



INFRAESTRUCTURA DE RED FÍSICA, EN LA VEREDA BOSACHOQUE DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ

Albert Brayan Tobón Perdomo¹

Ingeniera electrónica

¹e-mail: batp@hotmail.es

RESUMEN

En este trabajo se observa la metodología necesaria para la implementación de la red comunitaria inalámbrica, específicamente en la vereda de Bosachoque del municipio de Fusagasugá, Cundinamarca, iniciando primordialmente por el gestor de internet y el mapeo o cobertura, para realizar la gestión en dicha vereda, analizando los tipos de antenas a utilizar su cobertura total, logrando así efectuar una topología de red para la distribución del servicio comunitario, teniendo en cuenta esta topología se realizan cada radio enlace pertinente con el software Radio Mobile o el original de cada antena a utilizar Airlink, para ello se debe saber la ubicación del punto donde se quiere llegar para lograr la gestión de internet, Realizando un trabajo de campo para ubicar los mejores puntos geográficos y realizar las simulaciones para cada enlace. Al realizar cada enlace se muestra la viabilidad de la red.

Con estos puntos iniciales se pasa a la instalación de cada nodo propuesto por las simulaciones, Para las instalaciones es necesario tener en cuenta los grados de inclinación para direccionar las antenas hacia el AP que se utiliza como gestor de internet, al tener las antenas direccionadas y enlazadas como estaciones se conectan los router o swich que gestionaran los nodos sean uno, dos o tres, en cada punto, realizando el respectivo cableado para las antenas y las tomas eléctricas, teniendo así cada nodo propuesto en las simulaciones instalados en la comunidad.

PALABRAS CLAVES: Digital, Radio Mobile, AirLink, AP, Swieth.

INFRASTRUCTURE OF PHYSICAL NETWORK, IN THE BOSACHOQUE VERDE OF THE MUNICIPALITY OF FUSAGASUGÁ

ABSTRACT

In this work, the necessary methodology for the implementation of the wireless community network is observed, specifically in the village of Bosachoque in the municipality of Fusagasugá, Cundinamarca, starting primarily with the Internet manager and the mapping or coverage, to perform the management in said path, analyzing the types of antennas at full range, taking into account a red topology for the distribution of community service, taking into account this topology, each radio link is made with the Radio Mobile software or the original of each antenna to be used by Airlink, for this you must know the location of the point where you can reach for internet management, doing a fieldwork to locate the best geographical points and perform the simulations for each link. When making each link, the viability of the network is shown.

With these initial points, the installation of each node proposed by the simulations is passed. For installations it is necessary to take into account the degrees of inclination to direct the antennas towards the AP that is used as an internet manager, having the antennas routed and linked as stations, the routers or switches that manage the nodes are connected one, two or three, in each point, making the respective wiring for the antennas and the electrical outlets, thus having each node proposed in the simulations installed in the community.

KEY WORDS: Digital, Radio Mobile, AirLink, AP, Swieth.

TOPOLOGÍA FÍSICA DE RED

La cadena de comunicación que se está utilizando por los nodos que conforman la red de comunicaciones digitales de la vereda Bosachoque es estipulada como topología en estrella. El desarrollo de esta estructura de red para todos y cada uno de los nodos, es necesario que se conecten a un concentrador o hub (dispositivo de conexión). Los datos es estas redes fluyen del emisor hasta el concentrador, este realiza todas las funciones de la red, además actúa como amplificador de los datos como se puede observar en la Figura N° 2, se estipula la conexión realizada en la vereda, con su servidor principal, su nodo PTP, los enlaces PMTP y finaliza con los usuarios finales.

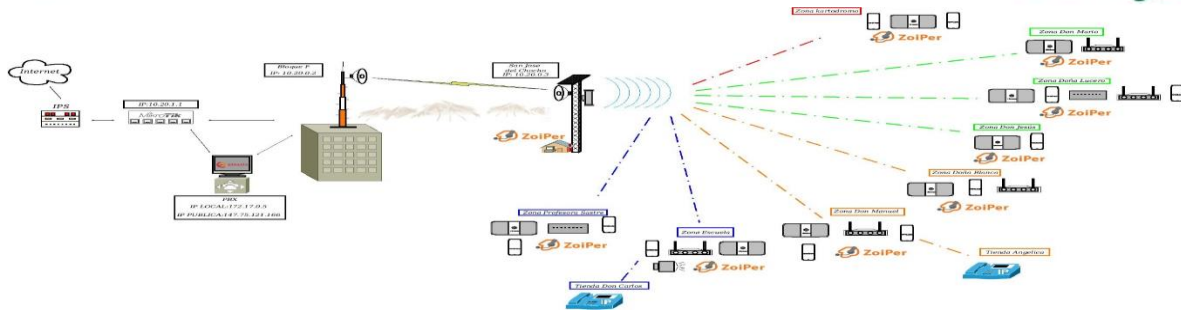


Figura N° 1: Topología de red, vereda Bosachoque (Autor).

VERIFICAR LOS RADIOENLACES PUNTO A PUNTO ENTRE EL BLOQUE F DE LA UDEC Y SAN JOSE DEL CHOCHO, GARANTIZANDO EL MEJOR DESEMPEÑO EN GANANCIA Y VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN.

El diseño realizado para saber la cobertura por parte de los equipos que se están utilizando en el proyecto, mirar su alcance y limitaciones para así desarrollar los radio enlaces pertinentes como se muestra en la Figura N° 3 esta imagen relaciona la cobertura que se obtiene de una rocket M5 Prism de Ubiquiti ubicada en el bloque F de la universidad de Cundinamarca y observando la Figura N° 4 relación la cobertura de San José utilizando una antena rocket M5 Prism de Ubiquiti, los sectores puestos en el mapa de color verde son los puntos de acceso los cuales puede llegar con la tecnología AC su cobertura completa teniendo en cuenta montañas árboles para su distribución de línea de vista, con esta cobertura se entiende que es verídico realizar el radio enlace PTP (punto a punto) con línea de vista directa sin obstrucción desde los puntos ya mencionados asegurando su enlace con buena calidad, teniendo en cuenta las condiciones climáticas para su mejor desempeño (lluvia, niebla, etc.)



Figura N° 2: Cobertura antena Bloque F (Verde = señal), software Radio Mobile (Autor).



Figura N° 3: Cobertura antena San José (Verde > señal), software Radio Mobile (Autor).

Para lograr cada enlace lo más real posible es necesario utilizar los patrones de radiación que es grafica de energía radiada por la antena cuando es vista de perfil cuando queremos representar la elevación y el patrón de radiación para el azimuth es igualmente una gráfica de energía radiada vista desde arriba, para ellos podemos ver la direccionalidad que tiene, ya sea directa como lo son las Rocket M5 y las PowerBeam o con apertura de 90° como es el caso de la sectorial, para obtener estos patrones se ingresó a la página oficial del proveedor (Ubiquiti) en las opciones de soporte de las antenas se descargó los datos a implementar, seguidamente de ingresarlos al software de simulación Radio Mobile como archivos .ANT para que los logre reconocer como se puede visualizar en las Figuras N° 5,6,7.

Las propiedades básicas derivadas de la simulación numérica se presentan a continuación. En el plano E-theta, se aprecia claramente la existencia de un lóbulo principal dirigido al cenit, es decir apuntando a 0°, que tiene un ancho a potencia media de 4° maso menos según esta simulación, como se puede observar es un patrón completamente directivo por su función principal irradiar o recibir radiación en una dirección específica, inhibiendo la cantidad de radiación en las otras direcciones lo mayor posible a modo que con mayor cantidad de potencia se concentrara en un área más pequeña, esta antena cuenta con una ganancia de 34 dBi, observar la Figura N° 5.

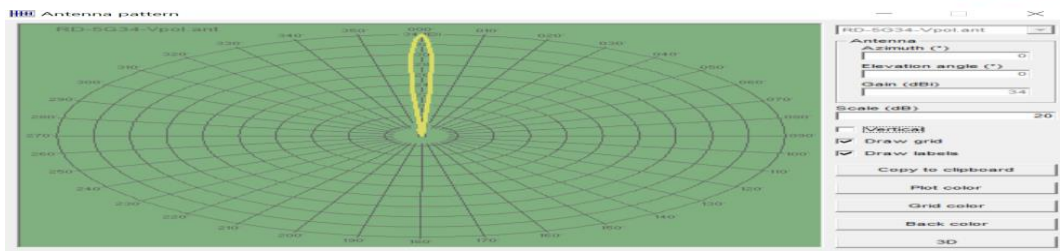


Figura N° 4: Patrón de radiación Rocket M5 (Autor).

También se presenta un par de lóbulos laterales y secundarios, lo cual está radiando potencia indeseada en direcciones no controladas esto puede dar lugar a interferencia en todos los sistemas de comunicaciones, como se muestra en la Figura N° 6, la configuración es igual a la anterior sin embargo el ancho de potencia de esta antena es mayor.

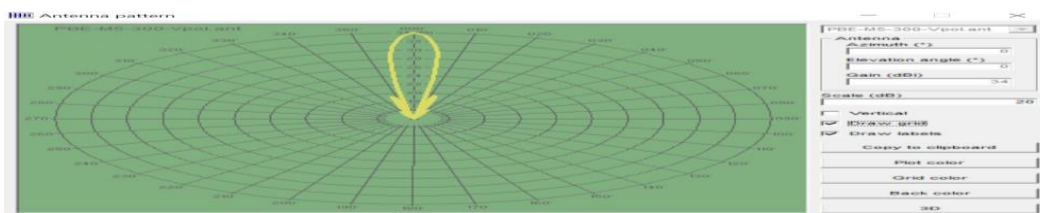


Figura N° 5: Patrón de radiación PowerBeam (Autor).

Al igual que las antenas omnidireccionales, su uso es para conexiones punto a multipunto, estas sin embargo solo emiten en una dirección Su radio de cobertura está entre los 60° y los 180°, para el caso en referencia de la Figura N° 7 se usa una antena con apertura de 90°.

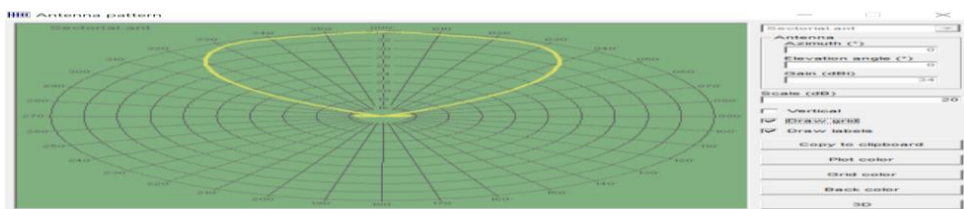


Figura N° 6: Patrón de radiación Sectorial 90° (Autor).

Para garantizar este enlace se realizaron las pruebas pertinentes en el software Air Link de la empresa Ubiquiti, logrando una verificación del enlace punto a punto y ver que está en perfectas condiciones, refiriéndose a su línea de vista y su zona de Fresnel, como bien se sabe el Bloque F (Punto de Acceso) por esta razón esta como gestor de internet para dicho enlace y se encuentra ubicado en las coordenadas (4.335211,-74.37109) y San José (Estación) está en las coordenadas (4.372452, -74.429544), referente a los datos arrojados por el simulador se logra concluir un enlace directo sin obstrucción con buena fuerza de la señal y excelente ganancia teniendo en cuenta que el software simula las antenas que se están utilizando en valores reales es importante aclarar que este enlace se puede ver desfavorecido por las condiciones climáticas (lluvia, niebla, etc.), la altura de las antenas debe estar en un valor óptimo para mejorar las condiciones necesarias y así lograr el mejor funcionamiento del radio enlace PTP (Ver Figura 8). Esta imagen establece el enlace realizado desde el punto de acceso Bloque F y San José mostrando la distancia que hay entre la Tx y la Rx, muestra la señal como punto de acceso, la modulación en la cual se encuentra el radioenlace y los parámetros de la antena, (ver figura 9). Al mirar el radio enlace directo se nota la capacidad total que tiene para transmitir (251 Mbps) utilizando la tecnología AirMax AC de Ubiquiti, como también la aplicación de las antenas utilizadas con su ganancia y potencia real. Analizar la Figura N° 10, este software tiene la capacidad de mostrar cómo es la puesta en marcha de las antenas principales referente a su inclinación y su azimuth, la elevación de terreno que se tiene en cada punto, la línea de antena PTP de color verde muestra su enlace directo sin obstrucción alguna y las líneas blancas muestran la zona de Fresnel referente a la conexión directa.

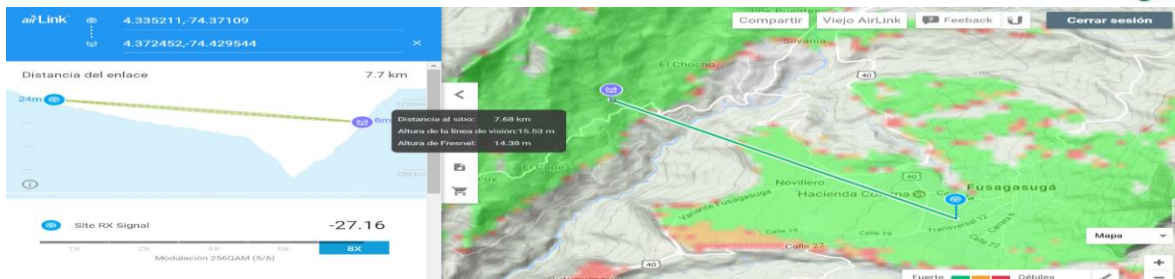


Figura N° 7: Señal AP, Distancia, Altura de visión y Altura de Fresnel; software Airlink (Autor).



Figura N° 8: Enlace PTP, Ganancia y Potencia, Capacidad total; Software Airlink (Autor).

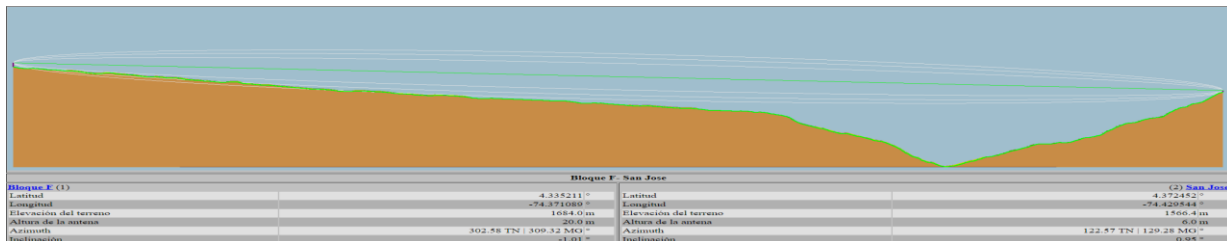


Figura N° 9: : Enlace PTP Bloque F a San José, Software Radio Mobile (Autor).

CÁLCULO DEL ENLACE

Se hace referencia con los datos adquiridos mediante el Radio Mobile como se indica la Figura 10, y se realizar los cálculos tanto del enlace como las pérdidas en el espacio libre.

Para los cálculos a realizar a continuación se toma las ecuaciones descritas en el Capítulo I del ítem 1.

LONGITUD DE ONDA

$$\lambda = \frac{1}{f} = \frac{1}{5.8 \text{ GHz}} = 0.172(\text{nm})$$

Ecuación 1 Cálculo de longitud de onda para primer enlace

POTENCIA ISOTRÓPICA RADIADA EQUIVALENTE (PIRE)

$$\text{PIRE} = 31 \text{ dBm} + 33\text{dB} - 0 \text{ PIRE} = 64 \text{ dBm}$$

Ecuación 1.1 Cálculo para el PIRE del primer enlace

PÉRDIDAS DEL ESPACIO LIBRE

$$L = 20\log(7.7) + 20\log(5.8) + 92.4 \text{ FSL} = 125,3 \text{ (db)}$$

Tomando como referencia los valores de k en la Ecuación 1.2

AJUSTES INFRAESTRUCTURA BLOQUE F.

En la verificación del punto se realizaron cambios sustanciales para el enlace PTP, en el Bloque F se quitó la estructura del trípode al cual estaba conectada la antena junto al arreglo fotovoltaico para poder garantizar una mayor altura en la antena utilizando la infraestructura gestionada por la universidad de Cundinamarca y así lograr una altura promedio en los enlaces de telecomunicaciones, logrando así mejorar el enlace.

Para lograr este pertinente arreglo en la infraestructura el estudiante a cargo, logro satisfactoriamente completar el Curso de alturas nivel avanzado, y tener todas las precauciones necesarias para el ascenso al mástil principal



del Bloque F, la utilización del equipo necesario (Arnés, Slingas) para subir dicha altura fue necesario para evitar percances, en la instalación de la antena al mástil se utiliza un codo en acero galvanizado robusto, ya que el plato tiene un elevado peso, para el ascenso de la antena se utiliza cuerda hasta el punto de instalación además del uso de herramienta instrumental (llaves #10, 15 y 18 alicate y Hombre solo), al instalar se hace un test de fuerza para mirar el sostenimiento de dicha antena, al terminar la instalación se hacen las respectivas pruebas con el enlace PTP, se verifica la antena con el gestor de internet, al finalizar la instalación se realiza el ponchado del cable de exteriores UTP, del punto de acceso a la antena, para que el cable no quede desconectado se le ajusta con amarres plásticos para exteriores.

Al terminar la instalación se pasa a la parte de verificación del enlace, mirando así los nuevos parámetros obtenidos con el ascenso de la antena, para esta comprobación también se le realizaron las modificaciones adecuadas al punto de acceso y estación de San José. (ver Figura 11).



Figura N° 10: Instalación y adecuación antena Bloque F (Autor).

AJUSTES INFRAESTRUCTURA SAN JOSÉ.

Para este proceso se debió previamente visualizar el terreno y la magnitud de lo consecuente a instalar (Mástil, baterías, arreglo Fotovoltaico, Reuters, antenas y demás), con ello se logró elaborar una cercha (6 metros largo, 50x50 sus dimensiones) cuadrada tipo escalera para el ascenso del ingeniero de mantenimiento, (ver Fig. 4), como se menciona anterior mente 6 metros de largo, el cual 1 fue enterrado en el piso con una base de concreto y piedra, así tener la estructura fija y sin movimiento, en la parte superior se realizó pestañas en H para lograr ajustar el panel solar en ella (panel solar se le hizo una base para lograr sujetarlo y poder su Angulo de ganancia referente a la radiación solar), seguidamente se pasa a instalar la antena Rocket PTP M5 en la estructura utilizando una base redonda (Estructura telefónica antena satelital) para reducir los problemas de movimiento y sea más fácil el ajuste del azimut e inclinación, ajustando con tornillo de seguridad y arandela para mejorar el acople con la estructura, se realizan las pruebas pertinentes en el enlace con el Bloque F, logrando una conexión estable y con buena ganancia en las antenas, siguiendo así con la instalación de la Antena Rocket M5 Prism Sectorial, al lograr tener el enlace PTP la instalada de la antena Sectorial es más sencillo ya que ella tiene una apertura de 90° en triángulo frente a su conexión, lo único que se debe hacer es direccionar a la zona de cobertura referente a los radioenlaces propuestos con Airlink y Radio Mobile, terminando así satisfactoriamente la instalación del enlace PTP entre San José y Bloque F. Como bien se sabe fue necesario la instalación de una caja para exteriores en acero inoxidable y fijada a la cercha con tonillo de pulgada y media, con tuerca y arandela de seguridad, por el peso de cada batería es alto referente a la constitución del cajón el cual sostiene todos los demás elementos. En esta caja se hizo la instalación de dos Baterías en serie (12v/120^a/h c/u), un regulador de Voltaje y un inversor que hace referencia a la parte fotovoltaica para que la conexión sea autónoma, aparte se instala dos POEs (Antena PTP y Sectorial) y por ultimo un switch que gestione la conexión de Routers y antenas como punto de acceso observar las Figura 12 y 13 para comprender mejor su instalación y adecuación.



Figura N° 11: : Instalación y adecuación Cercha, enlace PTP San José (Autor).



Figura N° 12: Instalación Fotovoltaica, Enlace PTP y Punto de Acceso (Antena Sectorial) (Autor).

ANÁLISIS PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO (San José)

Teniendo en cuenta el análisis inicial observado en [9], la potencia del panel se subió, para los requerimientos necesarios en las instalaciones puestas en marcha para el punto principal, se realizó un ajuste para lograr soportar todos los equipos necesario en la implementación tanto de la red como de los radio enlaces, teniendo en cuenta que el panel inicial era de 90 W y una sola batería para soportar todos los equipos, haciendo énfasis en esto para mejorar el sistema y no tener alcances se mejoró el panel a 270 W y una batería más en serie para tener como base 24 V, el inversor como es a 24 V está a su carga total para comprender mejor observa la Figura N° 14, teniendo en cuenta la funcionalidad del sistema es necesario realizar la tabla de consumo (Tabla 3).

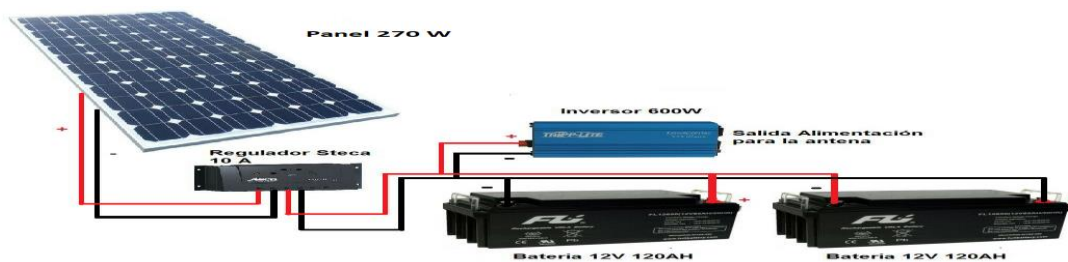


Figura N° 13: Sistema Fotovoltaico (Autor).

Estación	Potencia consumida por hora (W/h)	Número de Horas en Funcionamiento	Potencia Consumida por Día
Rocket Prism AC	12	24	288
Rocket M5 AC	8.5	24	204
Computador	48	2	96
Total			588

Tabla 1: Cuadro de Cargas (Autor)

PROCEDIMIENTO MATEMÁTICO PARA LA POTENCIA:

$$P = 1.25 * \frac{Ed}{R} = 1.25 * \frac{588}{4.60} = 160 W$$

CALCULO PARA BATERÍA:

$$CB = \frac{E * N}{V * Pd} = \frac{588 * 1}{12 * 0.7} = 70 A/h$$

CALCULO REGULADOR:



$$I_{max} = I_{sc} * NP = 9.17 A * 1 = 9.17 A$$

INVERSOR:

Para la selección del inversor es necesario observar el total consumido (588 W) con esto logramos saber que el mínimo requerido sería 600 W, el cual se puso en marcha, trabaja a 24 V, lo cual se requirió dos baterías en serie para soportar los 24v por el mismo amperaje, todo lo anterior como lo observo [9].

REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE INTEGRACIÓN ENTRE EL ENLACE PUNTO A PUNTO Y RADIOENLACES PUNTO MULTIPUNTO

Para empezar con el proceso se debe conocer las antenas principales que se está utilizando en el proyecto, Rocket Prism AC, PowerBeam AC, Antena Sectorial AirMax AC, Nano Loco M2 y Router TP-Link, lo interesante del uso de estas antenas es la protección contra sobretensiones además de su estabilidad en conexión entre TX y RX, su velocidad de conexión con otras antenas es muy eficiente y la velocidad de transmisión es buena para ser tan compactas y ligeras de utilizar, por otro lado para la conexión de los diferentes enlaces PTMP la Antena Sectorial AirMax AC que tiene un sistema de grado industrial para las Estaciones Base del más alto rendimiento y lo cual reduce significativamente el ruido co-adyacente. Con esta antena sectorial se reduce la interferencia y se mejora la ganancia para las redes multipunto, además de su adecuado ajuste en el ancho de haz (60°, 90° y 120°). Para la distribución en los usuarios finales se implementarán los Loco M2 y Routers, por las funciones en las que se pueden configurar son parecidas, extensores de cobertura o repetidores de señal, así lograr enviar la transmisión a los usuarios finales (Teléfonos, Computadores, etc.). Recordando que las antenas usan una frecuencia de transmisión inalámbrica a 5Ghz y de ahí para que los usuarios logren conectarse se baja a 2.4 GHz.

ENLACE PTMP SAN JOSÉ (4.372452, -74.429544) A LOS PUNTOS DE ACCESO

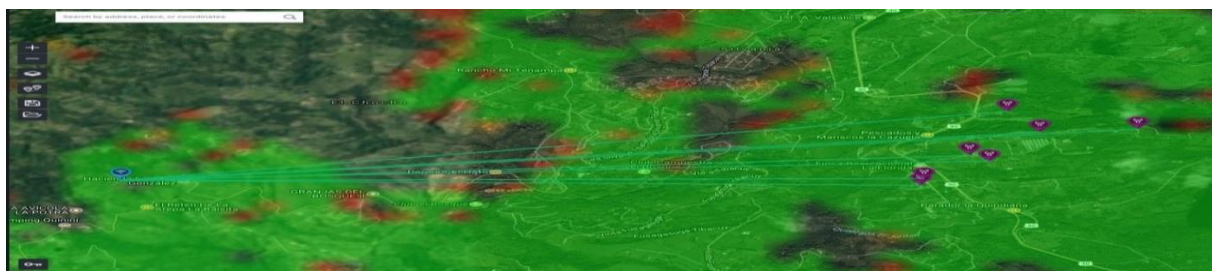


Figura N° 14: Airlink, Radioenlace San José y puntos de acceso sede Bosachoque (Autor).



Figura N° 15: Radio Mobile, Enlace Bloque F a San José (PTP) y Enlaces San José a Puntos de acceso sede Bosachoque (PTMP)(Autor).

La realización de la prueba PTMP entre San José y las zonas propuestas para la comunidad de Bosachoque a la cual se requiere llevar internet es satisfactoriamente, esta simulación se hace para verificar que todos los nodos propuestos tengan buena línea de vista y una conexión estable entre TX y RX. Como se logra ver en la Tabla 2, se hizo referencia a cada nodo propuesto con el nombre principal y su coordenada.

ZONAS	COORDENADAS	
Comunidad P. Ángela	4°22'18.27N, 74°23'16.61W	4,371759,-74,38795
Comunidad P. Ángela II	4°22'18.27N, 74°23'16.61W	4,371759,-74,38795
Casa Don Ángel	4°22'29.37N, 74°23'3.78W	4,374986,-74,384383



Don Ángel II	4°22'29.37N, 74°23'3.78W	4,374986,-74,384383
Don Mario	4°22'46N, 74°22'36W	4,379562,-74,376677
Señora Lucero	4°22'44.71N, 74°22'54.44W	4,37914,-74,381792
Señora Lucero II	4°22'44.71N, 74°22'54.44W	4,37914,-74,381792
Cartodromo	4°22'54.65N, 74°22'30.44W	4,382008,-74,383445
Escuela Bosachoque	4°22'20.7N, 74°23'16W	4,372534,-74,387778
Escuela Bosachoque II	4°22'20.7N, 74°23'16W	4,372534,-74,387778
Don Manuel	4°22'33.1N, 74°23'7.6W	4,375979,-74,385444
Don Manuel II	4°22'33.1N, 74°23'7.6W	4,375979,-74,385444

Tabla 2: Zonas y Coordenadas de los sectores a instalar la Red (Autor).

Para lograr estos radioenlaces se utiliza el software de Ubiquiti Airlink para cada simulación de las zonas, teniendo en cuenta la distancia la ganancia y perdidas por el ambiente, al utilizar este software se puede utilizar la antena PowerBeam AC que es la que se utiliza en los enlaces reales, para cada punto es necesario como mínimo 2m de altura en las antenas, las cuales se ingresan en el software por defecto y tener presente la zona de Fresnel aquí se tiene en cuenta la distancia que hay entre el enlace PTP, este programa simula este procedimiento teniendo en cuenta el valor de la fase como 0, y que su primera zona abarque hasta 180° de la fase optando por la forma de una elipsoide.

SIMULACIONES DE ENLACES PMTP

AP a Comunidad Ángela I y II

Para realizar las simulaciones que se presentaran a continuación fue necesario acudir a cada uno de los puntos vistos en la Tabla 1, sus coordenadas son parte fundamental del trabajo de campo para dicho trabajo, teniendo en cuenta que en la teoría y práctica se necesita línea de vista total con la antena principal de San José, para este primer punto se buscó la zona más alta del sector pero sobre todo que estuviera libre en línea de vista sin obstrucción alguna, teniendo en cuenta que el software nos muestra la distancia total que hay entre AP (San José) y Estación (PowerBeam AC) teniendo como base 4.6 Km, como se menciona anteriormente el simulador permite modificar las alturas de las antenas, como la antena base ya está en su estructura fija tiene una altura de 8 mts, y las antenas de la comunidad tendrán para las simulaciones 2 mts, Así se puede analizar si hay enlace entre el TX y RX, con una buena capacidad Total de transferencia de datos 121 Mbps (ver Figura 17).



Figura N° 16: Enlace San José y Comunidad P. Ángela (I y II), Ganancia entre TX y RX, Altura de Antenas y Capacidad de la Transmisión (Autor).

Para verificar otro contexto observamos la Figura N° 18, el cual sostiene un radio enlace funcional y el cual tenga una convergencia con el Airlink se pasó a realizar también los diseños de red en el software Radio Mobile, podemos tener en cuenta que la inclinación para instalar cada antena junto con su azimuth, consiguiente a eso muestra las zonas de Fresnel y la elevación que tiene al terreno.

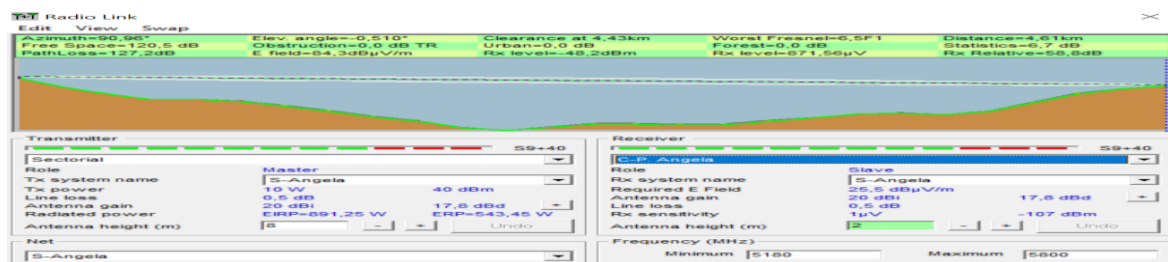


Figura N° 17: Enlace San José (Sectorial) y Comunidad P. Ángela (I y II), Zona de Fresnel, Elevación y Azimuth (Autor).



AP a Comunidad Don Ángel I y II

La importancia de este punto es fundamental por la densidad de población que existe en el sector, según el simulador da un enlace directo, con una distancia de 5 km, teniendo una muy buena cobertura referente a su zona de Fresnel, la transmisión entre la TX y la RX es estable y con muy buenos parámetros, la capacidad total es la misma que la anterior observar la Figura N° 19.

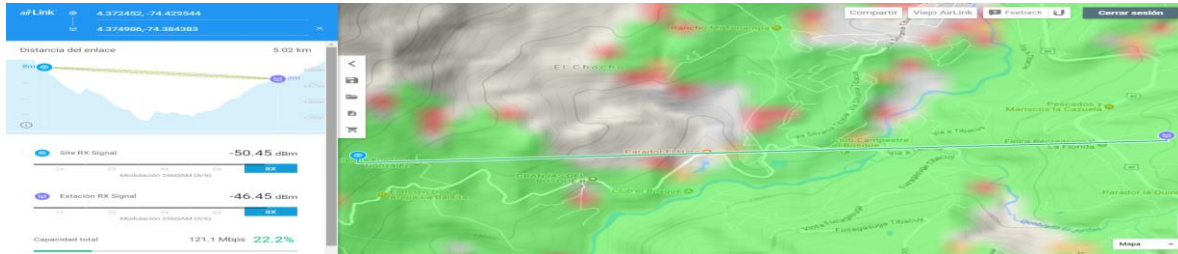


Figura N° 18: Enlace PTP San José y Comunidad Don Ángel (I y II), Ganancia entre TX y RX, Altura de Antenas y Capacidad de la Transmisión (Autor).

Con la implementación de Radio Mobile se logra identificar una obstrucción en la zona de Fresnel, la cual en la práctica sería notable para la transmisión entre el AP y la estación, sin embargo, el software muestra una conexión estable con buena línea de vista, al igual que el anterior, con una mayor distancia la conexión entre la Tx y la Rx sube un poco en sus dBm, pero con una modulación estable como se muestra en la Figura N° 20.

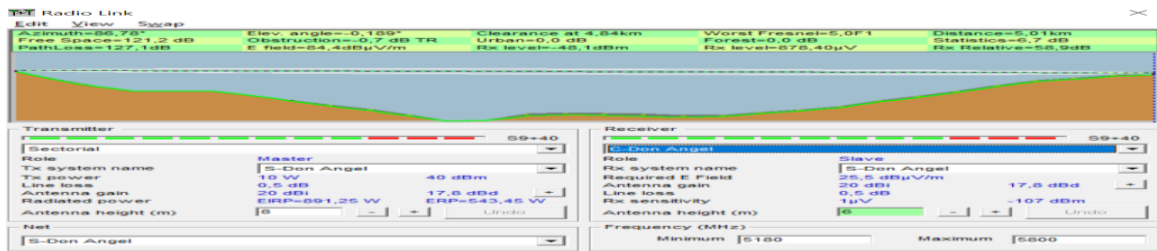


Figura N° 19: Enlace San José (Sectorial) y Comunidad Don Ángel I y II, Zona de Fresnel, inclinación y Azimuth (Autor).

AP a Comunidad Don Mario

Este punto es el más lejano al punto de acceso (Sectorial) está en Bosachoque Alto con una distancia entre Tx y Rx de 5.9 Km, con una muy buena cobertura referente a la zona de Fresnel, la transmisión tiene buenos parámetros y la capacidad total es igual a las anteriores ver Figura N° 21.

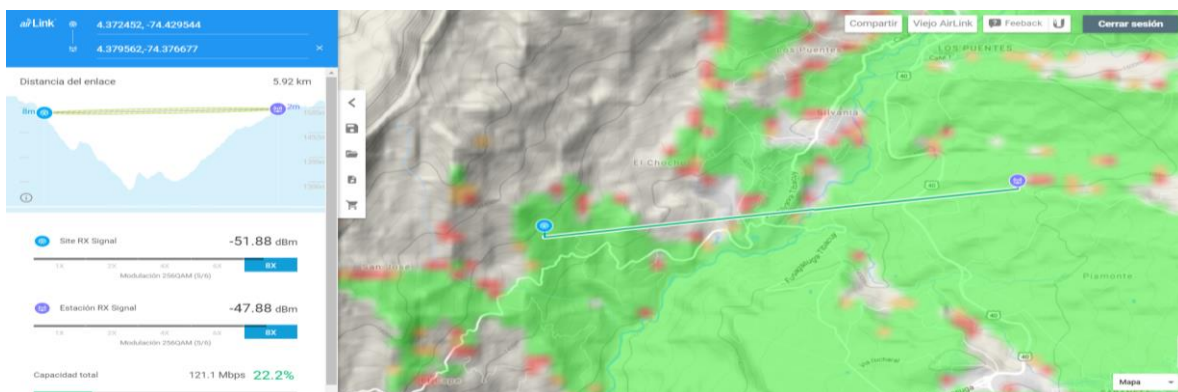


Figura N° 20: Enlace PTP San José (Sectorial) y Comunidad Don Mario, Ganancia entre TX y RX, Altura de Antenas y Capacidad de la Transmisión (Autor).



Verificando el otro software se logra observar que la altura de la Rx, es baja refiriéndonos a la zona de Fresnel, lo que no muestra el AirLink, para la solución de este problema y no perder la capacidad total del enlace es necesario ascender como mínimo 5 metros, logrando una estabilidad en la transmisión ver Figura N° 22.

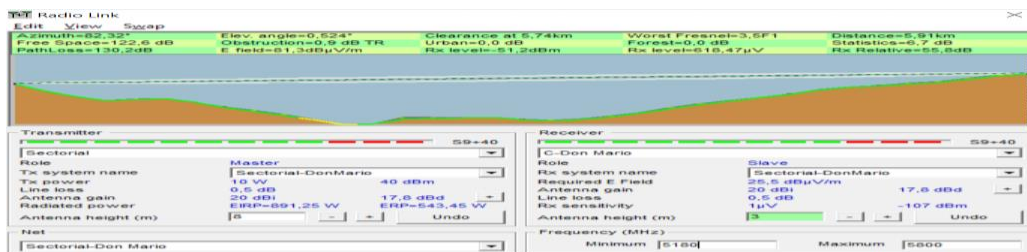


Figura N° 21: Enlace PTP San José (Sectorial) y Comunidad Don Mario, Altura de Antenas y Zona de Fresnel (Autor).

AP a Comunidad Doña Lucero

En el trabajo de campo buscando la posición perfecta para la antena, no fue muy exitosa por el sector en el cual se encuentra ubicado, este nodo está en un punto donde los arboles tapan completamente la línea de vista hacia el cerro (San José), sin embargo, en AirLink y Radio Mobile hace el enlace sin obstrucción alguna con la configuración de los anteriores puntos, el software simula en perfectas condiciones sin obstrucciones observar la Figura N° 23.

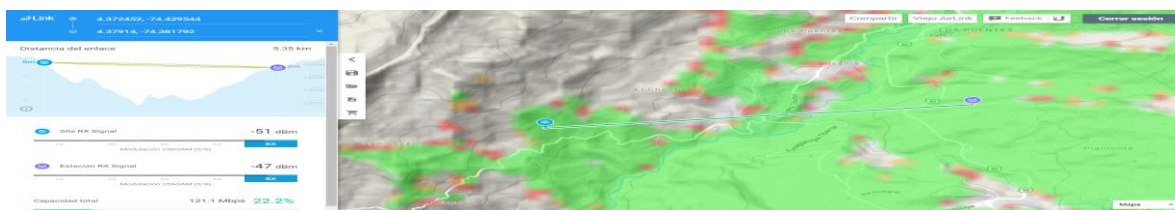


Figura N° 22: Enlace PTP San José (Sectorial) y Comunidad Don Mario, Ganancia entre TX y RX, Altura de Antenas y Capacidad de la Transmisión (Autor).

Como se menciona anteriormente en este sector los arboles no dejan línea de vista directa con el AP, sin embargo, no se denota en ninguno de los dos softwares, ambos muestran un enlace directivo funcional, ahora bien, cuando se esté pasando a la práctica se observará que sucede, Radio Mobile nos muestra en la Rx que está muy pegada al terreno y por consiguiente se cubrirá un poco más de la zona de Fresnel ver figura 24.

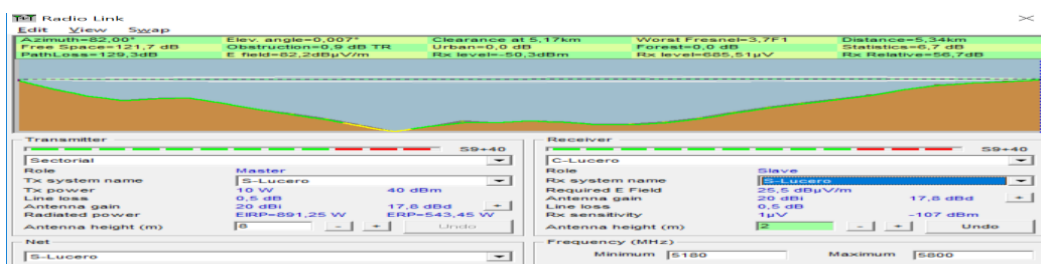


Figura N° 23: Enlace PTP San José (Sectorial) y Comunidad Don Mario, Altura de Antenas y Zona de Fresnel (Autor).

AP a Comunidad Cartodromo

Uno de los sectores más importantes por su ubicación y además que en esta zona se encuentra el centro médico de la vereda Bosachoque, al igual que la capilla, por consiguiente, es muy importante el nodo propuesto, en los dos softwares de simulación el enlace es estable sin obstrucción alguna al igual que los anteriores su capacidad es de 121 Mbps, Radio Mobile nos simula que en la parte final de la transmisión podría tener problemas visiblemente, pero sin embargo se simula sin ningún problema, mostrando la mejor posición de la antena y su elevación para lograr el enlace directo ver las Figuras N° 25 y 26.

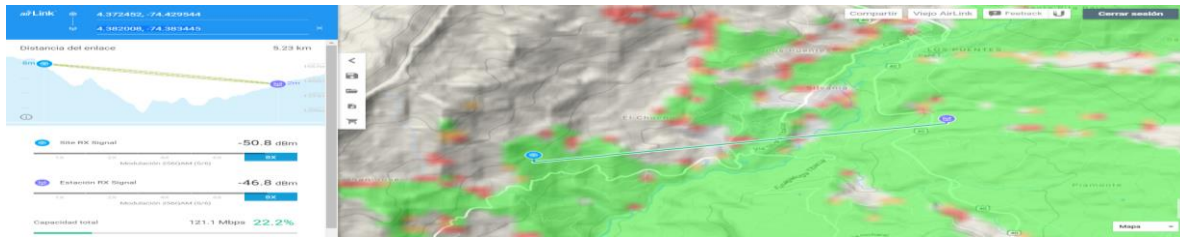


Figura N° 24: Enlace PTP San José (Sectorial) y Comunidad Cartodromo, Altura de Antenas y Capacidad de la Transmisión (Autor).

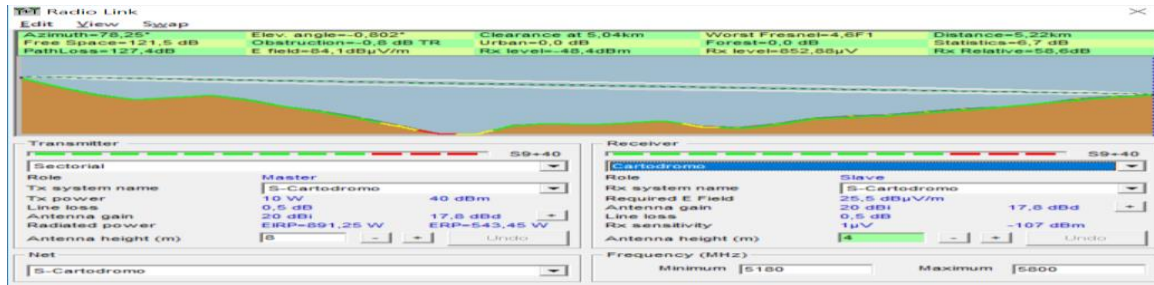


Figura N° 25: Enlace PTP San José (Sectorial) y Comunidad Cartodromo, Zona de Fresnel (Autor).

AP a Comunidad Don Jesús

En la visita de campo para lograr obtener la mejor coordenada para este nodo propuesto, la población que hay cerca al punto es muy poco ya que las quintas son demasiadas extensas en su terreno y la cobertura estará muy limitada no para todos, según el estudio que se hizo, la señal alcanzaría 300 Mts a la redonda sin obstrucción, pero los árboles, las quintas tienen casas muy altas, en cuanto a línea de vista el de la coordenada simulada es el mejor para establecer este punto directivo, el canal es este punto sigue igual que los anteriores, pero tanto como el AP y su estación bajan en su señal transmitida, mejorando la conexión ver Figura 27, sin embargo en el otro simulador no se presenta ninguna inconsistencia el enlace es realizable, muestra su zona de Fresnel sin obstrucción alguna ver Figura N° 28.

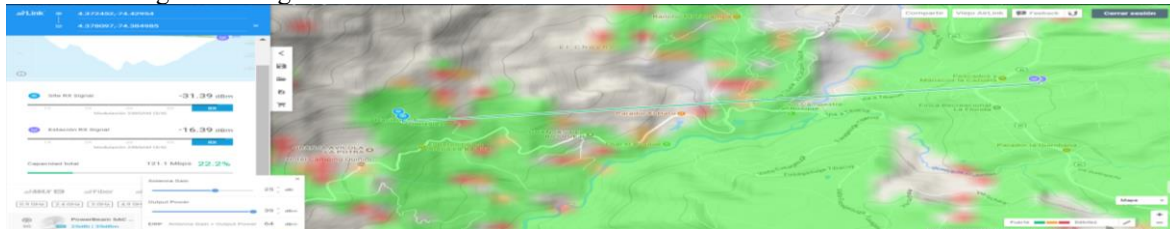


Figura N° 26: Enlace PTP San José (Sectorial) y Comunidad Jesús, Altura de Antenas y Capacidad de la Transmisión (Autor).

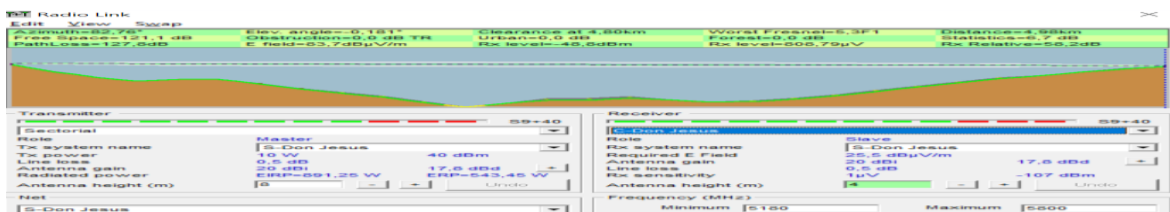


Figura N° 27: Enlace PTP San José (Sectorial) y Comunidad Don Jesús, Altura de Antenas y Zona de Fresnel (Autor).



AP a Comunidad Don Manuel

La cobertura en este punto es perfecta por su línea de vista hacia el AP, además de su gran densidad de población por ser la entrada principal a la vereda y la constante transición de peatones a lo largo del día, además de tener varias casas alrededor del de la estación donde se toma la coordenada, en esta coordenada se efectuaron dos nodos para abarcar todo el sector, las simulaciones en ambos softwares son excelentes y con muy buena señal de transmisión, maneja la misma capacidad que las anteriores contemplar las Figuras N° 29 y 30.

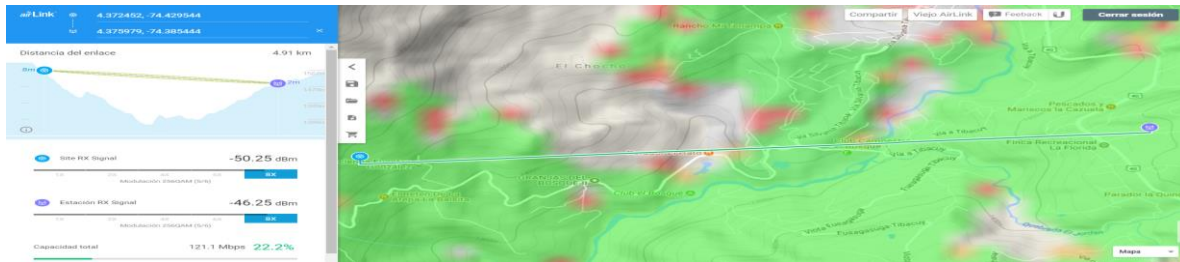


Figura N° 28: Enlace PTP San José (Sectorial) y Comunidad Don Manuel, Altura de Antenas y Capacidad de la Transmisión (Autor).

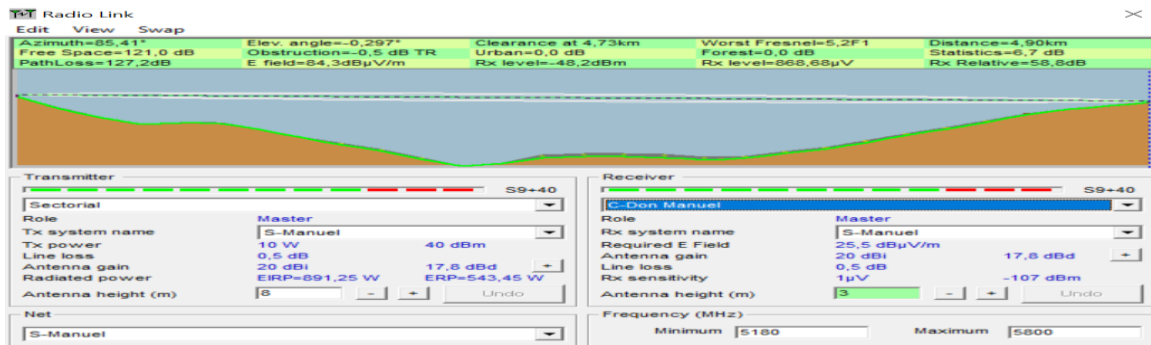


Figura N° 29: Enlace PTP San José (Sectorial) y Comunidad Don Manuel, Altura de Antenas y Zona de Fresnel (Autor).

AP a Comunidad Escuela

El nodo más importante de la red, esta propuesto para la escuela de la verdea asistiendo a estudiantes, profesores y comunidad del sector, la ubicación es excelente y su línea de vista perfecta, además de contar con un punto con buena altura para la instalación de la antena y favorecer a todo este sector con su cobertura, también se instalaran dos nodos para gestionar la escuela y la zona baja de Bosachoque, al igual que las simulaciones anteriores es bueno el radioenlace no tiene ninguna obstrucción en su simulación ver Figuras N° 31 y 32.

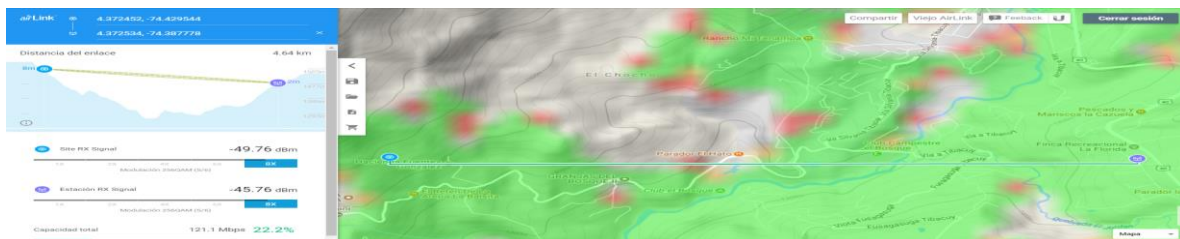


Figura N° 30: Enlace PTP San José (Sectorial) y Comunidad Escuela, Altura de Antenas y Capacidad de la Transmisión (Autor).

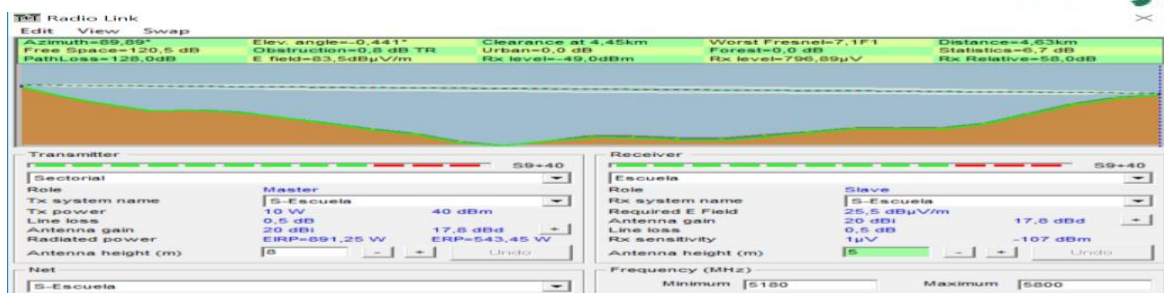


Figura N° 31: Enlace PTP San José (Sectorial) y Comunidad Escuela, Altura de Antenas y Zona de Fresnel (Autor).

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se puede decir que los enlaces de análisis son satisfactorios teniendo la ventaja de poder contar con una buena línea de vista con todos los nodos.

INSTALACIÓN DE ANTENAS PARA CONEXIONES DE USUARIO FINAL

Con las simulaciones pertinentes a cada radioenlace se logra establecer los mejores puntos para la instalación de cada antena, que funcionara como estación y lograr un punto de acceso a la red en toda la vereda; a continuación, se mostrara paso a paso del cómo se logró adecuar cada punto e instalación de cada nodo en las coordenadas propuestas anteriormente en la Tabla 2.

INSTALACIÓN NODOS COMUNIDAD PROFESORA ÁNGELA

Con el proceso ya realizado anteriormente la comunidad tenía gestionado el punto (estación), con ello se realizó la respectiva valoración técnica referente a la simulación, adaptándola a los parámetros que se están manejando con los radioenlaces, se realizó el cambio de la antena comunitaria por un PowerBeam del proyecto, adaptándola a un switch que hace de puente para los nodos pertinentes en el sector, como en este punto ya existía el primer nodo con una NanoStation se arregló la configuración y se dejó intacta en el mismo punto, para el nodo siguiente se hizo la instalación de la NanoLoco del proyecto y lograr así realizar la gestión pertinente como AP para la comunidad, como podemos observar en las Figuras N° 33 y 34, en las cuales se analiza la realización de las pruebas antes de instalar la PowerBeam AC, junto con el punto como estación y sus dos nodos propuestos en esta zona NanoStation y NanoLoco.



Figura N° 32: Pruebas Antena antigua, instalación antena PowerBeam AC (Autor).



Figura N° 33: Instalación Nodos Comunidad Ángela (Autor).



INSTALACIÓN NODOS COMUNIDAD DON ÁNGEL

Para la verificación del radio enlace, se realizaron primero pruebas de conexión entre el AP y la estación como se ilustra en la Figura N° 35, Conociendo la ubicación de la antena, según la simulación el ángulo que observamos fue de 86.7° y la inclinación 0.64° , teniendo como referencia esto se inició a buscar la señal con la antena conectada al computador y su respectivo POE, buscando el SSID de la antena sectorial (San José CH), se hace la conexión debida y se ensancha con los parámetros que estén por el momento, logrando disminuir el margen de error al conectar, cuando se verifica que exista la conexión, se empieza a mover buscando los mejores parámetros, luego se inicia el proceso de instalación (Base de la antena, codo), como se puede observar en la Figura N° 36, Al instalar este soporté se conecta la PowerBeam y se entabla la conexión, se ajustan los parámetros de configuración para lograr tener el acceso a la red, se realiza la instalación del cableado para el punto de distribución (Nodos), llegando así a la instalación del Router como se muestra en la Figura N° 37, allí se muestra toda la estructura cableada que se necesitó para establecer la conexión entre la estación y el AP, con sus respectivos POEs, por otra parte para la instalación de los puntos de poder para la alimentación de cada elemento fue necesario complementar con cable dúplex la instalación para lograr tener un punto eléctrico (extensión).

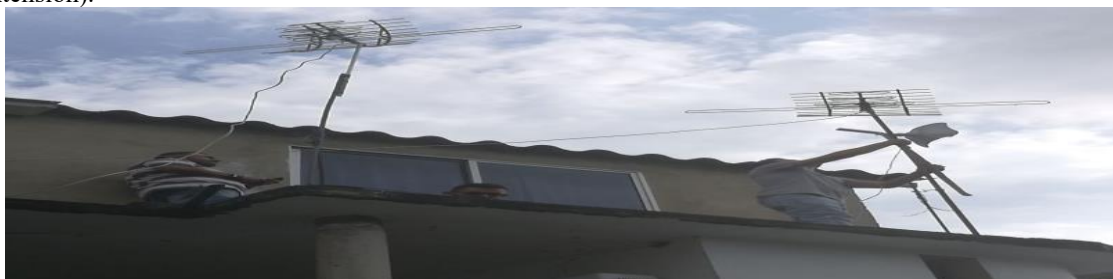


Figura N° 34: Proceso de verificación Comunidad Don Ángel (Autor).



Figura N° 35: Instalación estación Comunidad Don Ángel (Autor).



Figura N° 36: Instalación Nodo (Router) Comunidad Don Ángel (Autor).

Con esto solucionado se dio paso a la instalación del otro AP (NanoLoco) para lograr gestionar otro punto diferente al que se estableció con el Router, para ellos fue necesario mirar el alcance del primer nodo (30m), por consiguiente, como el Nano funciona en triangulo se direcciono hacia la salida de la comunidad para que gestionara toda la vía y tener mayor alcance por ambos nodos, además de contemplar una altura esencial para la distribución como se muestra en la Figura N° 38.



Figura N° 37: Instalación Nodo (NanoLoCo) Comunidad Don Ángel (Autor).

INSTALACIÓN NODOS COMUNIDAD DOÑA LUCERO

Este nodo un fue un punto complicado por la lejanía de las poblaciones, la primera prueba que se realizó fue añadir el nodo como repetidor del AP, recibiendo la señal que se obtenía desde la comunidad Don Mario, la estructura que se diseñó por la altura necesario fue un mástil de 15 mts (Guadua) como se puede observar en la Figura N° 39, se hizo la instalación con su cableado hasta el punto eléctrico se realizaron las pruebas y se gestionó la conexión (Factible), sin embargo por el movimiento del mástil, las pérdidas que se observaron por el ambiente se pasó a retirar este nodo de este punto y aplicarlo en otro punto más estratégico, en la búsqueda del mejor punto se hicieron varias pruebas ensayo-error para facilitar la obtención de la mejor coordenada posible y asequible para los nodos, logrando encontrar un punto, como se muestra en la Figura N° 40, se hace la instalación de una estación principal para la gestión de los dos nodos propuestos, uno en el mismo punto de la estación y el otro cerca al punto inicial que se tuvo en cuenta con el mástil (Guadua), al conectar la estructura para posicionar la antena se conecta con el SSID de la antena sectorial, esta señal es enlazada a un Swich, el cual servirá de puente para las dos NanoLoCo M2 que controlaran los AP para la comunidad observar la Figura N° 41.



Figura N° 38: Instalación nodo Comunidad Doña Lucero (Autor).



Figura N° 39: Instalación estación nodos Comunidad Doña Lucero (Autor).

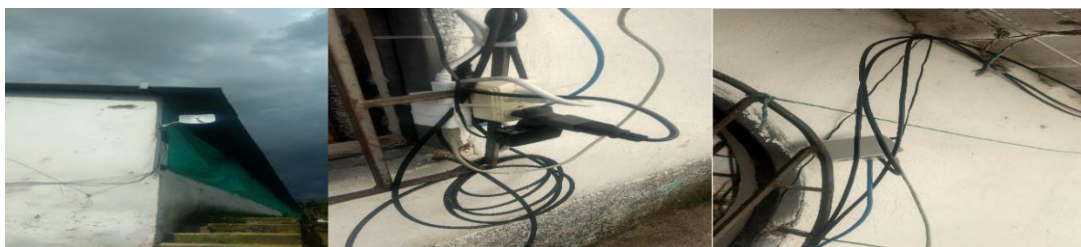


Figura N° 40: Instalación puente nodos Comunidad Doña Lucero (Autor).



PRUEBAS PUNTOS DE ACCESO

A continuación, se mostrarán las pruebas de velocidad para los puntos de la red, el ancho de banda que está asumiendo en cada nodo, mirar la descarga y la carga que gestiona la red, y por otro lado la latencia que tarda en mostrar cada enlace, se dará a conocer los enlaces activos, lo cual tiene cada antenna direccionándose al AP en san José, observando las configuraciones básicas de cada una de ellas mostrando su frecuencia de transmisión, su nombre como AP y el dispositivo al cual pertenece.

Configuración Estación (PowerBeam)

Para comprender mejor el funcionamiento de todos los equipos instalados se deben hacer unas configuraciones básicas tanto en las estaciones (PowerBeam) como también en los AP para los usuarios finales (NanoLoco y Router), son configuraciones sencillas que dan acceso como tal al funcionamiento de la red, como se muestra en la Figura N° 51, se establece en la pestaña inalámbrica del software airOS8 de cada antenna PowerBeam, lo cual identificamos la primera sección como configuración, el modo que se está utilizando es de estación PTMP (estación Multipunto), se accede al SSID el cual está puesto en marcha en el AP de la sectorial (San José CH), el resto de configuración se deja por defecto del software, de allí se pasa a modificar la seguridad ya que sin eso no es posible entablar la comunicación entre las antenas, seguridad inalámbrica se ingresa la contraseña que se está utilizando en el AP y se guarda la configuración.

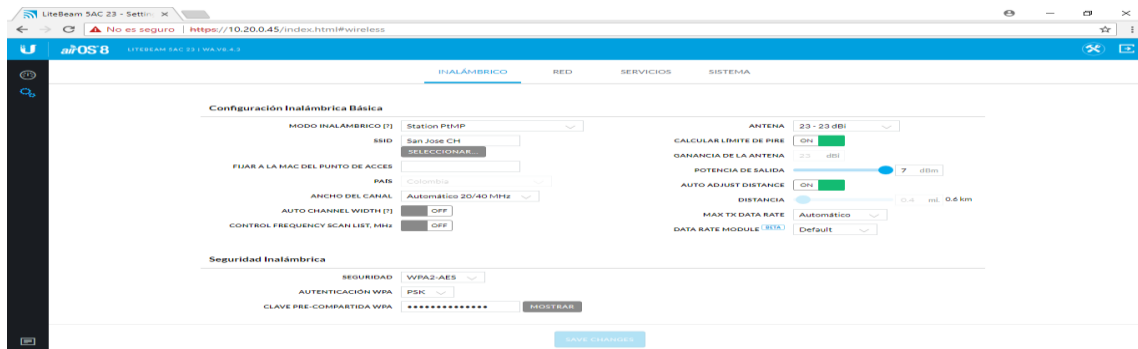


Figura N° 41: Configuración PowerBeam (Autor).

Cuando se haya terminado la configuración de la pestaña inalámbrica, se da paso a la distribución de la red, como tal se da click en la pestaña red y se inicia su acoplamiento el rol de la antenna es como Bridge (Puente) el cual estará funcionando simplemente como pasarela y el trasiego de datos con Internet el cual es tramitado directamente por el ordenador. Es decir, la función router queda anulada y el aparato no hace NAT (Network Address Translation = traducción de direcciones de red), el modo de configuración deja por defecto, en el apartado de administración se debe tener en cuenta la gestión obtenida de la red (Subnetting), el cual se desarrolló en conjunto con los investigadores del mismo segmento, para ellos a cada antenna se le asigna una IP fija con su máscara y una puerta de enlace la cual la gestiona la Mikrotik, el resto de la configuración se deja por defecto observemos la Figura N° 52.

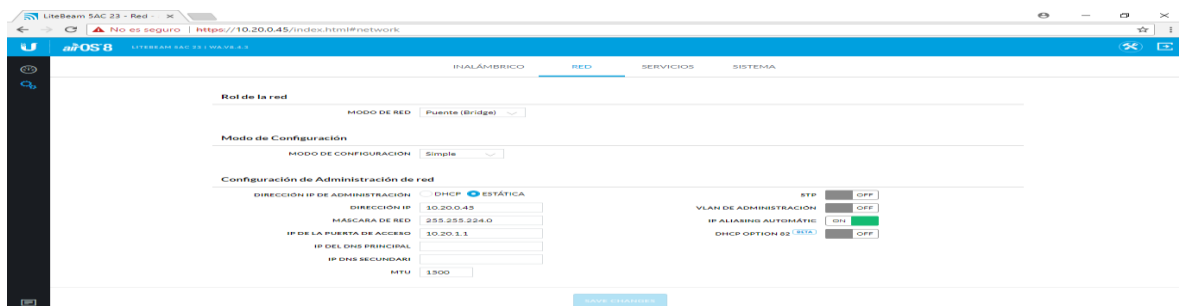


Figura N° 42: Configuración Red PowerBeam

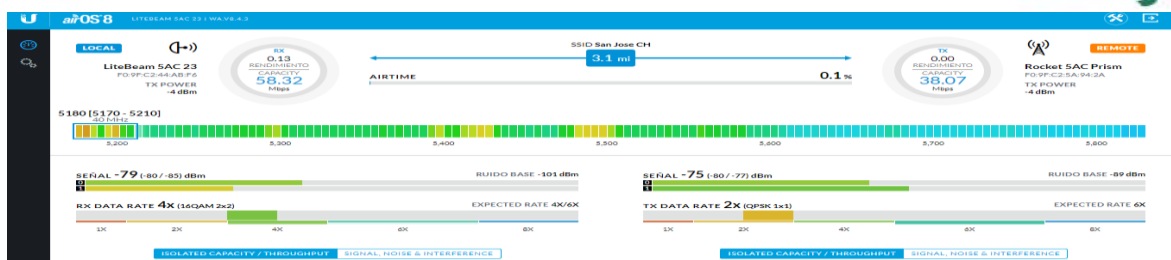


Figura N° 43: PowerBeam transmitiendo (Autor).

En esta Figura N° 53, se observa la conexión estable entre la antena sectorial de San José como AP y la PowerBeam como estación en línea de vista directa como se mostró anteriormente en las instalaciones, aquí muestra la capacidad total de transmisión para el canal de las dos antenas en este enlace multipunto, para la transmisión muestra la velocidad de los datos (1x (BPSK 1x1), 2x (QPSK 1x1), 4x (16QAM 2x2), 6x (64QAM 2x2), y 8x (256QAM 2x2)) y la capacidad aislada o promedio, o el rendimiento, tanto para dispositivos locales como remotos.

CONFIGURACIÓN NANOLOCO

La configuración de esta antena es muy similar a la anterior simplemente el cambio se hace en modo inalámbrico que desea ya que esta va a estar como AP entonces es cambias simplemente el modo, en la Figura N° 54 observamos la configuración final el cual muestra el nombre, modo, la casilla de red (Networking) configurada como puente y sus direcciones fijas (IP) como la anterior, el modo Wireless al cual se le hace el cambio en su modo como Access Point, dejando sin seguridad para que cualquier usuario se logre enlazar, se le agrega el SSID el cual se gestionara por el nombre de la red final, el resto es configuración por defecto del mismo software.

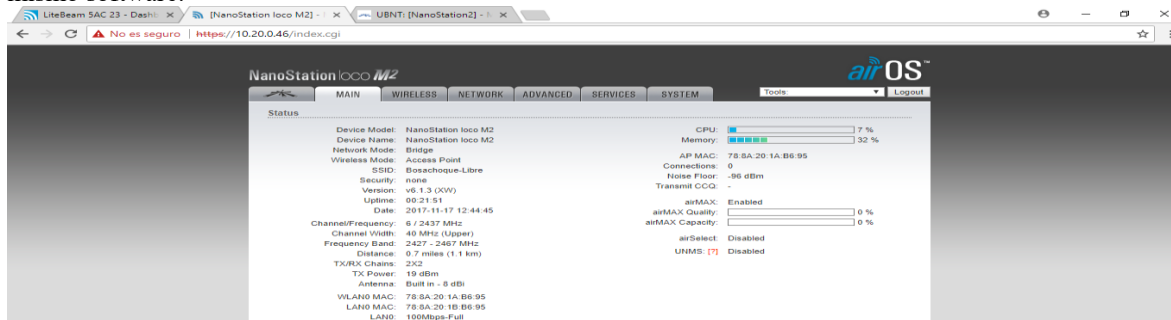


Figura N° 44: NanoLoco Configurada (Autor)

CONFIGURACIÓN ROUTER TP-LINK

La configuración del router es similar a las anteriores simplemente cambiar la dirección LAN que tiene por defecto (192.168.1.1) por la segmentación de la red en desarrollo como se observa en la Figura N° 55, en la parte inalámbrica se asigna el SSID o nombre del wifi, al que se está gestionando en toda la red y simplemente se deja sin seguridad para que todos los usuarios se puedan conectar sin ningún inconveniente.









Figura N° 45: Router Configurado (Autor).



PRUEBAS AP CON SPEEDTEST

Estos test de velocidad se tomaron directamente del punto de red suministrado por la gestión realizada en cada nodo de la comunidad, obteniendo variaciones en las velocidades y la latencia de los servicios.

Comunidad	Test de Velocidad
Doña Ángela	
Escuela	
Don Manuel	
Don Ángel	
Doña Lucero	
Don Jesús	






<p>Don Mario</p>	
<p>Doña Lucero II</p>	
<p>Cartodromo</p>	

Tabla 3: Pruebas con SpeedTest (Autor).

PRUEBAS CONEXIÓN ANTENAS PRINCIPALES

Con la Tabla 5, se mostrará los enlaces correspondientes en cada estación instalada en la comunidad de bosachoque, fijando que haya una conexión estable y sin interferencia como se muestra allí, observando los cambios de capacidades de los canales tanto en el AP (Sectorial) la cual esta transmitiendo y la estación (PowerBeam) la cual recibe ambas cambian su capacidad.

Comunidad	Conexión AP a Estación
<p>Doña Ángela</p>	
<p>Escuela</p>	






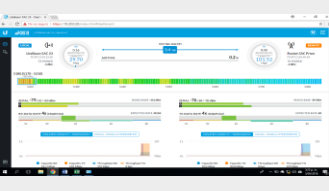


Don Manuel	
Don Ángel	
Doña Lucero	
Don Jesús	
Don Mario	
Cartodromo	

Tabla 4: Conexiones Enlaces Comunidad Bosachoque (Autor).

CONCLUSIONES

Mediante la utilización del software Radio Mobile y con la ayuda de las coordenadas que se obtuvieron en el trabajo de campo, permitieron analizar y graficar una nueva topología de red, lo cual logro no solo llegar a los lugares inaccesibles por la geografía que se presenta dentro del sector sino también aumentar su cobertura; de esta manera lograr un incremento de clientes en sus alrededores.

De acuerdo con el estudio de factibilidad realizado para la implementación y crecimiento de la red se planteó para toda la vereda de Bosachoque se requiere mantener una inversión mensual, para cubrir las necesidades en



la parte técnica y administrativas lo cual por el presente año es cubierta por la universidad, de esta manera a partir del segundo año la comunidad deberá buscar la ayuda para realizar la gestión de toda la red.

Este proyecto detalla el diseño de la red inalámbrica para la vereda Bosachoque mediante la infraestructura tecnológica de ubiquiti *Wireless*, que constituye una infraestructura robusta para brindar todos los beneficios y ventajas que las redes inalámbricas de área local (WLAN) que ofrecen a usuarios móviles e inalámbricos.

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada, quiero agradecer a mi hija, por transformar mi vida radicalmente, por dibujar cada día una gran sonrisa en mi rostro, por alimentar de amor mi corazón, y por deleitar mis oídos escuchando esa vocecita diciéndome papa, porque eres la razón para luchar y seguir adelante, por eso eres la mujer más hermosa del mundo y mi vida es fascinante porque existes tú.

A mi esposa esa gran persona que ha dejado compartir su vida con la mía, por darme su amor, por saber aguantarme y perdonar, por darme la confianza y no dejarme caer, por su apoyo incondicional, pero sobre todo por darme el mayor tesoro que tenemos, ese pequeño rayito de luz y esperanza que es nuestra hija Kamila.

A mi tía Fabiola, que ha estado en el momento preciso para extenderme su mano, por convertir los malos pasos en momentos de reflexión, por escucharme y siempre tener algo que decirme, por hacer de madre sin tener que serlo, por la paciencia, por compartir las alegrías y tropiezos de los cuales hemos salido triunfadores, por su confianza y sobre todo por permitirme ser parte de su vida.

A mi tío Edgar, ser ese apoyo incondicional tanto a mi como a su querida esposa, por apoyarme sin tener necesidad alguna, por ser ese amigo esencial que te pone tatequieto en los momentos locos, pero sobre todo por eso buenos consejos, muchas gracias.

A mi madre y abuela que me cuidan desde el infinito y más allá.

A mis docentes, Cesar Casas, Marcia Pulido, Gordillo, por la paciencia y su valioso tiempo, conocimientos que sirvieron de gran ayuda, gracias.

A mi padre, gracias por darme la vida, y por apoyar a mi hija en los momentos que yo no he podido.

Y, por último: deseo dedicar este momento tan importante e inolvidable, a mí mismo, por no dejarme vencer, ya que en ocasiones el principal obstáculo se encuentra dentro de uno...

REFERENCIAS

- [1] V. H. Y. R. S. E. Medina Cartuche, *Estudio de factibilidad y diseño de una red ISP inalámbrica para brindar el servicio de valor agregado a la ciudad de Palora*, Riobamba, Chimboraz, 2014.
- [2] I. a. P. M. Túquerres, «Administración de la red inalámbrica del Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra a través de la plataforma MIKROTIK basada en el modelo de gestión FCAPS de la ISO,» 2015.
- [3] I. & L. Leija, «Nova scientia,» ESIME, 2014.
- [4] L. Vargaz, «Informacion de las telecomunicaciones,» 11 06 2015. [En línea]. Available: <http://telecomunicaciones-levt.blogspot.com.co/2015/06/para-un-enlace-de-punto-punto-modoad.html>.
- [5] M. Moro Vallina, *Infraestructuras de redes de datos y sistemas de telefonía*, Editorial Paraninfo, 2013.
- [6] P. y. M. V. Espinoza, «Rediseño de la red de comunicaciones del ISP Paradyne SA dentro del distrito metropolitano de Quito y el Valle de los Chillos,» Quito, 2014.
- [7] V. R. P. Andres, *Estudio y diseño de un radio enlace para la transmision de datos, e internet en frecuencia libre de la cooperativa indígena "alfa y omega" utilizando equipos airmax de ubiquiti*, Pichincha, Quito, 2015.
- [8] A. C. F. Espinoza, *REGULARIZACIÓN DE LOS ENLACES DE RADIO Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DE LA RED INALÁMBRICA LOCAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, MEDIANTE EL CUMPLIMIENTO DE LA LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES Y USO DE SOFTWARE DE MONITOREO*, Ibarra, Imbabura, 2015.
- [9] M. M. A. y. M. D. A. y. M. O. A. y. A. S. M. Becerra, «ANÁLISIS COMPARATIVO DE TECNOLOGIAS DE TRANSMISION INALÁMBRICA COMPARATIVE ANALYSIS OF WIRELESS TRANSMISSION TECHNOLOGY».



- [10] L. H. y. P. C. J. N. Santamaría Granados, «Laboratorio virtual para el diseño de radio enlaces en un ambiente grid,» *Redalyc*, vol. volumen 18, n° N° 2, 2008.
- [11] J. García Cañamero, *Desarrollo de una red telemática para proveer acceso a Internet en Torreblanca*, Catalunya, 2013.
- [12] A. M. F. G. C. C. Emilio Monachesi, *Conceptos generales de Antenas*, Tucumán: eDUTecNe, 2011.
- [13] M. F. J. José, *Fundamentos de Radiación y Radiocomunicación*, Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingenieros , 2007.
- [14] G. d. Radiocomunicación, *Tutorial de Radio Mobile*, ETSIT- UPM, 2007.
- [15] N. G. Fernández, «Modelo de cobertura en redes inalámbricas,» Universidad de Oviedo, 2006.
- [16] «Diseño de Redes,» [En línea]. Available: <http://wndw.net/pdf/wndw-es/chapter3-es.pdf>.
- [17] Y. P. M. ROMERO, «ANÁLISIS DE COBERTURA RADIOELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD TÉCNICA Y LEGAL DE LA RED DE COMUNICACIONES CONVERGENTES, EN LA VEREDA BOSACHOQUE DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ,» Fusagasuga, 2017.
- [18] P. A. Vela Remache, «Estudio y diseño de un radio enlace para la transmisión de datos, e internet en frecuencia libre de la cooperativa indígena "alfa y omega" utilizando equipos airmax de ubiquiti,» Quito, 2015.

Albert Brayan Tobón Perdomo
Estudiante Ingeniería Electrónica
Universidad de Cundinamarca
Correo: batp@hotmail.es