

**PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE ESMERALDAS**



ESCUELA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN.

TESIS DE POSGRADO.

TEMA DE INVESTIGACIÓN:

“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UN PROVEEDOR DE
SERVICIO DE INTERNET INALÁMBRICO PARA LA PARROQUIA
CHONTAPUNTA PROVINCIA DEL NAPO.”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

REDES Y COMUNICACIONES

PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

AUTOR:

ALEX RAFAEL ZAVALA LUCAS

ASESOR:

MGT. WILSON CHANGO

ESMERALDAS, 2022

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

TÍTULO: Estudio de factibilidad para el diseño de un proveedor de servicio de internet inalámbrico para la parroquia Chontapunta provincia del Napo.

Autor(a): Alex Rafael Zavala Lucas

Mgt. Gustavo Chango
Asesor

f. _____

Mgt. Juan Casierra
Lector #1

f. _____

Mgt. Manuel Nevárez Toledo
Lector #2

f. _____

Mgt. Manuel Nevárez Toledo
Coordinadora de carrera

f. _____

AUTORÍA

Yo, **ALEX RAFAEL ZAVALA LUCAS**, con un número de identificación **0802870683** manifiesto que por medio de la actual investigación que versa con el nombre de **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UN PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET INALÁMBRICO PARA LA PARROQUIA CHONTAPUNTA PROVINCIA DEL NAPO.”** los resultados obtenidos como tesis de posgrado, antes de obtener el título de **“MAGISTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN ”** son responsabilidad exclusiva del autor, y que se han respetado las fuentes de información consultadas, haciendo las correspondientes citas y los resultados obtenidos son completamente personales, únicos y legales. Al mismo tiempo, declaro que cualquier contenido, incluyendo resultados, discusiones, conclusiones, recomendaciones y demás implicaciones jurídicas y científicas, dividido en secciones, es y será de mi responsabilidad legal, de exclusiva teoría y ciencia del autor y de la PUCESE.

ALEX RAFAEL ZAVALA LUCAS

C.I. 0802870683

Agradecimiento

Agradezco con un gran amor primeramente a Dios, Jesús y la Virgen María por permitir un logro más en mi vida y ser mi soporte

A mi padre Zenón Zavala Vallejo, mi hermana Nicole Leticia Zavala Lucas, mi familia y principalmente a mi madre Nancy Violeta Lucas Muentes, mi tío Carlos Lucas Muentes y mi tío Arsenio Lucas Muentes por el apoyo brindado

A los docentes de esta prestigiosa institución especialmente al Coordinador de la maestría Mgt. Juan Casierra y mi tutor de tesis Mgt. Wilson Chango y a todos profesionales que me brindaron su aporte significativo en la formación y finalización en esta nueva etapa que es la maestría que Dios le bendiga y le proteja siempre

Dedicatoria

Primeramente, a Dios, Jesús y la Virgen María por todas las bendiciones brindadas en mi vida, a mi padre, hermana y principalmente a mi amada madre Nancy Violeta lucas Muentes que son el pilar importante en mi vida personal y profesional

Índice

AUTORÍA	III
Agradecimiento	IV
Dedicatoria	V
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	11
Presentación de la investigación	11
Planteamiento del problema	12
Justificación	13
Objetivos	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos	14
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	15
1.1 Bases teóricas científicas	15
1.2 Definición de Radio enlace.	15
1.2.1 Potencia de transmisión	15
1.2.2 Ganancia.	15
1.2.3 Perdida en la trayectoria.	16
1.2.4 Zona de Fesnel	17
1.2.5 Manejo de radio Mobile	18
1.2.6 Magnitud de un radioenlace	18
1.3 Modos de transmisión de datos.	18
1.3.1 Modo simplex	18
1.3.2 Modo Half-Duplex	19
1.3.3 Modo Full-Dúplex	19
1.4 Medios físicos de comunicación	19
1.4.1 Medios Guiados	19
1.4.2 Medios no Guiados	19
1.5 Tipos de tecnología.	21
1.5.1 Redes Inalámbricas.	22
1.5.2 Bandas de frecuencia.	22
1.6 Antecedentes.	23
1.7 Fundamentación Legal.	25
1.7.1 Entidades reguladoras.	25

1.7.2	Formularios para legalizar los enlaces.....	26
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....		27
2.1	Delimitación.....	27
2.2	Tipos de investigación.....	27
2.3	Métodos de investigación.....	27
2.4	Población y muestra.....	28
2.5	Variables de investigación.....	28
2.6	Métodos de investigación y herramientas de recolección de datos.....	28
2.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	29
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....		31
3.1	Perdidas en el espacio libre.....	31
3.2	Calculo Link Budget.....	31
3.3	Equipos y antenas de radio.....	32
3.4	Simulación de los enlaces.....	34
3.4.1	Caso 1: Configuración de parámetros para Radio Mobile.....	35
3.4.2	Caso 2: Pasourco-Chontapunta.....	36
3.4.3	Caso 3: Parametrización y Simulación.....	36
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.....		43
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES.....		44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		45
Anexo 1. Cuestionario de preguntas para las encuestas realizadas a la ciudadanía.....		49
Anexo 2 .Punto de coordenadas.....		50
Anexo 3 puntos de conexión.....		51

Índice de Figuras

Figura 1 Zona de Fresnel	17
Figura 2 Diagrama general conexión antenas	31
Figura 3 Calculo sensibilidad antenas (Link Boudget)	32
Figura 4 Radio airFiber 5X HD	33
Figura 5 Antena airFiber AF-5G30-S45	33
Figura 6 Puntos simulados en Radio Mobile	35
Figura 7 Configuración y puesta a punto de Software necesario para simulación	35
Figura 8 Ingreso de datos en el software de simulacro de Radio Mobile	36
Figura 9 Frecuencias utilizadas para simulación	37
Figura 10 Parámetros para simulación de radio enlace	37
Figura 11 Topología de red Maestro Esclavo	38
Figura 12 Parametrización de rango de frecuencias y antena	39
Figura 13 Azimuth y Angulo de elevación para antena Máster.....	39
Figura 14 Azimuth y Angulo de elevación para antena Esclavo.....	40
Figura 15 Radio enlace generado.....	40
Figura 16 Radio enlace funcional	41
Figura 17 Radio enlace y tabla de Elevaciones.....	42
Figura 18 Radio enlace visto desde Google Hearth.....	42

Índice de Tablas

Tabla 1. Tabla de modos de transferencia guiados	19
Tabla 2. Tabla de modos de transferencia no guiados.....	20
Tabla 3. División del espectro radioeléctrico.....	21
Tabla 4.Variable de investigación.....	28
Tabla 5. Análisis Preguntas dicotómicas	29
Tabla 6. Cálculos preguntas dicotómicas.....	30
Tabla 7. Interpretación de resultados	30
Tabla 8. Cálculo de perdidas en el espacio.....	31

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto de investigación es el estudio y diseño de un radioenlace como propuesta asequible en el aspecto técnico y económico para la comunidad de Chontapunta ubicada en la provincia de Napo.

Para la revisión bibliográfica se ha utilizado la Investigación en ciencias del diseño de aquí en adelante (DSR), es una orientación de investigación riguroso que plantea la creación de artefactos para proporcionar una solución útil y eficaz a un inconveniente en un campo determinado. Es necesario comprobar los artefactos y proponer la resolución del problema. Se realizó en su gran parte mediante una investigación de campo, debido a que se recolectaron coordenadas geográficas y se analizó por medio de un software los puntos que se utilizaron en esta investigación. Además, se realizaron diferentes simulaciones mediante la aplicación Radio Mobile, para la validación del instrumento se utilizó un indicador de fidelidad llamado Kunder- Richardson o KR20 obteniendo un valor de **K= 0,70 (Aceptable)**. La comunicación entre los dos puntos propuestos es factible porque el resultado del link Budget es mayor que el margen de sensibilidad del receptor (**-109 dBm**)

Como conclusión se determinó que el software de Radio Mobile es muy utilizado en el diseño y cálculo de radio enlaces, al igual que Google Earth, estos permitieron la recopilación información para ubicar los sistemas de telecomunicaciones en la propuesta técnica.

Palabras Claves: Radio enlaces, Bandas, Frecuencia, Radio Mobile, Google Earht.

ABSTRACT

This research project's main objective is the study and the design for a radio link as an affordable proposal in the technical and economical aspect for the community of Chontapunta located in the province of Napo.

For the bibliographic review we have used the Design Science Research (DSR), it is a rigorous research orientation that proposes the creation of artifacts to provide a useful and effective solution to a drawback in a given field. It is necessary to test the artifacts and propose the resolution of the problem. It was largely carried out by means of a field research, due to the fact that geographical coordinates were collected, and the points used in this research were analyzed by means of software. In addition, different simulations were carried out using the Radio Mobile application. For the validation of the instrument, a fidelity indicator called Kunder-Richardson or KR20 was used, obtaining a value of $K=0.70$ (Acceptable). The communication between the two proposed points is feasible because the result of the Budget link is greater than the sensitivity margin of the receiver (-109 dBm).

In conclusion, it was determined that the Radio Mobile software is widely used in the design and calculation of radio links, as well as Google Earth, which allowed the collection of information to locate the telecommunications systems in the technical proposal.

Keywords: Radio links, Bands, Frequency, Mobile Radio, Google Earht.

INTRODUCCIÓN

Presentación de la investigación

Este estudio ofrece una solución al problema potencial de falta de servicio de internet en la provincia de Napo Chontapunta. En este trabajo se analizan los factores que la provocan y los beneficios.

El mercado ha visto un acrecentamiento específico en la cantidad de dispositivos que permiten este tipo de solución, muchas veces limitadas por el estudio de factibilidad y el equipo utilizado. Los radioenlaces FH son invariablemente de naturaleza dúplex y emplean inventivas de dúplex por repartición de periodo (TDD) o dúplex por repartición de frecuencia (FDD)[1].

Antes de determinar la elección del dispositivo, es importante determinar el tipo de información que desea transmitir del emisor al receptor, así como la cantidad de nodos y sus ubicaciones, para que la información llegue al destinatario sin ningún tipo de impedimento. sin dificultad. el tipo de conexión más adecuado entre cada nodo [2].

En esta era moderna, la comunicación inalámbrica surge como la forma más flexible y conveniente de comunicación entre los usuarios presentes en todo el mundo, las redes de comunicación inalámbricas satisfacen las necesidades de los usuarios de alta velocidad de datos sin ninguna interrupción de la red, proporcionan una velocidad de datos de 10-300 Mbps ya que utiliza la metodología de transmisión de ondas de radio full dúplex en su proceso de comunicación [3].

En los últimos años se han empleado las comunicaciones inalámbricas en distintas estaciones satelitales, lograr una alta eficiencia espectral en sistemas inalámbricos masivos multiusuario (MU) de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) requiere algoritmos computacionalmente complejos para la detección de datos en el enlace ascendente y la formación del haz en el enlace descendente lo que resulta en una complejidad prohibitiva para los sistemas con cientos o miles de antenas que genera tasas de datos en banda base que superan los límites de la tecnología de interconexión [4].

Planteamiento del problema

La provincia del Napo se divide en 5 cantones Tena, Archidona, Carlos julio Arosemena tola, El Chaco, Quijos, la parroquia Chonta punta pertenece al catón tena y limita con los catones de Loreto y Orellana, la distancia con relación a la capital de Napo es de 55 kilómetros aproximadamente.

Las parroquias que, según el NBI, tienen el mayor número de habitantes en extrema pobreza, aunque han disminuido en los últimos años, siguen siendo las que tienen una participación de más del 50% del total, que son: San Pablo de Uspaiacu (61,5%), Chontapunta (60,8%), Talagh (55,80%) y Auano (55,2%), donde la calidad de los servicios de telecomunicaciones no es suficiente, existen problemas regionales de cobertura móvil, aunque muchas de estas cuentan con redes de fibra óptica y no se puede atender por dificultad de acceso a la zona.

En vista de que, los radio enlaces son casi la única alternativa de conectividad para la comunicación en zonas rurales siendo unos de los motivos, que es el único medio de transmisión capaz de interconectar sitios geográficamente distantes y de difícil acceso para proveer un servicio con otro medio de transmisión de datos.

Por lo tanto, se propone construir una red de datos de alta velocidad transmitida por radioenlaces de microondas que beneficiará a esta comunidad y el crecimiento global de esta comunidad, se necesita responder la siguiente pregunta.

Problema General

Es factible el esquema de un sistema de comunicación por radio para proponer servicios de red de internet a las parroquias con mayores necesidades del catón Napo.

Problemas específicos

¿Es posible realizar un estudio de campo e investigación secundaria sobre un proyecto de radioenlace para dar servicio de internet a la parroquia de Chontapunta?

¿Es posible hacer una investigación de propagación para poder conectar el nodo primario al nodo secundario?

¿Cuál sería la más adecuada tecnología para proponer el mapeo de una red de Internet a través de un enlace inalámbrico?

Delimitación de la investigación.

El trabajo de relevamiento se ejecutará en la parroquia de Chontapunta ubicada en la provincia del cantón Napo Tena en el año 2021.

Justificación

La presente investigación titulada "Estudio de factibilidad para el diseño de un proveedor de servicios de Internet sin cables para la parroquia de Chontapunta, provincia de Napo", tiene como propósito brindar medios de telecomunicaciones en la comuna de Chontapunta, municipio de Tena, ciudad del distrito de Napo, tales como Internet, Telefonía, Televisión Digital, entre otros servicios. También hay que recordar que, para llegar a esta zona urbana de la provincia de Napo, se requiere de puntos geográficos adecuados para alcanzar la vista, para poder establecer una conexión confiable, y elegir la frecuencia adecuada para establecer comunicaciones entre lugares geográficamente alejados.

Por lo que se refiere a cuál es el motivo para realizar este estudio es comprobar la factibilidad de interconectividad para proveer servicios de telecomunicaciones en la zona rural del cantón tena específicamente en la parroquia de Chonta punta, en donde aún ningún proveedor de servicios de telecomunicaciones privado o gubernamental ha llegado ofertando un servicio de calidad más aun siendo una sitio geográficamente de difícil acceso por la vegetación, lluvias, distancia, y demás aspectos geográficos que se presentan en la localidad.

La parte más importante de la investigación se basa en el plan del radioenlace principal para dotar a los pobladores de la parroquia de Chontapunta de medios de comunicación, instituciones educativas, instituciones médicas, etc. Además, este estudio es válido porque existen diferentes estándares inalámbricos que se pueden utilizar para brindar servicios de telecomunicaciones en la región.

Todas estas observaciones se relacionan con la posible inversión económica que se realizaría para lograr que el proyecto de interconectividad se cristalice previamente mirando los resultados arrojados por este estudio, Habría que decir también de los resultados obtenidos son de suma importancia para la ejecución del proyecto.

Objetivos

Objetivo General

- Proyectar un esquema de radioenlace para la operación del servicio inalámbrico para la parroquia de Chontapunta en la provincia de Napo mediante el empleo de instrumentos informáticos.

Objetivos Específicos

- Analizar las herramientas adecuadas para el diseño y simulación de un radio enlace que permita interconectar la parroquia de Chontapunta.
- Seleccionar una frecuencia adecuada para el tipo de comunicación inalámbrica previo a una comparación de los tipos de frecuencias disponibles para enlaces de grandes distancias.
- Determinar las coordenadas en donde serán sembradas las torres para determinar su factibilidad entre los puntos a conectar.
- Simular el diseño del sistema de radio enlaces con las herramientas seleccionadas las coordenadas escogidas y la frecuencia adecuada.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Bases teóricas científicas

En este proyecto investigativo es primordial conocer los criterios técnicos fundamentales los cuales son los instrumentos para comprender el estudio que se realiza en la investigación, este capítulo ha sido desarrollado en base a artículos científicos, libros acerca de redes, comunicaciones y telecomunicaciones que han sido nuestra guía para el desarrollo.

1.2 Definición de Radio enlace.

Un medio de difusión electrónica inalámbrica utiliza las transferencias de radio para expedir comunicaciones entre varios puntos. La radiotelecomunicación terráquea es una conexión entre receptores fijos o móviles de tierra mediante transmisiones de radio. [5].

De acuerdo con los receptores en la propagación . - De punto a punto (1:1), de punto a región (móvil [1:1] o de propagación [1: N]), de multipuntos (N:M)

De acuerdo el tráfico de la propagación. - De trayectoria única o en uno y otros sentidos.

De acuerdo la interposición de centrales espaciales - terrestres o cósmicas.

De acuerdo el sentido de la propagación en notificaciones con satélites. - elevado (Tierra-Espacio) o bajada (espacio-tierra)

De acuerdo el servicio. - Enlace de radio del sistema seguro, enlace de radio del sistema móvil, etc.

1.2.1 Potencia de transmisión

Se utiliza la unidad dBm, por ejemplo, 1mW equivale a 0 dBm y cada vez que se duplican los mili vatios, se añade 3 a los decibelios. La emisión máxima de la antena permitida por la FCC en Estados Unidos es de 1 vatio (correspondiente a 30 dBm). En Europa, se limita a 250 mW (24 dBm)[6].

1.2.2 Ganancia.

La ganancia de la antena se refiere a la medida direccional, cuando se da la dirección de la antena, la ganancia se define como la potencia de salida en la dirección previamente seleccionada, tenga en cuenta que la ganancia en la antena no debe ser la potencia que la transmite, es no es regenerativo y no lleva entrada de energía a la antena, es simplemente una medida de la orientación de la antena.

Un concepto ampliamente utilizado de ganancia de antena es la región efectiva, que está concerniente con su volumen físico y geometría. tal que la ganancia de la antena y su región efectiva están determinadas por la siguiente fórmula [8]:

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} = \frac{4\pi f^2 A_e}{c^2} \quad (1)$$

Donde:

G = Beneficio de la antena.

A_e = Espacio seguro.

f = constancia de luz conductora.

c = rapidez de la luminosidad ($\approx 3 \times 10^8$ m/s).

λ = extensión de la transmisión portadora.

Ancho de banda

El ancho de banda representa la velocidad con que viajan los datos dentro de un canal de comunicación, es decir que es la cantidad de información que se transmite en un segundo por algún medio de comunicación que se esté empleando. Esto depende de la cantidad de bits que se pueda transmitir en un tiempo corto determinado.

1.2.3 Pérdida en la trayectoria.

Para determinar la potencia atenuada recibida en el radioenlace es necesario tener en cuenta las antenas de transmisión y recepción y la distancia entre ellas, obteniendo la igualdad de transferencia de Friis en zona independiente [8].

$$\frac{P_r}{P_T} = \frac{P_t G_t G_r \lambda}{16\pi^2 r^2} \quad (2)$$

$$L_{fs} = 10 \log \frac{P_T}{P_r}$$

L_{fs} = Desgaste de recorrido, en dB

P_R = intensidad admitida. En W.

P_T = intensidad entregada. En W.

G_T = beneficio de la antena de emisión. G_R = beneficio de la antena perceptora.

λ = amplificación para la transmisión (c/f), es decir, en m.

r = recorrido radiado entre las antenas, en m.

1.2.4 Zona de Fresnel

Según [7], no se sitúan los puntos en el eje recto entre A y B también irradian energía en la dirección B, es decir, la onda se propaga alrededor de la región de rotación en representación de elipsoide se denomina región de Fresnel (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

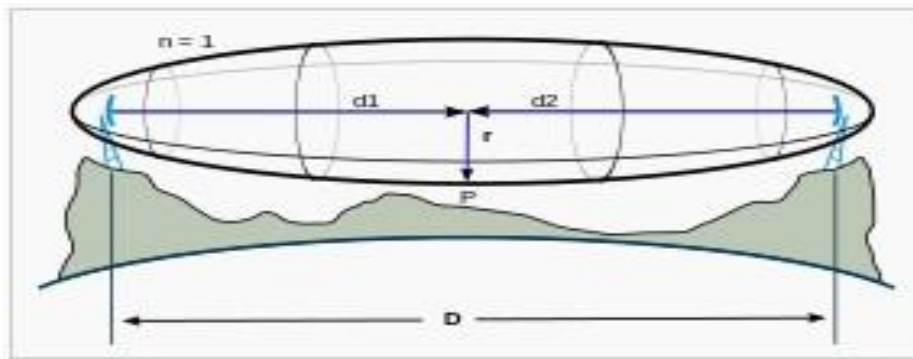


Figura 1 Zona de Fresnel [27]

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{nd_1d_2}{df}} \quad (3)$$

Donde:

r : Radiodifusión n -ésima región de Fresnel (m)

d : Trayecto entre el emisor y el destinatario (km)

f : Periodicidad de realización (GHz)

d_1 : Trayecto entre el transmisor y el obstáculo (km)

d_2 : Trayecto entre el receptor y el obstáculo (km)

r : Cantidad de área de Fresnel ($n=1, 2, 3$)

La formulación proporciona una fórmula simple para la frecuencia máxima de la primera zona de Fresnel para un camino semi-claro.

Donde:

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{d}{4f}} \quad (4)$$

r : Radiodifusión de la primera zona de Fresnel (m)

d : Trayecto entre el transmisor y el receptor (km)

f : Periodicidad de realización (GHz)

En el camino, la necesidad de sortear obstáculos como montañas, pero es necesario evitar la difracción motivada por la obstrucción parcial de algún objeto fijo, la difracción hace que aparezca una segunda onda en el receptor, y dependiendo de lo que digan, pueden cancelar todos. más. hasta cierto punto, haciendo que las olas retrocedan.

El efecto de difracción se disminuye si el camino directo del aire para evitar el obstáculo es al menos el 60% de la dispersión (F1) de la zona principal de Fresnel. La teoría de Huygens-Fresnel dice que si el proceso y la recta es 0° , la primera área cubrirá la primera área hasta que el tiempo llegue a 180° ($\lambda/2$), la segunda área será 360° (λ) y habrá una segunda elipse que contenga a la primera.

1.2.5 Manejo de radio Mobile

Es trascendental inspeccionar el primer 60% de la zona de Fresnel a lo largo de toda la línea de transmisión. Lo mejor es emplear un software avanzado como Radio Mobile.

1.2.6 Magnitud de un radioenlace

Teniendo en cuenta la elevación de la antena receptora en los cálculos, obtenemos la separación máxima entre el emisor y el receptor en un terreno bastante llano, véase la figura.

Donde:
$$r = r_1 + r_2 = \sqrt{17h_1} + \sqrt{17h_2} \quad [12] \quad (5)$$

h_1 = elevación de la antena emisora en m.

h_2 = elevación de la antena destinataria en m.

1.3 Modos de transmisión de datos.

Para interconectar dos sitios separados geográficamente por medio de enlaces de radio frecuencia, es importante conocer los medios y modos de transmisión más relevantes que se cuentan actualmente, es por ello que en esta sección se mencionan los medios y modos de transmisión más importantes [8].

1.3.1 Modo simplex

El modo de transmisión es unidireccional, la transmisión de datos ocurre de forma tradicional debido a que los datos se transiten de un punto a otro en un solo sentido, de

tal forma que uno de las dos estaciones de enlace puede transmitir y la otra solo recibir [9].

1.3.2 Modo Half-Duplex

Permite alternar la transmisión en ambos sentidos. Un ejemplo de este tipo es la transmisión de onda corta., en el modo de transmisión Half-duplex, las estaciones pueden transmitir y recibir información, es decir los dos extremos del sistema de comunicación cumplen con las funciones de ser transmisor y receptor [10].

1.3.3 Modo Full-Dúplex

En este modo de transmisión de datos. Ambas estaciones se convierten en transmisores como receptores simultáneos, este modo full dúplex la información que se transmite comparten el canal de comunicación viajando en dos direcciones simultáneamente, uno de los ejemplos más relevantes para este tipo de comunicación lo podemos observar en las comunicaciones celulares en donde los dos puntos de comunicación interactúan.[10]

1.4 Medios físicos de comunicación

Existen dos instrumentos físicos para la transferencia de datos, los medios guiados y los no guiados.

1.4.1 Medios Guiados

Este medio consiste en cables que llevan señales de un punto a otro. Esto depende del tipo de transportador utilizado, tasa de datos, permisión de instalación, costo, interferencia y distancia máxima de transferencia entre repetidores. Hay tipos eléctricos como coaxial o par trenzado y tipos ópticos como fibra óptica.

Tabla 1. Tabla de modos de transferencia guiados

Medios de Transferencia	Tasa de datos general	Anchura de banda	Dispersión entre los repetidores
Pares trenzados	4 Mbps	3 MHz	2 a 10 km
Cable Coaxial	500 Mbps	350 MHz	1 a 10 km
Fibra Óptica	2 Gbps	2 GHz	10 a 100 km

1.4.2 Medios no Guiados

Transmiten sin conexiones eléctricas u ópticas, pero la atmósfera no es un medio conductor. [11].

Esta transmisión de señales tiene efectos de reflexión, refracción y difracción, es decir que también consigue concurrir propagación direccional y omnidireccional.

Direccional: Donde la antena irradia energía electromagnética, concentrándola en un haz, por lo que las antenas transmisora y receptora deben estar alineadas.

Omnidireccional: Donde la radiación es difusa, irradia en todas direcciones y la señal puede ser recibida por varias antenas.

Cuando se transmite por un modo no guiado, los obstáculos en el entorno, como árboles y edificios, pueden ser un problema según la frecuencia a la que se transmite la onda:

Transmisión por radiofrecuencia

Utilizan ondas electromagnéticas para transmitir señales y son una respuesta para sistemas que requieren portabilidad porque son flexibles y fáciles de instalar. Se utiliza para radio, televisión, comunicaciones móviles, transmisión de radar, etc. *Tabla 2* se detalla las bandas de frecuencia que utiliza los medios no guiados.

Tabla 2. Tabla de modos de transferencia no guiados

Rango de frecuencia	Designación	Inflexión	Rapidez de datos	Funciones primordiales
30-300 kHz	LF (low frequency)	ASK, FSK, MSK	0,1-100 bps	Navegación
300-3000 kHz	MF (medium frequency)	ASK, FSK, MSK	10-1000 bps	Radio AM Comercial
3-30 MHz	HF (high frequency)	ASK, FSK, MSK	10-3000 bps	Radio de onda corta
30-300 MHz	VHF (very high frequency)	FSK, PSK	Hasta 100 kbps	TV VHF, Radio FM
300-3000 MHz	UHF (ultra high frequency)	PSK	Hasta 10 Mbps	TV UHF, Microondas Terrenales
3-30 GHz	SHF (super high frequency)	PSK	Hasta 100 Mbps	Microondas Terrenales y vía Satélite
30-300 GHz	EHF (extremely high frequency)	PSK	Hasta 750 Mbps	Enlaces cercanos con punto a punto experimentales

De acuerdo con el Procedimiento Nacional de Frecuencias del Ecuador año 2017, el espectro radioeléctrico se divide en las bandas que se exponen en la *Tabla 3*.

Tabla 3. División del espectro radioeléctrico

Cuantía de la banda	Distintivos (en inglés)	Rango de frecuencia (excluyendo el límite inferior, pero incluyendo el límite superior)	Sección métrica proporcionada
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas
6	MF	300 a 3000 kHz	Ondas hectométricas
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas
9	UHF	300 a 3000 MHz	Ondas decimétricas
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas
12	THz or THF	300 a 3000 GHz	Ondas decimilimétricas

1.5 Tipos de tecnología.

Para completar la instalación de la red, tendremos en cuenta muchas cosas para elegir la tecnología que se manejará de la manera correcta, por lo que se considera la ubicación del sitio, los servicios que ofrecen, el usuario se conectará a él. en la red, precio de instalación, maleabilidad, escalabilidad, instalación, configuración de los equipos necesarios, seguridad, licencias, de igual manera se analizarán los aspectos legales, regulatorios y principalmente el perímetro que se planea en la red fundacional.

Considerando el conjunto de los aspectos cubiertos, y la geografía a cubrir, se opta por la tecnología inalámbrica, principalmente por la diversidad de beneficios que ofrece en comparación con las redes por cable, entre otras:

- Bajo Impacto Ambiental
- Robustez
- Poca planificación para el despliegue

Adicionalmente a todas las afirmaciones realizadas, se decide por esta solución para despliegue de red, dado el alto costo que conlleva la construcción de un cableado de cobre o fibra óptica [12].

1.5.1 Redes Inalámbricas.

Entre el enlace telefónico e inalámbrica, existen diferentes posibilidades para utilizar la red en regiones rurales, pero por el lugar donde se instalará se opta por la red WiMAX. [13].

1.5.2 Bandas de frecuencia.

La normativa IEEE 802.16 instaure la técnica empleada en la de red WiMAX, anude modalidad de ancho banda inalámbrica que comprende equipos fijos, móviles y portátiles. Las primordiales particularidades de IEEE 802.16/WIMAX son las siguientes.:

- La frecuencia portadora es inferior a 11 GHz. Las bandas radiodifusoras que se están revisando actualmente son 2,3 GHz, 2,5 GHz, 3,5 GHz y 5,7 GHz.
- OFDM. La norma 802.16 se basa en la metodología de transferencia OFDM, reconocida por su alta eficiencia en el uso de los equipos de radiotransmisión.
- Tasa de transmisión de datos. La tasa tolerada es de 10 Mbps, algunos reportes brindan otras características hasta 70 Mbps y 100 Mbps, estos valores se encontrarán en las condiciones correctas de la radio y para sistemas con poca carga, lo que hace que esta característica sea muy prometedora.
- Demasiado. Alcance máximo de 20 km, algo menos en el caso de una habitación. Para cumplir con los requisitos de las diferentes condiciones de acceso, se han identificado dos tipos de WiMAX: el primero se basa en el estándar IEEE 802.16.2004 [19] y es principalmente para entrada seguro y nómada, y el secundario tipo de WiMAX, que está diseñado para soportar Movilidad y Portabilidad, basado en el estándar IEEE 802.16e.

La subsiguiente tabla pauta cómo WiMAX consigue admitir diversos tipos de entrada y sus requisitos en cada caso.

Tabla 4. Modelo de entrada para 802.16

Modelo de entrada	Instrumentos	Zona de aplicación / Rapidez	Transfer	802.16-2004	802.16e
Entrada Segura	CPEs outdoor e indoor	Una BSs/ Stationary	No	Yes	Yes
Entrada nomádico	CPEs indoor, tarjetas PCMCIA	Manifolds BSs/ Stationary	No	Yes	Yes
Transmisibilidad	Notebooks PCMCIA o mini-cards	Manifolds BSs/ Velocidad pedestre	Hard Transfers	No	Yes
Movilidad	Notebook PCMCIA	Manifolds BSs/	Strong		
Simple	o minitarjetas, PDAs o smart-phones	Velocidad vehicular baja	Transfers	No	Yes

Movilidad	Laptop PCMCIA	Manifolds BSs/	Sofá		
Total	o mini-cards, PDAs o smart-phones	Velocidad vehicular alta	Transfers	No	Yes

Las tecnologías WiMAX están trabajando juntas para aumentar la demanda de banda ancha inalámbrica fija y móvil. Al seleccionar una solución WiMAX para su implementación, los operadores también tienen la opción de considerar el tipo de implementación, tanto fija como móvil, y deben tener en cuenta factores adicionales, disponibilidad, regulación y tiempo de implementación.

Discrepancias entre 802.16e proporción a 802.16d

- Los nodos de suscripción son las existentes centrales telefónicas (MS). La MS de 802.16e es asimismo una estación de suscriptor (SS).
- El proceso de transmisión se define en la capa MAC. El estándar IEEE 802.16e admite tres métodos de traspaso: solo comando HHO (Hard Hand Off) y dos opciones FSS (Fast Base Station Switching) y MDHO (Macro Diversity Handover).
- Niveles de energía reducidos (en relación con el estado de movimiento de la EM): estado de alerta y estado de sueño.
- SOFDMA (Scalable OFDMA). Conversión de la capa física de OFDM a OFDMA, que se transformó plenamente entre el 162004 y el 16e.
- En materia de seguridad, se definen nuevos protocolos.
- Más mejoras en el rendimiento y la precisión de la tecnología MIMO (MultipleInput MultipleOutput) y AAS (Adaptive Antenna System).
- Admite medios de multidifusión y transmisión. (MBS).
- Se precisa una clase de servicio nueva (quinta): ertPS (aparte de la definida en 802.162004 rtPS). La clase ertPS admite flujos de servicio en tiempo real, que producen paquetes de información con tamaño variable de forma regular, por ejemplo, VOIP con la supresión del ruido.

1.6 Antecedentes.

En la actualidad, las empresas e instituciones públicas y privadas tienen que actualizarse a medida que progresa la tecnología, las tecnologías de la información y la comunicación son el grupo de tecnologías que permiten manipular el ingreso a la comunicación

En este trabajo [14], se representa el diseño y la implementación de una red inalámbrica de alcance municipal en Perú, La información incluye un breve resumen del estado de los modelos de predicción de propagación del estado de la técnica para aplicarlos como una herramienta con la planificación de la cobertura de este entorno. Además, contiene una explicación sobre la topología de la red y la filosofía seguida para el desarrollo de este proyecto, así como el método utilizado en la investigación.

En un segundo estudio, propuesto por Betz [15], proporciona primero las ecuaciones para calcular la concordancia entre la potencia de transmisión y la potencia admitida para el caso básico de la propagación espacio-Tierra. luego procede y profundiza en el caso de los enlaces satélite-receptor, analizando las consideraciones para evaluar la potencia mínima recibida y la potencia máxima recibida, así como las diferentes convenciones utilizadas por los distintos sistemas para este fin, esto es de suma importancia porque se debe tomar en cuenta la ganancia y la geometría de la antena de transmisión. Mientras que los balances de los enlaces satélite-receptor pueden predecirse con bastante precisión, los balances de los enlaces terrestres son mucho más variables. debemos tener en cuenta que los receptores de navegación por satélite a menudo operan bajo el follaje y en edificios, también realiza una discusión de los modelos para la atenuación adicional causada por la propagación a través de estos materiales.

Por su parte, Moserrat [16] desarrolló un estudio sobre la eficiencia del espectro entre UMTS y LTE, con el objetivo de crear y promover bandas LTE2100 en tres regiones diferentes de España: Valencia, Castellón y Alicante. El objetivo es mejorar el rendimiento y el aforo de la red, ya que la gran cantidad de usuarios de Internet provoca la saturación temporal de la red y el rendimiento del servicio no es bueno.

Este estudio es importante porque examina las desventajas del servicio brindado a los usuarios en diferentes tecnologías, y también considera los parámetros que se mejorarán con la implementación de la banda de 2100 MHz, de lo cual se demostró que el estudio se realizó correctamente

Luego, Alcívar [5], en su estudio, aborda las debilidades del sistema de comunicación entre la UTM y la ampliación de la Universidad de Bahía de Caráquez.

Realiza investigaciones sobre diversas tecnologías de acceso inalámbrico, con énfasis en WiFi y WiMAX. Este trabajo es muy importante porque se utilizan métodos integrados en la planificación y diseño de redes inalámbricas de banda ancha, la implementación del sistema es un proceso para modelar y simular la red WiMAX, finalizando con una

solución efectiva. . Y la confiabilidad está configurada para la transmisión de voz y datos entre grupos específicos de empresas.

En base a los antecedentes expuestos este estudio se centrará en verifica la viabilidad de la ejecución de un radio enlace en la parroquia de Chontapunta del cantón tena de la provincia de Napo, En este estudio se determinó que la frecuencia de 5Ghz es la más indicada a utilizar, incluyendo todas las características relacionadas a estas, como es la modulación, la polarización, la altura en la que se van a ubicar las antenas sujetas a estudio, entre otros parámetros.

1.7 Fundamentación Legal.

Actualmente, el sistema de empresas públicas y privadas es atraído por el uso de los espectros radioeléctricos, principalmente los que distribuyen medios de Internet, entonces los ISP requieren licencias específicas para operar equipos de telecomunicaciones, Internet se ha transformado en un instrumento de servicios importantes Todas estas licencias deben ser obtenidas de la empresa que gestiona, administra y autoriza el uso de diferentes espectros radioeléctricos hacia este servicio.

1.7.1 Entidades reguladoras.

Las agencias reguladoras, de aplicación de la ley y de supervisión en Ecuador incluyen:

- Consejo Nacional para la Radiodifusión y la Televisión (CORNATEL)
- Consejo Nacional de las Telecomunicaciones (CONATEL), Se encarga de controlar y gestionar las telecomunicaciones.
- Secretaría nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), responsable de las políticas de telecomunicaciones.
- Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL).

De conformidad con lo dispuesto en el Art. 13 Redes privadas de telecomunicaciones, estipulado en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, en el Capítulo I Establecimiento y explotación de redes, del Título II Redes y prestación de servicios de telecomunicaciones, indica que:

Su funcionamiento exige un registro realizado ante la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y en caso de requerir el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, se requiere la licencia correspondiente.

El "Plan de Desarrollo de las Telecomunicaciones en Ecuador" es un esfuerzo por impulsar la divulgación del uso de Internet dentro del país.

1.7.2 Formularios para legalizar los enlaces.

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones ha desarrollado modelos para medidas correspondientes como la asignación, aceptación o modificación del uso de frecuencias.

Los formularios requeridos para la legitimación de los enlaces son los siguientes:

- Formulario RC-1A (Formulario de datos jurídicos).
- Formulario RC-1B (Formulario de datos jurídicos sobre la modulación digital de banda ancha)
- - Formulario RC-2A (Formulario de datos sobre la arquitectura del sistema de radiocomunicación)
- Formulario RC-3A (Formulario de información sobre antenas)
- Formulario RC-3B (Forma del diagrama de radiación de la antena)
- Formulario RC-4A (Formulario de información sobre el equipo)
- Formulario RC-9A (Formulario sobre el sistema de transmisión digital de banda ancha punto a punto)
- Formulario RC-14A (Formulario correspondiente al esquema utilizado en el sistema de radiocomunicación)
- Formulario RC-15A (Formulario sobre el estudio técnico de las transmisiones del RNI).

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Delimitación

La presente investigación se desarrolló concretamente para analizar la factibilidad y comprobar la viabilidad para proveer de servicio de internet mediante radio enlaces entre las localidades del cerro Pasourco en la parroquia San Vicente de Huaticocha y el centro poblado de la parroquia Chonta Punta pertenecientes a la Ciudad de Tena en la provincia de Napo, esta investigación se llevó a cabo en los sitios mencionados anteriormente, con el fin de realizar un estudio para el despliegue de un radio enlace en sectores irregulares a través de una simulación en un software especializado que permitió la conexión entre los puntos mencionados.

2.2 Tipos de investigación

El primer tipo de investigación, para este estudio se plantea una investigación de campo, se tomó la decisión de utilizar este tipo de investigación debido a que, para el levantamiento de información, específicamente en lo relacionado a Coordenadas geográficas en las localidades a interconectar. Al igual que en los posibles sitios en donde se pueden conectar, para ello se realizó la visita en los sitios y también se apoyó con el simulador de radio enlaces Radio Mobile, también se analizó la geografía del terreno, analizando altura, vegetación, tipo de suelo, tomando en cuenta que las torres ventadas para los radios enlaces deben cumplir con un estándar internacional de espacio de terreno para cada altura de las torres.

Como segundo tipo de investigación se enfocó a una investigación de tipo cualitativa, “es aquella que estudia la calidad de los medios, actividades, materiales o instrumentos en una situación o problema” [23].

2.3 Métodos de investigación

Para el desarrollo de la investigación se usaron varios métodos los cuales arrojaron como resultado la efectividad de un sistema de radio enlace, propuesto para la interconexión entre el cerro Pasourco ubicado en la parroquia de San Juan de Huaticocha y el centro poblado de la parroquia de Chontapunta en la ciudad de Tena provincia de Napo, para este fin se usaron métodos de tipo general como el método inductivo y deductivo.

Finalmente en el presente proyecto se usó el método experimental, “permite al investigador manipular una o más variables sujetas a estudio y de esta manera controlar el aumento o la disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas” [26]. Para esto se realizó una simulación con valores de frecuencia adecuados para este

tipo de radio enlaces determinando el equipamiento necesario para un futuro despliegue de red, definiendo la topología al igual que los equipos de radio y antenas que se usaran al momento de la implementación física de la red.

2.4 Población y muestra

Para la presente investigación se planteó como población las autoridades de las instituciones educativas, junta parroquial, debido a que el servicio que se pretende brindar está enfocado a las instituciones educativas y centros de salud de Chontapunta, debido a que la población que se plantea es reducida no se calcula el campo muestral. Además, se tomó este criterio debido que el despliegue de red lo realizara un proveedor privado.

2.5 Variables de investigación

Como variable se presenta en la variable de investigación (ver tabla 4) al medio de comunicación, esta variable está compuesta de una dimensión en la que hace referencia al medio no guiado o “inalámbrico”, específicamente a un radio enlace. Esta a su vez está conformada por 12 indicadores que permitieron levantar información acerca de los enlaces de radio como medio inalámbrico sujeto a estudio.

Tabla 4. Variable de investigación

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Requerimientos	Requerimientos que nos den las instituciones públicas y privadas del sector	1. Listado de requerimientos y factibilidad 2. Análisis de los requerimientos y factibilidad Validación de los requerimientos y factibilidad	Diseño de un sistema de radio enlaces	Tipo de frecuencia	Encuestas

2.6 Métodos de investigación y herramientas de recolección de datos

Como primera técnica se destinaron encuestas a las autoridades de los centros educativos, centros de salud y junta parroquial de Chontapunta, con la finalidad de levantar información acerca de la importancia y la factibilidad de contar con un proveedor de servicio de internet en la parroquia. Esta encuesta se llevó a cabo en el mes de julio

del 2021. Para ello, se dispuso de un cuestionario de 10 preguntas dicotómicas (SI o NO), que fueron aplicadas por un formulario creado en Google docs. para que sea dinámica la recolección de datos y por el difícil acceso a la parroquia de Chontapunta esta encuesta se encuentran en el https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSe0OJYXi_5tQ4Co4QiiP90OoCxoI7UWiU30YWx5zTXZSzctow/viewform?usp=sharing, las mismas que permitieron conocer la importancia de tener un servicio de internet en un sitio alejado geográficamente y de difícil acceso.

2.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de las encuestas aplicadas se utilizó el método de Kuder Richardson para verificar la validez y confiabilidad de las encuestas realizadas a las autoridades de los centros educativos, centros de salud, junta parroquial, en las cuales se obtuvo un 70% de confiabilidad, demostrando que el instrumento utilizado en la investigación es seguro y tiene validez (Ver *Tabla 5*).

Tabla 5. Análisis Preguntas dicotómicas

# P	Preguntas											
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10		
1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	8
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
3	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	6
4	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	7
5	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	7
6	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	8
7	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3
8	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	8
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
10	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	6
11	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	6
12	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	7
13	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	8
14	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3
15	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	6
Total	12	15	15	13	9	2	9	15	7	4		
p	0,8	1	1	0,87	0,6	0,13	0,6	1	0,47	0,27		
q	0,2	0	0	0,13	0,4	0,87	0,4	0	0,53	0,73		
p*q	0,16	0	0	0,11	0,24	0,11	0,24	0	0,249	0,2		
$\Sigma(p*q)$	1,312											
σ^2	3,35											
k	10											

Tabla 6. Cálculos preguntas dicotómicas

Cálculos	
$(K/K-1)$	1,11
$1-\Sigma(p*q)/\sigma^2$	0,61
$(K/K-1) (1-\Sigma(p*q)/\sigma^2)$	0,7

Tabla 7. Interpretación de resultados

RK	Interpretación
0,9-1	Excelente
0,8-0,9	Buena
0,7-0,8	Aceptable
0,6-0,7	Débil
0,5-0,6	Pobre
< 0,5	Inaceptable

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Perdidas en el espacio libre

Si indicamos la distancia en kilómetros, así como la frecuencia en GHz, la fórmula es:

$$\text{FSL [dB]} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 92,4$$

Tabla 8. Cálculo de pérdidas en el espacio

Distancia [km]	2,4 GHz	5,8GHz
50	134dB	140dB
10	120 dB	128 dB
100	140 dB	148 dB

3.2 Calculo Link Budget



Figura 2 Diagrama general conexión antenas [29]

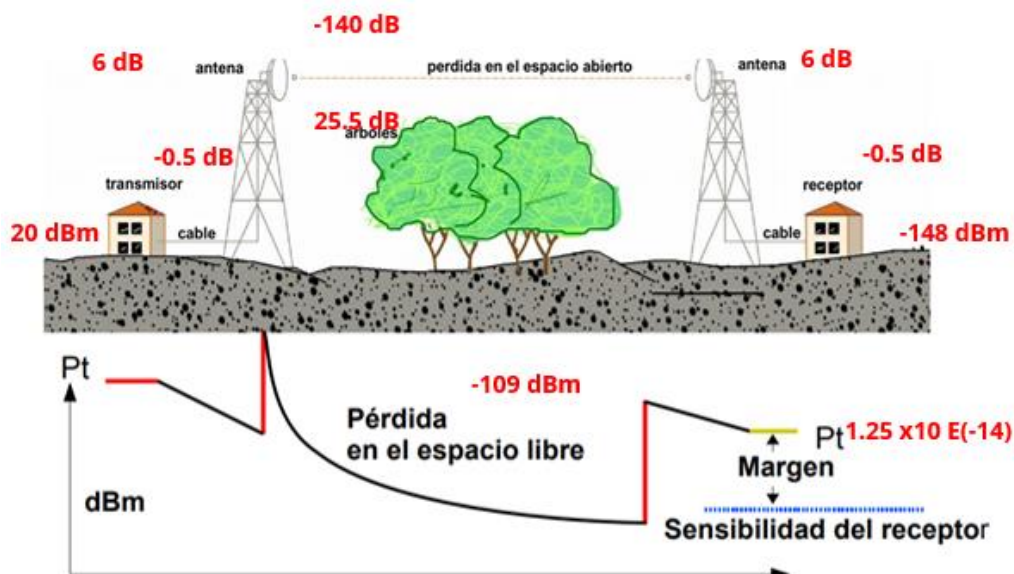


Figura 3 Cálculo sensibilidad antenas (Link Budget) [30]

Si es factible la conexión porque $-109\text{dBm} > -148\text{ dBm}$ y tiene una potencia total de 1.24×10^{-14}

3.3 Equipos y antenas de radio

Después de haber realizado un estudio de los aspectos ambientales y geográficos, se hizo una evaluación confirmando que los equipos de Cambium no son flexibles, en definitiva, cada uno de sus radios está conectado a una antena fija, antena no reemplazable, a diferencia de la variación de universalidad de los equipos Ubiquiti y Mimoso, donde se elige la antena para que funcione pequeño, mediano o grande para que sea reemplazable. El factor básico para determinar la marca que Radio-enlaces puede modelar, es una herramienta de simulación, aunque el hecho de que tiene tres marcas, Ubiquiti presenta un dispositivo inalámbrico con nueva tecnología y un rendimiento de datos de hasta 134 Gb/s, además presenta una solución completa para que pueda ensamblar un sistema completo, como enlaces inalámbricos de comunicación, sistemas de monitoreo, enrutadores, conmutadores, puntos de acceso, lo que permite gestión por el administrador de la red.

La Figura 5 muestra el sistema inalámbrico airFiber 5X HD que utiliza la nueva tecnología LTU, que ofrece una serie de ventajas en términos de seguridad, rendimiento y funcionalidad, brinda una potencia de salida máxima de hasta 29 dBm. Igualmente, este dispositivo dispone un conjunto de herramientas actualizadas IP67, es decir, un

actualizador que brinda una mejor protección contra el polvo y el agua, para que en caso de lluvia intensa la comunicación no deje de funcionar. Vale la pena señalar que este dispositivo le permite transmitir hasta 1,34 Gbps con la mejor modulación y el máximo ancho de canal.



Figura 4 Radio airFiber 5X HD [31]

Seguidamente, se evaluó que dicho equipo airFiber 5X HD Radio requiere de una antena adecuada, para lo cual se empleó una antena airFiber modelo AF-5G30-S45, la cual se presenta en la Figura 6, misma que tiene una ganancia de 30 dBi.



Figura 5 Antena airFiber AF-5G30-S45[32]

Para esta simulación planteada, el ancho de banda será de 292 Mbps, la mitad para descarga y la otra mitad para bajada, para ello se requiere una modulación MIMO de 1024

QAM con un ancho de canal de 20 MHz para evitar interferencias como en el datasheet de esta marca, se debe utilizar una potencia de salida de 19 a 20 dBm. Hay que tener en cuenta que estos comandos pasarán el enlace en caso de lluvia en los fragmentos de prueba que atraviesan ambos enlaces.

3.4 Simulación de los enlaces

Coordenadas

- **Punto A**
Latitud: S 0°44'26,96014"
Longitud: W 77°31'14,21819"
S 0°44'26,96014",W 77°31'14,21819"
- **Punto B**
Latitud: S 0°54'54,0738"
Longitud: W 77°21'48,68748"
S 0°54'54,0738",W 77°21'48,68748"
- **Ubicación Napo**
Napo ecuador 0°59'44"S 77°48'46"O

Para conseguir la interconexión entre los dos sitios como se evidencia en la siguiente figura, fue necesario trasladarse a los sitios físicamente, en donde se recolectaron los datos necesarios para verificar la viabilidad de interconexión, en donde primeramente se realiza una verificación visual desde el punto más alto ubicado en Pasourco observando a simple vista que si es posible la interconexión, por lo tanto se procedió a realizar una simulación que confirmaron la factibilidad de la interconexión entre los sitios analizados, para ello se han usado varias herramientas tecnológicas como un GPS GARMIN, el cual nos permitió la toma de muestras geográficas, con el fin de determinar el sitio más idóneo en cada punto a conectarse. Cabe mencionar que para confirmar las coordenadas obtenidas también se usó software especializado como lo es (Google Earth, Rodio Mobile) los que arrojaron resultados similares.

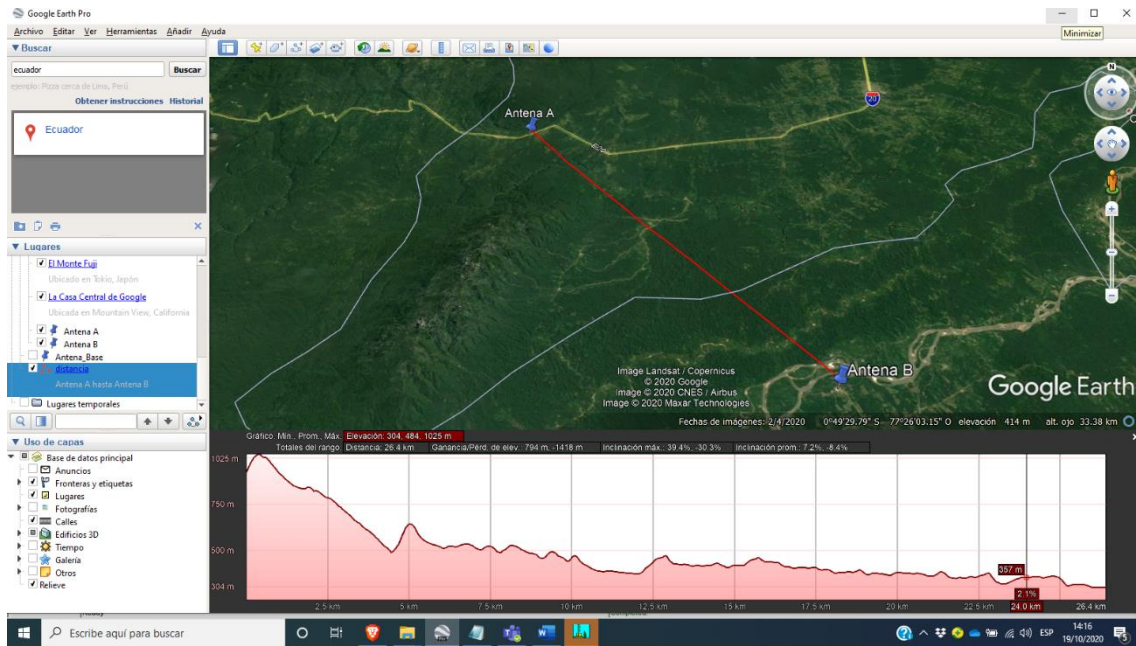


Figura 6 Puntos simulados en Radio Mobile

3.4.1 Caso 1: Configuración de parámetros para Radio Mobile.

Como primer caso se procede a la configuración del software para simulación, ya que es uno de los pasos relevantes dentro del desarrollo del estudio para ello se procede con la instalación del software, es necesario mencionar que se debe acoplar Google Earth, una vez realizado estas operaciones se procede con la descarga del mapa del área geográfica en donde se encuentran los sitios.

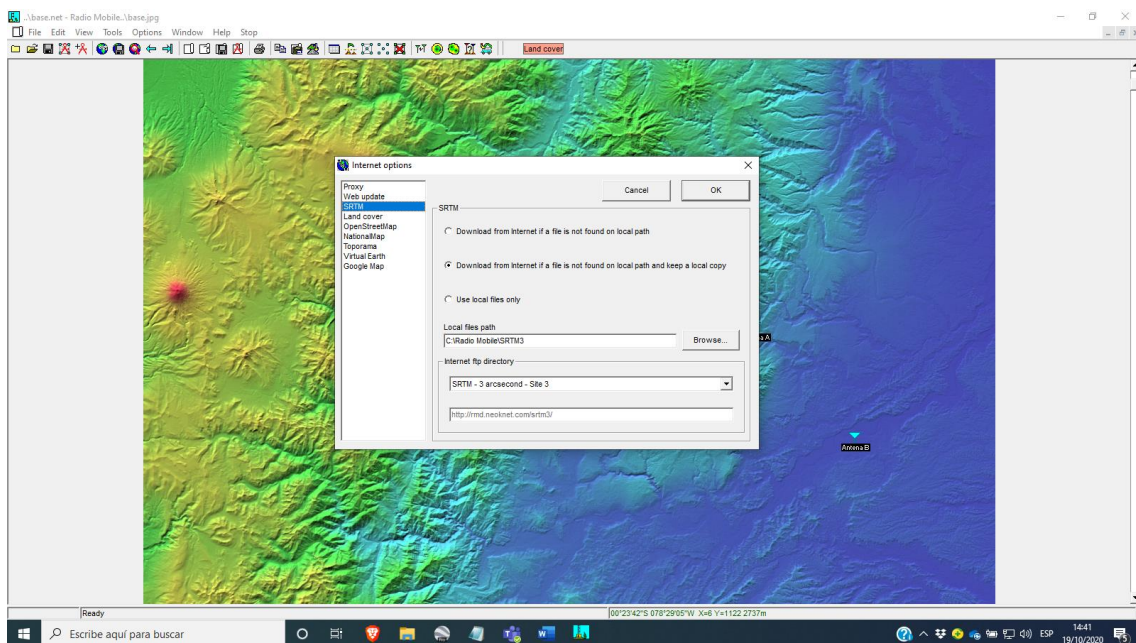


Figura 7 Configuración y puesta a punto de Software necesario para simulación

3.4.2 Caso 2: Pasourco-Chontapunta.

Como segundo caso, se presenta la creación de los puntos a interconectar, una vez obtenidos los datos en campo y afinado el software, se ingresan los datos de Pasourco de la misma manera que Chontapunta, para la simulación se utiliza una topología maestro-esclavo. Para la introducción de la información, el software facilita la introducción precisa de los datos de campo, como se estima en la siguiente figura.

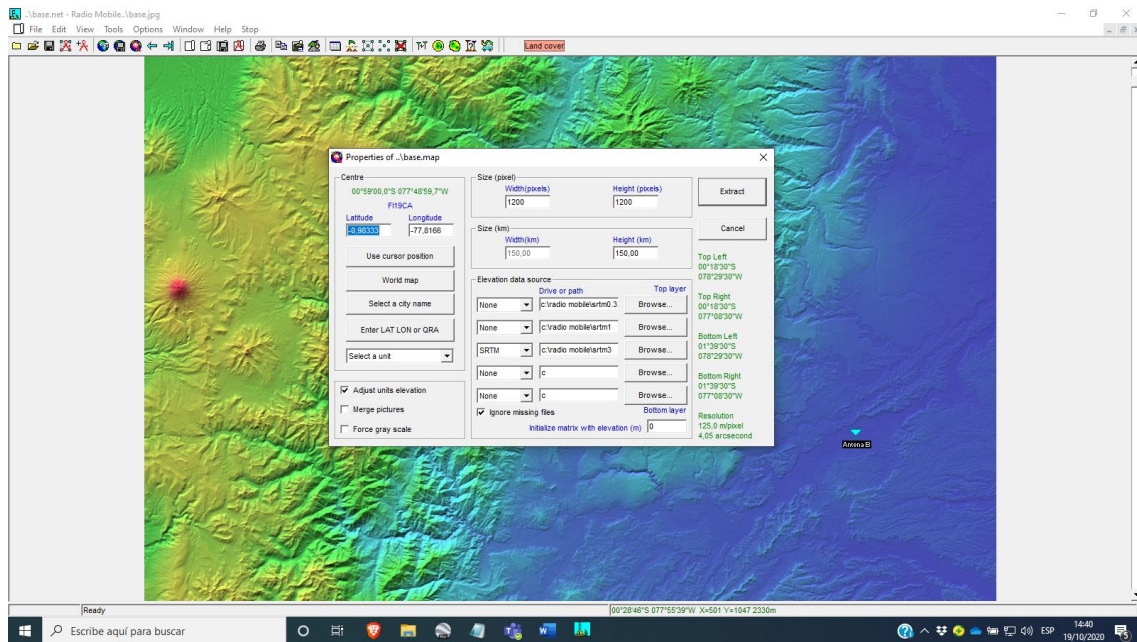


Figura 8 Ingreso de datos en el software de simulacro de Radio Mobile

Con la entrada de datos se comprueba la altura a la que se encuentran los puntos de coordenadas seleccionados, evidenciando que el estudio de campo fue correcto al decidir que son los sitios más adecuados para un despliegue de red entre Pasourco y Chontapunta.

3.4.3 Caso 3: Parametrización y Simulación.

Como tercer caso se presenta la asignación de frecuencias, dicho rango de frecuencias ha sido seleccionadas analizando el número de canales utilizables que brinda este rango de frecuencias. En la siguiente figura podemos apreciar la asignación y el rango de frecuencias con las que se realiza la simulación en Radio Mobile.

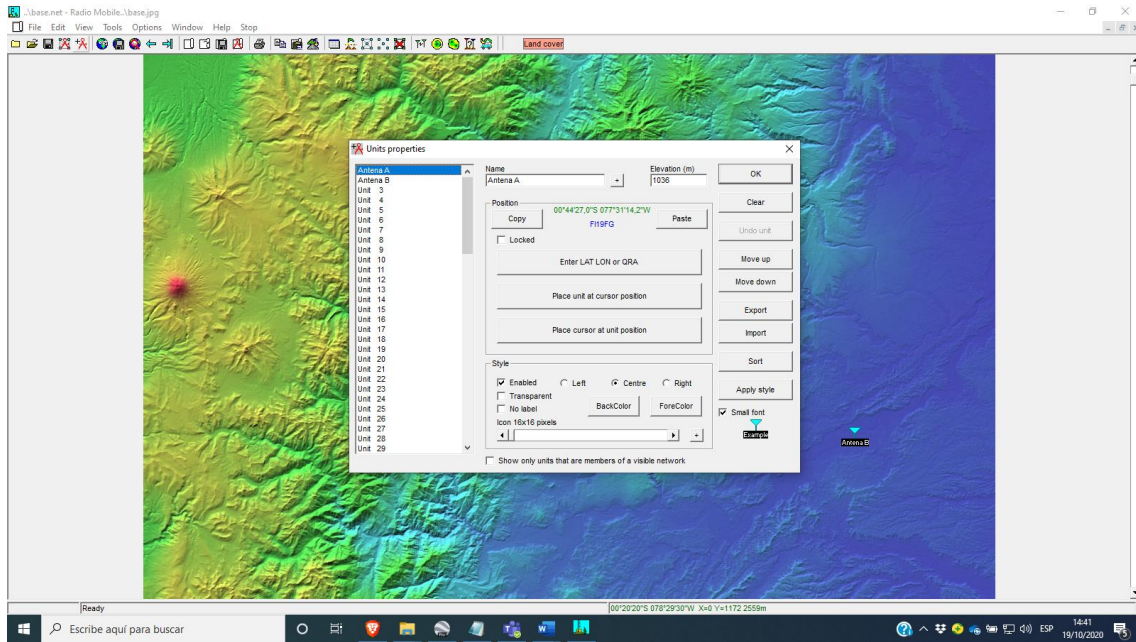


Figura 9 Frecuencias utilizadas para simulación

Como ya se mencionó se ha seleccionado un rango de frecuencias de 5Ghz para la interconexión de Pasourco y Chontapunta. Además, cabe mencionar que también se considera varios parámetros dentro de la simulación como lo es clima, Refractividad superficial, Conductividad del suelo, permitividad relativa del suelo, del mismo modo es muy importante el tipo de polarización que tendrá la antena. A continuación, podemos apreciar todos estos datos ingresados en el Software de simulación Radio Mobile.

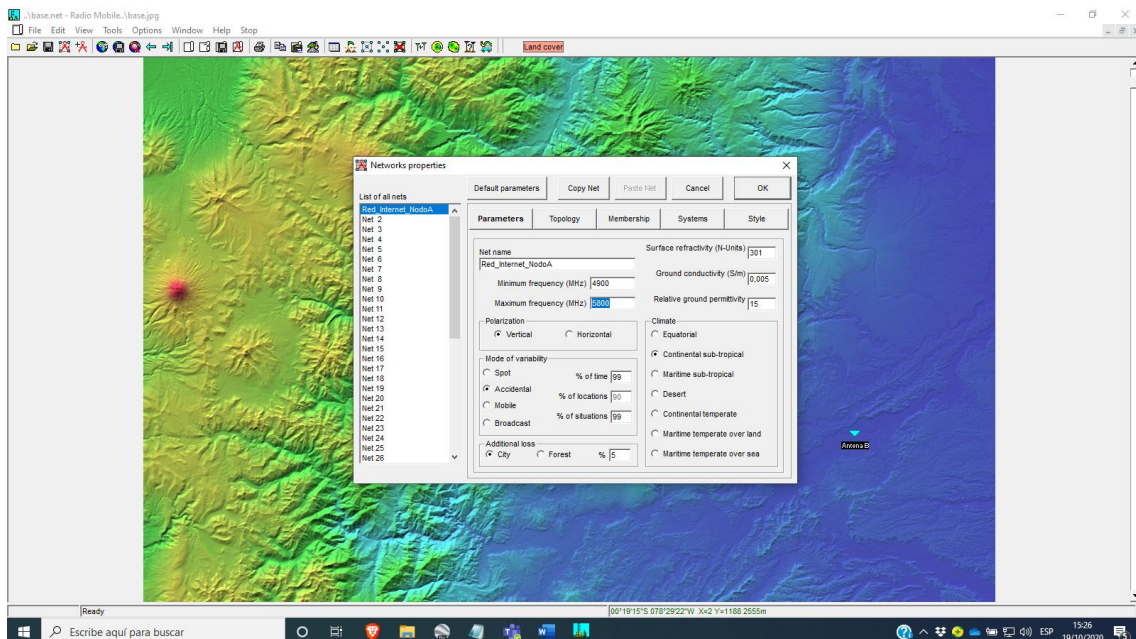


Figura 10 Parámetros para simulación de radio enlace

Uno de los parámetros, de gran importancia en la simulación, es el tipo de topología a utilizar. Para ello se ha seleccionado un tipo de topología de red Maestro-Esclavo, que permitirá generar una conexión adecuada. Cómo se estima en la sucesiva figura.

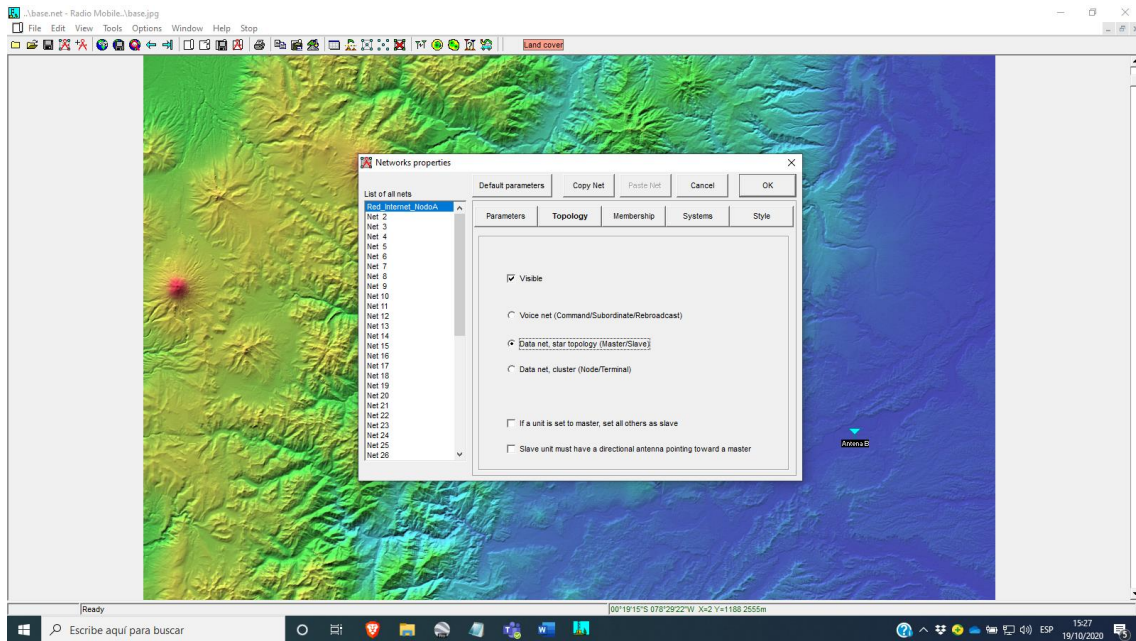


Figura 11 Topología de red Maestro Esclavo

Otra de las consideraciones que debemos tener es seleccionar el rango de frecuencias del espectro radio eléctrico en donde trabaja adecuadamente la frecuencia que estamos realizando la simulación y varios parámetros a ser considerados como son la potencia de transmisión, el tipo de antena, ganancia, pérdidas, tipo de antena. Como se muestra en la siguiente figura.

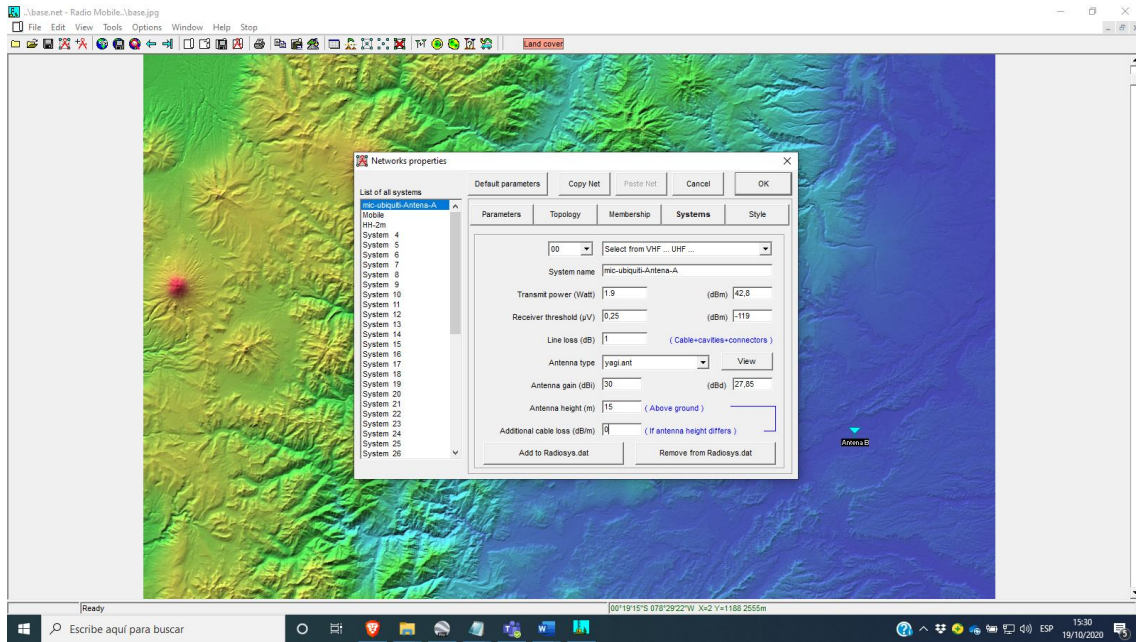


Figura 12 Parametrización de rango de frecuencias y antena

Además, es necesario asignar parámetros para cada una de las antenas en las figuras siguientes se muestra los parámetros de Azimuth y Angulo de elevación para el sitio tipo Master al igual que para el Esclavo.

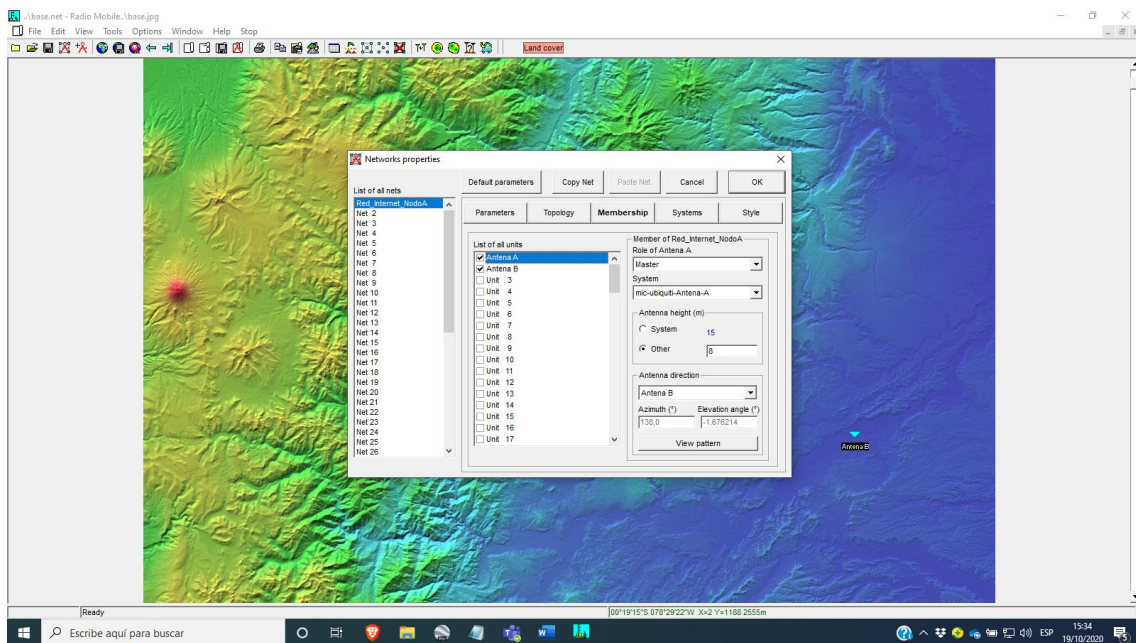


Figura 13 Azimuth y Angulo de elevación para antena Máster

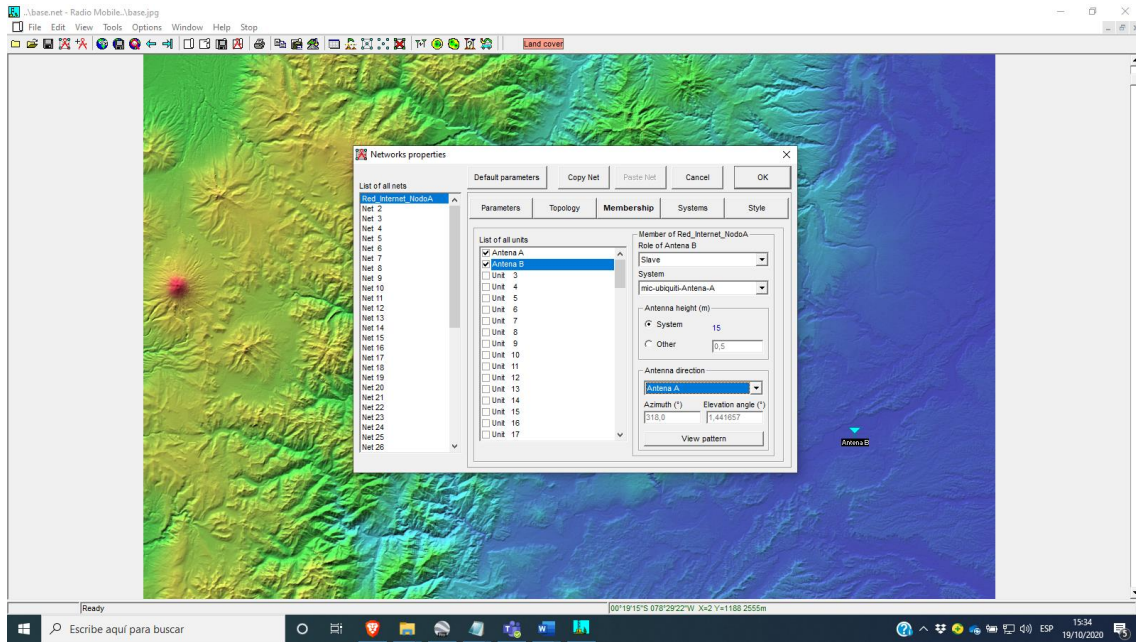


Figura 14 Azimuth y Angulo de elevación para antena Esclavo

Luego de haber realizado todo un análisis completo de parámetros topos de equipos, topologías, factores climáticos, factores físicos en equipos, generamos una simulación eficaz como la que se presenta en la siguiente figura en donde ya se visualiza un radio enlace configurado.

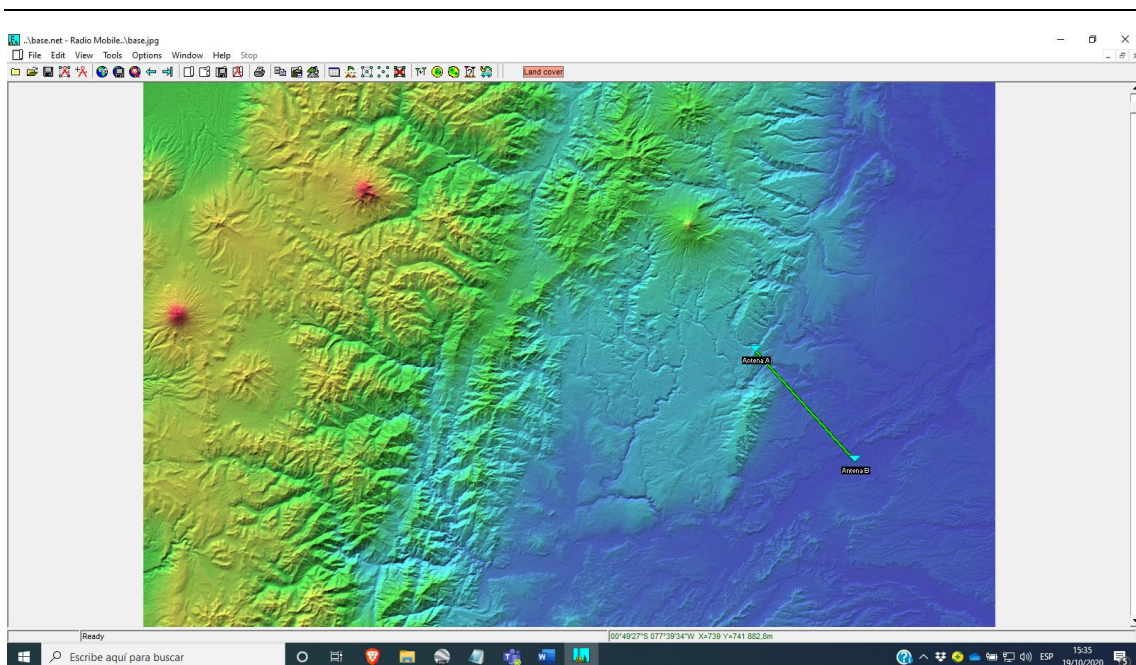


Figura 15 Radio enlace generado.

Finalmente se puede apreciar que las conjeturas echas al inicio de la investigación son correctas, debido a que en la simulación tenemos un radio enlace funcional, por lo que se aprecia en la siguiente figura los parámetros necesarios para una conexión óptima, como perdida, ganancia, potencia de transmisión, nivel de transmisión, transmisión relativa, la distancia que tendrá el radio enlace, Azimuth y Angulo de elevación.

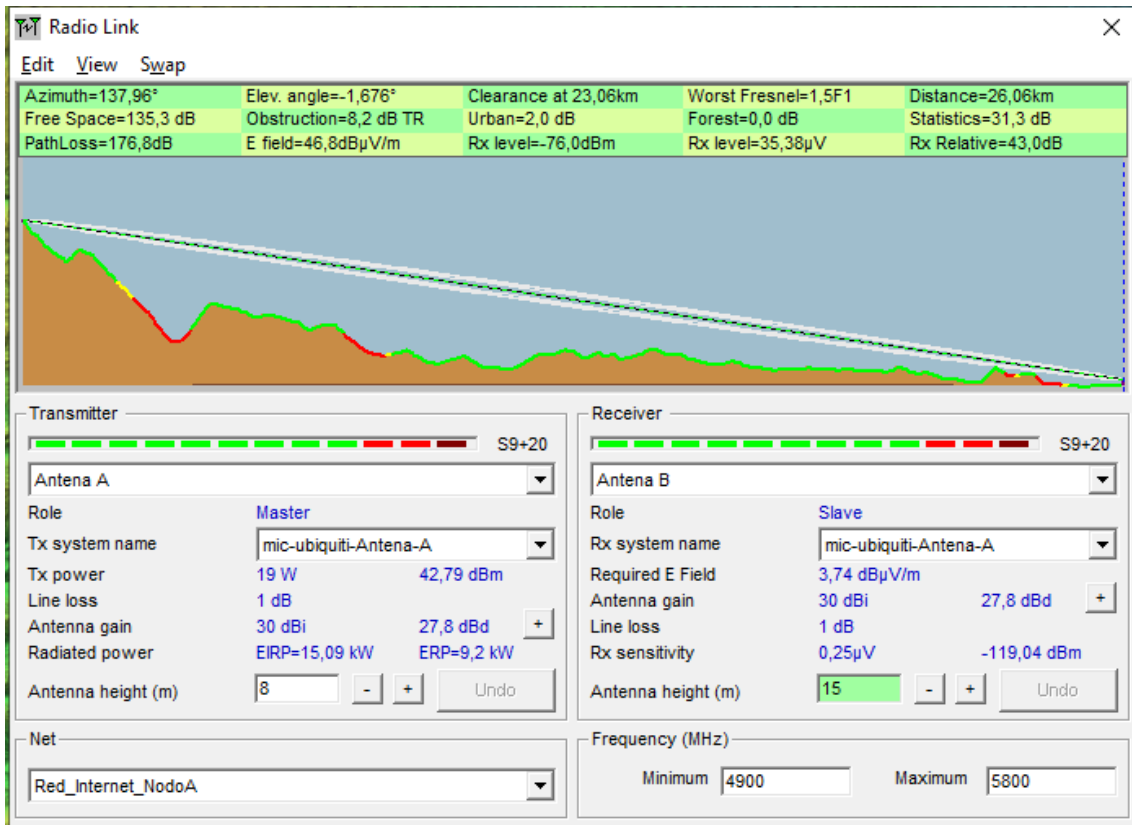


Figura 16 Radio enlace funcional

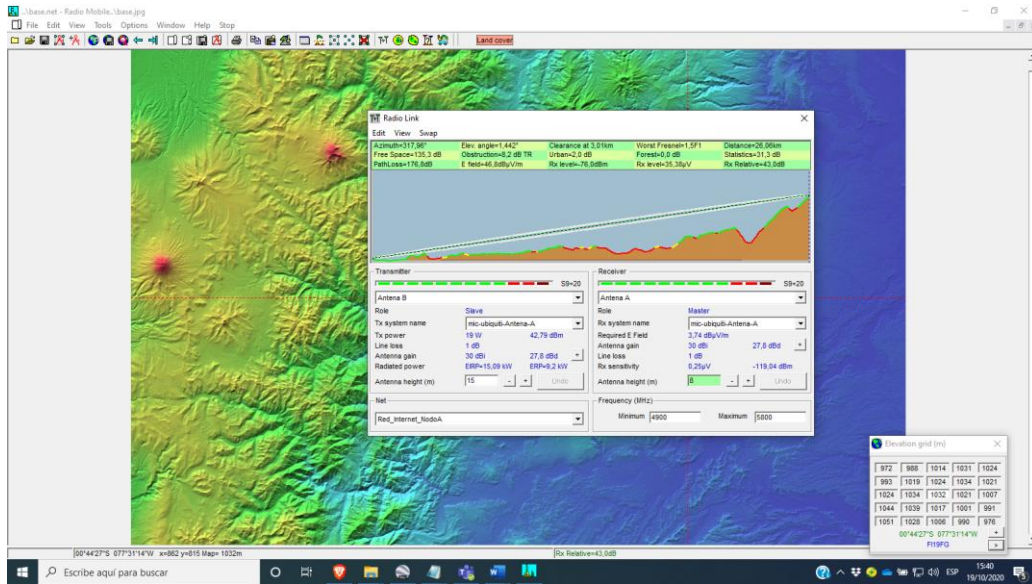


Figura 17 Radio enlace y tabla de Elevaciones.

En las siguientes figuras podemos apreciar de manera clara como será el despliegue de red entre Pasourco y Chontapunta, con la ayuda de la herramienta Google Hearth, podemos evidenciar la magnitud del problema a solucionar con la utilización de un radio enlace.

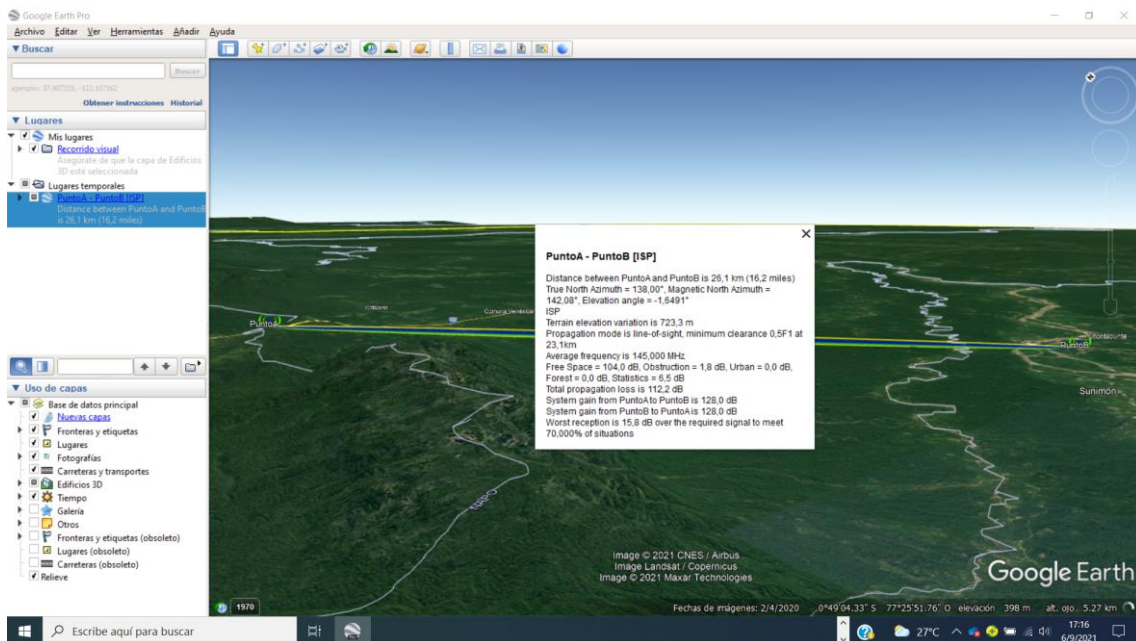


Figura 18 Radio enlace visto desde Google Hearth

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

En esta investigación se ha podido apreciar que a pesar de la situación geográfica en la que se encuentra ubicados los puntos de interés enlazar se ha logrado demostrar que es posible realizar un sistema de radio enlace a un costo relativamente accesible, esto permitirá que el servicio del internet llegue a la ciudadanía y a las instituciones públicas ubicadas en el lugar de estudio

En el Ecuador la banda no licenciada de 5 GHz se encuentra comprendida entre el rango de 5150 a 5850 MHz, el uso de bandas no licenciadas no implica que no tenga un costo por su utilización, el costo es menos en comparación que las bandas licenciadas y estas deben ser pagadas a la autoridad correspondiente ya que el espectro radio eléctrico es un recurso natural, la comunicación entre los dos puntos por su distancia que no supera los 30 Km y por las ventajas que nos ofrece esta banda se realizó las pruebas con esta frecuencia.

Las coordenadas al igual que los niveles de recepción han sido simulados y calculados teóricamente y estos han sido satisfactorios por lo que podemos concluir que si es factible la comunicación entre los dos puntos.

Mediante la ayuda de las aplicaciones de software libre como son Google Earth y radio Mobile se ha logrado obtener información para poder realizar las validaciones de los lugares donde se deben ubicar los repetidores, así como las alturas requeridas en cada una de las antenas

Para finalizar, se concluye que los dos enlaces que se realizaron en las simulaciones a través de un repetidor situado en el mirador de Pasourco con uso de la banda de 5 GHz son viables, dado que el nivel de recepción es superior a la susceptibilidad de ambos receptores, por lo tanto, se garantiza que el enlace funcionará correctamente, posibilitando llevar Internet de un punto a otro a través de este medio inalámbrico como es el radiolink.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

Es necesario analizar las zonas in situ donde se quiere realizar el estudio de factibilidad técnica y económica con el objetivo de evitar obstáculos como es el caso de una montaña, casas, árboles, de tal forma que no se vea afectada la zona de Fresnel.

La utilización de las bandas de 2,4 y 5GHz va a depender de varios factores es por eso que primero se debe realizar un análisis de las ventajas y desventajas de cada una para poder elegir la que se adapte a nuestros requerimientos técnicos y también de acuerdo a la zona geográfica, en nuestro proyecto se utilizó la banda de 5GHz porque la distancia entre los dos puntos no supera los 30 km.

Es importante utilizar un GPS profesional, porque el margen de error es de 1 % en cuanto a la toma de coordenadas con un dispositivo móvil (smartphone), existen varios tipos marcas y modelos de GPS profesionales, estos se encuentran conectados a un mayor número de satélites que están en la atmósfera alrededor de la Tierra.

Cuando el sistema de comunicación por radio está listo, es necesario monitorear el sistema continuamente, esto resolverá y eliminará los problemas que se presenten en algún momento, o si hay una gran necesidad, sacarlo, tenga en cuenta que nada es simple. Implementación, porque el desarrollo teórico del proyecto en la práctica es diferente y aquí es donde entran los problemas y las soluciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. Visveswaran, S. Chaudhuri, C. R. Mahesh, and D. Jalihal, “DUPLEXING and THROUGHPUT ANALYSIS for FREQUENCY HOPPING LINE of SIGHT RADIO LINK under HIGH JAMMING BATTLEFIELD ENVIRONMENT,” *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, vol. 2018-October, no. October, pp. 518–523, 2019, doi: 10.1109/TENCON.2018.8650484.
- [2] L. Luini, G. Roveda, M. Zaffaroni, M. Costa, and C. G. Riva, “The Impact of Rain on Short {E} -Band Radio Links for 5G Mobile Systems: Experimental Results and Prediction Models,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 68, no. 4, pp. 3124–3134, 2020, doi: 10.1109/TAP.2019.2957116.
- [3] D. Kalbande, Z. Khan, S. Haji, and R. Haji, “6G-Next Gen Mobile Wireless Communication Approach,” *Proc. 3rd Int. Conf. Electron. Commun. Aerosp. Technol. ICECA 2019*, 2019, doi: 10.1109/ICECA.2019.8821934.
- [4] K. Li, R. R. Sharan, Y. Chen, T. Goldstein, J. R. Cavallaro, and C. Studer, “Decentralized Baseband Processing for Massive MU-MIMO Systems,” *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Circuits Syst.*, vol. 7, no. 4, pp. 491–507, 2017, doi: 10.1109/JETCAS.2017.2775151.
- [5] A. Alcivar Cedeño, J. Veloz Zambrano, C. Silva, and D. Zambrano, “Caracterización de un radio enlace entre el campus Portoviejo de la Universidad Técnica de Manabí y su extensión en Bahía de Caráquez,” *Informática y Sist. Rev. Tecnol. la Informática y las Comun.*, vol. 1, no. 1, 2017, doi: 10.33936/isrtic.v1i1.193.
- [6] I. Vol, *TELECOMUNICACIONES Problemas resueltos de Sistemas de*, vol. I. .
- [7] R. Grande, T. Cap, and M. B. Farol, “Figura 2,” pp. 1–2, 2000.
- [8] A. Bhattarai, P. Suksompong, and C. Charoenlarnnoppa, “Channel Allocation Policy for Distributed Wireless Network: Derivation and Analysis of Optimal Interference,” *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/8868443.
- [9] D. Canca, “DISEÑO DE UNA RED WIMAX DE SERVICIO A UN CONJUNTO DE PUNTOS GEOGRÁFICAMENTE DISTANTES (Design of a

- Wimax Network for a set of geographically disperse facilities) - Spanish- Máster en organización industrial y Gestión de empresas Trabajo fin de máster Po,” no. March, 2016, doi: 10.13140/RG.2.1.1094.8249.
- [10] J. Hou, Z. Yang, and M. Shikh-Bahaei, “Joint Transceiver Beamforming Design for Hybrid Full-Duplex and Half-Duplex Ad-Hoc Networks,” *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 1233, no. c, pp. 1–1, 2020, doi: 10.1109/tmc.2020.3001071.
- [11] Z. Zhang, X. Li, H. Pang, H. Komurcugil, Z. Liang, and R. Kennel, “Multiple-Frequency Resonating Compensation for Multichannel Transmission of Wireless Power Transfer,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 36, no. 5, pp. 5169–5180, 2021, doi: 10.1109/TPEL.2020.3027916.
- [12] A. H. Salas and J. E. Castillo, “Soluciones exactas a la ecuación de Schrodinger para una fibra óptica quiral,” *Rev. Mex. Fis.*, vol. 57, no. 5, pp. 421–425, 2011.
- [13] M. Singh, D. Kaur, and R. Singh, “A Survey Paper on WiMAX Technology,” *Int. J. Comput. Sci. Eng.*, vol. 7, no. 5, pp. 897–900, 2019, doi: 10.26438/ijcse/v7i5.897900.
- [14] M. Mompó, P. Corral, and D. Jesús, “Diseño E Implementación De Una Red Inalámbrica Basada En El,” no. January, 2014.
- [15] J. W. Betz, “ENGINEERING SATELLITE-BASED NAVIGATION AND TIMING: Global Navigation Satellite Systems, Signals, and Receivers,” *BMC Public Health*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/siklus/article/view/298%0Ahttp://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2015.10.005%0Ahttp://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/58%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&P>.
- [16] T. José and F. Monserrat, “ENTRE UMTS Y LTE Resumen,” 2019.
- [17] Asamblea Nacional, “Constitución del Ecuador,” *Regist. Of.*, vol. 449, pp. 1–132, 2008.
- [18] Asamblea Nacional, *Ley Orgánica De Telecomunicaciones, 2015*, vol. Tercer Sup. 2015, pp. 1–40.
- [19] Consejo Nacional de Telecomunicaciones, *Proyecto de normas para la*

- implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha*, no. March. 2005, pp. 25–27.
- [20] Consejo de Educación Superior, *Ley Organica De Educacion Superior, LOES*. 2018, pp. 1–58.
- [21] Propiedad Intelectual Registro Oficial No 320, *Ley de Propiedad Intelectual*, vol. 53, no. 9. 2019, pp. 1689–1699.
- [22] V. Muñoz, “Técnicas de investigación de campo I,” p. 69, 2002.
- [23] T. Argilaga Anguera, “La Investigacion Cualitativa,” *Educacion*, vol. 10, pp. 23–50, 1986.
- [24] J. Moreno Tapia, “Tipos de Investigación,” *Divulg. Boletín Científico la Esc. Super. Actopan*, vol. 1, no. 1, pp. 4–7, 2014, doi: 10.29057/esa.v1i1.1580.
- [25] M. Atasu, “Hereditary index finger polydactyly: phenotypic, radiological, dermatoglyphic, and genetic findings in a large family,” *J. Med. Genet.*, vol. 13, no. 6, pp. 469–476, 1976, doi: 10.1136/jmg.13.6.469.
- [26] A. Sans and L. R. B. Atenea Alonso Serrano, Lorena García Sanz, Irene León Rodrigo, Elisa García Gordo, Belén Gil Álvaro, “Métodos de investigación de enfoque experimental,” *Metodol. la Investig. Educ.*, pp. 167–193, 2012.
- [27] "Zona de Fresnel". Mundo teleco.
<https://mundotelecomunicaciones1.blogspot.com/2014/10/zona-de-fresnel.html>
- [28] "<https://www.telectronika.com/articulos/radio-enlaces/diseno-de-radioenlaces-de-microondas/>
- [29] "T. Toledo. "Radio Enlace WIFI punto a punto = Internet de alta velocidad". Telecomunicaciones, Ciberseguridad y Marketing Digital.
<https://www.twintelcom.com/internet-por-radio-enlace-wifi-que-es-como-funciona/>
- [30] J. Lara. "Calculo radioenlace". Share and Discover Knowledge on SlideShare.
<https://es.slideshare.net/Jorgepj570/calculo-radioenlace>
- [31] "UISP airFiber 5XHD Radio". Ubiquiti Inc.
<https://store.ui.com/collections/operator-airfiber/products/airfiber-5xhd>

[32] "UISP airFiber X 5 GHz, 30 dBi, Slant 45 Antenna". Ubiquiti Inc.
https://store.ui.com/collections/wireless/products/airfiber-x-antenna-5ghz-30dbi-slant-45?_pos=3&_sid=5e51f893f&_ss=r

ANEXOS

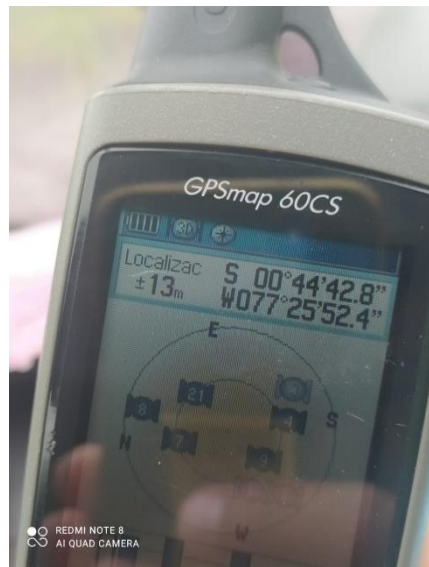
Anexo 1. Cuestionario de preguntas para las encuestas realizadas a la ciudadanía

- 1) ¿Considera usted que en la actualidad es importante el internet para el desarrollo de sus actividades diarias?
- 2) ¿Cree usted que el medio inalámbrico es un medio importante en las telecomunicaciones?
- 3) ¿Siente que con Internet puede conectarse con cualquier persona y en cualquier lugar?
- 4) ¿Siente que puede utilizar aplicaciones y servicios nuevos sin restricciones gubernamentales o del sector privado?
- 5) ¿Cree usted que el medio inalámbrico es un medio viable para comunicar un punto ubicado en una zona urbana con un punto ubicado en una zona rural?
- 6) ¿La comunidad se encuentran limitadas sus opciones de aplicaciones y servicios?
- 7) ¿Hay algún esfuerzo en su región para abordar las preocupaciones sobre el dominio de Internet?
- 8) ¿Tiene algún tipo de problema para acceder a los datos móviles necesarios para realizar las clases online?
- 9) Tiene algún inconveniente con el/los dispositivos electrónicos que posee?
- 10) ¿Considera usted que es costoso implementar un sistema de radio enlaces como medio de comunicación?

Anexo 2 .Punto de coordenadas



Anexo 1 Punto A



Anexo 2 Punto B



Anexo 3 Napo

Anexo 3 puntos de conexión



Anexo 4 Punto A

