

**DISEÑO DE UN ENLACE DE TELECOMUNICACIONES PARA EL SISTEMA
DE ABASTECIMIENTO CHINGAZA DE LA EAAB-ESP**

ALEJANDRA NIÑO MARTINEZ

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2020**

**DISEÑO DE UN ENLACE DE TELECOMUNICACIONES PARA EL SISTEMA
DE ABASTECIMIENTO CHINGAZA DE LA EAAB-ESP**

Presentado por:

ALEJANDRA NIÑO MARTINEZ

CÓDIGO: 2183806

**Trabajo opción de grado Pasantías en la EAAB-ESP en el área de gestión
tecnológica con el propósito de obtener el título de Ingeniero de
Telecomunicaciones**

**Director: Víctor Manuel Castro
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2020**

CONTENIDO

INDICE DE TABLAS	5
INDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE ECUACIONES	7
INTRODUCCION.....	8
1. CAPITULO I: CONTEXTO	9
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.2. OBJETIVOS.....	10
1.2.1. Objetivo general	10
1.2.2. Objetivos específicos.....	10
1.3. ALCANCE	11
2. CAPITULO II: MARCO TEORICO	12
2.1. Min TIC	12
2.2. ANE	12
2.3. Bandas no licenciadas.....	12
2.4. Redes microondas.....	13
2.5. Redes satelitales	16
2.6. Redes de fibra óptica	20
3. CAPITULO III: SISTEMA ACTUAL DE CHINGAZA	26
3.1. Topología.....	26
3.2. Bandas de frecuencia	26
3.3. Equipos	29
3.3.1. Torres.....	29
3.4. Coordenadas geográficas y datos específicos	30
3.5. Costos	31
3.6. REQUERIMIENTOS	33
3.6.1. Capacidad	33
3.6.2. Disponibilidad.....	34
3.6.3. Numero de enlaces	35
3.6.4. Servicios.....	35

3.6.5.	Telemetría.....	36
3.6.6.	Scada.....	37
4.	CAPITULO IV: DISEÑO DE RED	38
4.3.	Diseño de la red mediante fibra óptica	38
4.3.1.	Tendido de la fibra	38
4.3.2.	Cálculo de los hilos de fibra para la red	39
4.3.3.	Cálculos	40
4.3.4.	Costos	41
4.4.	Diseño de la red mediante Microondas.....	45
4.4.1.	Topología de la red	45
4.4.2.	Equipos	46
•	Características	45
4.4.4.	Perfil de elevación.....	47
4.4.5.	Costos	55
4.5.	Diseño de una red hibrida.....	58
4.5.1.	Topología.....	58
4.5.2.	Costos	59
4.6.	Comparación de las tecnologías	62
	RECOMENDACIONES	65
	CONCLUSIONES	66
	REFERENCIAS	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros de rendimiento en la transmisión por fibra multimodo.	24
Tabla 2 Parámetros de rendimiento en la transmisión por fibra monomodo.....	25
Tabla 3 Frecuencias de cada red.....	29
Tabla 4. Torres red Chingaza.....	30
Tabla 5 Coordenadas y altura de las estaciones.	31
Tabla 6 Costo anual del mantenimiento de Chingaza año 2019.	32
Tabla 7 Distancia entre cada uno de los enlaces.....	35
<i>Tabla 8 Servicio necesario en cada punto.....</i>	<i>36</i>
Tabla 9 Ancho de banda del primer tramo de la red.	39
Tabla 10 Ancho de banda total segundo tramo de la red.	40
Tabla 11 Ancho de banda ultimo tramo de la red.....	40
Tabla 12 Costos generales del proyecto.	41
Tabla 13 Costos de acceso.....	41
Tabla 14 Costos recurso humano.	43
Tabla 15 Costos obra civil.	43
Tabla 16 Costos equipos.....	44
Tabla 17 Costos totales.....	56
Tabla 18 Costos de recursos humanos.	57
Tabla 19 Costos de materiales.....	58
Tabla 20 Costos de acceso.....	58
Tabla 21 Costos totales red hibrida.	59
Tabla 22 Costos recursos humanos.	61
Tabla 23 Costos de acceso red hibrida.	61
Tabla 24 Costos de equipos de red hibrida.	62
Tabla 25. Comparacion precios.	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modos de transmisión de datos.....	13
Figura 2 Fases del proceso del diseño de radio enlaces de microondas	14
Figura 3 Redes microondas	17
Figura 4 Bandas de frecuencia	19
Figura 5 Esquema de una fibra óptica	20
Figura 6 Fibra monomodo	21
Figura 7 Fibra fuente: Schmidberg Redes con Fibra Óptica.....	21
Figura 8 Topología red de Chingaza.....	26
Figura 9 Tendido de la Fibra	39
Figura 10 Topología de red para red microondas.....	46
Figura 11 Equipo microondas.....	45
Figura 12 Simulación enlace alto de condores - compuertas.....	47
Figura 13 Simulación enlace alto de condores - cerro palacio	48
Figura 14 Simulación enlace la viga - cerro palacio.....	48
Figura 15 Simulación enlace cerro palacio - piedras gordas	49
Figura 16 Simulación enlace ventana - guarachos	49
Figura 17 Simulación enlace ventana - campamento palacio	50
Figura 18 Simulación enlace campamento palacio - compuertas	50
Figura 19 Simulación enlace estación meteorológica - cerro palacio.....	51
Figura 20 Simulación enlace reten la paila - y de golillas	51
Figura 21 Simulación enlace cerro samper - cerro palacio.....	52
Figura 22 Simulación enlacereten la paila - y de golillas	52
Figura 23 Simulación enlace cerro samper - cerro palacio.....	53
Figura 24 Simulación enlace monterredondo - campamento chuza	53
Figura 25 Simulación enlace planta wiesner - cerro samper	54
Figura 26 Simulación enlace y de golillas - alto de condores	54
Figura 27 Simulación enlace golillas - alto de condores	55
Figura 28 Topología de la red híbrida.....	59

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Formula de disponibilidad	34
--	----

INTRODUCCION

La misión de las telecomunicaciones es transportar la mayor cantidad de información en el menor tiempo de una manera segura y es de principal importancia para las empresas grandes y pequeñas contar con un sistema de comunicación avanzado alineado a las tecnologías actuales. El presente trabajo se mostrará una solución para la problemática de comunicaciones que se presentan actualmente en el sistema Chingaza.

La EAAB es considerada de infraestructura crítica ya que su funcionamiento es primordial para la ciudad de Bogotá, por lo tanto es necesario contar con un sistema de telecomunicaciones que pueda asegurar el funcionamiento de cada una de las estaciones de Chingaza ya que esta provee el 75% del agua a la ciudad de Bogotá y no tener la información correcta y a tiempo del nivel de presión y de caudal podría causar problemas en la correcta prestación del servicio de agua a una gran parte de la población.

El Acueducto se compone de 9 gerencias que se encargan del cumplimiento de la normatividad y de todas las funciones que compone la empresa. Una de estas gerencias es la gerencia de tecnología que es la encargada Coordinar la ejecución de planes, programas y proyectos de tecnología. Dentro de esta gerencia se encuentra la Dirección Servicios de Electromecánica que entre sus muchas funciones es asesorar a las diferentes áreas de la organización en los estudios para mejorar los activos electromecánicos de la Empresa, incluyendo la adopción de nuevas tecnologías.

Por lo tanto, el área de electromecánica es la encargada de generar una solución al problema de comunicaciones que se encuentra actualmente en los enlaces de Chingaza por esto plantean diferentes tipos tecnologías de red que pueden solucionar esta problemática teniendo en cuenta las limitaciones que se presentan en Chingaza como el clima, las distancias la topología del terreno y los requerimientos por parte de la EAAB para tener una red que supla sus necesidades. Las tecnologías que se proyectan son una red de fibra óptica, microondas, satelital y establecer una posibilidad de una red híbrida combinando varios tipos de tecnologías

1. CAPITULO I: CONTEXTO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La EAAB es una empresa pública prestadora de los servicios de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial posee 130 años de experiencia abasteciendo con una de las mejores aguas del continente a más de 2 millones de suscriptores en la capital del país y a 11 municipios vecinos. Las coberturas residenciales que superan el 99% en acueducto y el 98.5% en alcantarillado sanitario y pluvial. El parque natural Chingaza es una potente fabrica de agua que provee este liquido vital a Bogotá y a una parte de la población de los departamentos del meta y Cundinamarca, allí la EAAB el mantenimiento del gran embalse de chuza un lago artificial que suministra doce metros cúbicos de agua para Bogotá, este parque cuenta con aproximadamente 76000 hectáreas de bosque y paramo en el que se evidencia el nacimiento de ciento de vertientes de agua dulce. [1]

Debido a que Chingaza abastece el 75% de agua que se consume en la ciudad es fundamental para la EAAB – ESP conocer los datos del sistema hídrico además la comunicación del personal que permanece en estas estaciones. Actualmente el sistema de comunicaciones que se presta en las 17 estaciones que tiene la EAAB en Chingaza las Estaciones de Cerro Samper, Cerro Palacio, Piedras Gordas, Campamento Palacio, Ventana, Guacharos, Campamento Chuza, Compuertas, Diamante, Monterredondo, Golillas, La Viga, Simaya, cumplió su vida útil en el 2018 por lo tanto fue desmontado, actualmente se prestan los servicios de voz y datos de una forma tercerizada provisionalmente ya que este alquiler se vence en los próximos meses por lo tanto, es necesario el desarrollo de un plan para la implementación de un nuevo sistema plantea ¿qué sistema de comunicaciones se podría implementar para satisfacer las necesidades de Chingaza?.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Realizar el diseño de un sistema de comunicaciones que provea los servicios de Internet, WI-FI, telefonía, datos de telemetría (Scada) y transporte de video vigilancia para la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá EAAB-ESP (sede Chingaza).

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar el sistema de comunicaciones que posee actualmente las estaciones de Chingaza
- Definir con claridad los requerimientos correspondientes al proyecto cuanto a las distancias y la tasa de transmisión.
- Diseñar un sistema de comunicaciones que supla con las necesidades de comunicaciones de Chingaza.

1.3. ALCANCE

Este proyecto tiene como finalidad entregar el diseño de una red para solucionar los problemas de comunicaciones de las estaciones de Chingaza. El alcance de este documento es mostrar el diseño de un sistema de comunicaciones que suministre los servicios de Wi-Fi, internet, transporte de datos y video a las diferentes estaciones de Chingaza de la EAAB.

2. CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Min TIC

El MinTIC es una entidad que tiene la función de impulsar el sector TIC mediante el diseño, adopción y promoción de proyectos, políticas planes y programas de este sector de las tecnologías de la información y de las comunicaciones. Otra de sus funciones es aumentar y facilitar el acceso de la población nacional a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y a sus beneficios. [2]

2.2. ANE

La Agencia Nacional del Espectro es la entidad encargada de la planeación el uso del espectro radioeléctrico, así como su vigilancia y control en todo el territorio nacional colombiano. Es la entidad de referencia internacional reconocida por su excelencia en la eficiente administración del espectro radioeléctrico, aplica las mejores prácticas para lograr sus objetivos. [3]

2.3. Bandas no licenciadas

Las bandas no licenciadas son aquellas en las que se puede operar sistemas de radiocomunicaciones sin previa planificación de la autoridad de Comunicaciones, sin una autorización que asegure una asignación de alguna frecuencia o un canal específico. Estas bandas son destinadas para estos sistemas sin una necesidad de dividir los canales ya que se establecen unos requerimientos básicos para evitar interferencias como límites en la potencia o en la densidad de potencia radiadas también la anchura de banda, entre otras. [4]

Es necesario establecer las bandas de frecuencias para uso en el territorio nacional y la normatividad de estas bandas de frecuencia. En el artículo 11 de la Ley 1341 de 2009 se dispone que el gobierno nacional podrá instituir las bandas de frecuencias para uso libre, respecto a las recomendaciones de la UIT. Además en la resolución 2190 de 2003 del Min TIC atribuyó algunas frecuencias para uso libre, en distintas aplicaciones de baja potencia y corto alcance y concretó las características técnicas de operación para su utilización, también atribuyeron para el uso libre en el territorio nacional a través de sistemas de acceso inalámbrico e

inalámbricas de área local que hagan uso de tecnologías de banda anchas, espectro ensanchado, baja potencia y modulación digital.

2.4. Redes microondas

Una red por microondas es una red inalámbrica que utiliza microondas como medio de transmisión. Un radio enlace de microondas puede ser analógico o digital, entre terminales de telecomunicaciones a través de ondas electromagnéticas, se puede conectar a través de terminales punto multipunto o punto a punto que operan en la banda del espectro entre 1GHz y 300GHz. Además, funcionan en las siguientes configuraciones:

- Modo Simplex: se hace una frecuencia en la cual un punto trasmite y un punto recibe.
- Modo Half Dúplex: se hace uso de una frecuencia donde cada punto puede transmitir o recibir la información.
- Modo Full Dúplex: se hace uso de una frecuencia donde cada punto puede transmitir y recibir la información al tiempo.

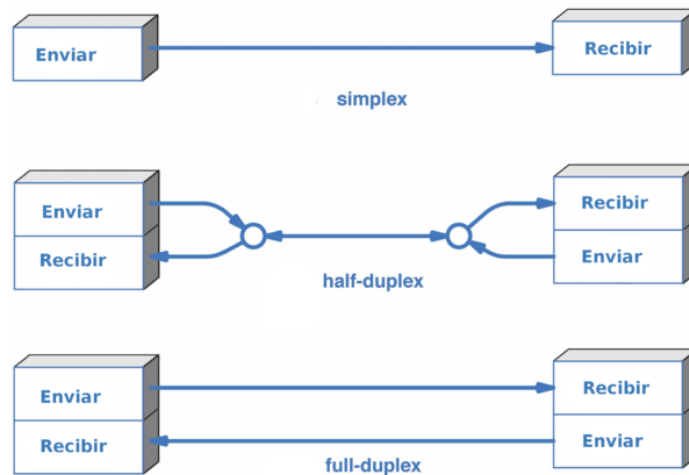


Figura 1 Modos de transmisión de datos. Fuente: <https://telectronika.com/articulos/radio-enlaces/fundamentos-de-radioenlaces-de-microondas/>

Estas redes microondas fueron mayormente utilizadas en el año 1950 ya que son una manera para transmitir llamadas en largas distancias, y también señales de televisión entre diferentes países. Por lo tanto, este sistema de microondas es

excelente para dichos servicios, debido a que se permiten transmitir una gran cantidad de datos a largas distancias y de una forma confiable. Pero, con la llegada de la fibra óptica los enlaces satélites y las redes de microondas pasaron de moda. En la actualidad su uso es para los radios portátiles, debido a sus bajos costos de operación a la eficiencia y a que se un tiene acceso directo a la antena. [5]

2.4.1. Proceso de diseño

Para el diseño de enlaces de microondas se realizan cinco actividades principales que son:

- Cálculo de la atenuación.
- Plan de Frecuencia
- Cálculo de interferencia.
- Cálculos de calidad
- Disponibilidad del enlace.

El diseño de un radioenlace es repetitivo y a veces toma varias fases de rediseño para poder alcanzar la disponibilidad y calidad requerida. Este proceso de diseño y sus fases se evidencian en la figura 2.

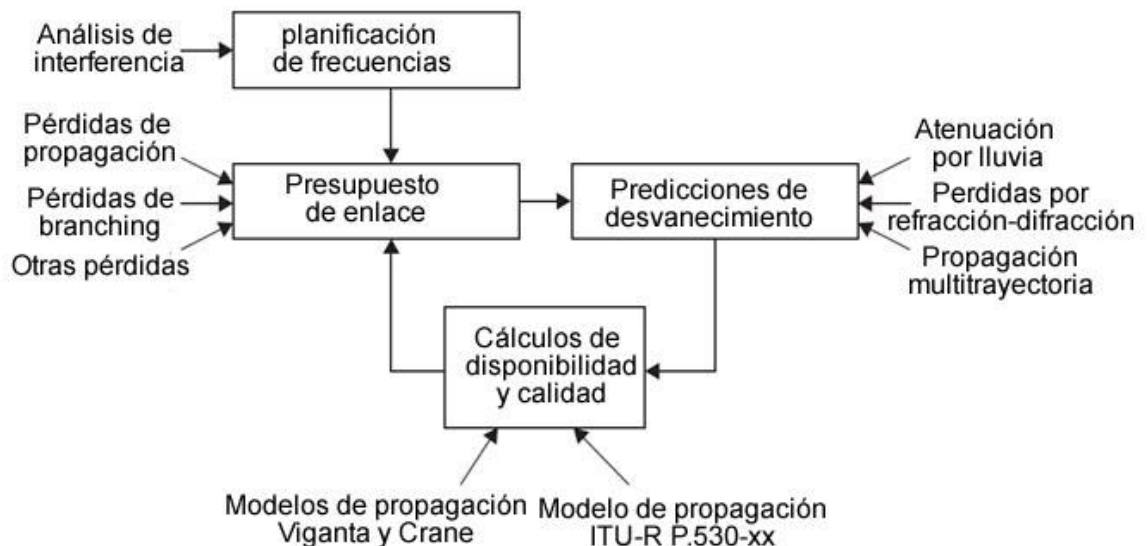


Figura 2 Fases del proceso del diseño de radio enlaces de microondas. Fuente: <https://telectronika.com/articulos/radio-enlaces/fundamentos-de-radioenlaces-de-microondas/>

2.4.1.1. Cálculos de atenuación

Los cálculos de atenuación/pérdida se compone de tres principales contribuciones:

- Las contribuciones por pérdidas de propagación vienen de las pérdidas producidas por la atmósfera de la tierra y el terreno, por ejemplo, el espacio libre, los gases, precipitaciones (principalmente lluvias), reflexión de la tierra y obstáculos.
- Las contribuciones por pérdidas en el branching vienen del hardware requerido para enviar las señales de transmisión/recepción hacia/desde la antena, por ejemplo, las guías de onda, splitters, conectores y atenuadores.
- Las contribuciones por pérdidas misceláneas o diversas tienen un carácter impredecible y esporádico, por ejemplo, tormentas de polvo y arena, así como también nubes, humo o movimientos de objetos cruzando el enlace. Normalmente, esta contribución no es considerada en el cálculo, pero si puede ser considerada en el proceso de planeamiento como una pérdida adicional y luego incluida en el margen de desvanecimiento.

2.4.2. Plan de frecuencias

Las bandas de frecuencias convenientes para cada uno de los enlaces se asignan comúnmente dependiendo del servicio que se vaya a prestar y del ancho de banda que se requiere. Se asignan las frecuencias bajas para los enlaces que necesiten un mayor alcance por las características de radio propagación.

2.4.3. Cálculos por interferencia

La interferencia en los sistemas de microondas es causada por la presencia de una o varias señales indeseadas en el receptor. Para predecir con exactitud el rendimiento de un radioenlace digital se debe considerar los efectos debidos a la interferencia. Cuando esta señal indeseada excede ciertos valores limites, la calidad de la señal deseada es afectada. Para mantener la disponibilidad del servicio, la relación de la señal deseada a la señal indeseada (interferente) debe ser siempre mucho mayor que los valores umbrales del receptor.

La interferencia dentro de una radio digital degradará el nivel umbral del receptor, lo cual resultará en un menor margen de desvanecimiento, lo cual va a producir un BER excesivo. En condiciones donde no exista desvanecimiento, la señal digital puede tolerar altos niveles de interferencia; sin embargo, para proteger el rendimiento y fiabilidad del enlace, es necesario e importante controlar la interferencia en presencia de desvanecimientos críticos, esto se logra conociendo las causas que originan la interferencia. [6]

2.4.4. Cálculos de calidad y disponibilidad del enlace

Las recomendaciones de la UIT-T G.801, G.821 y G.826 definen los objetivos de característica de error y disponibilidad. Los objetivos de enlaces digitales se dividen en grados diferentes: alto, medio y de grado local.

- La UIT-R recomienda los objetivos para la disponibilidad y rendimiento de un sistema inalámbrico fijo como se define en la recomendación F.1703 (sustituye la recomendación UIT-R F.1493) y F.1668 (sustituye la recomendación UIT-R F.1491):
- Recomendación UIT-R F.1668-1 (2007) define los «Objetivos de característica de error para los enlaces inalámbricos fijos digitales utilizados en las conexiones ficticias de referencia y trayectos ficticios de referencia de 27 500 km.»
- Recomendación UIT-R F.1703 (2005) define los «Objetivos de disponibilidad para enlaces inalámbricos fijos digitales reales utilizados en las conexiones ficticias de referencia y trayectos ficticios de referencia de 27500 km.»

Los objetivos de disponibilidad deben dividirse con el fin de tener en cuenta los eventos de indisponibilidad debido a problemas de propagación, la falla del equipo, la intervención humana, y otras causas. La división de los objetivos de las diferentes causas de indisponibilidad se encuentra fuera del ámbito de aplicación de las recomendaciones de la UIT y se a definición de los diseñadores locales. [6]

2.5. Redes satelitales

Las redes satelitales conjunto de equipos, satélites y antenas que están conectador entre sí para poder transmitir información entre distintitos sitios que se encuentran

distantes y por lo tanto no se tiene acceso por vía terrestre. Esta transmisión se hace mediante radio frecuencias que se amplifican y luego se transmiten un satélite que se encarga de procesar esta información y luego amplificarla para poderla retransmitir a otras antenas terrestres. Por lo tanto, una red satelital se define como un canal en el cual se envían y se reciben señales de una estación terrestre al satélite y de este a la estación terrestre. [7]

Las comunicaciones por satélite tienen una gran cobertura geográfica, no tienen problema de línea de vista, es muy confiable (99% de disponibilidad), es fácil de implementar, y soporta múltiples aplicaciones: vídeo, datos, voz.



Figura 3 Redes microondas. Fuente:

https://www.ecured.cu/Comunicaci%C3%B3n_v%C3%ADa_microondas//

2.5.1. Características de las redes satelitales

- Las redes satelitales transmiten la información en el rango de frecuencias de los Giga Hertz y estas transmisiones se pueden realizar a altas velocidades.
- Son redes muy costosas, por lo tanto, su uso se limita a grandes empresas y a países desarrollados.
- Estas redes trabajan a largas distancias.
- Es ideal para comunicación punto - multipunto.
- Posee un ancho de banda asimétrico.
- Fácil análisis de tráfico debido a un único punto de gestión.
- Bajo VER
- Simultáneo envío de datos a ilimitado número de estaciones.

2.5.2. Elementos de las redes satelitales

Para el diseño de una red satelital es importante tener elementos con los cuales establecer una comunicación:

- Transponders

Los transponders son dispositivos cuya función es recibir y transmitir las señales que se amplifican antes de ser retransmitidas a la tierra. Se utilizan diferentes frecuencias para los enlaces ascendentes y descendentes para evitar interferencias que realiza la función de recepción y transmisión.

- Estaciones terrenas

Estas estaciones se encargan de controlar la recepción con el satélite y además de regular la conexión de los terminales, estas estaciones constan de tres equipos para gestionar los canales, codificar la información y manejar la velocidad de transferencia de los datos que son:

- Estación emisora: se compone por la antena de transmisión y recepción.
- Antena: capta la radiación del satélite
- Estación receptora: Recibe la información retransmitida del satélite generada por la estación emisora.

Los satélites están compuestos con antenas receptoras y transmisoras. Se realizan unos ajustes en los patrones de radiación para que estas antenas puedan tener cubrimientos globales, La potencia emitida es alta para que la señal del satélite sea buena. Esta señal debe ser captada por la antena receptora. Para cubrir el trayecto ascendente envía la información al satélite con la modulación y portadora adecuada. Como medio de transmisión físico se utilizan medios no guiados, principalmente el aire. Se utilizan señales de microondas para la transmisión por satélite, estas son unidireccionales, sensibles a la atenuación producida por la lluvia, pueden ser de baja o de alta frecuencia y se ubican en el orden de los 100 MHz hasta los 10 GHz.

Estación Terrena - Vista exterior e interior

2.5.3. Bandas de frecuencia

En comunicaciones satelitales, el rango de frecuencias del espectro radioeléctrico que se decida utilizar determinará el costo, la capacidad y la potencia del sistema. Las grandes longitudes de onda (frecuencias bajas) pueden recorrer grandes distancias, atravesar obstáculos, rodear edificios o montañas, las longitudes de onda pequeñas (frecuencias altas) recorren menor distancia y son susceptibles a las hojas o a las gotas de lluvia (efecto “rain fade”), para contrarrestar este fenómeno se utilizan transmisores más potentes o antenas más directivas, las altas frecuencias pueden transportar mayor cantidad de información. [9]. En la figura 4 se muestran las distintas bandas utilizadas en comunicaciones satelitales y su rango de frecuencia en uplink y downlink:

Banda	Uplink (GHz)	Downlink (GHz)
L	0,9 - 1,6	0,9 - 1,6
S	2,483 - 2,5	1,610 - 1,625
C	5,925 - 6,425	3,7 - 4,2
Ku	14 - 14,5	11,7 - 12,2
Ka	27,5 - 30,5	17,7 - 21,7

Figura 4 Bandas de frecuencia fuente: http://ceticomunicaciones.mex.tl/1615714_Bandas-de-Frecuencia-Satelitales.html

A continuación, se mencionan algunas ventajas y desventajas de cada banda de frecuencias:

1. Banda L

- Ventaja: Pueden recorrer grandes distancias, poco susceptibles a obstáculos y lluvia, requiere transmisores de menor potencia.
- Desventaja: Poca capacidad de transmisión de datos.

2. Banda C

- Ventaja: Menos susceptible a las condiciones climáticas que la banda Ku.
- Desventaja: Alto costo de equipamiento.

3. Banda Ku

- Ventaja: Traspasan la mayoría de los obstáculos.

- Desventaja: Un poco más susceptible a las condiciones climáticas que la banda C, la mayoría de las ubicaciones están adjudicadas.

4. Banda Ka

- Ventaja: Muchas ubicaciones disponibles, se puede transportar gran cantidad de información.
- Desventaja: Muy sensible a condiciones ambientales (lluvia, nubosidad), se requiere transmisores muy potentes. [8]

2.6. Redes de fibra óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión de información físico, el cual es un filamento de vidrio delgado o algunos casos de plástico en el que viaja la información mediante pulsos de luz led o laser, esto permite una gran velocidad en la transmisión de la información a través del tendido, estando apartado de las interferencias electromagnéticas y con un mínimo de pérdida de información siendo así la fibra el medio de transmisión por cable más avanzado que existe actualmente. [9]

2.6.1. Características

La fibra está compuesta del núcleo, el revestimiento y la cubierta. El núcleo está compuesto de óxido de silicio y germanio porque estos presentan un gran índice de refracción este recubierto de un plástico parecido, pero con un índice refractivo menor.

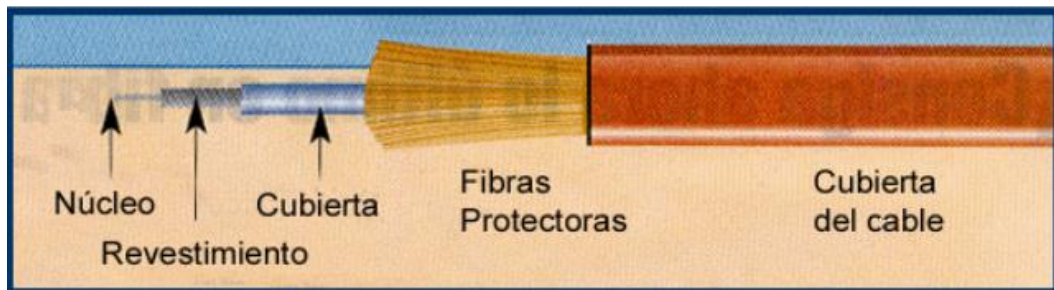


Figura 5 Esquema de una fibra óptica fuente: Schmidberg Redes con Fibra Óptica. Colegio de ingenieros y especialistas

Existen dos tipos de fibra óptica por el mecanismo de propagación de la luz.

1. **Fibra monomodo:** La luz se propaga en un solo modo en el diámetro del núcleo de fibra, esto permite que la información se transmita a largas distancias y con un ancho de banda mayor. [10]



Figura 6 Fibra monomodo fuente: Schmidberg Redes con Fibra Óptica. Colegio de ingenieros y especialistas

2. **Fibra multimodo:** La luz se propaga en muchos modos en el diámetro del núcleo de la fibra esto genera un margen de error más grande por lo tanto no se recomienda para conexiones de larga distancia. [10]



Figura 7 Fibra fuente: Schmidberg Redes con Fibra Óptica. Colegio de ingenieros y especialistas

Ventajas

- Ocupa poco espacio.
- Es liviana.
- Presenta una gran resistencia.
- Es más ecológica
- Inmune a interferencias electromagnéticas.
- Veloz, eficaz y segura.
- Vida útil 25 años aprox.

Desventajas

- Son frágiles.
- Requiere de conversores.
- Son difíciles los empalmes.
- No transmite energía eléctrica.

- La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas.
- No existen memorias ópticas.

2.6.2. XPON

XPON es una red óptica pasiva que consiste en eliminar los componentes activos que hay entre el servidor y el cliente, el elemento principal es el divisor óptico o el splitter. Estas redes permiten reducir considerablemente los costos por lo que se utilizan en las redes FTTx.

Una red óptica pasiva se conforma con:

- Un módulo OLT Unidad Óptica Terminal
- Un divisor óptico.
- ONU.

La transmisión se realiza entonces entre la OLT y la ONU que se comunican a través del divisor, cuya función depende de si el canal es ascendente o descendente. En sí, una red PON trabaja en radiodifusión utilizando splitters (divisores) ópticos o buses.

Estándares

- APON

APON (Asynchronous Transfer Mode PON) Modo de transferencia asincrónica PON fue la primera red que se definió por un grupo formado por 7 operadores de telecomunicaciones con el fin de formar especificaciones para la banda ancha a las viviendas. Su limitación era de 155 Mbit/s que luego cambió a llegar hasta los 622 Mbit/s.

- BPON

Las redes BPON (Broadband PON) Red Óptica Pasiva de Banda Ancha se fundamentan en las redes APON con las diferencias de que estas tienen la capacidad de soportar otros estándares para banda ancha. Al principio también se definió con una tasa de 155 Mbit/s fijos en los 2 canales de transmisión.

- GPON

GPON (Gigabit PON) su arquitectura se basa en las redes pasivas de banda ancha pero además tiene las siguientes características: Soporte global multiservicio: voz, Ethernet, Cobertura hasta 20 km, Seguridad a nivel de protocolo, Soporte de tasas de transferencia, Simétrico: 622 Mbit/s y 1.25 Gbit/s Asimétrico: descendente-> 2.5 Gbit/s // ascendente -> 1.25 Gbit/s. [11]

2.6.3. Monomodo vs multimodo

1. Ancho de banda

Referente al ancho de banda en la fibra monomodo se tiene un ancho de banda mayor que la fibra multimodo. Utilizando hilos de fibra monomodo full dúplex se puede duplicar el rendimiento de la fibra multimodo. Al transmitir en un solo modo la velocidad y la longitud que se obtiene con la fibra monomodo son más altos debido a que se anula el retardo de modo diferencial, que es el primordial factor que limita el ancho de banda de la fibra multimodo.

2. Costos

Los costos de la fibra multimodo y monomodo son similares. Pero los sistemas para la fibra multimodo son mucho menos costosos que los sistemas de fibra monomodo porque el precio de los transceptores multimodo y sus componentes son más económicos Conjuntamente los componentes que se emplean como transmisores ópticos en la fibra multimodo son sencillos de calibrar y son menos costosos. La elección que se haga del tipo de fibra depende realmente de la aplicación específica para la que se vaya a usar porque:

La fibra multimodo es usada en ocasiones donde no sea necesario un ancho de banda tan grande y en distancias más cortas como normalmente se usan en aplicaciones voz y datos. Ya que se debe a sus velocidades de ancho de banda más bajas y distancias más cortas. En la tabla 1 se evidencian estos parámetros de rendimiento en la transmisión por fibra multimodo dependiendo del tipo de cable [10].

FIBRA MULTIMODO				
Tipo de cable	Longitud de onda	Atenuación máxima	Longitud de ancho de banda modal mínimo	Longitud de ancho de banda modal efectivo
Fibra Multimodo OM1 62,5 / 125 micras	850 nm	3,5 dB/km	200 MHz-km	No requerido
	1300 nm	1,5 dB/km	500 MHz-km	No requerido
Fibra Multimodo OM2 50 / 125 micras	850 nm	3,5 dB/km	500 MHz-km	No requerido
	1300 nm	1,5 dB/km	500 MHz-km	No requerido
Fibra Multimodo OM3 50 / 125 micras	850 nm	3,0 dB/km	1500 MHz-km	2000 MHz-km
	1300 nm	1,5 dB/km	500 MHz-km	No requerido
Fibra Multimodo OM4 50 / 125 micras	850 nm	3,0 dB/km	3500 MHz-km	4700 MHz-km
	1300 nm	1,5 dB/km	500 MHz-km	No requerido
Fibra Multimodo OM5 50 / 125 micras	850 nm	3,0 dB/km	3500 MHz-km	4700 MHz-km
	953 nm	2,3 dB/km	1850 MHz-km	2470 MHz-km
	1300 nm	1,5 dB/km	500 MHz-km	No requerido

Tabla 1 Parámetros de rendimiento en la transmisión por fibra multimodo. Fuente: <https://www.blackbox.com.mx/mx-mx/page/28535/Recursos/Technical/black-box-explica/Fibre-Optic-Cable/Cable-de-fibra-optica-multimodo-vs-monomodo>

La fibra monomodo es perfecta para aplicaciones en las que se necesiten largas distancias y un gran ancho de banda. Aplicaciones como CATV, redes troncales en campus, etc. En la tabla 2 se muestra la atenuación máxima de la fibra monomodo dependiendo el tipo de cable. [12]

FIBRA MONOMODO				
Tipo de cable	Longitud de onda	Atenuación máxima	Longitud de ancho de banda modal mínimo	Longitud de ancho de banda modal efectivo
Monomodo Interior-Exterior	1310 nm	0,5 dB/km	ND	ND
	1383 nm	0,5 dB/km	ND	ND

	1550 nm	0,5 dB/km	ND	ND
Monomodo Interiores	1310 nm	1,0 dB/km	ND	ND
	1383 nm	1,0 dB/km	ND	ND
	1550 nm	1,0 dB/km	ND	ND
Monomodo Exteriores	1310 nm	0,4 dB/km	ND	ND
	1383 nm	0,4 dB/km	ND	ND
	1550 nm	0,4 dB/km	ND	ND

*Tabla 2 Parámetros de rendimiento en la transmisión por fibra monomodo fuente:
<https://www.blackbox.com.mx/mx-mx/page/28535/Recursos/Technical/black-box-explica/Fibre-Optic-Cable/Cable-de-fibra-optica-multimodo-vs-monomodo>*

3. CAPITULO III: SISTEMA ACTUAL DE CHINGAZA

La red de Chingaza consta de 17 puntos que transmiten información requerida para el correcto funcionamiento del sistema de abastecimiento, desde golillas donde se encuentra el embalse hasta la planta wiesner donde esta la planta de tratamiento del agua, Las estaciones de Simaya y diamante Funcionan como repetidores existe una torre para equipos actualmente pero estos puntos no están siendo usados.

3.1. Topología

Estos puntos están conectados con una topología en mixta ya que puede verse como varias topologías en estrella combinada con la topología de bus. Los puntos mas importantes de interconexión donde se llega toda la información son los del campamento palacio, campamento chuza y cerro Samper.

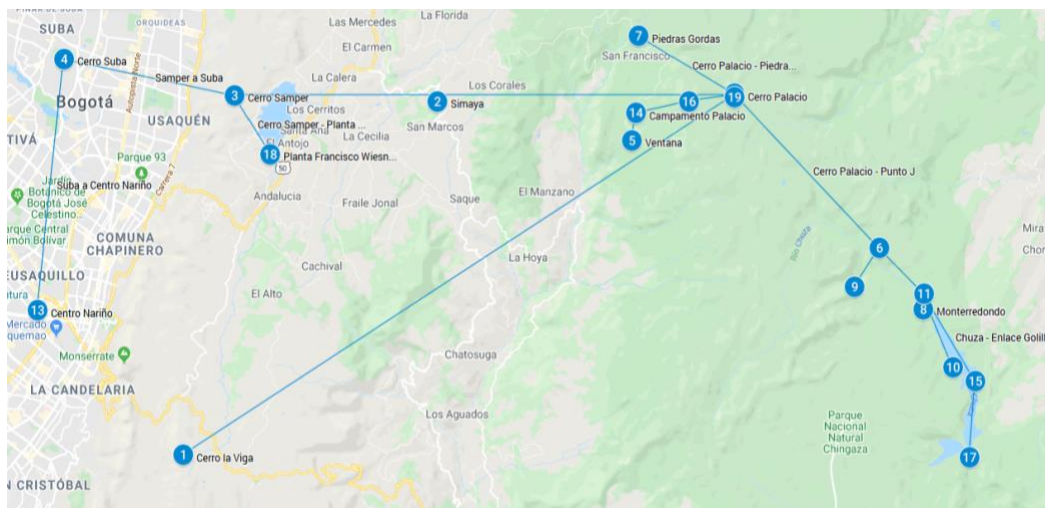


Figura 8 Topología red de Chingaza. fuente: [Autor].

3.2. Bandas de frecuencia

Por el elevado coste de adquisición de espectro se puede considerar el uso de bandas sin libres para áreas rurales Las soluciones pero estas bandas tienen problemáticas en términos de la potencia, de interferencia y disponibilidad, Por lo que genera una baja calidad de servicio, De tal forma que existirán unas

mayores interferencias que en las bandas con licencia, empeorando la calidad del servicio. La EAAB para el sistema Chingaza usa una red microondas para la comunicación de cada una de las estaciones en bandas no licenciadas como se ve en la tabla 3:

Red	Nombre	TX	RX
Red numero 16	Estación meteorológica	7128 MHZ	7289 MHZ
	Cerro palacio	7289 MHZ	7128 MHZ
Red numero 17	Estación meteorológica	7128 MHZ	7289 MHZ
	Campo palacio	7289 MHZ	7128 MHZ
Red numero 19	Cerro palacio	7149 MHZ	7310 MHZ
	Punto J	7310 MHZ	7149 MHZ
Red numero 20	Punto J	7149 MHZ	7310 MHZ
	Campamento chuza	7310 MHZ	7149 MHZ
Red numero 41	Campamento chuza	152.7625 MHz	155.7875 MHz
	Golillas	155.7875 MHz	152.7625 MHz
Red numero 42	Campamento chuza	153.9625 MHz	155.3750 MHz
	Golillas	155.3750 MHz	153.9625 MHz
Red numero 54	Punto j	7177 MHZ	7338 MHZ
	Chuza	7338 MHZ	7177 MHZ
Red numero 55	Punto j	7177 MHZ	7338 MHZ
	Diamante	7338 MHZ	7177 MHZ
Red numero 56	Chuza	7128 MHZ	7289 MHZ
	Compuertas	7289 MHZ	7128 MHZ
Red numero 99	Planta Wiesner	1465 MHZ	1520 MHZ
	Cerro Samper	1520 MHZ	1465 MHZ
Red numero 100	Cerro Samper	1467 MHZ	1522 MHZ
	Cerro palacio	1522 MHZ	1467 MHZ
Red numero 101	Cerro palacio	1469 MHZ	1524 MHZ
	Cerro la viga	1524 MHZ	1469 MHZ
Red numero 102	Compuertas	160.05 MHZ	165.05 MHZ
	Diamante	165.05 MHZ	160.05 MHZ
	Simaya	163.6 MHZ	163.6 MHZ

Red numero 103	La viga	163.6 MHZ	163.6 MHZ
	La viga	163.6 MHZ	163.6 MHZ
	Siberia	163.6 MHZ	163.6 MHZ

Tabla 3 Frecuencias de cada red. Fuente [Autor]

3.3. Equipos

3.3.1. Torres

Las torres son de gran importancia en las consideraciones de diseño de un sistema de microondas, ya que genera un alto costo respecto a su altura para poder decidir sobre el diseño. Además. Para la construcción de estas torres es necesario tener en cuenta los factores de las condiciones del terreno el clima del lugar por la Velocidad y fuerza de los vientos en el lugar ya que esto puede debilitar la torre o hacerla cambiar de posición. Las torres de telecomunicación normalmente se diseñan para mas de 50 años de vida útil, por lo tanto, no es necesario un cambio de las torres de los enlaces para Chingaza.

La red de Chingaza cuenta con 9 torres auto soportadas 5 torres riendadas y dos mástiles para las antenas microondas y para las antenas yagui de su sistema de trunking en cada una de las estaciones para los sistemas de voz y datos y para el sistema trunking, en la tabla 4 se aprecia cual es la altura y el tipo de torre de cada estación.

TORRE	LUGAR	ALTURA (m)	TIPO
1	La viga	25	Auto soportada
2	Cerro Samper	20	Auto soportada
3	Ventana	40	Riendada
4	Punto j	50	Auto soportada
5	Piedras gordas	8	Mástil
6	Monter redondo	8	Mástil
7	Diamante	12	Riendada
8	Compuertas	35	Riendada
9	Campamento chuza	35	Auto soportada
10	Cerro palacio	50	Auto soportada
11	Campamento palacio	50	Riendada

12	Embalse chuza-golillas	15	Auto soportada
13	Estación meteorológica	12	Riendada
14	Golillas	15	Auto soportada
15	Planta Wiener	20	Auto soportada
16	Planta cerro palacio	15	Auto soportada

Tabla 4. Torres red Chingaza Fuente [Autor]

3.4. Coordenadas geográficas y datos específicos

En la tabla 5 se encuentran los datos acerca de las coordenadas de cada una de las estaciones y la altura en la que se encuentran esto facilita saber si existe línea de vista entre las estaciones. Las topología del terreno de Chingaza es muy montañosa por lo que encontrar líneas de viste entre los puntos de interés es difícil.

No.	Estación	Latitud	Longitud	Elevación
1	Planta Wiener	4°41'22.84"N	73°59'46.31"O	2824 m.s.n.m.
2	Cerro Samper	4°42'48.39"N	74° 0'36.08"O	3009 m.s.n.m.
3	Cerro Palacio	4°42'49.85"N	73°48'9.39"O	3781 m.s.n.m.
4	Estación Meteorológica	4°42'39.84"N	73°49'18.26"O	3631 m.s.n.m.
5	Campamento Palacio	4°42'23.23"N	73°50'37.13"O	3050 m.s.n.m.
6	Ventana	4°41'43.91"N	73°50'43.18"O	2912 m.s.n.m.
7	Guacharos	4°41'47.12"N	73°50'53.91"O	2916 m.s.n.m.
8	Piedras Gordas	4°44'12.69"N	73°50'33.29"O	3415 m.s.n.m.
9	Cerro La Viga	4°34'16.16"N	74° 1'53.31"O	3629 m.s.n.m.
10	Simaya	4°42'39.50"N	73°55'33.33"O	2883 m.s.n.m.
11	Alto de Cóndores	4°35'5.83"N	73°43'21.77"O	3381 m.s.n.m.
12	Compuertas	4°36'20.54"N	73°42'43.40"O	3001 m.s.n.m.
13	Campamento Chuza	4°38'5.71"N	73°43'27.07"O	3030 m.s.n.m.
14	Diamante	4°38'15.99"N	73°45'10.32"O	3163 m.s.n.m.

15	Monterredondo	4°37'44.23"N	73°43'27.59"O	3026 m.s.n.m.
16	Punto J	4°39'10.98"N	73°44'33.00"O	-Lo quitaron -
17	Embalse Chuza	4°36'1.53"N	73°42'9.54"O	- Lo quitaron -
18	Y de Golillas	4°33'49.59"N	73°44'14.73"O	3440 m.s.n.m.
19	Golillas	4°34'13.02"N	73°42'18.52"O	2995 m.s.n.m.
20	Retén La Paila	4°31'29.99"N	73°46'24.32"O	3276 m.s.n.m.

Tabla 5 Coordenadas y altura de las estaciones. Fuente [Autor].

3.5. Costos

Para el mantenimiento de estos enlaces era necesario ir por lo menos una vez al mes ya que se tienen constantes fallos, además es necesario tomar un día entero ya que por las condiciones del terreno y la lejanía es muy difícil recorrer todos los enlaces. Por lo tanto es necesario la instalación de nuevos equipos que disminuyan el presupuesto del mantenimiento y el tiempo de este. Durante el año 2019 se gastaron 124.096.028 de pesos para el mantenimiento de la red de comunicaciones de las estaciones de Chingaza como se muestra en la tabla 6:

Campo clasif.	Fecha entrada	TotGen. (plan)	Cst.tot.reales	Fecha modif.	Fe.inicio real	Fecha fin real
COMUNICACIONES VENTANA	03/01/2019	146.228	2.470.772	22/03/2019	14/03/2019	14/03/2019
COMUNICACIONES CERRO DIAMANTE	20/02/2019	615.342	647.022	16/04/2019	27/03/2019	27/03/2019
COMUNICACIONES CHUZA	20/02/2019	615.342	647.022	16/04/2019	27/03/2019	27/03/2019
COMUNICACIONES VENTANA	20/02/2019	615.342	323.511	15/04/2019	27/03/2019	27/03/2019
COMUNICACIONES PRESA GOLILLAS	20/02/2019	615.342	457.290	16/04/2019	27/03/2019	27/03/2019
COMUNICACIONES COMPUERTAS	20/02/2019	615.342	457.290	16/04/2019	27/03/2019	27/03/2019
COMUNICACIONES MONTE REDONDO	20/02/2019	615.342	647.022	16/04/2019	27/03/2019	27/03/2019
COMUNICACIONES GUACHAROS	20/02/2019	615.342	323.511	15/04/2019	27/03/2019	27/03/2019
COMUNICACIONES VENTANA	01/03/2019	154.791	0	30/01/2020		
COMUNICACIONES VENTANA	10/04/2019	147.422	1.478.744	22/01/2020	31/12/2019	02/01/2020
COMUNICACIONES VENTANA	10/04/2019	1.334.224	3.357.766	29/01/2020	21/05/2019	
COMUNICACIONES VENTANA	10/04/2019	153.836	0			
COMUNICACIONES VENTANA	10/04/2019	153.836	0			
COMUNICACIONES CERRO DIAMANTE	21/04/2019	589.686	0	11/08/2019	20/06/2019	20/06/2019
COMUNICACIONES CHUZA	21/04/2019	589.686	0	11/08/2019	20/06/2019	20/06/2019
COMUNICACIONES VENTANA	21/04/2019	589.686	0	11/08/2019	20/06/2019	20/06/2019
COMUNICACIONES PRESA GOLILLAS	21/04/2019	589.686	0	11/08/2019	20/06/2019	20/06/2019
COMUNICACIONES COMPUERTAS	21/04/2019	589.686	0	11/08/2019	20/06/2019	20/06/2019
COMUNICACIONES MONTE REDONDO	21/04/2019	589.686	0	11/08/2019	20/06/2019	20/06/2019
COMUNICACIONES GUACHAROS	21/04/2019	589.686	0	11/08/2019	20/06/2019	20/06/2019
COMUNICACIONES PRESA GOLILLAS	27/05/2019	11.762.109	11.567.317	16/08/2019	23/05/2019	10/07/2019
COMUNICACIONES CHUZA	21/06/2019	467.928	1.732.683	29/10/2019	07/06/2019	24/07/2019
COMUNICACIONES CERRO DIAMANTE	26/06/2019	589.686	0	19/09/2019	05/07/2019	05/07/2019
COMUNICACIONES CHUZA	26/06/2019	589.686	0	19/09/2019	05/07/2019	05/07/2019
COMUNICACIONES VENTANA	26/06/2019	589.686	0	19/09/2019	05/07/2019	05/07/2019
COMUNICACIONES PRESA GOLILLAS	26/06/2019	589.686	0	19/09/2019	05/07/2019	05/07/2019
COMUNICACIONES COMPUERTAS	26/06/2019	589.686	0	19/09/2019	05/07/2019	05/07/2019
COMUNICACIONES MONTE REDONDO	26/06/2019	589.686	0	19/09/2019	05/07/2019	05/07/2019
COMUNICACIONES GUACHAROS	26/06/2019	589.686	0	19/09/2019	05/07/2019	05/07/2019
COMUNICACIONES CHUZA	05/07/2019	838.041	838.041	29/10/2019	27/06/2019	27/08/2019
COMUNICACIONES VENTANA	24/07/2019	2.216.373	2.216.373	27/08/2019	22/07/2019	28/07/2019
COMUNICACIONES VENTANA	29/07/2019	822.920	822.920	27/08/2019	17/07/2019	17/07/2019
COMUNICACIONES CHUZA	29/07/2019	905.212	905.212	27/08/2019	18/07/2019	18/07/2019
COMUNICACIONES CERRO DIAMANTE	29/07/2019	231.916	231.916	27/08/2019	18/07/2019	18/07/2019
COMUNICACIONES COMPUERTAS	29/07/2019	725.668	725.668	27/08/2019	18/07/2019	18/07/2019
COMUNICACIONES PRESA GOLILLAS	29/07/2019	354.134	354.134	27/08/2019	23/07/2019	23/07/2019
COMUNICACIONES CHUZA	01/08/2019	147.422	1.270.253	15/11/2019	30/07/2019	31/07/2019
COMUNICACIONES CERRO DIAMANTE	21/08/2019	602.571	43.931	09/10/2019	08/09/2019	08/09/2019
COMUNICACIONES CHUZA	21/08/2019	602.571	43.931	09/10/2019	08/09/2019	08/09/2019
COMUNICACIONES VENTANA	21/08/2019	593.981	14.643	09/10/2019	08/09/2019	08/09/2019
COMUNICACIONES PRESA GOLILLAS	21/08/2019	593.981	14.643	09/10/2019	08/09/2019	08/09/2019
COMUNICACIONES COMPUERTAS	21/08/2019	593.981	14.643	09/10/2019	08/09/2019	08/09/2019
COMUNICACIONES MONTE REDONDO	21/08/2019	593.981	14.643	09/10/2019	08/09/2019	08/09/2019
COMUNICACIONES GUACHAROS	21/08/2019	593.981	14.643	09/10/2019	08/09/2019	08/09/2019
COMUNICACIONES PRESA GOLILLAS	05/09/2019	102.853	1.603.833	24/10/2019	27/08/2019	27/08/2019
COMUNICACIONES CHUZA	23/09/2019	122.359	1.510.257	11/10/2019	12/09/2019	12/09/2019
COMUNICACIONES CERRO DIAMANTE	23/10/2019	589.686	0	22/01/2020	16/12/2019	16/12/2019
COMUNICACIONES CHUZA	23/10/2019	589.686	0	22/01/2020	16/12/2019	16/12/2019
COMUNICACIONES VENTANA	23/10/2019	589.686	0	22/01/2020	16/12/2019	16/12/2019
COMUNICACIONES PRESA GOLILLAS	23/10/2019	589.686	0	22/01/2020	16/12/2019	16/12/2019
COMUNICACIONES COMPUERTAS	23/10/2019	589.686	0	22/01/2020	16/12/2019	16/12/2019
COMUNICACIONES MONTE REDONDO	23/10/2019	589.686	0	22/01/2020	16/12/2019	16/12/2019
COMUNICACIONES GUACHAROS	23/10/2019	589.686	0	22/01/2020	16/12/2019	16/12/2019
COMUNICACIONES CERRO DIAMANTE	18/12/2019	0	0			
COMUNICACIONES CHUZA	18/12/2019	0	0			
COMUNICACIONES VENTANA	18/12/2019	0	0			
COMUNICACIONES PRESA GOLILLAS	18/12/2019	0	0			
COMUNICACIONES COMPUERTAS	18/12/2019	0	0			
COMUNICACIONES MONTE REDONDO	18/12/2019	0	0			
COMUNICACIONES GUACHAROS	18/12/2019	0	0			
COMUNICACIONES CHUZA	30/12/2019	79.409	699.546	22/01/2020	16/12/2019	16/12/2019
TOTAL		91.774.891	124.096.028			

Tabla 6 Costo anual del mantenimiento de Chingaza año 2019. Fuente EAAB ESP

3.6. REQUERIMIENTOS

3.6.1. Capacidad

En Chingaza se encuentran aproximadamente 100 personas distribuidas en las 20 estaciones cada una de las estaciones necesitan los servicios de telefonía, wi-fi, internet, datos. En cada una de las estaciones se tienen distintos requerimientos de los servicios por lo tanto es diferente el ancho de banda de cada uno.

Red 1

Punto central alto de cóndores

- reten la paila
 - Internet, telefonía, wi-fi y video = 20Mbps
 - Distancia a y de golillas 5.86 Km
- Y de golillas
 - Es una repetidora
 - Distancia a alto de los cóndores 2.54 Km
- Golillas
 - Internet, telefonía, wi-fi, datos Scada y video = 25 Mbps
 - Distancia a alto de los cóndores 2.53 Km
- Compuertas
 - Internet, telefonía, wi-fi, datos Scada y video = 25 Mbps
 - Distancia a alto de los cóndores 2.58 Km
- Monte redondo
 - Internet, telefonía, wi-fi = 10 Mbps
 - Distancia a campamento chuza= 0.66 Km
- Campamento chuza
 - Internet, telefonía, wi-fi y video = 25 Mbps
 - Distancia a compuertas = 3.51 Km

Red 2

Punto central cerro palacio

- Estación meteorológica
 - Es una repetidora

- Distancia a cerro palacio = 0.248 Km
- Piedras Gordas
 - Internet, telefonía, wi-fi y video = 20Mbps
 - Distancia a cerro palacio = 5.1 Km
- Guacharos
 - Internet, telefonía, wi-fi = 10Mbps
 - Distancia a ventana= 0.35 Km
- Ventana
 - Internet, telefonía, wi-fi, datos Scada y video = 25 Mbps
 - Distancia a campamento palacio=1.22 Km
- Campamento palacio
 - Internet, telefonía, wi-fi, datos Scada y video= 65 Mbps
 - Distancia a estación meteorológica 2.48 Km
- Cerro la viga
 - Internet, telefonía, wi-fi, datos Scada y video = 25 Mbps
 - Distancia a cerro palacio 29,9 Km

Red 3

Punto central Cerro Samper

- Simaya
 - Datos Scada= 128 Kbps
 - Distancia a cerro Samper
- Planta Wiener
 - Internet, telefonía, wi-fi, datos Scada y video = 80 Mbps
 - Distancia a cerro Samper = 3.021 Km

3.6.2. Disponibilidad

La disponibilidad se mide usando la ecuación 1:

$$\left(1 - \frac{\text{Numero total de munitos en el que el servicio no esta disponible}}{\text{Número de dias en el mes contratados} \times 24 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos}}\right) \times 100\%$$

Ecuación 1 Formula de disponibilidad

El acueducto realiza la medición se hace de forma individual de cada enlace para cada enlace debe cumplir con el valor exigido el cual es:

Disponibilidad exigida

>=93.4 % mensual

3.6.3. Numero de enlaces

Actualmente existen 15 enlaces punto a punto de microondas siendo el enlace mas grande de 29.8 Km y el mas pequeño de 1.2 Km. como se muestra en la tabla 7:

Enlaces	Distancia
Planta Wiener - Cerro Samper	3,021 m
Cerro Samper - Cerro Palacio	23,022 m
Alto de cóndores - Golillas	2,536 m
Alto de cóndores - Compuertas	2,581 m
Alto de cóndores - Y de golillas	2,854 m
Y de golillas - Reten la paila	5,861 m
Cerro palacio - Estación meteorológica	2,143 m
Estación meteorológica - Campamento palacio	2,48 m
Cerro palacio - Piedras gordas	5,110 m
Chuza - Monteredondo	660 m
Ventana - Guarachos	346 m
Viga - Cerro palacio	29,877 m
Alto de Cóndores - Cerro Palacio	16,784 m
Chuza - Compuertas	3,509 m
Campamento palacio – Ventana	1,221 m

Tabla 7 Distancia entre cada uno de los enlaces. Fuente: [Autor]

3.6.4. Servicios

Los nuevos servicios que se requieren nuevos para la red de Chingaza son lo de video, telefonía IP, adicionándolos a los servicios de telemetría para Scada y de internet se distribuyen como se ve en la tabla 8 para cada una de las estaciones:

Tabla 9 Servicio necesario en cada punto. Fuente: [Autor]

3.6.5. Telemetría

Estación	Internet	Telefonía IP	Wi-Fi	Datos de Scada	Datos de video
Planta Wiener	20 Mbps	5 Mbps	NO	5 Mbps	50 Mbps
Cerro Samper	20 Mbps	5 Mbps	SI	5 Mbps	50 Mbps
Cerro Palacio	20 Mbps	5 Mbps	SI	5 Mbps	50 Mbps
Campamento Palacio	10 Mbps	5 Mbps	SI	NO	50 Mbps
Ventana	5 Mbps	5 Mbps	SI	5 Mbps	10 Mbps
Guacharos	5 Mbps	5 Mbps	SI	NO	NO
Piedras Gordas	5 Mbps	5 Mbps	SI	NO	10 Mbps
Campamento Chuza	10 Mbps	5 Mbps	SI	NO	10 Mbps
Compuertas	5 Mbps	5 Mbps	SI	5 Mbps	10 Mbps
Y de golillas	5 Mbps	5 Mbps	SI	5 Mbps	10 Mbps
Monterredondo	5 Mbps	5 Mbps	SI	NO	NO
Golillas	5 Mbps	5 Mbps	SI	5 Mbps	10 Mbps
Retén la Paila	5 Mbps	5 Mbps	SI	NO	10 Mbps
La Viga	5 Mbps	5 Mbps	SI	5 Mbps	10 Mbps
Estación metereologica	NO	NO	NO	128 kbps	NO

La telemetría es una técnica de automatización de transmisión de las mediciones y recopilación de datos se realizan en lugares remotos y en algunos casos se usa también para la transmisión de la vigilancia. En una técnica que generalmente se usa con transmisión inalámbrica, aunque original de los sistemas de transmisión utilizados por cable. Sus usos son principalmente en datos del clima, datos para la supervisión de plantas de generación de energía, acueductos, etc. [13]

La EAAB-ESP usa esta técnica de transmisión para enviar los datos de nivel, presión y caudal en la mayoría de sus estaciones. En Chingaza solo es necesario en 9 estaciones como se evidencia en la tabla 9. Estos datos se muestran gráficamente en la aplicación SCADA para el seguimiento de este sistema.

3.6.6. Scada

Scada es una aplicación que posee varias funciones una de ellas es obtener datos operativos de un sistema, sistemas como destilado petroquímico, un Acueducto, los compresores de un gasoducto, etc. Y otra de sus funciones es poder controlar estos sistemas.

Scada se basa en una capa entre los sistemas de control en los que están los PLCs que se encargan del control y los MES, los cuales se encargan de la gestión. En la EAAB Estos sistemas se usan para el control de sus estaciones para controlar algunas de sus funciones como el bombeo del agua a través de estos PLC y para estar al tanto de los datos de cada una de estas estaciones para conocer las fallas en una forma rápida y eficiente. [14]

4. CAPITULO IV: DISEÑO DE RED

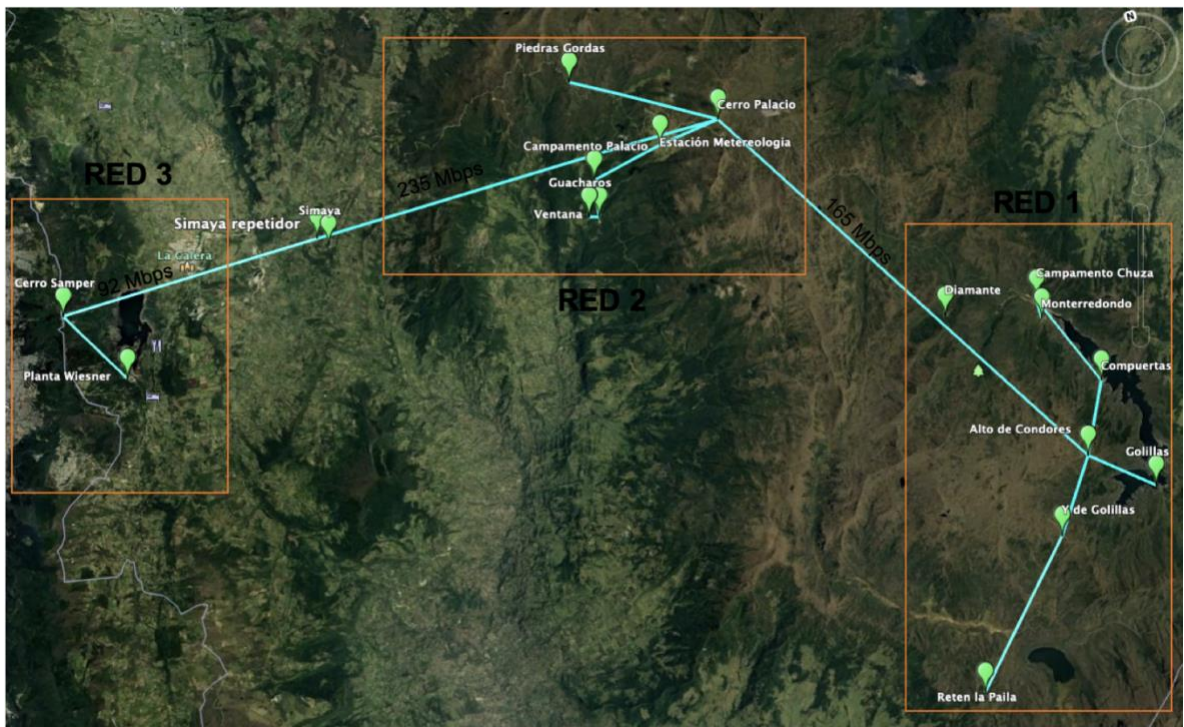
4.1. Diseño de la red mediante fibra óptica

La fibra óptica, ofrece la mejor transmisión de datos, es una tecnología que posibilita la escalabilidad a la red, pero el costo inicial es muy elevado.

4.1.1. Tendido de la fibra

El tendido de la fibra óptica va a ser aéreo y va a ir distribuido por el tendido de la red eléctrica como se ve en la figura 9. Con una distancia total de 102 kilómetros, la arquitectura de las torres eléctricas no podría cambiar ya que al ser Chingaza una reserva natural no puede construir mas torres sin un permiso especial.

- No son necesarias las estaciones de
 - Y de golillas
 - Simaya
 - Diamante
 - Cerro la viga



4.1.2. Cálculo de los hilos de fibra para la red

Se divide la red en tramos para calcular los anchos de banda de acuerdo con los de subida y de bajada que pasa por los enlaces mas largos de acuerdo con los servicios necesarios mostrados en la tabla 9. Esto para poder realizar el calculo de las perdidas, la cantidad de hilos de fibra, de repetidores, de splitters y swiches necesarios. Este ancho de banda en uplink y Downlink se distribuye en cada tramo de la red como se ve en las tablas 9,10 y 11.

Tramo 1

Punto central alto de cóndores

Estación	Ancho de banda Uplink	Ancho de banda Downlink	Total
Reten la paila	20 Mbps	20 Mbps	40 Mbps
Golillas	25 Mbps	25 Mbps	50 Mbps
Compuertas	25 Mbps	25 Mbps	50 Mbps
Monte redondo	10 Mbps	10 Mbps	20 Mbps
C. Chuza	25 Mbps	25 Mbps	50 Mbps
Total	105 Mbps	105 Mbps	210 Mbps

Tabla 8 Ancho de banda del primer tramo de la red. Fuente: [Autor]

Tramo 2

Punto central cerro palacio

Estación	Ancho de banda Uplink	Ancho de banda Downlink	Total
Piedras gordas	20 Mbps	20 Mbps	40 Mbps

Guacharos	10 Mbps	10 Mbps	20 Mbps
Ventana	25 Mbps	25 Mbps	50 Mbps
C. palacio	10 Mbps	65 Mbps	75 Mbps
Cerro la viga	25 Mbps	25 Mbps	50 Mbps
Total	90 Mbps	145 Mbps	235 Mbps

Tabla 9 Ancho de banda total segundo tramo de la red. Fuente: [Autor]

Tramo 3

Punto central Cerro Samper

Estación	Ancho de banda Uplink	Ancho de banda Downlink	Total
Simaya	128 kbps	128 kbps	256 bps
Planta Wiesner	10 Mbps	80 Mbps	90 Mbps
Total	11 Mbps	81 Mbps	92 Mbps

Tabla 10 Ancho de banda ultimo tramo de la red. Fuente: [Autor]

La solución la red a través de la fibra óptica va a ser GPON que según la estándar para el puerto óptico en bajada se necesita 2.488Gbps y en el puerto de subida es de 1.244Gbps. Por esto se va a usar una fibra de 12 hilos ya que se prevé servicios que se puedan necesitar futuramente y el precio de la fibra de 6 hilos a 12 hilos no aumenta bastante.

4.1.3. Cálculos

Con la cantidad de conectores, empalmes y cantidad de fibra se obtiene las perdidas totales:

- Pérdidas x km 0,35
- Pérdidas x Conector 0,4
- Pérdidas x empalme 0,01
- Ganancia Amplificador 20
- Perdidas Total por kilometro 37, 1 dB
- #empalmes 12

- Perdida Conectores 6 dB
- Perdidas x empalme 0,12
- Perdidas totales 46, 3 dB

4.1.4. Costos

- **Costos generales del proyecto**

En el presupuesto general de toda la red se incluyen los costes de los materiales utilizados, la mano de obra empleada, los costes de la instalación, el mantenimiento, el recurso humano utilizado y la interventoría del tendido de la fibra como se ve en la tabla 12.

Costo planta	Costo
Costos de acceso	\$ 161.323
Equipos	\$ 377.200.000
Mantenimiento	\$ 4.000.000
Recursos humanos	\$ 282.600.000
Obra civil	\$ 67.163.842
Total	\$ 731.125.165

Tabla 11 Costos generales del proyecto. Fuente: [Autor]

- **Costo de acceso**

El proveedor de servicios de internet será ETB que cobra un arriendo mensual de 19.77 como se ve en la tabla 13:

	Valor mensual por usuario (USD)	Valor total
Arriendo red ETB	19.77	\$ 161323.20

Tabla 12 Costos de acceso. Fuente: [Autor]

- **Recurso Humano**

Recuso humano necesario para el desarrollo de este proyecto con el salario de cada uno se ve a continuación en la tabla 14.

Cargo	C	Salario	Básico	Carga de Prestación	Días mes	Horas al Mes
Gerente General	1	\$ 7.000.000	\$ 7.000.000	\$ 3.629.407	30	240
Gerente Jurídico	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 2.073.947	30	240
Gerente de Operaciones	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 2.073.947	30	240
Director de Proyectos	2	\$ 3.200.000	\$ 6.400.000	\$ 1.659.157	30	240
Coordinador de Gestión Humana	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000	\$ 1.451.763	30	240
Coordinador Administrativo y Financiero	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000	\$ 1.451.763	30	240
Coordinador de Adquisiciones	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000	\$ 1.451.763	30	240
Coordinador Infraestructura tecnológica	1	\$ 3.800.000	\$ 3.800.000	\$ 1.970.249	30	240
Auxiliar de Tendido y Empalmaría	10	\$ 800.000	\$ 8.000.000	\$ 1.302.789	30	240
Ingenieros de Soporte	2	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000	\$ 777.730	30	240
Total, mes (proyecto)	6	\$ 242.1500.000,00				

Tabla 13 Costos recurso humano. Fuente: [Autor] y <https://www.pulzo.com/economia/salarios-pagan-colombia-actualmente-PP471599>

- **Obra Civil**

Para el proyecto se van a realizar las obras que se muestran en la tabla 15 debido a que las vigas en las que se encuentran actualmente ya son bastante viejas por lo tanto se ve la necesidad de reemplazarlas.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Cantidades Estimadas de Ejecución	Total
Localización y Replanteo.	m2	18	\$ 5.274.400,00
Excavación a mano en material común para viga en ciclópeo de 0.30 X0.40	m3	3	\$ 5.270.816,00
Viga en concreto ciclópeo de 0.30 x 0.40 m de resistencia 175 kg/cm2 (debe ser metro lineal)	m3	3	\$ 6.352.000,00
Viga apoyada sobre remplazo de concreto ciclópeo de 0.30 x 0.30 m en concreto de 3000 PSI	ml	18	\$ 7.896.000,00
Cimentación poste metálico	glb	1	\$ 9.000.000,00
Adicionales		1	\$ 11.370.626,00
Total			\$ 47.163.842,00

Tabla 14 Costos obra civil. Fuente: [Autor] y <https://www.acueducto.com.co/waspre/SILWeb/publicsil.htm>

- **Equipos**

El enlace para diseñar requiere una interfaz menor que los que muestra la recomendación, según las necesidades de la EAAB, la capacidad de la canal

requerida para el enlace necesita la interfaz de menor capacidad. Por tanto la interfaz óptica que se tomara como referencia es la de 2.5Gbps [15].

La fibra escogida tiene las siguientes características:

- Fibra monomodo
- Tipo aereo
- Optimizado para máximo 12 fibras
- Ideal para acometidas, por su peso y dimensiones reducidas.
- Cumple con las especificaciones Belcore (Telecordia) GR-20 para un desempeño confiable.

La fibra se escogio de la marca optronics debido a la gran variedad de fibra que tienen y la anterior mostrada cumple con la la cantidad de hilos necesarios ademas con el tipo de fibra que es necesariamente aereo para las acometidas electricas. Respecto a estas condiciones en la tablas 16 se muestran los elementos necesarios para el tendido de la fibra.

Detalle	Unidad de medida	Cantidad	costo unitario	Costo total
Fibra óptica 12 hilos	Metros	104 km	\$ 3.400	\$ 353.600.000
OTL	unidad	1	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
ONT	unidad	18	\$ 190.000	\$ 3.620.000
Sppliter 1:8	Unidad	3	\$160.000	\$ 480.000
Cubiertas empalme	unidad	10	\$150.000	\$1.500.000
Cortadoras de fibra	Unidad	1	\$3.500.000	\$3.500.000
Kit empalme de fibra	Unidad	1	\$2.500.00	\$2.500.00
Fusionadora de fibra	unidad	1	\$19.000.000	\$10.000.000
			Total	\$ 377.200.000

Tabla 15 Costos equipos. Fuente: [Autor] y <http://optronics.com.mx/index.php?mod=catalogo>

4.2. Diseño de la red mediante Microondas

Respecto a los requerimientos se podría implementar un diseño de enlaces de microondas por que este ofrece y garantiza las ventajas que necesita la EAAB-ESP para su conectividad de estos sitios remotos a un costo moderado, cumple los requisitos de calidad en todos los servicios, da una alta disponibilidad, y además asistencia de despliegue flexible.

Debido a la topología del terreno de Chingaza se establecieron enlaces punto a punto que además tienen la ventaja de que su enlace a Internet es a través de un canal de datos dedicado generando confidencialidad de estos y una buena política de seguridad para Chingaza, además da un ancho de banda estable, alta disponibilidad de servicio, confidencialidad del enlace. Enlaces punto a punto también tienen sus desventajas como la capacidad limitada, la administración de la red debe hacerse en cada máquina.

4.2.1. Topología de la red

Para la red de microondas es necesario tener las estaciones de Simaya y diamante como repetidores ya que existe una línea de vista desde cerro Samper a cerro palacio y desde cerro palacio a alto de cóndores como se observa a continuación en la figura 10.

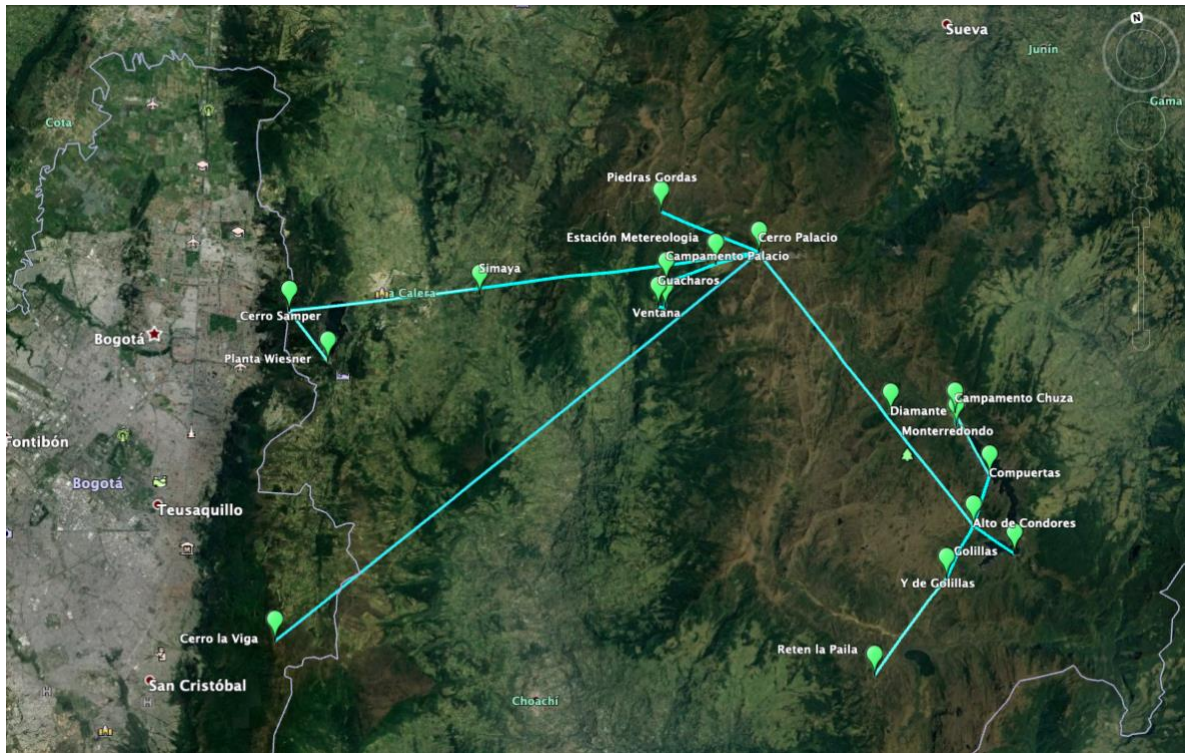


Figura 10 Topología de red para red microondas. Fuente: [Autor]

4.2.2. Equipos

4.2.2.1. Antenas

Radwin a lo largo de estos años se ha convertido en líder para soluciones de radio. Los radios RADWIN 2000 proveen conectividad de alta capacidad, largo alcance y cumplen con las regulaciones mundiales y los estándares de la industria.

Los equipos Radwin cuentan con las siguientes características [16].

- Estación base con antena inteligente.
- Acuerdos de nivel de servicio garantizado.
- Baja latencia y jitter
- Alcance hasta 40 km
- Selección dinámica de canales 80/40/20 MHz
- Inmunidad a la interferencia
- Conformación de haz activo en enlace ascendente y descendente.

4.2.3. LinkPlanner

Es un software donde se hace planificación para enlaces microondas, LinkPlanner es uno de los más destacado en los últimos 10 años por operadores para hacer el calculo y el diseño de radioenlaces punto a punto y punto multipunto. Este software cuenta con las siguientes características. [17]

- Realiza el diseño un enlace inalámbrico fiable.
- Planificación y optimiza el diseño de los enlaces.
- Genera un análisis de torres para poder encontrar el mejor punto de acceso.
- Cálculos radioeléctricos en bandas libres y en bandas licenciadas.
- Muestra perfiles del terreno y otros factores como ambientales tales por desvanecimiento por lluvia.
- Grafica completamente la red para enlaces PMP y PTP

4.2.4. Perfil de elevación

1. Enlace: Alto de Cóndores-Compuertas

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	40 MHz	2,622 km	Dual	Link Servicio A/B: 105,2/105,2 Mbps	99,9992%

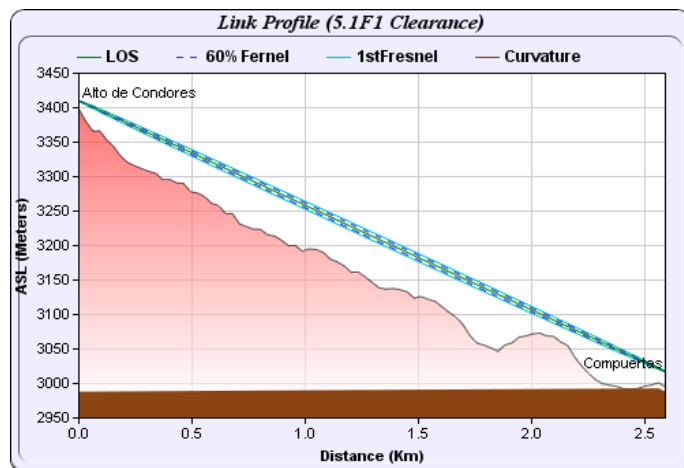


Figura 11 Simulación enlace alto de cóndores – compuertas

2. Enlace: Alto de Cóndores-Cerro Palacio

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	40 MHz	16.854 km	Dual	Link Servicio A/B: 95.4/95.4 Mbps	99.9787%

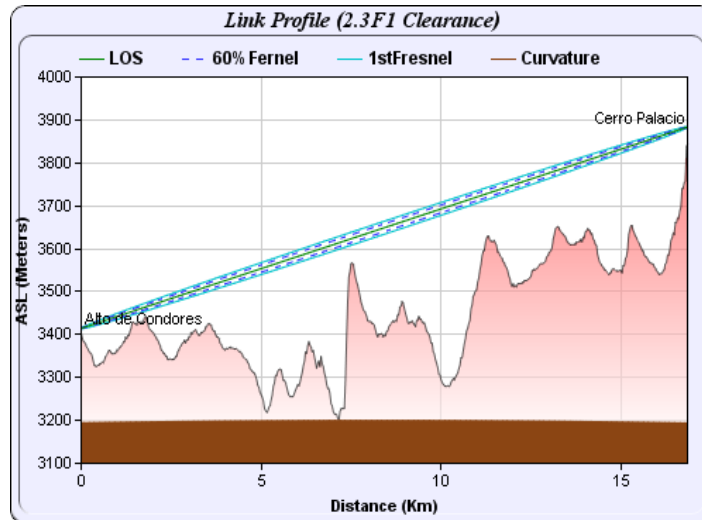


Figura 12 simulación enlace alto de cóndores - cerro palacio

3. Enlace: La viga - Cerro palacio

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	20 MHz	29.921 km	Dual	Link Servicio A/B: 25/25 Mbps	99.9249%

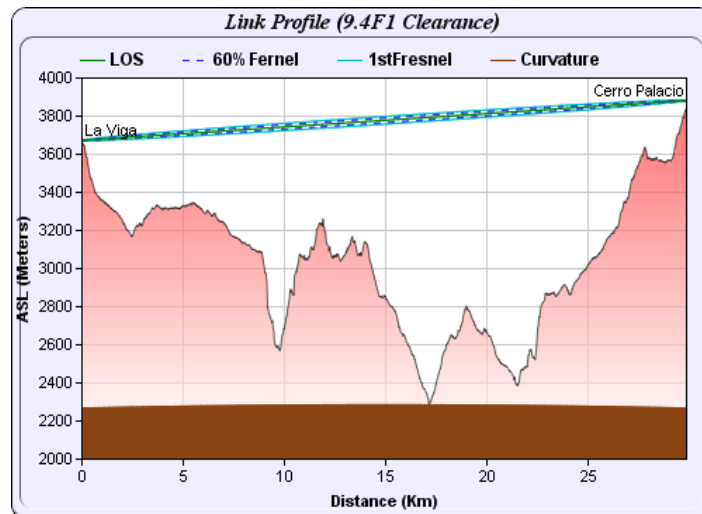


Figura 13 Simulación enlace la viga - cerro palacio

4. Enlace: Cerro palacio – piedras gordas

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	20 MHz	5.137 km	Dual	Link Servicio A/B: 25/25 Mbps	99.9959%

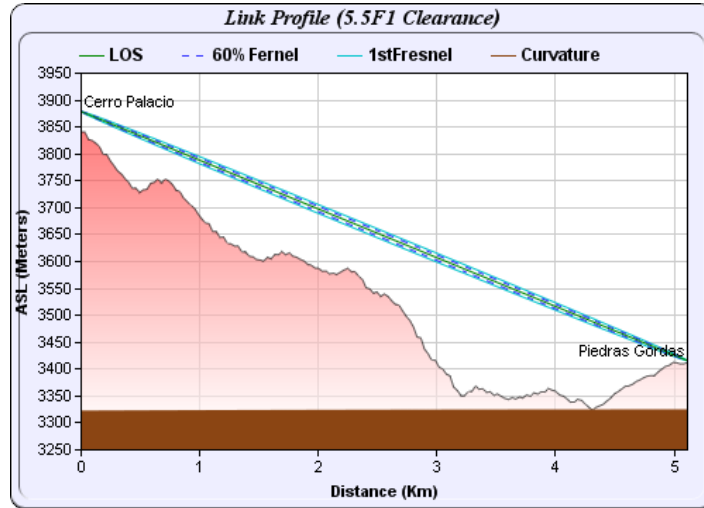


Figura 14 simulación enlace cerro palacio - piedras gordas

5. Enlace: Ventana - Guarachos

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	10 MHz	0.345 km	Dual	Link Servicio A/B: 23.8/23.8 Mbps	100%

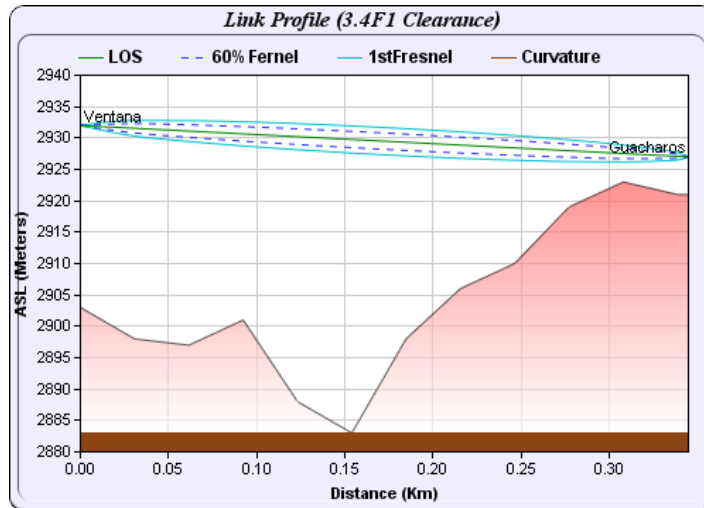


Figura 15 simulación enlace ventana - guarachos

6. Enlace: Ventana - Campamento palacio

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	20 MHz	1.237 km	Dual	Link Servicio A/B: 50/50 Mbps	100%

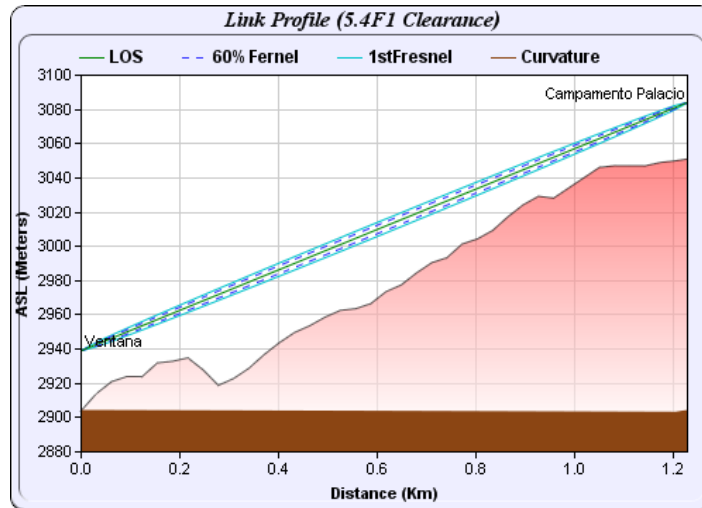


Figura 16 simulación enlace ventana - campamento palacio

7. Enlace Campamento palacio – Estación meteorológica

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	40 MHz	2.547 km	Dual	Link Servicio A/B: 105.2/105.2 Mbps	99.9993%

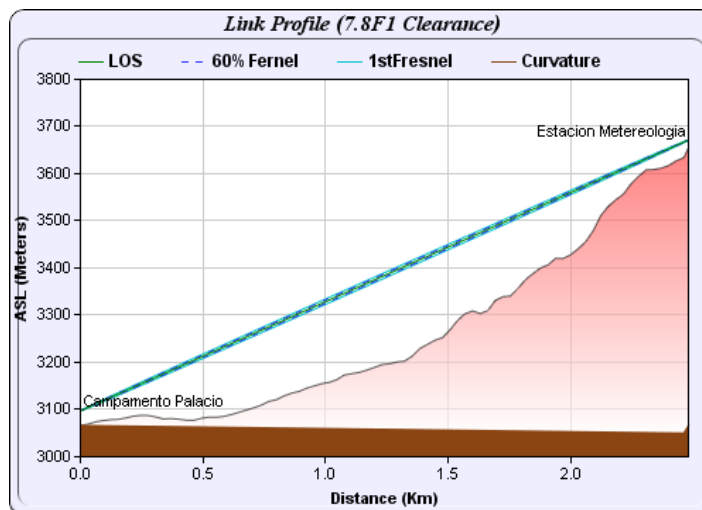


Figura 17 simulación enlace campamento palacio - compuertas

8. Enlace: estación meteorológica – cerro palacio

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	40 MHz	2.154 km	Dual	Link Servicio A/B: 105.2/105.2 Mbps	99.9997%

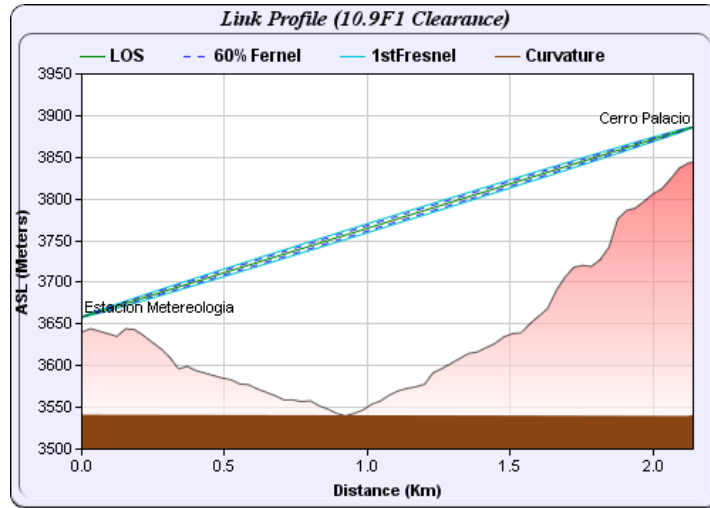


Figura 18 simulación enlace estación meteorológica - cerro palacio

9. Enlace: reten la paila – y de golillas

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	20 MHz	5.877 km	Dual	Link Servicio A/B: 25/25 Mbps	99.995%

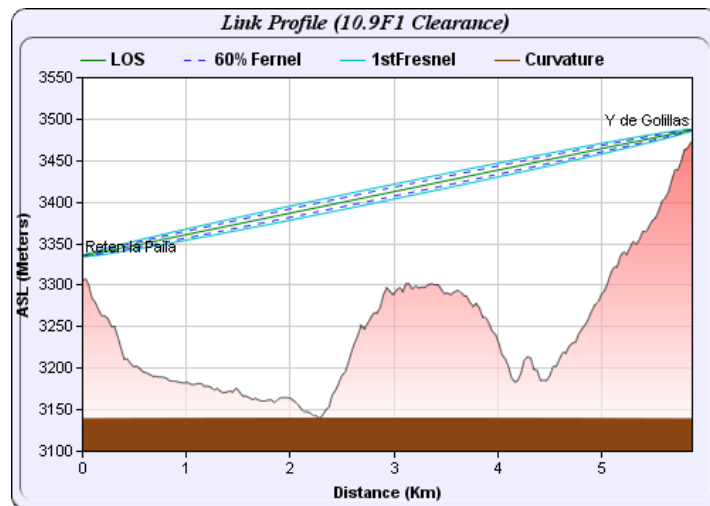


Figura 19 simulación enlace reten la paila - y de golillas

10. Enlace cerro Samper – cerro palacio

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	40 MHz	23 km	Dual	Link Servicio A/B: 81.8/81.8 Mbps	99.9496%

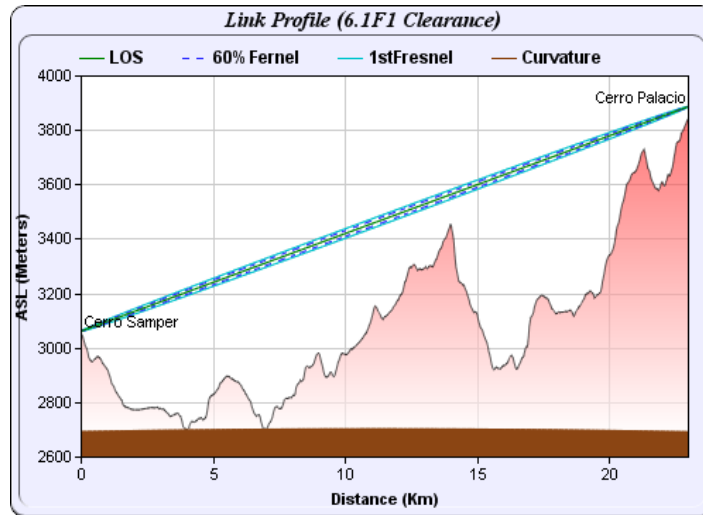


Figura 20 simulación enlace cerro Samper - cerro palacio

11. Enlace reten la paila – y de golillas

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	20 MHz	5.877 Km	Dual	Link Servicio A/B: 25/25 Mbps	99.9921%

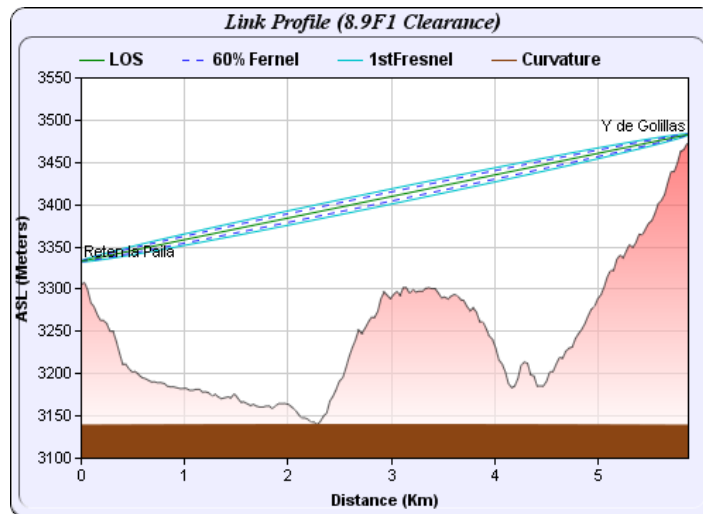


Figura 21 simulación enlace reten la paila - y de golillas

12.Link: Cerro Samper-Cerro Palacio

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	40 MHz	23 km	Dual	Link Servicio A/B: 81.8/81.8 Mbps	99.9496%

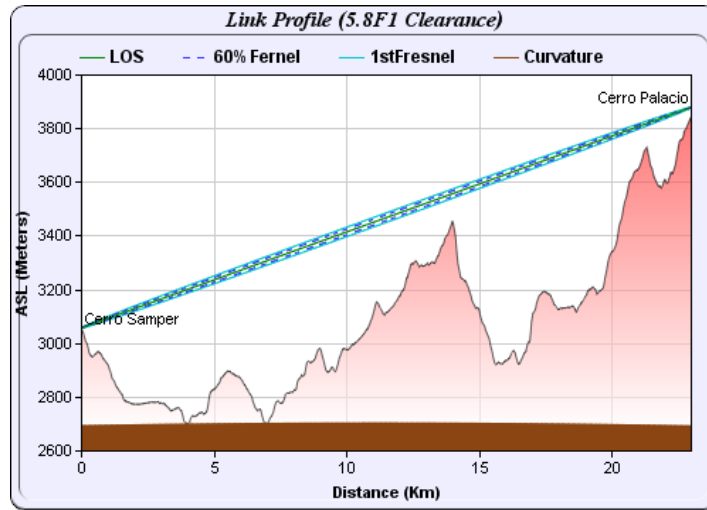


Figura 22 simulación enlace cerro Samper - cerro palacio

13.Enlace monterredondo-campamento chuza

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	10 MHz	0.664 Km	Dual	Link Servicio A/B: 23.8/23.8 Mbps	100%

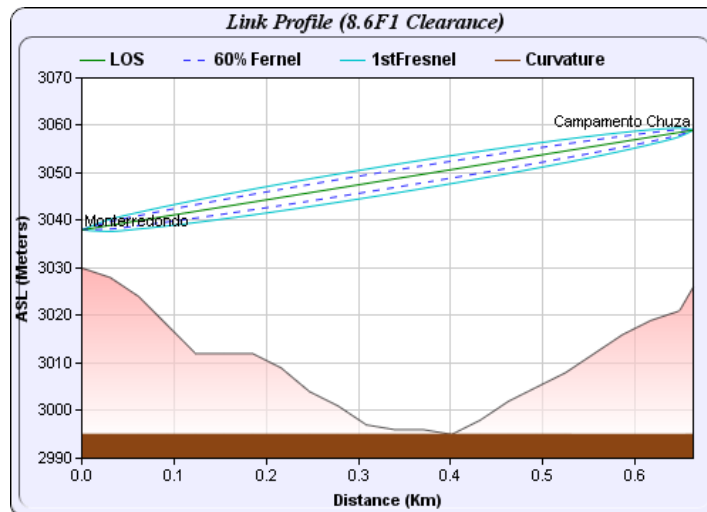


Figura 23 simulación enlace Monter redondo - campamento chuza

14. Enlace: Planta Wiener - cerro Samper

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	20 MHz	3.063 Km	Dual	Link Servicio A/B: 50.6/50.6 Mbps	99.9992%

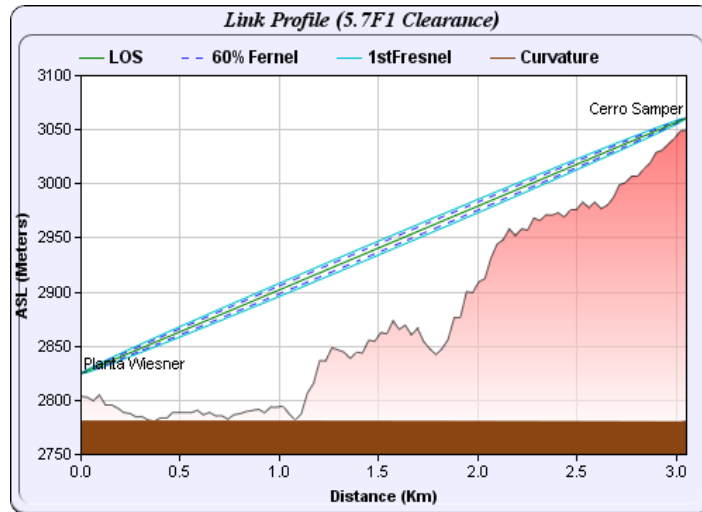


Figura 24 simulación enlace planta Wiesner - cerro Samper

15. Enlace: y de golillas – alto de cóndores

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	20 MHz	2.865 km	Dual	Link Servicio A/B: 25/25 Mbps	99.9991%

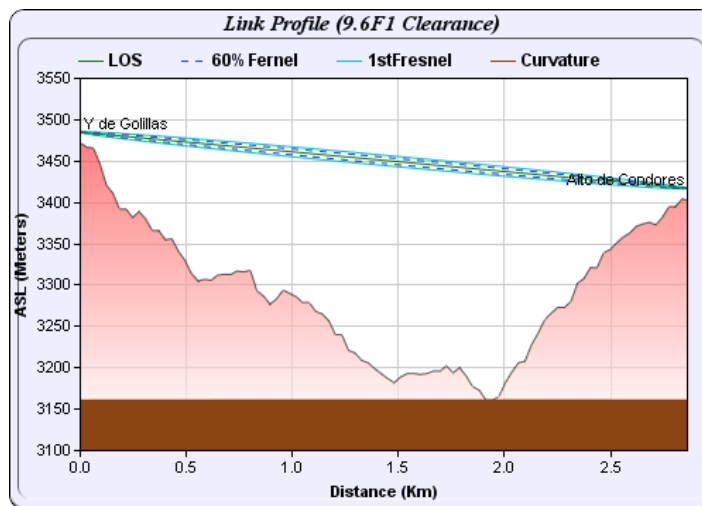


Figura 25 Simulación enlace y de golillas - alto de cóndores

16. Enlace: Golillas-Alto de Cóndores

Familia	CBW	Distancia	Polar	Servicio	Disponibilidad
RW2000	20 MHz	2.571 km	Dual	Link Servicio A/B: 50/50 Mbps	99.9995%

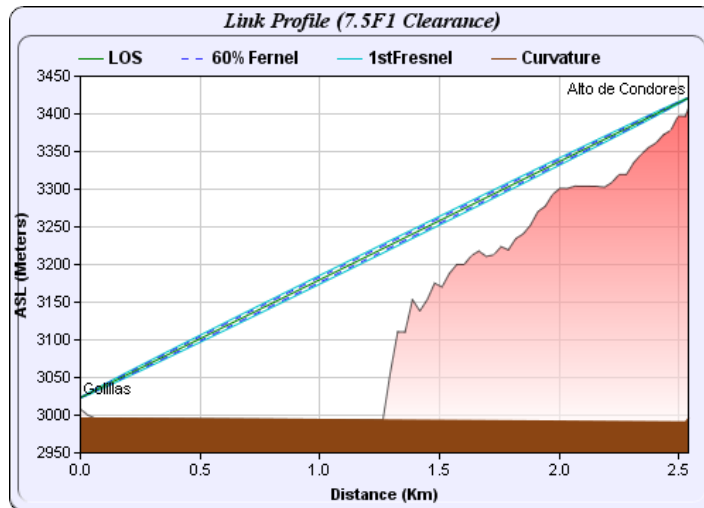


Figura 26 Simulación enlace golillas - alto de cóndores

La banda en la que se realizó la simulación fue en la banda de 5,8 Ghz ya que esta banda tiene menos interferencia ya que no se presentan muchos servicios de otras empresas, además tiene mas velocidad de conexión, aunque alcanza menos distancia fue suficiente para los enlaces de Chingaza.

4.2.5. Costos

- **Costo general**

En el presupuesto general de toda la red se incluyen los costes de los materiales utilizados, la mano de obra empleada, los costes de la instalación, el mantenimiento, el recurso humano utilizado y la interventoría del tendido de la fibra como se ve en la tabla 17.

Descripción	Presupuesto Costes Totales
Personal	\$ 282.600.000

Equipamiento utilizado	\$ 28.212.000
Material Red de Microondas	\$ 20.455.610
Mano de obra ejecución	\$ 10.036.759
Costos de acceso	\$ 161.323
Total	\$ 341.596.369

Tabla 16 Costos totales. Fuente: [Autor]

- **Recurso humano**

Recurso humano necesario para el desarrollo de este proyecto con el salario de cada uno se ve a continuación en la tabla 18 que deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

1. ingeniero coordinador del proyecto deberá contar con mínimo cuatro (4) años de experiencia en proyectos tic
2. un profesional responsable del personal a cargo y dará estricto cumplimiento a la normatividad actual para trabajo seguro en alturas de cada uno de los encargados del tendido de la fibra.
3. Personal de campo para la instalación de los servicios y el tendido de la fibra con experiencia que tengan los certificados para trabajos en altura.

Cargo	C	Salario	Básico	Carga Prestacion al	Días al Mes	Horas al Mes
Gerente General	1	\$ 7.000.000	\$ 7.000.000	\$ 3.629.407	30	240
Gerente Jurídico	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 2.073.947	30	240
Líder Gestión Integral	1	\$ 2.500.00	\$ 2.500.000	\$ 1.296.217	30	240
Gerente de Operaciones	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 2.073.947	30	240

Director de Proyectos	2	\$ 3.200.000	\$ 6.400.000	\$ 1.659.157	30	240
Coordinador de Gestión Humana	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000	\$ 1.451.763	30	240
Coordinador Administrativo y Financiero	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000	\$ 1.451.763	30	240
Coordinador de Adquisiciones	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000,00	\$ 1.451.763	30	240
Coordinador Infraestructura tecnológica	1	\$ 3.800.000	\$ 3.800.000	\$ 1.970.249	30	240
Auxiliar de Tendido	10	\$ 800.000	\$ 8.000.000	\$ 1.302.789	30	240
Ingenieros de Soporte	2	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000	\$ 777.730	30	240
Total	22	\$ 5.200.000	\$ 47.100.000			
Total mes (proyecto)	6	\$ 282.600.000,00				

Tabla 17 Costos de recursos humanos. Fuente: [Autor] y <https://www.pulzo.com/economia/salarios-pagan-colombia-actualmente-PP471599>

- **Costo Equipos**

Con los requerimientos establecidos es de gran importancia elegir el tipo de equipos a usar de acuerdo con estas necesidades, pues es de gran importancia para para el diseño de los enlaces. Debido a los cambios tecnológicos de los equipos de microondas algunos parámetros de diseño podrían variar. La elección de los equipos se hace respecto a diferentes factores banda, frecuencia, sistema de modulación, trayecto, por lo tanto, los fabricantes ya tienen el equipo correspondiendo a las necesidades. En muestra en la tabla19 el costo de los equipos y su instalación.

Descripción	Costo
Total, antenas Radwin, cableado, licencia y el material para la instalación	\$ 20.455.610
Mano de obra instalación y configuración	\$ 10.036.759
Total	\$ 30.492.369

Tabla 18 Costos de materiales. Fuente: [Autor], <http://www.isec.com.co/productos/radwin/> y <https://www.acueducto.com.co/waspre/SILWeb/publicsil.html>

- **Costo de acceso**

El proveedor de servicios de internet será ETB que cobra un arriendo mensual de 19.77 como se ve en la tabla 20:

	Valor mensual por usuario (USD)	Valor total
Arriendo red ETB	19.77	\$ 161323.20

Tabla 19 Costos de acceso. Fuente: [Autor]

4.3. Diseño de una red híbrida

4.3.1. Topología

Se seleccionaron los enlaces de cerro Samper a planta Wiesner, cerro la viga a cerro palacio, estación meteorológica a alto de cóndores y de y de golillas a reten la paila para que transmitiera información a través de microondas ya que en estos enlaces hay línea de vista y además tender fibra óptica en estas estaciones es bastante complicado debido al terreno

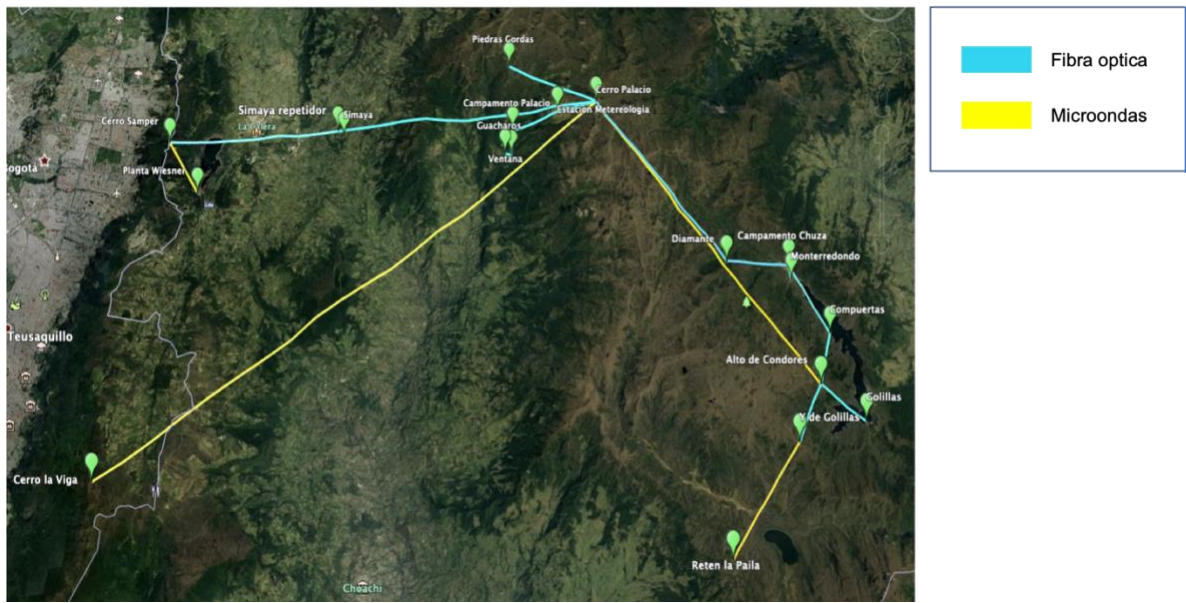


Figura 27 Topología de la red híbrida. Fuente [Autor]

Es una topología mixta con anillo y estrella que la hace mas segura y mas robusta por lo tanto esta red híbrida es la mejor opción. También la fibra óptica se adapta muy bien a las antenas microondas.

4.3.2. Costos

- **Costo general**

En el presupuesto general de toda la red se incluyen los costes de los materiales utilizados, la mano de obra empleada, los costes de la instalación, el mantenimiento, el recurso humano utilizado y la interventoría del tendido de la fibra como se ve en la tabla 21, 22, 23 y 24.

Descripción	Presupuesto Costes Totales
Personal	\$ 282.600.000
Equipamiento utilizado	\$ 28.212.000
Material para la red	\$ 387.235.000
Obra civil	\$ 20.163.842
Total	\$ 718.210.482

Tabla 20 Costos totales red híbrida. Fuente: [Autor].

- **Recuso humano**

Recuso humano necesario para el desarrollo de este proyecto con el salario de cada uno se ve a continuación en la tabla 22 que deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

ingeniero coordinador del proyecto deberá contar con mínimo cuatro (4) años de experiencia en proyectos tic, un profesional en salud ocupacional para ser el responsable del personal a cargo y personal de campo para la instalación de los servicios con experiencia los cuales deberán tener certificados para trabajos en altura.

Cargo	C	Salario	Básico	Carga Prestacion al	Días al Mes	Horas al Mes
Gerente General	1	\$ 7.000.000	\$ 7.000.000	\$ 3.629.407	30	240
Gerente Jurídico	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 2.073.947	30	240
Líder Gestión Integral	1	\$ 2.500.00	\$ 2.500.000	\$ 1.296.217	30	240
Gerente de Operaciones	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000	\$ 2.073.947	30	240
Director de Proyectos	2	\$ 3.200.000	\$ 6.400.000	\$ 1.659.157	30	240
Coordinador de Gestión Humana	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000	\$ 1.451.763	30	240
Coordinador Administrativo y Financiero	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000	\$ 1.451.763	30	240
Coordinador de Adquisiciones	1	\$ 2.800.000	\$ 2.800.000,00	\$ 1.451.763	30	240

Coordinador Infraestructura tecnológica	1	\$ 3.800.000	\$ 3.800.000	\$ 1.970.249	30	240
Auxiliar de Tendido y Empalmaría	10	\$ 800.000	\$ 8.000.000	\$ 1.302.789	30	240
Ingenieros de Soporte	2	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000	\$ 777.730	30	240
Total	22	\$ 5.200.000	\$ 47.100.000			
Total mes (proyecto)	6	\$ 282.600.000,00				

Tabla 21 Costos recursos humanos. Fuente: [Autor] y <https://www.pulzo.com/economia/salarios-pagan-colombia-actualmente-PP471599>

- **Costo acceso**

El proveedor de servicios de internet será ETB que cobra un arriendo mensual de 19.77 como se ve en la tabla 23:

	Valor mensual por usuario (USD)	Valor total
Arriendo red ETB	19.77	\$ 161323.20

Tabla 22 Costos de acceso red hibrida. Fuente: [Autor]

- **Equipos**

Con los requerimientos establecidos es de gran importancia elegir el tipo de equipos a usar de acuerdo con estas necesidades, la red hibrida permite tener una conectividad de todos los puntos. La elección de los equipos se hace respecto a diferentes factores banda, frecuencia, sistema de modulación, trayecto, por lo tanto, los fabricantes ya tienen el equipo correspondiendo a las necesidades en microondas y los equipos usados para el tendido de la fibra como se mostro en el diseño anterior. En la tabla 24 se muestran los equipos necesarios para la implementación de una red hibrida.

Detalles	Unidad de medida	Cantidad	costo unitario	Costo total
Fibra óptica 12 hilos	Metros	102 km	\$ 3.400.000	\$ 356.000.000
OTL	unidad	1	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
ONT	unidad	12	\$ 90.000	\$ 1.080.000
Spilliter 1:8	Unidad	3	\$160.000	\$ 480.000
Cubiertas empalme	unidad	8	\$150.000	\$1.500.000
Cortadoras de fibra	Unidad	1	\$2.500.000	\$2.500.000
Kit empalme de fibra	Unidad	1	\$1.500.00	\$1.500.000
Fusionadora de fibra	unidad	1	\$17.000.000	\$17.000.000
Total del Material incluido torres, antenas, cableado, software.	Unidad	1	\$ 5.455.610	\$ 5.455.610
			Total	\$ 387.235.000

Tabla 23 Costos de equipos de red híbrida. Fuente: [Autor]

Los equipos que se usaron en el diseño de la red híbrida fueron los mismos usados anteriormente para las otras redes, fibra monomodo de 12 hilos de la empresa Fibremex al igual que todos los equipos correspondientes al tendido de la fibra, y las mismas antenas Radwin 2000 en los enlaces microondas punto a punto.

4.4. Comparación de las tecnologías

- Los sistemas microondas son muy importantes y conocido a nivel mundial, debido a que proporcionan comunicaciones flexibles, confiables y económicas de punto a punto. Además con los enlaces microondas se puede apreciar que a pesar de la distancia, situación geográfica en la que se encuentran los sitios de interés a enlazar, se ha logrado demostrar que es posible levantar un radioenlace de comunicación en los lugares requeridos a un costo relativamente económico, que permitirá compartir los servicios necesario.

- La fibra óptica es uno de los mejores medios para la transmisión de grandes datos a largas distancias a una velocidad muy alta ya que tiene la ventaja de ser una autopista la cual permite que las necesidades futuras de servicios de telecomunicaciones se puedan implementar fácilmente. El diseño de este enlace con fibra óptica brindará los servicios requeridos con una mejor calidad de servicio mayor durabilidad, con la seguridad y confiabilidad que ofrece la fibra óptica.
- Con un sistema de comunicaciones satelitales el costo del servicio es más alto que las otras alternativas. Debido a las conexiones a larga distancia a través del satélite, además que el retraso en la transmisión puede ser mayor que con alternativas el costo a pagar por Mbps cada mes lo hace mas costoso.
- Un aspecto para tener en cuenta en las redes microondas es el importante ahorro en costes de adquisición y operativos comparado con el de un despliegue de tecnologías cableadas, permitiendo Desplegar las redes de telecomunicación de banda ancha de forma mas rápida, sencilla y competitiva a zonas que no tienen fácil acceso. Por lo tanto los costos de la fibra óptica aumentan ya que su instalación es de aproximadamente ½ hora por metro.
- Los costos en la implementación del enlace de fibra son mayores que en microondas debido a la complejidad del tendido de la fibra en una zona como Chingaza y a que actualmente se encuentra una infraestructura de microondas sin embargo los costos de mantenimiento de este enlace son muy altos. Debido a esta complejidad de tender de la fibra es mas demorado este proceso que el de la instalación de los enlaces de microondas como se puede observar en la tabla.

Tecnología	Costo total
Microondas	\$ 341.596.369
Fibra óptica	\$ 555.464.048
Hibrida	\$ 582.735.352

Tabla 24. Comparación precios. Fuente: Auto

- El costo del mantenimiento de los enlaces microondas es mayor que el de fibra óptica debido a que la fibra óptica, ya que la fibra no necesita estar en constante mantenimiento por que se puede desajustar las antenas y perder

la calidad del enlace, se visualiza también la línea de vista. Al realizar el mantenimiento, uno de los aspectos más importantes para que se mantengan los niveles de calidad y velocidad de transmisión por largo tiempo, será el cuidado que se le tenga a la fibra óptica, principalmente relacionado con la limpieza, por lo cual, el mantenimiento se orientó procesos y técnicas de limpieza adecuados y corroborando con equipos especializados como microscopios o sondas de inspección de fibra. Teniendo en cuenta que sería recomendable realizarlo cada 6 meses.

RECOMENDACIONES

Ya que la EAAB presta un servicio esencial es necesario que los sistemas de comunicación deberán contar con un backup o respaldo de energía eléctrica en los sitios donde se instalan estos sistemas, debido a que son cerros y altas montañas por lo tanto presentan interrupciones en el servicio eléctrico.

Establecer enlaces redundantes para que en el sistema de comunicación se aumente el nivel de confiabilidad y disponibilidad en la transmisión de datos, ya que inmediatamente ante una eventual falla de alguno de ellos, mediante la gestión de la red, entra a operar el otro.

Tener un software de gestión de la red ya que con esto se optimizan las configuraciones y se tiene una mejora del servicio, porque permite encontrar interferencias, fallas en equipos, configuraciones incorrectas y evita que se tenga que enviar a alguien a revisar estos fallos reduciendo los costos.

Uso de fibra preconectorizada ya que por su fácil de instalación, ahorro en costes de montaje, es ligero y flexible, inmune a interferencias eléctricas, adecuado para la instalación en torres de telecomunicaciones, interconexión de equipos y CCTV.

CONCLUSIONES

- Los sistemas con la fibra óptica ofrecen una transmisión de datos a alta velocidad entre estaciones de Chingaza, su costo es más económico que un sistema satelital e incluso no es mucho mas costoso que un sistema inalámbrico por lo que se estima que es conveniente hacer uso de este para resolver el problema de comunicaciones en el sistema Chingaza el único inconveniente es que no se puede tender la fibra entre cerro la viga y cerro palacio.
- Mediante enlaces microondas, se concluye que esta tecnología es la más factible para cumplir las necesidades planteadas. De las tres tecnologías es la más barata y sencilla para implementar en cualquier parte, además tiene el ancho de banda suficiente, los equipos son más económicos y no se necesita instalaciones de cableado física y que existe una conectividad entre todos los sitios de interés.
- La tecnología satelital siempre ha sido una buena solución para implementar Internet en zonas más remota, Pero no es una solución optima para la problemática de la empresa porque aunque el costo inicial no es tan caro, el costo del mantenimiento y el costo a pagar por Mbps cada mes lo hace mas costoso, además de los pesado que es realizar el mantenimiento en esta zona. Es un precio demasiado elevado para prestar un servicio privado.
- El diseño de la red de microondas ofrece y garantiza las ventajas que necesitan las empresas para su conectividad de los sitios remotos donde la conexión terrestre no llega o es muy costosa llevarla a través de los medios masificados. Esas ventajas incluyen una calidad prescindible en todos los servicios, alta disponibilidad, seguridad y un despliegue flexible.
- La red hibrida ofrece redundancia en la topología además brinda una conexión en todos los puntos de interés, aumenta nivel de confiabilidad y disponibilidad en la transmisión de datos, con el uso de la fibra optima se permite pensar en servicios futuros que podría tener la empresa, como IoT para el monitoreo de sus estaciones hasta inteligencia artificial para la gestión de estas mismas. no es la opción menos económica sin embargo es la mejor opción.

REFERENCIAS

- [1]. "Empresa de Acueducto de Bogotá", *Acueducto.com.co*. [Online]. Disponible: https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB!/ut/p/z0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLS1dHA2NDIz83D0sjQ0cw4KMPB1DnA0MAo31C7ldFQH8tscR/. [Ingresado: 16- Oct- 2019].
- [2]. " Barón, L., & Gómez, R. (2012). De la infraestructura a la apropiación social: panorama sobre las políticas de las tecnologías de información y comunicación (tic) en Colombia. *Signo Y Pensamiento*, 31(61), 38 - 55. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.syp31-61.dias>
- [3]. Cadena Muñoz, E., Eslava Blanco, H. J., & Franco Calderón, J. A. (2015). Gestión del espectro radioeléctrico en Colombia. *Revista Tecnura*, 19(45), 159-173. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.3.a12
- [4]. "Estudio para el uso de bandas de frecuencia en la operación de sistemas de aeronaves no tripuladas para usos comerciales y civiles de acuerdo al cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencia cnabf 2014 en Colombia.", ingeniería en telecomunicaciones, universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.
- [5]. "Diseño e implementación de enlaces microondas y un nodo como solución a un problema de línea de vista para la planta agroindustrial de jayanca, provincia de chichlayo", ingeniero electrónico y telecomunicaciones, MARVIN THOMAS CONCHA SANDOVAL, 2017.
- [6]. Capítulo II: Fundamentos de Radio Enlaces de Microondas", *Telectrónica*, 2018. [Online]. Disponible: <https://telectronika.com/articulos/radio-enlaces/fundamentos-de-radioenlaces-de-microondas/>. [Ingresado: 10- Feb- 2020].
- [7]. carrillo Sánchez, e. Erika Yesenia, Velandia Maldonado, n. Natalia Andrea, & villa moreno, n. Nadia cristina. (2018). Diseño de un enlace satelital como sistema backhaul de comunicaciones móviles. universidad distrital francisco José de caldas, 50–98.
- [8]. Bandas de Frecuencia Satelitales Las Comunicaciones. (2020). Recuperado de 1 Febrero 2020, de http://ceticomunicaciones.mex.tl/1615714_Bandas-de-Frecuencia-Satelitales.html

- [9]. M. España Booquera, Comunicaciones ópticas. Madrid: Díaz de Santos, 2005, pp. 160-170.
- [10]. Schmidberg, E. D. U. A. R. D. O. Ing. (2017, mayo). Redes con Fibra Óptica. Colegio de ingenieros y especialistas, pp. 20–31.
- [11]. Rodríguez, Y. (2009). Fibra óptica. Tomado de <http://ebookcentral.proquest.com>
- [12]. "Optimización de un banco de medida de atenuación espectral para fibras monomodo y multimodo", Dpto. de Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones E. U. de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, 2007.
- [13]. J. Marino Dodge, Telemetría usando Redes de Datos de Telefonía Celular, *ingeniare*, n.º 11, pp. 67-78, jul. 2011.
- [14]. Rodríguez Penin, Sistemas SCADA. México, D.F.: Alfaomega 13.
- [15]. E. Mallana narvaez, "Estudio para la implementación del enlace de fibra optica entre la subestacion Jamondino y el centro local de cedenar de control SA ESP", *Ingenieria electronica*, Universidad de nariño, 2013.
- [16]. Radwin | ISEC SA (2020). Recuperado el 14 de marzo de 2020, de <http://www.isec.com.co/productos/radwin/>
- [17]. LINKPlanner - Quickly Design Networks | Cambium Networks", Cambium Networks, 2020. [Online]. Disponible: <https://www.cambiumnetworks.com/products/software/linkplanner/>. [Ingresado: 16-Mar- 2020].