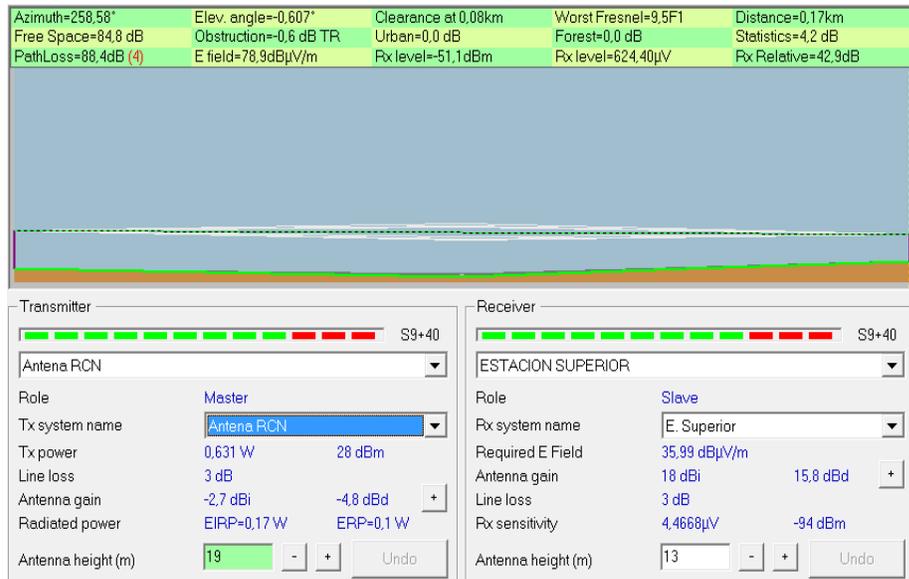
Fuente: Radio Mobile

4.9.1 SIMULACIÓN PRIMER ENLACE.

Configurando Radio Mobile con los parámetros analizados se obtiene el primer enlace, que está ubicado en la parte Superior del teleférico y se comunica con la antena RCN. Como la distancia entre los enlaces es muy corta y por estar encontrarse en una zona que no presenta ningún Obstáculo de acuerdo a la simulación Figura 24 se afirma que no existe ningún problema de línea de vista y además el nivel de Recepción es de $-51,1$

dBm encontrándose en un rango ideal entre -40 y -80 dBm siendo un enlace muy viable.

Figura 24. Primer Enlace.

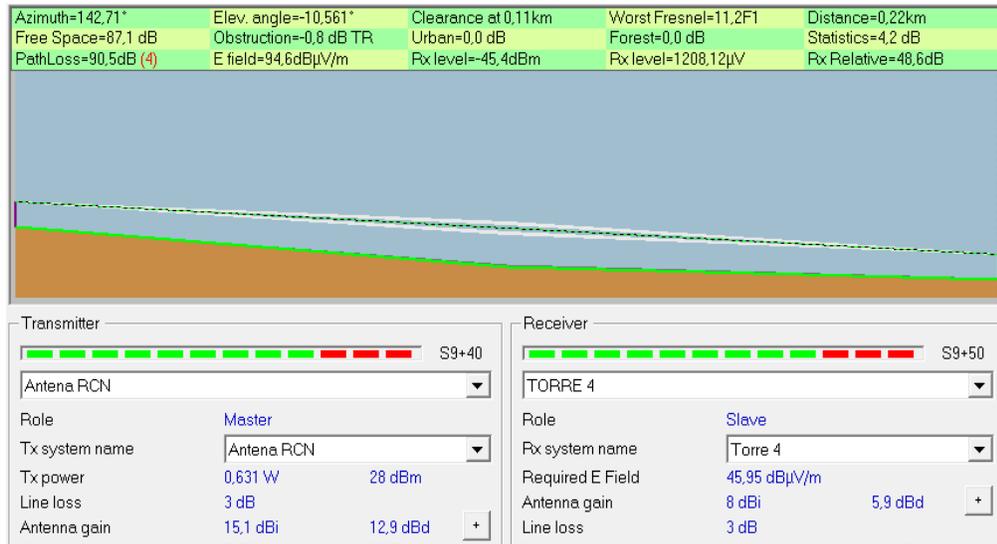


Fuente: Radio Mobile

4.9.2 SIMULACIÓN SEGUNDO ENLACE.

La simulación del segundo enlace va desde la Antena RCN hasta la Torre 4, analizando la Figura 25 se puede concluir que no presenta ningún tipo de obstrucción entre las dos terminales a comunicar. Se tiene que el nivel de Recepción es de $-45,4$ dBm esto hace confirmar que el valor de Recepción Relativo no cambia de color por lo tanto no se tiene ningún problema en este enlace.

Figura 25. Segundo Enlace.

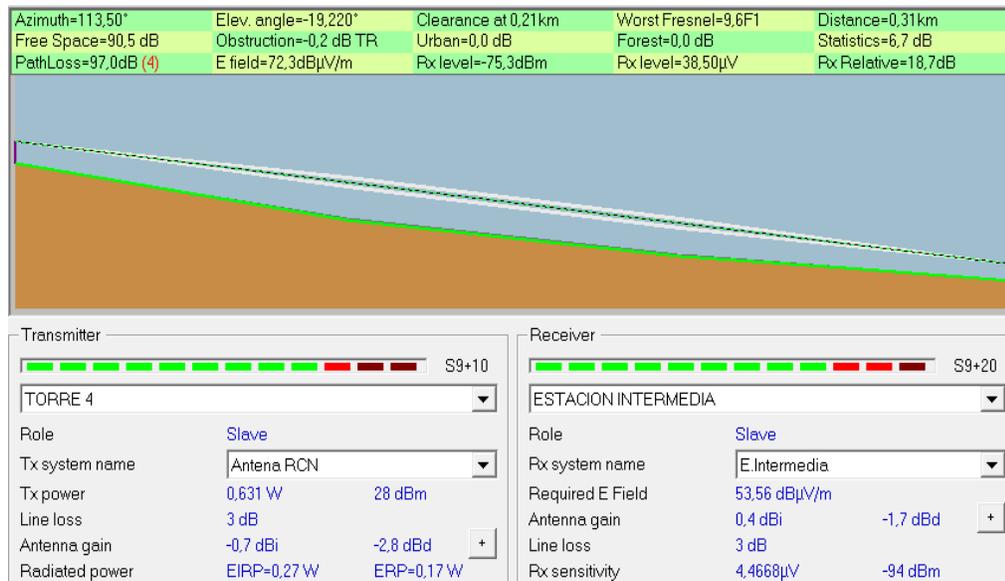


Fuente: Radio Mobile

4.9.3 SIMULACIÓN TERCER ENLACE.

El tercer enlace se realiza con las coordenadas geográficas de la Torre 4 hasta la Estación Intermedia. Donde se puede apreciar que existe LOS entre las dos antenas de comunicación Figura 26, además con los resultados se puede determinar que es un enlace viable.

Figura 26. Tercer Enlace.

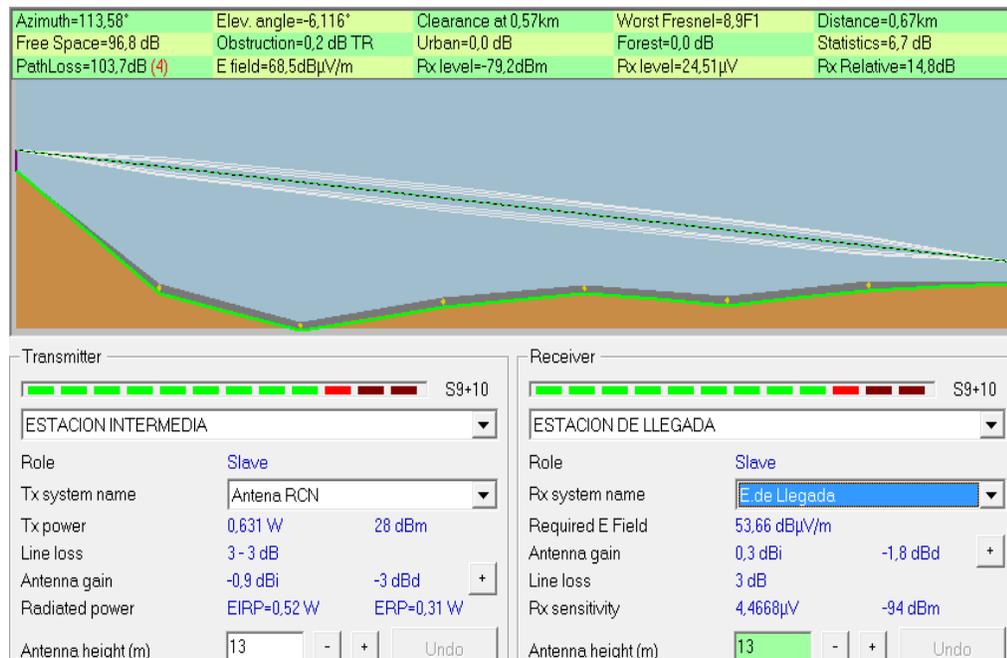


Fuente: Radio Mobile

4.9.4 SIMULACIÓN CUARTO ENLACE.

La señal llega a la Estación Inferior desde la Estación Intermedia sin ningún problema de obstrucción, con un nivel de Recepción de $-79,2$ dBm adecuado para la establecer una conexión segura Figura 27. En el estudio de campo el factor preocupante era la Torre 10 por estar ubicada en medio de los dos sitios a empalmar, sin embargo con la simulación se evidencia que la zona de fresnel está muy por encima de los 17,5 m de la altura de la Torre 10, se asegura que el enlace no tiene ningún problema para su ejecución.

Figura 27. Cuarto Enlace.

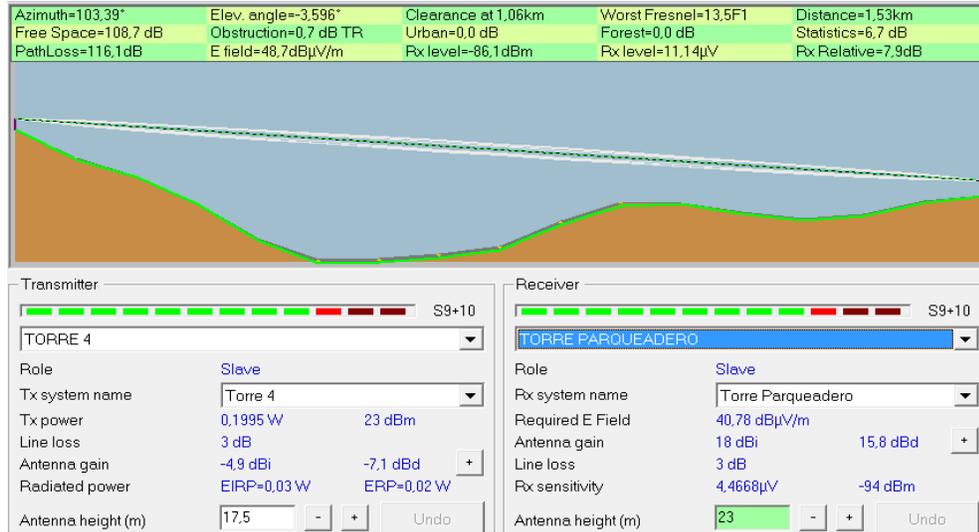


Fuente: Radio Mobile

4.9.5 SIMULACIÓN QUINTO ENLACE.

En este último enlace que va desde la Torre 4 hasta la Torre del Parquero puede existir ciertos problemas debido a que el nivel de Recepción es de $-86,1$ dBm que está un poco por debajo del límite Figura 28, es un enlace viable pero se debe tener cuidado al momento de la Implementación.

Figura 28. Quinto Enlace.



Fuente: Radio Mobile

4.10 APOYO LOGÍSTICO A LA CORPORACIÓN LAS LAJAS.

Se emprendió un acompañamiento a la Corporación en el transcurso de un año y actualmente se continúa con el proceso de contribuir y apoyar en el desarrollo del proyecto. Los componentes que conforman el Teleférico son traídos por la empresa STM-Teleferik S.A., es una empresa turca que fabrica teleféricos y que cumple con los estándares mundiales en el negocio de transportes por cable aéreo. Esta empresa envió los componentes para la construcción del Teleférico, y el desembalaje se realizó verificando las normas exigidas por la Corporación, de esta manera se realizaron 8 desembalajes, en los 3 primeros contenedores llegaron las doce Góndolas las cuales tienen la capacidad de seis pasajeros cada una, y en los restantes se contó con las torres, líneas de las torres, poleas, motores, chasis, interruptores de línea de motor, entre otros. Organizándolos de acuerdo a lo establecido por los planes del proyecto y a la descripción correspondiente al sistema que consiste en los siguientes aspectos : un coche conductor que incluye mono cable con empuñadura fija, una estación de salida o puesto de conducción, una estación de retorno y una estación central con la última tecnología: “Góndola de agarre fijo”. El control de velocidad del cable se llevará a cabo por los operadores y los pasajeros se llevarán cómodamente. STM diseña, fabrica e instala el coche conductor de acuerdo con la última norma en Teleféricos 2000/9/EC¹⁰. El sistema se basa en que el portador de las góndolas sale mutuamente de las estaciones en donde 2-3-4 unidades de cabinas se unen a la cuerda con las distancias adecuadas de acuerdo

¹⁰ Es una Directiva del Parlamento Europeo se propone definir en el ámbito comunitario un conjunto de requisitos esenciales de seguridad y procedimientos de control y fabricación aplicables a las instalaciones de transporte público por cable con objeto de garantizar la libre circulación de estos productos en el mercado.

a los estándares internacionales y se mueven al mismo tiempo; por esta razón, el sistema se denomina "Grupo de Góndola". Tan pronto como el portador de las góndolas entra en la estación, disminuye la velocidad adecuada para la estación, mientras tanto, las puertas abren y los pasajeros salen de las góndolas con seguridad. Las góndolas se mantienen esperando en las áreas de embarque y desembarque. Todos los controles son realizados por una red electrónica; de lo contrario, la instalación llega segura de forma automática. Poco a poco las góndolas aceleran para llegar a la estación opuesta a una velocidad estable en la línea. Cada vez que las góndolas entran en una estación, la velocidad se desacelera de manera segura y cómoda hasta el punto de parada, todo el sistema está controlado electrónicamente por equipos de automatización Siemens; la entrada de las góndolas en la estación, la disminución de la velocidad, el desembarque de los pasajeros, el embarque de los pasajeros, el movimiento acelerado y reiterativo de la empuñadura, están regulados por una red electrónica, que circula por toda la estación. Esta descripción del funcionamiento del Teleférico sirve como base para la organización de componentes, sistemas mecánicos y electrónicos que se realiza junto con la Corporación para simplificar el trabajo, reducir tiempo y ordenar los equipos de forma adecuada. A continuación, se indica su clasificación.

4.10.1 LISTA DE EQUIPOS Y CARACTERISTICAS

Estación de salida-puesto de conducción y Estación de Retorno

Estación de salida-puesto de Manejo

- Construcción de acero de la estación
- Traslado de chasis de acero
- Motor de CC
- Caja de cambios
- Bullwheel
- Servicio y sistema de freno de emergencia
- Equipos y tensión hidráulica
- Plataforma de servicios de mantenimiento

Estación de Retorno

- Construcción de acero de la estación de retorno
- Traslado de chasis de acero
- Bullwheel
- Plataforma de servicios de mantenimiento

Torres y Polea de Baterías

Torres

- Todas las torres de transporte son cubiertas por galvanización en caliente
- Los tipos de la torre son de polígono cónico

- Torre de crucetas
- Plataforma de mantenimiento y reparación

Polea de Baterías

- Poleas sin tornillos y de conductividad eléctrica
- Polea de la gravitación de la polea fija
- Sistema de seguridad con interruptor
- Cuerda receptora
- Estructura metálica protegida por galvanización
- Marca EC 2000/9

Agarre fijo y Góndolas

Agarre fijo

- Disco del sistema estable para la alta velocidad
- Facilidad de mantenimiento

Cabinas transportadoras

- Las cabinas están hechas de luz de fibra de carbono sobre un bastidor de perfil galvanizado
- Cabinas de góndola de agarre fijo de 6 pasajeros.
- Las cabinas están colgadas de 4 puntos diferentes proporcionando un cómodo viaje
- Los tapones de goma de los componentes mecánicos garantizan la mínima vibración
- La vista puede ser contemplada desde las ventanas panorámicas con seguridad
- Las cabinas se fabrican con sistema de iluminación para ser utilizado en la noche
- Mecanismo automático de apertura y cierre de puertas.
- Ventana de ventilación

Cuerda de acero y componentes eléctricos y electrónicos

Cuerda de acero

- Cable de acero galvanizado
- Fabricado según la norma EN12385-8
- Estiramiento centrado
- Por primera vez incluye empalme por STM

Componentes eléctricos y electrónicos

- Panel de monitor digital

- Interruptores de la línea de control
- Control de la Velocidad
- Marca EC 2000/9

5. ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO DE LA RED INALAMBRICA

5.1. PERSONAL

El personal es la estructura fundamental de todo proyecto, Implicando una organización Administrativa de los individuos que hacen parte de la estructura de la Corporación. La organización del trabajo está compuesta por el personal encargado de realizar las diferentes funciones que se asigna a cada individuo de acuerdo a las habilidades y experiencias, esta estructura se implanta en el proyecto para que se cumpla con las tareas en el desarrollo de la Red.

El personal encargado para desempeñar el Proyecto se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Estructura Organizacional

Cargo	Numero
Gerente del Proyecto	1
Administrador	2
Ingeniero	1
Técnico	3

5.1.1 PAPEL A DESEMPEÑAR.

- Gerente del Proyecto: Es el cerebro del proyecto el que se encarga de resolver los problemas que se presentan y darles solución, tiene posesión de conocimientos y destrezas en actividades que suponen la aplicación de métodos, procesos y procedimientos para que todo el proyecto tenga éxito teniendo el control sobre la ejecución de Red.
- Administrador: Es la persona que tiene como tarea el desarrollo de planes y en la determinación de las necesidades de recursos para el proyecto. Además, define la carga de trabajo para el diseño y la asignación del personal adecuado así como el control de los recursos financieros de la Corporación.
- Ingeniero Electrónico: Es el encargado de coordinar todas las tecnologías de la Red, y de la designación de labores al personal técnico sirviendo como soporte y gestión en el buen desarrollo de la Red Inalámbrica ofreciendo una buena calidad en el servicio.
- Técnico: Es la persona designada por el ingeniero para coordinar los trabajos de montaje, mantenimiento y prevención en la construcción de la red inalámbrica.

En la Tabla 12 se presenta el Salario que se debe pagar a cada persona.

Tabla 12. Salario del Personal

Cargo	Salario [smmlv]
Gerente del Proyecto	7
Administrador	4
Ingeniero	2
Técnico	1

5.2. CAPEX

Es importante que nos fijemos en la capacidad de generación neta de recursos invertidos para el comienzo y ejecución de la Red Inalámbrica. En este análisis se demarca las zonas de acuerdo a la ubicación de las antenas para realizar un mejor estudio de los gastos; la primera zona está compuesta en 3 partes: la antena RCN, la Torre 4, La Estación Superior. La segunda zona se delimitará en 2 partes: Estación Intermedia y Estación de Llegada. La tercera zona estará conformada solo por la Torre del Parqueadero. Se aprovechan las Torres por donde pasan las góndolas y las partes altas de las Estaciones para reducir recursos financieros evitando la construcción de Torres.

En las Tabla 13 a la Tabla 15 se indica los gastos de despliegue en el desarrollo e inversión de la Red.

Tabla 13. Primera Zona

Cantidad	Equipos	Valor (\$)
1	Antena Ubiquiti Airgrid M2	350.000
2	Antenas Ubiquiti Nanobridge M2	520.000
1	Antena Yagi**	80.000
1	AP Ubiquiti Rocket M2	210.000
2	Nanostation M2	560.000
	Accesorios*	300.000
TOTAL		2.020.000
<p>*Entre los accesorios se encuentra: Mástil, cable de red UTP RJ45, Poe, conectores, etc.</p> <p>**La antena Yagi debe operar en la frecuencia de 2,4 Ghz</p>		

Tabla 14. Segunda Zona

Cantidad	Equipos	Valor (\$)
2	Antenas Ubiquiti Nanobridge M2	520.000
2	AP Ubiquiti Rocket M2	420.000
4	Nanostation M2	1.120.000
	Accesorios*	350.000
TOTAL		2.410.000
*Entre los accesorios se encuentra: Mástil, cable de red UTP RJ45, Poe, conectores, etc.		

Tabla 15. Tercera Zona

Cantidad	Equipos	Valor (\$)
1	Antenas Ubiquiti Nanobridge M2	260.000
1	AP Ubiquiti Rocket M2	210.000
2	Nanostation M2	560.000
1	Alquiler Torre*	500.000
	Accesorios**	180.000
TOTAL		1.710.000
*El alquiler de la Torre se hace mensualmente.		
**Entre los accesorios se encuentra: Mástil, cable de red UTP RJ45, Poe, conectores, etc.		

5.3. OPEX

El Opex sirve para determinar los costos asociados con el mantenimiento de equipos y gastos de funcionamiento del sistema. Los gastos representan los costes necesarios para mantener la infraestructura en servicio y operativa después de dar servicio al primer usuario, lo cual incluye aspectos de servicio, técnicos, de comercialización, administrativos. Los gastos de operación que se deben considerar son: el diseño y

planificación de la Red, configuración e instalación inicial de los equipos de la Red, alquiler de torres, servicios públicos. A continuación en la Tabla 16 a la Tabla 18 se muestran los gastos referentes al Opex del proyecto.

Tabla 16. Primera Zona

Gastos	Valor anual (\$)
Mantenimiento	1.600.000
Servicios Públicos	250.000
Configuración e Instalación*	500.000
Trasporte personal**	300.000
Total	2.650.000
*Se realiza al comienzo del proyecto no es anual	
**Para un Ingeniero y tres Técnicos	

Tabla 17. Segunda Zona

Gastos	Valor anual (\$)
Mantenimiento	1.000.000
Servicios Públicos	330.000
Configuración e Instalación*	500.000
Trasporte personal**	250.000
Total	2.080.000
*Se realiza al comienzo del proyecto no es anual	
**Para un Ingeniero y tres Técnicos	

Tabla 18. Tercera Zona

Gastos	Valor anual (\$)
Mantenimiento	1.100.000
Servicios Públicos	300.000
Configuración e Instalación*	500.000
Trasporte personal**	40.000
Alquiler Torre	360.000
Total	2.300.000
*Se realiza al comienzo del proyecto no es anual.	
**Para un Ingeniero y tres Técnicos.	

El servicio de Internet que se contratase se realizara con la Empresa Unimos con una conexión de 261Mbps y lo realizara directamente la Corporación.

5.4. ROI

El Roi permite cuantificar económicamente si la Red tiene éxito monetario, este mide la rentabilidad de la inversión, es decir, la relación que existe entre la utilidad neta o la ganancia obtenida, y la inversión que se hace por medio de la Corporación las Lajas. Se determina un periodo de 3 años para realizar el análisis de los factores que influyen en la evaluación del Roi estos coeficientes se indican en La Tabla 19 y Tabla 20.

Tabla 19. Inversión en la Red Completa

Costos	Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Equipos de la Red	\$6.140.000				\$6.140.000
Configuración e Instalación de los equipos	\$560.000				\$560.000
Mantenimiento		\$1.250.000	\$1.337.500	\$ 1.431.125	\$4.018.625
Administración		\$880.000	\$915.200	\$951.808	\$2.747.008
Pago de Personal*	\$10.341.825	\$41.367.300	\$44.263.011	\$47.361.421	\$143.333.557
Servicio de conectividad para las zonas**		\$21.000.000	\$21.420.000	\$21.848.400	\$64.268.400
Total	\$17.041.825	\$64.497.300	\$67.935.711	\$71.592.754	\$221.067.590

*Se cuenta con un Ingeniero y tres Técnicos, la duración de la realización de la red se estima en un periodo de tres meses. En el transcurso de los tres años se contratará un Ingeniero y un Técnico.

**El ISP será prestado por la empresa Unimos con una velocidad de 261Mbps, esta señal llegara a la antena RCN y se propagara en los puntos en donde se establecieron los enlaces.

Tabla 20. Ganancia en la Red Completa

Beneficios	Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Marketing		\$30.000.000	\$45.000.000	\$67.500.000	\$142.500.000

Turístico*					
Ahorro en la construcción de Torres**	\$8.000.000				\$8.000.000
Ahorro en el Diseño y Simulación de la Red	\$3.000.000				\$3.000.000
Ganancia de Productividad por valor agregado de la Red***		\$25.000.000	\$37.500.000	\$56.250.000	\$118.750.000
Ahorro en cableado estructurado	\$2.000.000				2.000.000
Total	\$13.000.000	\$55.000.000	\$82.500.000	\$123.750.000	\$274.250.000
<p>*La corporación las lajas por medio de la Red, podrá dar a conocer este sitio turístico y además sus servicios y publicidad através de un marketin digital.</p> <p>**Con el estudio de campo se determinó que no existía línea de vista entre la antena RCN y la estación intermedia, por esta razón se buscó la alternativa de utilizar la torre 4, motivo que infiere en la construcción de una torre.</p> <p>***La productividad de la red se puede ver reflejada en las personas del corregimiento que quieren mostrar sus productos o que prestan algún beneficio adicional para el turista mediante la conectividad y de alguna manera incrementa el número de visitantes, causa que genera más ingresos para la corporación.</p>					

Con la Inversión y la Ganancia de la Red se establece el Roi de acuerdo a la ecuación (6).

$$ROI = [(ingresos - inversión) / inversión] * 100 \quad (6)$$

Con los valores obtenidos en las Tablas 19 y Tablas 20 se calcula la medición del retorno de la Inversión.

$$ROI = [(274.250.000 - 221.067.590) / 221.067.590] * 100$$

$$ROI = 24.06\%$$

Con el Roi de 24.06% se obtiene una inversión aceptable ya que la Red generaría a largo plazo grandes beneficios para la Corporación.

5.5. ANÁLISIS DE CAPEX CON FIBRA ÓPTICA

Es importante realizar un estudio con otras tecnologías entre ellas la de uso masivo Fibra Óptica de gran flexibilidad y larga vida; capaz de garantizar un sistema de comunicación versátil y robusta. Se limita cuatro zonas realmente; pero la primera zona no se tendrá en cuenta a causa de la no existencia de fibra óptica desde la ciudad de Ipiales hasta la Antena RCN, en consecuencia se hace una suposición que en la Antena RCN se tiene fibra óptica y será expandida a lo largo de tres zonas: la antena RCN, la Torre 4, La Estación Superior. La segunda zona se delimitará en 2 partes: Estación Intermedia y Estación de Llegada. La tercera zona estará conformada por la Torre del Parqueadero.

En los gastos para la ejecución se tiene en cuenta especificaciones de la fibra óptica ANEXO F y el proveedor [36], los resultados están de la Tabla 21 a la Tabla 23.

Tabla 21. Primera Zona

Zonas	Distancia (m)	Cable F.O. 4 Hilos Multimodo 62.5/125 valor por metro (\$)	Valor (\$)
Antena RCN hasta la Torre 4	217	4.000	868.000
Antena RCN hasta la Estación Superior	169	4.000	676.000
Canalizaciones*			7.720.000
Arquetas**			2.450.000
Tendido del cable***			2.150.000
Accesorios****			500.000
TOTAL			14.364.000

*Las canaletas metálicas tienen un valor de 20.000 por metro, para la primera zona se tiene un total de 386m.

**Se pondrá una arqueta a 1m de cada antena y a 60m de cada enlace para evitar excesiva fuerza de tracción y rozadura en el cable. En el enlace de la Antena RCN a la Estación Superior habrá 3 arquetas y de la Antena RCN a la Torre 4 existirán 4 arquetas, el valor de cada una en concreto es aproximadamente \$350.000.

***Se incluyen trabajos previos como: señalización y acotación de las zonas de trabajo, comprobación de gases en apertura de arquetas, lubricación de cables y conductos etc.

****Entre los accesorios se encuentra: Transmisores Receptores Led, conectores multimodo, empalmes, splitters etc.

Tabla 22. Segunda Zona

Zonas	Distancia (m)	Cable F.O. 12 Hilos Multimodo 62.5/125 valor por metro (\$)	Valor (\$)
Torre 4 hasta Estación Intermedia	309	4.000	1.236.000
Estación Intermedia hasta la Estación Inferior	672	4.000	2.688.000
Canalizaciones *			19.620.000
Arquetas**			5.600.000
Tendido del cable***			4.420.000
Accesorios****			1.230.000
TOTAL			34.794.000

*Las canaletas metálicas tienen un valor de 20.000 por metro, para la segunda zona se tiene un total de 981m.

**Se pondrá una arqueta a 1m de cada antena y a 60m de cada enlace para evitar excesiva fuerza de tracción y rozadura en el cable. En el enlace de la Torre 4 hasta la Estación Intermedia existirán 5 arquetas y el enlace de la

Estación Intermedia hasta la Estación inferior se tendrá un total de 11 arquetas, el valor de cada una en concreto es aproximadamente \$350.000.

***Se incluyen trabajos previos como: señalización y acotación de las zonas de trabajo, comprobación de gases en apertura se arquetas, lubricación de cables y conductos etc.

****Entre los accesorios se encuentra: Transmisores Receptores Led, conectores multimodo, empalmes, arquetas, splitters etc.

Tabla 23. Tercera Zona

Zonas	Distancia (m)	Cable F.O. 12 Hilos Multimodo 62.5/125 valor por metro (\$)	Valor (\$)
Torre 4 hasta la Torre del Parqueadero	1.536	4.000	6.144.000
Canalizaciones*			30.720.000
Arquetas**			8.750.000
Tendido del cable***			6.920.000
Accesorios****			2.130.000
TOTAL			54.664.000

*Las canaletas metálicas tienen un valor de 20.000 por metro, para la tercera zona se tiene un total de 1536m.

**Se pondrá una arqueta a 1m de cada antena y a 60m de cada enlace para evitar excesiva fuerza de tracción y rozadura en el cable. El enlace de la Torre 4 hasta la Torre del Parqueadero tendrá 25 arquetas, el valor de cada una en concreto es aproximadamente \$350.000.

***Se incluyen trabajos previos como: señalización y acotación de las zonas de trabajo, comprobación de gases en apertura se arquetas, lubricación de cables y conductos etc.

****Entre los accesorios se encuentra: Transmisores Receptores Led, conectores multimodo, empalmes, arquetas, splitters etc.

5.6. ANÁLISIS DE OPEX CON FIBRA ÓPTICA

Los cálculos de Opex para la Fibra Óptica; son la herramienta adecuada para el mantenimiento y la regularización de los gastos imprescindibles para el sostenimiento de la infraestructura de acuerdo con la utilización de este medio para la transmisión de la comunicación en las tres zonas determinadas. Estos datos concernientes al Opex con Fibra Óptica se indican en la Tabla 24 a la Tabla 26.

Tabla 24. Primera Zona

Gastos	Valor anual (\$)
Supervisión*	350.000
Trasporte personal**	500.000
Mantenimiento	180.000
Servicios Públicos	100.000
Maquinaria***	15.000.000
Total	16.130.000
*Se realiza cada seis meses.	
**Para un Ingeniero y cuatro Técnicos.	
***Se hace uso de maquinaria como retroexcavadora, montacargas para el transporte de la F.O. Esto se hará durante cinco meses.	

Tabla 25. Segunda Zona

Gastos	Valor anual (\$)
Mantenimiento	400.000
Servicios Públicos	90.000
Supervisión*	350.000
Trasporte personal**	416.000
Maquinaria***	15.000.000

Total	16.256.000
<p>*Se realiza cada seis meses</p> <p>**Para un Ingeniero y cuatro Técnicos</p> <p>***Se hace uso de maquinaria como retroexcavadora, montacargas para el transporte de la F.O. Esto se hará durante cinco meses.</p>	

Tabla 26. Tercera Zona

Gastos	Valor anual (\$)
Mantenimiento	450.000
Servicios Públicos	100.000
Supervisión*	350.000
Trasporte personal**	600.000
Maquinaria***	15.000.000
Total	16.500.000
<p>*Se realiza cada seis meses</p> <p>**Para un Ingeniero y cuatro Técnicos</p> <p>***Se hace uso de maquinaria como retroexcavadora, montacargas para el transporte de la F.O. Esto se hará durante cinco meses.</p>	

5.7. ANÁLISIS DEL ROI CON FIBRA ÓPTICA

Para el estudio del Roi se establece un lapso de 3 años con la finalidad de precisar la rentabilidad económica a través de componentes presentados en la Tabla 27 y Tabla 28.

Tabla 27. Inversión en la Red Completa utilizando Fibra Óptica

Costos	Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Diseño de Ingeniería	\$4.000.000				\$4.000.000
Cable de Fibra Óptica 2,9 (Km)	\$11.612.000				\$11.612.000
Canalizaciones y Arquetas	\$74.860.000				\$74.860.000
Mantenimiento		\$1.030.000	\$1.060.900	\$ 1.092.727	\$3.183.627
Tendido del Cable	\$13.490.000				\$13.490.000
Administración	\$1.000.000	\$1.030.000	\$1.060.900	\$1.092.727	\$4.183.627
Pago de Personal*	\$20.683.650	\$49.640.760	\$53.115.613	\$56.833.706	\$180.273.729
Total	\$125.645.650	\$51.700.760	\$55.237.413	\$59.019.160	\$291.602.983
*Se cuenta con un Ingeniero y cuatro Técnicos para desarrollar el trabajo en un lapso de cinco meses.					

Tabla 28. Ganancia en la Red Completa utilizando Fibra Óptica

Beneficios	Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Servicio de conectividad para las zonas		\$17.000.000	\$19.500.000	\$20.900.000	\$57.400.000
Marketing Turístico		\$6.000.000	\$22.600.000	\$28.700.000	\$57.300.000
Ahorro en mantenimiento		\$5.600.000	\$11.200.000	\$16.800.000	\$33.600.000

Ahorro en el Diseño de Ingeniería	\$2.100.000				\$2.100.000
Ganancia de Productividad por valor agregado de la Red	\$5.980.900	\$6.980.900	\$7.000.576	\$8.900.890	\$28.863.266
Total	\$8.080.900	\$35.580.900	\$60.300.576	\$75.300.890	\$179.263.266

Con la Utilización de Fibra Óptica en el análisis del Roi en las variables de la Ganancia se incrementa el servicio de conectividad con respecto a los enlaces con radio frecuencia debido a la mayor velocidad de conexión, esto genera una gran demanda de usuarios y por lo tanto un incremento monetario; de igual forma ocurre con el mantenimiento al utilizar Fibra Óptica durante los 3 años el ahorro se incrementa generando ganancias para la Corporación esto no ocurre con otras tecnologías como la que se utilizó en el proyecto.

Con los valores obtenidos en las Tablas 27 y Tablas 28 se calcula la medición del retorno de la Inversión.

$$ROI = [(179.263.266 - 162.540.140) / 162.540.140] * 100$$

$$ROI = 10,29\%$$

5.8. COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO DE METODOS DE ACCESO A LA RED ENTRE RADIOFRECUENCIA Y FIBRA ÓPTICA

Con el método de Fibra Óptica en Capex; en las tres zonas se tiene elevados costos en comparación a Radiofrecuencia esto es resultado del precio del cable y el largo recorrido que este debe de atravesar; sin contar que no se tomó en cuenta el trayecto de Ipiales hasta la Antena de RCN. Lo contrario ocurre con el Opex se obtiene bajos costos debido al fácil mantenimiento y puede generar a largo tiempo una disminución de gastos. En el estudio de la Roi con Fibra Óptica se obtuvo 10,29% y con Radiofrecuencia un 16,89% la diferencia es de 6,6%; si se realizara la conexión con fibra óptica desde la ciudad de Ipiales hasta la Antena RCN los costos serían muy elevados.

6. RESULTADOS

La primera etapa del proyecto consistió en realizar un estudio de campo junto con la Corporación; para concretar que ciertos lugares como el trayecto por donde el teleférico realizará su recorrido y donde existe más afluencia de personas, deben contar con una comunicación de datos definiendo a estos lugares como: la Estación Superior, La Estación Intermedia, Estación de Llegada, El Parqueadero y una parte del Pueblo (Tola) de las Lajas. Se buscó la manera más adecuada de realizar los enlaces con el propósito de que exista entre cada uno línea de vista (LOS, Line Of Sight)[3], planificando el terreno de manera de que ningún obstáculo afecte la señal entre las antenas, con el Diseño realizado se logró concretar cinco enlaces con buena línea de vista y aprovechando los recursos presentes como la utilización de las torres existentes, además de establecer los equipos para trabajar en la banda de frecuencia sin licencia, lo cual permite un presupuesto con pocos recursos y la obtención de una Red que se ajusta al proyecto.

Continuando con desarrollo del proyecto se comenzó con la ejecución de la segunda etapa, se puntualiza el tipo de antenas[33] a trabajar conociendo así los parámetros de funcionamiento de cada equipo y junto a otros datos ya identificados como las coordenadas se logra establecer los cálculos de balance de potencias cuantificando los enlaces. Entre los cálculos que se realizaron estuvieron; Pérdida en Espacio Libre, Potencia en el Receptor, Margen Respecto al Umbral, Margen de Desvanecimiento, estos cálculos son necesarios en un enlace y determinan muchos factores importantes entre esos se encuentra la viabilidad de la Red. Se determinó también que para cada enlace se debe garantizar por lo menos el 60% de la primera zona Fresnel evitando que la señal se atenué por algún tipo de obstáculo, todo esto se efectuó para predecir el comportamiento y desempeño de los cinco puntos a conectar. Se llevó a cabo la Simulación manejando el software Radio Mobile[10], un programa de radio enlaces gratuitos que opera dentro de un rango de 20Mhz a 20Ghz esto infiere apropiadamente en la Red ya que esta funciona a una frecuencia de 2.4Ghz.

Se empleó Google Earth para ubicar los enlaces haciendo uso de las coordenadas obtenidas, visualizando las zonas e incluírlas en Radio Mobile[9] consiguiendo la simulación de los cinco enlaces; concretando de manera visual la topografía de cada sistema a comunicar y adquiriendo los datos inherentes de un enlace de los lugares a conectar.

Concluyendo con el desarrollo del proyecto se analizaron factores económicos y financieros como Capex, Opex y Roi. Teniendo una rentabilidad para la Red de 78% valor que evidencia confiabilidad para el progreso del proyecto y garantía monetaria para la Corporación.

A continuación, en las siguientes Tablas 29, 30, 31, 32, 33, se resume los resultados que se logró en los cinco enlaces

Tabla 29. Resumen Primer Enlace

DATOS GENERALES	SITIOS	
PRIMER ENLACE	Sitio A	Sitio B
Nombre del Sitio	Antena RCN	Estación Superior
Latitud	0°48'41.72"N	0°48'40.63"N
Longitud	77°35'44.65"O	77°35'50.03"O
Altitud [msnm]	2856	2860
Altura de la Antena en la torre[m]	19	13
Distancia del enlace entre A y B[Km]	0.17	
DATOS DE LA ANTENA	Sitio A	Sitio B
Antena	Ubiquiti Airgrid M2	Ubiquiti Nanobridge M2
Potencia[dbm]	28	23
Ganancia[dbi]	20	18
Frecuencia de Operación[Ghz]	2.4	
Sensibilidad Rx[dbm]	-97	-94
Polarización		Dual
DATOS CALCULADOS	Sitio A	Sitio B
Antena	Ubiquiti Airgrid M2	Ubiquiti Nanobridge M2
Perdida en Espacio Libre [dbm]	84.65	
Potencia en el Receptor [dbm]	23.65	
Margen Respecto al Umbral [db]	117.65	

Margen de Desvanecimiento [db]	-47.524
Margen del enlace Ida [db]	70.35
Margen del enlace Regreso [db]	68,35
Zona de Fresnel [m]	2.30
DATOS SOFTWARE	
Nivel de Recepción [dbm]	-51,1
Perdidas [db]	88,4
Peor Fresnel (F1)	9,5

Tabla 30. Resumen Segundo Enlace.

DATOS GENERALES	SITIOS	
SEGUNDO ENLACE	Sitio A	Sitio B
Nombre del Sitio	Antena RCN	Torre 4
Latitud	0°48'41.72"N	0°48'36.09"N
Longitud	77°35'44.65"O	77°35'40.36"O
Altitud [msnm]	2856	2816
Altura de la Antena en la torre[m]	19	17,50
Distancia del enlace entre A y B[Km]	0.22	
DATOS DE LA ANTENA	Sitio A	Sitio B
Antena	Ubiquiti Airgrid M2	Ubiquiti Nanobridge M2
Potencia[dbm]	28	23
Ganancia[dbi]	20	18

Frecuencia de Operación [Ghz]	2.4	
Sensibilidad Rx [dbm]	-97	-94
Polarización		Dual
DATOS CALCULADOS	Sitio A	Sitio B
Antena	Ubiquiti Airgrid M2	Ubiquiti Nanobridge M2
Perdida en Espacio Libre [db]	86.89	
Potencia en el Receptor [dbm]	25.89	
Margen Respecto al Umbral [db]	119.89	
Margen de Desvanecimiento [db]	-44.167	
Margen del enlace Ida [db]	68.11	
Margen del enlace Regreso [db]	66.11	
Zona de Fresnel [m]	2.60	
DATOS SOFTWARE		
Nivel de Recepción [dbm]	-45,4	
Perdidas [db]	90.5	
Peor Fresnel (F1)	11,2	

Tabla 31. Resumen Tercer Enlace.

DATOS GENERALES	SITIOS	
TERCER ENLACE	Sitio A	Sitio B
Nombre del Sitio	Torre 4	Estación Intermedia
Latitud	0°48'36.09"N	0°48'32.09"N

Longitud	77°35'40.36"O	77°35'31.16"O
Altitud [msnm]	2816	2716
Altura de la Antena en la torre[m]	17,50	13
Distancia del enlace entre A y B[Km]	0.31	
DATOS DE LA ANTENA	Sitio A	Sitio B
Antena	Ubiquiti Nanobridge M2	Ubiquiti Nanobridge M2
Potencia[dbm]	23	23
Ganancia[dbi]	18	18
Frecuencia de Operación[Ghz]	2.4	
Sensibilidad Rx[dbm]	-94	-94
Polarización	Dual	Dual
DATOS CALCULADOS	Sitio A	Sitio B
Antena	Ubiquiti Nanobridge M2	Ubiquiti Nanobridge M2
Perdida en Espacio Libre [db]	89.87	
Potencia en el Receptor [dbm]	34.87	
Margen Respecto al Umbral [db]	128.87	
Margen de Desvanecimiento [db]	-39.696	
Margen del enlace Ida [db]	60.13	
Margen del enlace Regreso [db]	63.13	
Zona de Fresnel [m]	3.11	
DATOS SOFTWARE		

Nivel de Recepción [dbm]	-75,3
Perdidas [db]	97,0
Peor Fresnel (F1)	9,6

Tabla 32. Resumen Cuarto Enlace.

DATOS GENERALES	SITIOS	
CUARTO ENLACE	Sitio A	Sitio B
Nombre del Sitio	Estación Intermedia	Estación de Llegada
Latitud	0°48'32.09"N	0°48'23.40"N
Longitud	77°35'31.16"O	77°35'11.23"O
Altitud [msnm]	2716	2647
Altura de la Antena en la torre[m]	13	13
Distancia del enlace entre A y B[Km]	0.67	
DATOS DE LA ANTENA	Sitio A	Sitio B
Antena	Ubiquiti Nanobridge M2	Ubiquiti Nanobridge M2
Potencia[dbm]	23	23
Ganancia[dbi]	18	18
Frecuencia de Operación[Ghz]	2.4	
Sensibilidad Rx[dbm]	-94	-94
Polarización	Dual	Dual
DATOS CALCULADOS	Sitio A	Sitio B

Antena	Ubiquiti Nanobridge M2	Ubiquiti Nanobridge M2
Perdida en Espacio Libre [db]	96.57	
Potencia en el Receptor [dbm]	41.57	
Margen Respecto al Umbral [db]	135.57	
Margen de Desvanecimiento [db]	-29.66	
Margen del enlace Ida [db]	53.43	
Margen del enlace Regreso [db]	56.43	
Zona de Fresnel [m]	4.58	
DATOS SOFTWARE		
Nivel de Recepción [dbm]	-79,2	
Perdidas [db]	103,7	
Peor Fresnel (F1)	8,9	

Tabla 33. Resumen Quinto Enlace.

DATOS GENERALES	SITIOS	
QUINTO ENLACE	Sitio A	Sitio B
Nombre del Sitio	Torre 4	Torre del Parqueadero
Latitud	0°48'36.09"N	0°48'24.58"N
Longitud	77°35'40.36"O	77°34'52.00"O
Altitud [msnm]	2816	2711
Altura de la Antena en la torre[m]	17.5	23

Distancia del enlace entre A y B [Km]	1.54	
DATOS DE LA ANTENA	Sitio A	Sitio B
Antena	Ubiquiti Nanobridge M2	Ubiquiti Nanobridge M2
Potencia [dbm]	23	23
Ganancia [dbi]	18	18
Frecuencia de Operación [Ghz]	2.4	
Sensibilidad Rx [dbm]	-94	-94
Polarización	Dual	Dual
DATOS CALCULADOS	Sitio A	Sitio B
Antena	Ubiquiti Nanobridge M2	Ubiquiti Nanobridge M2
Perdida en Espacio Libre [db]	103.79	
Potencia en el Receptor [dbm]	48.79	
Margen Respecto al Umbral [db]	142.79	
Margen de Desvanecimiento [db]	-18.81dB	
Margen del enlace Ida [db]	46.21	
Margen del enlace Regreso [db]	49.21	
Zona de Fresnel [m]	6.93	
DATOS SOFTWARE		
Nivel de Recepción [dbm]	-86,1	
Perdidas [db]	116,1	
Peor Fresnel (F1)	13,5	

El margen respecto al umbral es la relación entre la Potencia de Recepción y la Sensibilidad del Receptor datos obtenidos en la descripción del Marco Metodológico, este margen respecto al umbral es mayor al margen de desvanecimiento permitiendo que los enlaces no se interrumpan por causa de debilidad de la señal. De la ganancia total en donde se incluyen las pérdidas y ganancias de los equipos y las pérdidas en espacio libre se produce una diferencia que se la incorpora con la sensibilidad del equipo receptor, como resultado de este presupuesto en cada enlace tanto con las señales de ida y regreso se alcanzó un margen mayor de 20 dB espacio dedicado a atenuaciones y multitrayectos de la señal permitiendo que los enlaces trabajen en condiciones climáticas extremas.

Teniendo los cálculos de los radios de la primera zona fresnel se puede en la posterioridad de la red despejar por lo menos el 60% de la zona si se encuentran obstáculos entre los enlaces para evitar la difracción y con los radios ya hallados despejar la zona para que la señal llegue sin ningún tipo de pérdidas. Como efecto del estudio de campo no se encontró ningún tipo de entorno que degrade la comunicación entre las antenas, sin embargo los radios calculados se prestaran posteriormente en el despeje de la zona fresnel si se incorporan edificaciones entre cada lugar a comunicar. Con la aplicación del software los valores adquiridos en la primera zona fresnel van de 9,5 F1 a 13,5 F1 un resultado que expresa en el primer enlace un 950% y en el quinto 1350% de despeje de la primera zona, los otros acoplamientos se encuentran en este rango demasiado amplio; influyendo una zona fresnel sin ningún tipo de impedimento y con una línea de vista limpia.

El software arrojó el Nivel de Recepción de los enlaces que se encuentran entre $-51,1$ y $-86,1$ dBm estos resultados convergen a -40 y -80 dBm siendo lo ideal en una buena calidad de un enlace, excepto el quinto enlace con $-86,1$ dBm un poco fuera de este rango pueda que su funcionamiento sea adecuado, no obstante se debe tener cuidado con su implementación.

7. CONCLUSIONES

Al realizar un estudio de campo facilita la viabilidad del Diseño de la Red, y ayuda a comprender las características físicas que afectan directamente las variables de los enlaces. Por estas razones es impórtate primero analizar las zonas en donde se sitúen las antenas y una vez establecidas se facilita los cálculos y la simulación a realizar.

El Diseño de los cinco enlaces es positivo ya que para las rutas encontradas; se aprovechó de la mejor manera los recursos presentes entre los que se destacan la utilización de la Torre 4 y la torre del Parquadero, gracias a esto los costos si se piensa en una implementación futura serían muy bajos.

La tecnología WiFi es el método que más se ajusta a las necesidades de la población que se beneficiará con el servicio de Internet. Para establecer está afirmación se analizó algunos factores como la ubicación geográfica, siendo una zona rural de difícil acceso en donde algunas tecnologías como de fibra óptica, Eternet, DSL no cumplen con parámetros técnicos y económicos específicos que se acoplen de acuerdo a los planteamientos establecidos en el estudio de campo.

Con el transcurso del tiempo las necesidades de conexión a la Red se incrementarán, este aumento de clientes en la zona y la posible expansión de las estaciones de servicio del Teleférico extenderán la Red; con este sistema de acceso se facilita esta demanda ya que el diseño permite el despliegue de nuevos enlaces.

La simulación y los cálculos de los enlaces tienen toda su base en la sistematización del trabajo de campo, por lo cual se obtuvieron enlaces viables y acordes a las necesidades establecidas en el proyecto

Si se desea considerar en una Red un software de simulación, este sería de gran ayuda al realizar el estudio de viabilidad ya que podría evitar muchos errores y pérdida de tiempo facilitando el Diseño y dando una idea de los enlaces antes de que se realice la Implementación.

El estudio económico y financiero permite organizar los recursos humanos, tangibles e intangibles de la Corporación las Lajas, además permite analizar el rendimiento a futuro de la Red; caso puntual es la investigación de la rentabilidad a tres años que se hace consiguiendo un porcentaje del 78% favorable para el proyecto.

Los resultados de la simulación de los cuatro enlaces tienen un valor de Recepción que se encuentra en un rango ideal entre -40 y -80 dBm siendo enlaces muy viables. Esto no sucede con el quinto enlace el nivel de Recepción es de $-86,1$ dBm no es un valor muy crítico ya que en la simulación funciona bien, sin embargo al momento de la Implementación se debe tener en cuenta estos datos.

8. RECOMENDACIONES

El quinto enlace de la Red Inalámbrica, ubicado desde la Torre 4 hasta la Estación de Llegada, se debe tener cuidado al momento que se requiera hacer la Implementación ya que se puede alterar su comportamiento en el nivel de Recepción afectando la calidad de la comunicación.

En la realización real de la Red se recomienda la utilización de equipos que tengan la misma marca esto se hace necesario para poder prevenir posibles problemas de compatibilidad entre ellos.

Si desea instalar los equipos la sugerencia es tener mucha paciencia para poder estabilizar los enlaces, la razón es que se está trabajando en la banda libre y esta infiere ruido en casi todos los canales, por tal causa buscar algún canal que no afecte la comunicación es la solución, en este proyecto con el empleo del analizador de espectro se observó picos de señales desconocidas en el canal 11 de frecuencia 2,462Ghz en el sitio del parqueadero por esta razón el empleo de este traería muchos problemas. Se debe tener en cuenta que no siempre el canal con menos ruido es el que menos interferencia tiene hay casos en los que el canal está libre de ruido y la comunicación es imposible, y por el contrario hay ocasiones en las que el ruido es muy alto pero las señales no se interfieren y la comunicación es perfecta.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Introducción a las redes WiFi, Materiales de entrenamiento para instructores de redes inalámbricas, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics.pdf
- [2] Estándar IEEE 802.11 X de las WLAN, Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional-edUTecNe.pdf
- [3] Tomasi, W. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Phoenix, Arizona, 4ta edición. Editorial Prentice hall.
- [4] SHANNON, C. E. (1948). "A Mathematical Theory of Communication". *The Bell System Technical Journal*, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, July, October, 1948.pdf
- [5] CLANAR, I. (2007). REDES INALAMBRICAS WI-FI. Arequipa: CLANAR INTERNACIONAL.
- [6] ROBERTS, M. J. (2005). Señales y sistemas. México: McGraw-Hill.pdf
- [7] Radio Enlaces Digitales en un Entorno Urbano y Suburbano, Facultad de Informática Universidad Nacional de la Plata, José Balacco, Noviembre 2008.pdf
- [8] Antenas y Guías de Onda, Especialización en Telecomunicaciones, Jaime Rueda Rivera, agosto de 2010.pdf
- [9] Manual para Radiomobilitad para Windows, Simulador de propagación de estaciones de radio y cartas virtuales, Salvador García Castellón.pdf
- [10] Tutorial de Radio Mobile, Grupo de Radiocomunicación Departamento SSR, ETSIT-UPM febrero de 2007.pdf
- [11] Plan Prospecto de las Lajas 2025, Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Magister en Administración de Negocios MBA-35. Ricardo Obando Reyes, Santa Fe de Bogotá 2013.pdf
- [12] Cap.4.Recepcion de Modulación de Amplitud, Compilado, anexado y redactado por el Ing. Oscar M. Santa Cruz. 2010.pdf
- [13] Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Electrónica. Allan André Leal Murillo. Cartago, Agosto de 200.Pdf
- [14] Radioenlaces Digitales, José M. Albornoz. José Manuel Albornoz Martos 2007.pdf

- [15] Redes Inalámbricas Para Zonas Rurales, Primera Edición, Grupo de Telecomunicaciones Rurales, Pontificia Universidad Católica del Perú.pdf
- [16] Universidad de Nariño, Consejo Académico, Acuerdo No. 005, “Por el cual se deroga el Acuerdo No. 043 del 30 de abril de 2002 y se adopta la nueva reglamentación del trabajo de grado...”, 26 de enero de 2010.
- [17] Radioenlaces Fijos Terrestres.pdf
- [18] Tutorial de Radio Mobile, Grupo de Radiocomunicación Departamento SSR ETSIT- UPM Febrero de 2007.pdf
- [19] Andreas Molisch, Wireless Communications, segunda edición, Wiley, 2011.
- [20] Orlando Estupiñán Gaitán, Análisis Financiero y de Gestión, ECOE EDICIONES, 2006.

WEBGRAFIA

- [21] Disponible en : http://es.wikipedia.org/wiki/Red_inal%C3%A1mbrica
- [22] Ramos F, Cálculos de Radioenlaces, documento en línea disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos98/sistemas-transmision-radio/sistemas-transmision-radio.shtml#ixzz3aRTgBxkH>
- [23] Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico, Autores Científicos-Técnicos y Académicos, Javier Luque Ordoñez, documento en línea disponible: http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf
- [24] TECNOLOGÍA DSL, Francisco Manuel García Palancar, Departamento Técnico de Diseño de Hardware, septiembre 2012, documento en línea disponible: http://perso.wanadoo.es/fmg97/articulos/articulo%20tecnologia%20dsl_web.pdf
- [25] J. Garzón Álvarez. “Análisis de viabilidad de implementación de la tecnología WiBACK en zonas rurales Colombianas”. documento en línea disponible: <http://web.usbmed.edu.co/usbmed/fing/v5n1/v5n1a5>
- [26] EDUARDO INTERIANO, FAUSTINO MONTES DE OCA. Redes de Computadoras , Ethernet documento en línea disponible: <http://www.ie.itcr.ac.cr/faustino/Redes/Clase8/4.2Ethernet.pdf>
- [27] LILIAN CHAMORRO, ARIEL BARBOSA. Espectro abierto para el desarrollo, Estudio de caso: Colombia, Septiembre de 2011, documento en línea disponible: http://www.apc.org/es/system/files/Espectro_Colombia.pdf
- [28] Disponible: <http://www.networkworld.es/actualidad/weca-pasa-a-denominarse-wifi-alliance>
- [29] Introducción a las redes WiFi, Materiales de entrenamiento para instructores de redes inalámbricas, International Centre for Theoretical Physics, documento en línea disponible: http://www.eslared.net/walcs/walc2012/material/track1/05-Introduccion_a_las_redes_WiFi-es-v2.3-notes.pdf
- [30] Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Tecnología Electrónica, Proyecto Fin de Carrera, Acceso a Internet vía WiFi-WiMax, Mohammed El Yaagoubi, Leganés octubre de 2012, documento en línea disponible: http://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/15906/pfc_mohammed_el_yaagoubi_2012.pdf?sequence=1
- [31] ALEJANDRO CARRASCO MUÑOZ, JORGE ROPERO RODRÍGUEZ, Tema2.IEEE 802.11. Tecnología Inalámbrica, Universidad de Sevilla, documento en línea disponible en: <http://www.dte.us.es/personal/jropero/Tema2Transp.pdf>

- [32]Análisis, Diseño, Simulación y Presupuestación de un radio enlace punto a punto entre los municipios de belén de umbría y Quinchía en el departamento de Risaralda, Jorge Luis Galeano Villa, documento disponible en línea: http://ribuc.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10785/1360/PROYECTO_JORGE.pdf?sequence=3
- [33]http://www.salleurl.edu/semipresencial/ebooks/ebooks/ebook_teor%C3%ADa_antenas.pdf
- [34]Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, República de Colombia, Boletín trimestral de las TIC Conectividad Cifras segundo trimestre de 2011. consultado el 3 de septiembre de 2011, documento disponible en línea: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyname-510.html>
- [35]Departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad de Nariño, *Trabajo de Grado*, documento disponible: http://electronica.udenar.edu.co/?page_id=93
- [36]Disponible: <http://www.cablesyredes.com/occ-cable-de-fibra-optica.php>

ANEXOS

ANEXO A. ALTURAS DE LAS TORRES DEL TELEFÉRICO

TORRES	ALTURA[m]	LONGITUD	INCLINACIÓN
ESTACION SUPERIOR	13,000	0,0	0°
TORRE 1	5,000	18,5	0°
TORRE 2	10,000	40,0	0°
TORRE 3	13,500	173,5	0°
TORRE 4	17,500	325,0	5°
TORRE 5	17,500	423,0	10°
TORRE 6	9,000	587,5	15°
TORRE 7	7,500	622,7	10°
TORRE 8	6,500	630,0	0°
TORRE ZB	4,500	640,4	0°
TORRE ZM	13,000	649,4	0°
TORRE ZT	4,500	658,4	0°
TORRE 9	10,500	671,3	0°
TORRE 10	17,500	990,0	0°
TORRE 11	5,000	1304,6	5°
ESTACION INFERIOR	13,000	1317,3	0°

ANEXO B. ESPECIFICACIONES UBIQUITI AIRGRID M2

Models

airGrid M2 HP

Model: AG-HP-3G16

- 2412 - 2462 MHz
- 16 dBi
- Antenna Size: 370 x 270 mm



Front View



Side View

airGrid M2 HP

Model: AG-HP-3G20

- 2412 - 2462 MHz
- 20 dBi
- Antenna Size: 620 x 460 mm



Front View



Side View

www.ubnt.com/airgrid

airGrid M2HP

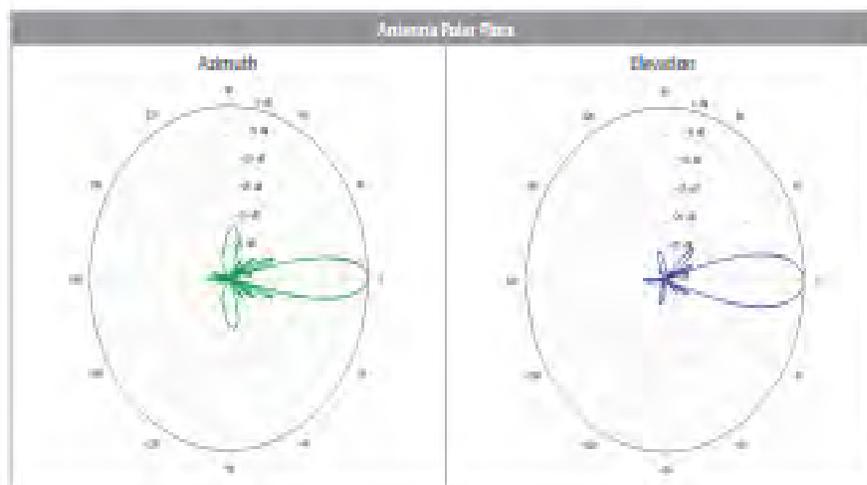
Model: AG-HP-2620



AG-HP-2620 Specifications	
Dimensions	620 X 460 X 190 mm (Mount Included)
Weight	2903 g (Mount Included)
Wind Survivability	125 mph
Wind Loading	8 lbf @ 125 mph

Antenna / Radio Information	
Operating Frequency	2412 - 2462 MHz
Output Power	30 dBm
Max. VSWR	1.5:1
Gain	20 dBi

TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
QPSK	1 - 24 Mbps	28 dBm	± 2 dB	QPSK	1 - 24 Mbps	-97 dBm min.	± 2 dB
	30 Mbps	26 dBm	± 2 dB		30 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
1-Tx / 4-antenna	MCS0	28 dBm	± 2 dB	1-Tx / 4-antenna	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	28 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	28 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	28 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	27 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	25 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
MCS7	22 dBm	± 2 dB	MCS7	-74 dBm	± 2 dB		



ANEXO C. ESPECIFICACIONES NANOBIDGE M2 UBIQUITI

Specifications

01

System Information		
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400MHz	
	M9	M2, M3, M365, M5
Memory Information	64MB SDRAM, 8MB Flash	32MB SDRAM, 8MB Flash
	M9, M2, M5	M3, M365
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet	2 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet

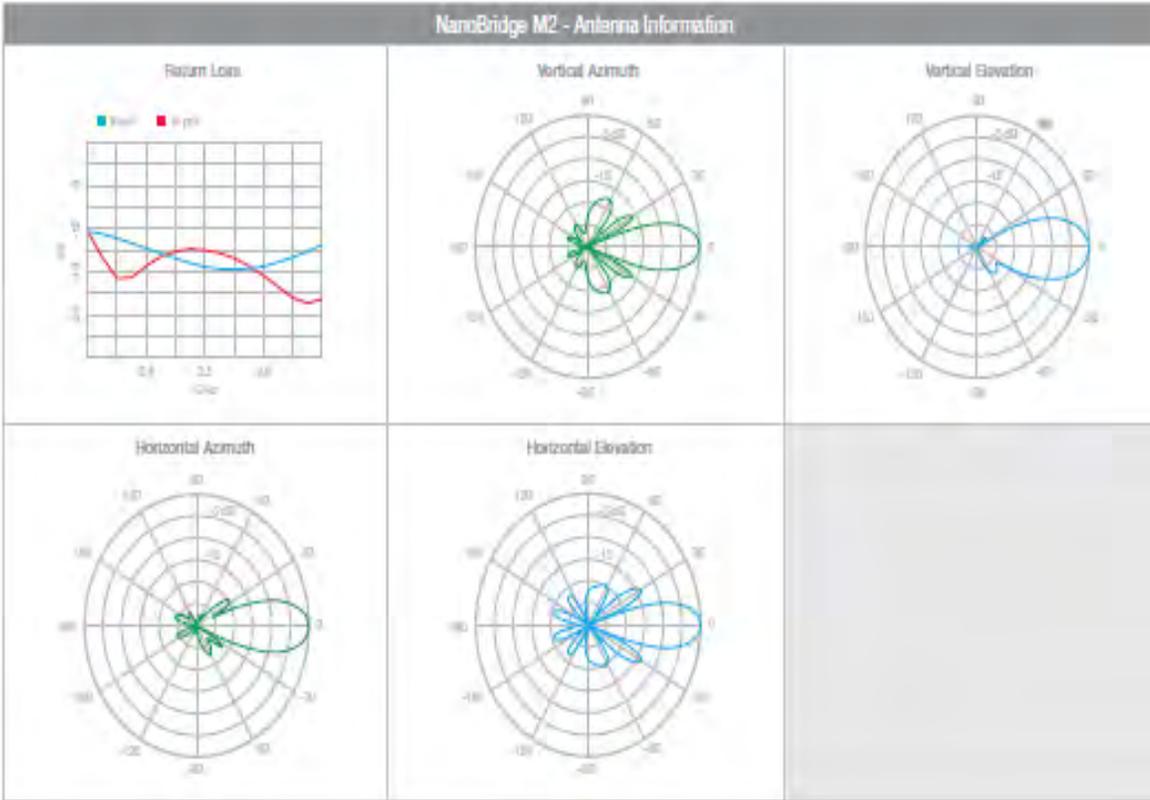
Regulatory / Compliance Information				
	M9	M2, M5	M3	M365
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210	FCC Part 15.247, IC RS210, CE	-	FCC Part 90Y
RoHS Compliance	YES			

Physical / Electrical / Environmental			
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic		
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included		
Power Supply	24V, 1A POE Supply included		
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4, 5+; 7, 8 return)		
Operating Temperature	-30C to 75C		
Operating Humidity	5 to 95% Condensing		
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4		
	M9	M2, M5	M3, M365
Dimensions	543 x 440 x 725 mm	400 mm diameter (M2) 326 mm diameter (M5-22) 400 mm diameter (M5-25)	492 x 440 x 705 mm
Weight	1310 g	1565 g	900 g
Max Power Consumption	6.5 Watts	5.5 Watts	8 Watts
Antenna Gain	10.6 - 11.3 dBi	18 dBi (M2) 22 dBi (M5-22) 25 dBi (M5-25)	21.5 - 22.5 dBi

Operating Frequency Summary (MHz)				
M9	M2	M3	M365	M5
902-928	2412-2462	3300-3700	3650-3675	5470-5825*

Specifications (cont.)

NanoBridge M2 - Operating Frequency 2412-2462 MHz							
OUTPUT POWER: 23 dBm							
2.4 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				2.4 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
Azim axis	MCS0	23 dBm	±/ - 2 dB	Azim axis	MCS0	-94 dBm	±/ - 2 dB
	MCS1	23 dBm	±/ - 2 dB		MCS1	-93 dBm	±/ - 2 dB
	MCS2	23 dBm	±/ - 2 dB		MCS2	-90 dBm	±/ - 2 dB
	MCS3	23 dBm	±/ - 2 dB		MCS3	-89 dBm	±/ - 2 dB
	MCS4	22 dBm	±/ - 2 dB		MCS4	-88 dBm	±/ - 2 dB
	MCS5	20 dBm	±/ - 2 dB		MCS5	-83 dBm	±/ - 2 dB
	MCS6	19 dBm	±/ - 2 dB		MCS6	-77 dBm	±/ - 2 dB
	MCS7	19 dBm	±/ - 2 dB		MCS7	-74 dBm	±/ - 2 dB
	MCS8	23 dBm	±/ - 2 dB		MCS8	-93 dBm	±/ - 2 dB
	MCS9	23 dBm	±/ - 2 dB		MCS9	-91 dBm	±/ - 2 dB
	MCS10	23 dBm	±/ - 2 dB		MCS10	-89 dBm	±/ - 2 dB
	MCS11	23 dBm	±/ - 2 dB		MCS11	-87 dBm	±/ - 2 dB
	MCS12	22 dBm	±/ - 2 dB		MCS12	-84 dBm	±/ - 2 dB
	MCS13	20 dBm	±/ - 2 dB		MCS13	-79 dBm	±/ - 2 dB
	MCS14	19 dBm	±/ - 2 dB		MCS14	-78 dBm	±/ - 2 dB
MCS15	18 dBm	±/ - 2 dB	MCS15	-75 dBm	±/ - 2 dB		



ANEXO D. ESPECIFICACIONES NANOSTATION M2

Models



NanoStation *M*

Model	Frequency	Gain
NSM2	2.4 GHz	19 dBi
NSM3	3 GHz	13 dBi
NSM365	3.65 GHz	13 dBi
NSM5	5 GHz	16 dBi



NanoStation *loco M*

Model	Frequency	Gain
locoM2	2.4 GHz	8 dBi
locoM5	5 GHz	13 dBi



NanoStation *loco M*

Model	Frequency	Gain
locoM9	900 MHz	8 dBi

System Information			
Model	NanoStationM	locoM5/M2	locoM9
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	64 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(2) 10/100 Ethernet Ports	(1) 10/100 Ethernet Port	(1) 10/100 Ethernet Port

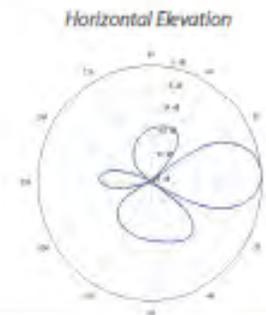
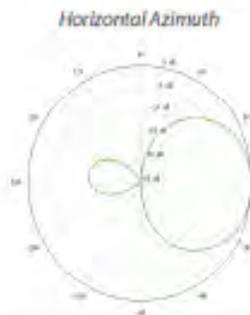
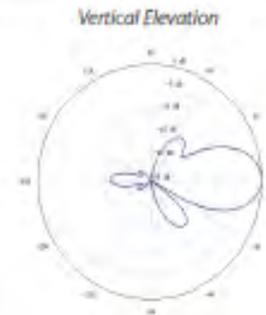
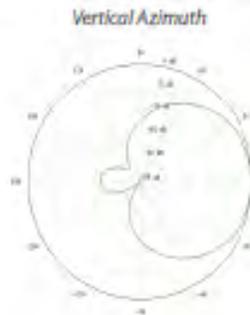
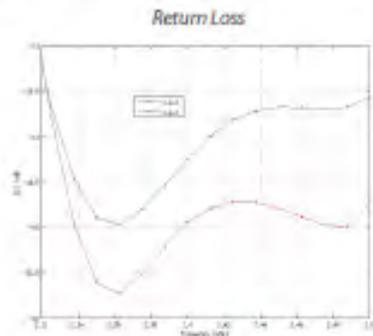
Regulatory/Compliance Information				
Model	NSM5/NSM2/locoM5/locoM2	NSM3	NSM365	locoM9
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE	-	FCC Part 902	FCC Part 15.247, IC RS210
RoHS Compliance	Yes	Yes	Yes	Yes

Physical/Electrical/Environmental						
Model	NSM5	NSM3/365	NSM2	locoM5	locoM2	locoM9
Dimensions (mm)	294 x 31 x 80	294 x 31 x 80	294 x 31 x 80	163 x 31 x 80	163 x 31 x 80	164 x 72 x 199
Weight	0.4 kg	0.5 kg	0.4 kg	0.18 kg	0.18 kg	0.9 kg
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A	24V, 1A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A
Max. Power Consumption	8 W	8 W	8 W	5.5 W	5.5 W	6.5 W
Gain	16 dBi	13.7 dBi	11 dBi	13 dBi	8 dBi	8 dBi
RF Connector	-	-	-	-	-	External RP-SMA
Polarization	Dual Linear					
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic					
Mounting	Pole Mounting Kit Included					
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4, 5+; 7, 8 return)					
Operating Temperature	-30 to 75° C					
Operating Humidity	5 to 95% Condensing					
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4					

Operating Frequency Summary (MHz)					
Model	NSM5/locoM5	NSM365	NSM3	NSM2/locoM2	locoM9
Worldwide	5170 - 5875	3650-3675	3400-3700	2412-2462	902-928
USA	5725 - 5850				
USA DFS	5250 - 5850	-	-	-	-

Output Power: 28 dBm							
2.4 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				2.4 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance		Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11 bps	1-24 Mbps	28 dBm	±2 dB	11 bps	1-24 Mbps	-83 dBm	±2 dB
	36 Mbps	26 dBm	±2 dB		36 Mbps	-80 dBm	±2 dB
	48 Mbps	25 dBm	±2 dB		48 Mbps	-77 dBm	±2 dB
	54 Mbps	24 dBm	±2 dB		54 Mbps	-75 dBm	±2 dB
airMAX	MCS0	28 dBm	±2 dB	airMAX	MCS0	-96 dBm	±2 dB
	MCS1	28 dBm	±2 dB		MCS1	-95 dBm	±2 dB
	MCS2	28 dBm	±2 dB		MCS2	-92 dBm	±2 dB
	MCS3	28 dBm	±2 dB		MCS3	-90 dBm	±2 dB
	MCS4	27 dBm	±2 dB		MCS4	-86 dBm	±2 dB
	MCS5	25 dBm	±2 dB		MCS5	-83 dBm	±2 dB
	MCS6	23 dBm	±2 dB		MCS6	-77 dBm	±2 dB
	MCS7	22 dBm	±2 dB		MCS7	-74 dBm	±2 dB
	MCS8	28 dBm	±2 dB		MCS8	-95 dBm	±2 dB
	MCS9	28 dBm	±2 dB		MCS9	-93 dBm	±2 dB
	MCS10	28 dBm	±2 dB		MCS10	-90 dBm	±2 dB
	MCS11	28 dBm	±2 dB		MCS11	-87 dBm	±2 dB
	MCS12	27 dBm	±2 dB		MCS12	-84 dBm	±2 dB
	MCS13	25 dBm	±2 dB		MCS13	-79 dBm	±2 dB
	MCS14	23 dBm	±2 dB		MCS14	-76 dBm	±2 dB
MCS15	22 dBm	±2 dB	MCS15	-75 dBm	±2 dB		

Antenna Information	
Gain	10.4-11.2 dBi
Cross-pol Isolation	23 dB Minimum
Max. VSWR	1.6:1
Beamwidth	55° (H-pol) / 53° (V-pol) / 27° (Elevation)



ANEXO E. ESPECIFICACIONES AP UBIQUITI ROCKET M2



[top - Rocket M GPS Series] RM2-GPS (2.4 GHz), RM365-GPS (3.65-3.675 GHz), RM5-GPS (5 GHz)
[bottom - Rocket M Series] RM2 (2.4 GHz), RM3 (3.4-3.7 GHz), RM365 (3.65-3.675 GHz), RM5 (5GHz), RM900 (900 MHz)

Specifications

05

System Information		
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400MHz	
Memory Information	64MB SDRAM, 8MB Flash	
	M	M GPS
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet	2 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet

Regulatory / Compliance Information			
	M900, M2, M5, M2 GPS, M5 GPS	M3	M365, M365 GPS
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE	-	FCC Part 90Y
RoHS Compliance	YES		

Physical / Electrical / Environmental		
Enclosure Size	17 x 8 x 3cm (length, width, height)	
Weight	0.5kg	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic	
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included	
Power Supply	24V, 1A POE Supply included	
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4, 5+; 7, 8 return)	
Operating Temperature	-30C to 75C	
Operating Humidity	5 to 95% Condensing	
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4	
	M	M GPS
RF Connector	2x RP-SMA (Waterproof)	2x RP-SMA and 1x SMA (Waterproof)
	M (Except M5), M GPS (Except M5 GPS)	M5, M5 GPS
Max Power Consumption	6.5 Watts	8 Watts

Compatible Antennas				
M900	M2, M2 GPS	M3	M365, M365 GPS	M5, M5 GPS
AirMax Sector 900M-13-120	AirMax Sector 2G-16-90 2G-15-120	AirMax Sector 3G-18-120	AirMax Sector 3G-18-120	AirMax Sector 5G-17-90 5G-16-120 5G-20-90 5G-19-120
	Rocket Dish 2G-24	Rocket Dish 3G-26	Rocket Dish 3G-26	Rocket Dish 5G-30 5G-34

Specifications (cont.)

Operating Frequency Summary (MHz)				
M900	M2, M2 GPS	M3	M365, M365 GPS	M5, M5 GPS
902-928	2412-2462	3400-3700	3650-3675	5470-5825*

Rocket M900 - Operating Frequency 902-928 MHz							
OUTPUT POWER: 28 dBm							
900 MHz TX POWER SPECIFICATIONS			900 MHz RX POWER SPECIFICATIONS				
AlMMax	MCS0	28 dBm	±/- 2 dB	AlMMax	MCS0	-96 dBm	±/- 2 dB
	MCS1	28 dBm	±/- 2 dB		MCS1	-95 dBm	±/- 2 dB
	MCS2	28 dBm	±/- 2 dB		MCS2	-92 dBm	±/- 2 dB
	MCS3	28 dBm	±/- 2 dB		MCS3	-90 dBm	±/- 2 dB
	MCS4	28 dBm	±/- 2 dB		MCS4	-86 dBm	±/- 2 dB
	MCS5	24 dBm	±/- 2 dB		MCS5	-83 dBm	±/- 2 dB
	MCS6	22 dBm	±/- 2 dB		MCS6	-77 dBm	±/- 2 dB
	MCS7	21 dBm	±/- 2 dB		MCS7	-74 dBm	±/- 2 dB
	MCS8	28 dBm	±/- 2 dB		MCS8	-95 dBm	±/- 2 dB
	MCS9	28 dBm	±/- 2 dB		MCS9	-93 dBm	±/- 2 dB
	MCS10	28 dBm	±/- 2 dB		MCS10	-90 dBm	±/- 2 dB
	MCS11	28 dBm	±/- 2 dB		MCS11	-87 dBm	±/- 2 dB
	MCS12	28 dBm	±/- 2 dB		MCS12	-84 dBm	±/- 2 dB
	MCS13	24 dBm	±/- 2 dB		MCS13	-79 dBm	±/- 2 dB
	MCS14	22 dBm	±/- 2 dB		MCS14	-78 dBm	±/- 2 dB
MCS15	21 dBm	±/- 2 dB	MCS15	-75 dBm	±/- 2 dB		

Rocket M2 / M2 GPS - Operating Frequency 2412-2462 MHz							
OUTPUT POWER: 28 dBm							
2.4 GHz TX POWER SPECIFICATIONS			2.4 GHz RX POWER SPECIFICATIONS				
11g	DataRate	Avg. TX	Tolerance	11g	DataRate	Avg. TX	Tolerance
	1-24 Mbps	28 dBm	±/- 2 dB		1-24 Mbps	-97 dBm min	±/- 2 dB
	36 Mbps	26 dBm	±/- 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	±/- 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	±/- 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	±/- 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	±/- 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	±/- 2 dB
11n / AlMMax	MCS0	28 dBm	±/- 2 dB	11n / AlMMax	MCS0	-96 dBm	±/- 2 dB
	MCS1	28 dBm	±/- 2 dB		MCS1	-95 dBm	±/- 2 dB
	MCS2	28 dBm	±/- 2 dB		MCS2	-92 dBm	±/- 2 dB
	MCS3	28 dBm	±/- 2 dB		MCS3	-90 dBm	±/- 2 dB
	MCS4	27 dBm	±/- 2 dB		MCS4	-86 dBm	±/- 2 dB
	MCS5	25 dBm	±/- 2 dB		MCS5	-83 dBm	±/- 2 dB
	MCS6	23 dBm	±/- 2 dB		MCS6	-77 dBm	±/- 2 dB
	MCS7	22 dBm	±/- 2 dB		MCS7	-74 dBm	±/- 2 dB
	MCS8	28 dBm	±/- 2 dB		MCS8	-95 dBm	±/- 2 dB
	MCS9	28 dBm	±/- 2 dB		MCS9	-93 dBm	±/- 2 dB
	MCS10	28 dBm	±/- 2 dB		MCS10	-90 dBm	±/- 2 dB
	MCS11	28 dBm	±/- 2 dB		MCS11	-87 dBm	±/- 2 dB
	MCS12	27 dBm	±/- 2 dB		MCS12	-84 dBm	±/- 2 dB
	MCS13	25 dBm	±/- 2 dB		MCS13	-79 dBm	±/- 2 dB
	MCS14	23 dBm	±/- 2 dB		MCS14	-78 dBm	±/- 2 dB
MCS15	22 dBm	±/- 2 dB	MCS15	-75 dBm	±/- 2 dB		

ANEXO F. ESPECIFICACIONES FIBRA ÓPTICA 4 HILOS MULTIMODO 62.5/125



www.occfiber.com | 800-622-7711 | 540-265-0690

Part #: DX004

4 CHANNEL

D-Series Distribution Riser Rated Cables

Laser Ultra-Fox™ Fiber Performance	
Industry Standard Designation	Maximum Cabled Attenuation (dB/km)
Core/Cladding Diameter (µm)	Minimum Laser EMB Bandwidth (MHz-km)
Numeric Aperture	Minimum OFL LED Bandwidth (MHz-km)
Proof Test Level (kpsi)	100

Installation and Operating Characteristics		
	Installation	Operating
Max Tensile Load	1,400 N (310 lbs)	450 N (100 lbs)
Min Bend Radius	7.7 cm (3.0 in)	5.1 cm (2.0 in)

Mechanical and Environmental	
Impact Resistance EIA/TIA-455-25A	1,500 Impacts
Crush Resistance TIA/EIA-455-41A	1,800 N/cm
Flex Resistance	2,000 cycles
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Storage Temperature	-55°C to +85°C
Installation Temperature (actual temp. of cable)	-10°C to +60°C
Flame Retardancy	UL Listed Type OFNR (UL 1666) and FT4 (CSA C22.2 No. 232)

Cable Characteristics	
Jacket Color	
Jacket Material	
Buffer Material	PVC
Cable Weight	24 kg/km (16 lbs/1000')
Cable Diameter	5.1 mm (0.20 in)