



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS

**DISEÑO DE UNA RED DE BANDA ANCHA UTILIZANDO FIBRA
ÓPTICA Y TECNOLOGÍA WiMAX PARA BRINDAR SERVICIOS DE
INTERNET Y TELEFONÍA A LAS LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE
SIHUAS**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

ELABORADO POR

Bach. Valdivia Malhaber Agustín

Bach. Chavesta Fiestas Jhonatan

LAMBAYEQUE – PERÚ

2018

TESIS

DISEÑO DE UNA RED DE BANDA ANCHA UTILIZANDO FIBRA ÓPTICA Y
TECNOLOGÍA WiMAX PARA BRINDAR SERVICIOS DE INTERNET Y TELEFONÍA A
LAS LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE SIHUAS

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

ELABORADO POR:

Bach. VALDIVIA MALHABER AGUSTIN

Bach. CHAVESTA FIESTAS JHONATAN

ASESORADOS POR:

Ing. ROMERO CORTEZ OSCAR

TESIS

DISEÑO DE UNA RED DE BANDA ANCHA UTILIZANDO FIBRA ÓPTICA Y
TECNOLOGÍA WiMAX PARA BRINDAR SERVICIOS DE INTERNET Y TELEFONÍA A
LAS LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE SIHUAS

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

Ing. RAMIREZ CASTRO MANUEL
PRESIDENTE

Ing. CHICLAYO PADILLA HUGO JAVIER
SECRETARIO

Ing. NOMBERRA LOSSIO MARTIN
VOCAL

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestra casa de estudios, a los ingenieros que tienen un arduo trabajo en transmitir e implantar sus conocimientos para nuestra formación.

A todos los compañeros que nos apoyamos en todo momento para cumplir esta meta.

DEDICATORIA

Este presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, que en todo momento estuvo iluminando mi camino; a mis Padres, Luz Malhaber y Agustín Valdivia, ya que con su gran apoyo logre salir adelante sin defraudarlos.

A mis tíos, María Malhaber y Walter Quesquén, que siempre estuvieron con sus buenos consejos en todo momento y a cada una de las personas que me apoyaron para cumplir mi meta de convertirme en un profesional formado en valores.

Agustín Valdivia Malhaber

Primeramente a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre María, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor y a enseñarme a valorar muchas cosas.

A mi tía Umbelinda por su apoyo incondicional, gracias a ella y su apoyo logré superar muchos obstáculos.

Jhonatan Chavesta Fiestas

RESUMEN

El presente proyecto de tesis muestra a detalle el diseño de una red de banda ancha formada por una red de transporte óptico y una red de acceso inalámbrico para brindar servicios de internet y telefonía a los distritos y localidades pertenecientes a la Provincia de Sihuas en la Región Ancash.

Con el estudio demográfico y análisis de la población, se pudo estimar la demanda de ancho de banda que necesita la red. La información de las ubicaciones de los nodos de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica ayudó en el diseño de la red de transporte óptico y en el diseño de la red inalámbrica, así como a la selección de equipos que garanticen satisfacer la demanda estimada.

Para el diseño de la red de acceso inalámbrico se trabajó con la ayuda del software AirLink, el cual nos permite seleccionar correctamente los parámetros de los radioenlaces para lograr la interconexión de todas las localidades beneficiadas.

Finalmente, se muestra el diseño de la red de transporte por fibra óptica y la red de acceso inalámbrico que interconectará todas las localidades beneficiadas (siendo un total de 30) con 10 nodos ópticos, logrando de esta manera la conectividad íntegra de los distritos de la Provincia de Sihuas, garantizando un ancho de banda adecuado a las necesidades estimadas de la población.

ABSTRACT

The present thesis project shows in detail the design of a broadband network formed by an optical transport network and a wireless access network to provide Internet and telephony services to the districts and localities belonging to the Sihuas Province in the Region Ancash.

With the demographic study and analysis of the population, it was possible to estimate the bandwidth demand that the network needs. The information of the locations of the nodes of the National Fiber Optic Dorsal Network helped in the design of the optical transport network and in the design of the wireless network, as well as in the selection of equipment that guarantee to satisfy the estimated demand.

For the design of the wireless access network we worked with the help of the AirLink software, which allows us to correctly select the parameters of the radio links to achieve the interconnection of all the beneficiary localities.

Finally, the design of the fiber optic transport network and the wireless access network that will interconnect all the beneficiary localities (a total of 30) with 10 optical nodes are shown, thus achieving the complete connectivity of the districts of the city. Sihuas Province, guaranteeing an adequate bandwidth to the estimated needs of the population.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPITULO I: ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Aspecto informativo	2
1.1.1. Título	2
1.1.2. Personal investigador	2
1.1.3. Área de la investigación	2
1.1.4. Lugar de ejecución	2
1.1.5. Duración	2
1.2. Aspecto de la investigación	2
1.2.1. Situación problemática	2
1.2.2. Antecedentes bibliográficos	3
1.2.3. Formulación del problema científico	5
1.2.4. Objetivos	5
1.2.4.1. Objetivo general	5
1.2.4.2. Objetivos específicos	5
1.2.5. Justificación e importancia de la investigación	5
1.2.6. Hipótesis	6
1.2.7. Diseño y contrastación de la hipótesis	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Análisis de la Provincia de Sihuas, sus distritos y localidades	8
2.1.1. Región Ancash	7
2.1.2. Provincia de Sihuas	9
2.2. Banda Ancha	11

2.3. Fibra óptica.....	12
2.3.1. Tipos de fibra óptica	13
2.3.1.1. Fibra óptica monomodo.....	13
2.3.1.2. Fibra óptica multimodo.....	14
2.3.2. Elementos de una red de fibra óptica	15
2.4. Redes inalámbricas	17
2.4.1. Tipos de red de datos	17
2.4.2. Estándares de red de datos.....	17
2.5. WiMAX	18
CAPITULO III: DISEÑO DE LA RED	24
3.1. Dimensionamiento de la red de banda ancha	25
3.2. Diseño de la red de fibra óptica	32
3.3. Diseño de la red inalámbrica	38
3.3.1. Evaluación de los radioenlaces	39
3.3.2. Radioenlaces para las localidades de Sihuas	40
3.3.3. Radioenlaces para las localidades de Chingalpo.....	43
3.3.4. Radioenlaces para las localidades de Alfonso Ugarte.....	48
3.3.5. Radioenlaces para las localidades de Ragash	51
3.3.6. Radioenlaces para las localidades de Quiches.....	56
3.3.7. Radioenlaces para las localidades de Sicsibamba.....	66
3.3.8. Radioenlaces para las localidades de Cashapampa	73
3.3.9. Radioenlaces para las localidades de San Juan.....	78
3.3.10. Radioenlaces para las localidades de Acobamba	91
3.3.11. Radioenlaces para las localidades de Huayllabamba.....	101
CAPITULO IV: ANÁLISIS DE COSTOS	113
4.1. Costos de inversión de la red de telemedicina.....	114
CAPITULO V: CONCLUSIONES	115
5.1. Conclusiones	116

BIBLIOGRAFÍA	117
---------------------------	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Región Ancash	9
Figura 2.2: Distritos de la Provincia de Sihuas	10
Figura 2.3: Impacto de las telecomunicaciones en el crecimiento del PBI	11
Figura 2.4: Cable de fibra óptica	13
Figura 2.5: Fibra óptica monomodo	14
Figura 2.6: Fibra óptica multimodo	14
Figura 2.7: Empalme de fibra óptica	15
Figura 2.8: Conectores de fibra óptica	16
Figura 2.9: Splitter de fibra óptica.....	16
Figura 2.10: WiMAX.....	19
Figura 2.11: Arquitectura WiMAX	20
Figura 2.12: Sectorización	21
Figura 2.13: Tri Sectorización	22
Figura 2.14: Modulación OFDM.	23
Figura 3.1: Infraestructura para el tendido de fibra óptica.....	33
Figura 3.2: Ubicación de nodos ópticos	34
Figura 3.3: Diagrama unifilar	34
Figura 3.4: Gabinete de piso	36
Figura 3.5: Equipo CISCO ONS 15454	37
Figura 3.6: Router Cisco ASR 903	37
Figura 3.7: Esquemas de la Red de Transporte Regional	37
Figura 3.8: Ubicación geográfica de Sihuas y Saurapa	40
Figura 3.9: Ubicación de Sihuas y Saurapa en AirLink.....	41
Figura 3.10: Ubicación de Sihuas y el Repetidor en AirLink	41
Figura 3.11: Niveles de recepción y ganancias de las antenas de Sihuas y el Repetidor.	42
Figura 3.12: Ubicación del Repetidor y Saurapa en AirLink	42
Figura 3.13: Niveles de recepción y ganancias de las antenas del Repetidor y Saurapa	43
Figura 3.14: Ancho de canal para Sihuas.....	43
Figura 3.15: Ubicación geográfica de Chingalpo y la localidad de Chingalpo	44

Figura 3.16: Ubicación de Chingalpo y la localidad de Chingalpo en AirLink.....	44
Figura 3.17: Ubicación de Chingalpo y del primer repetidor en AirLink	45
Figura 3.18: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Chingalpo y del primer repetidor	45
Figura 3.19: Ubicación del primer y segundo repetidor en AirLink	46
Figura 3.20: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del primer y segundo repetidor	46
Figura 3.21: Ubicación del segundo repetidor y Chingalpo en AirLink	47
Figura 3.22: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del segundo repetidor y Chingalpo	47
Figura 3.23: Ancho de canal para Chingalpo	48
Figura 3.24: Ubicación geográfica de Alfonso Ugarte y la localidad de Ullulluco	48
Figura 3.25: Ubicación de Alfonso Ugarte y Ullulluco en AirLink	49
Figura 3.26: Ubicación de Alfonso Ugarte y el repetidor en AirLink I	49
Figura 3.27: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Alfonso Ugarte y el repetidor	50
Figura 3.28: Ubicación del Repetidor y la localidad de Ullulluco en AirLink	50
Figura 3.29: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Ullulluco	51
Figura 3.30: Ancho de canal para Alfonso Ugarte	51
Figura 3.31: Ubicación geográfica de Ragash y la localidad de Ragash	51
Figura 3.32: Ubicación de Ragash y la localidad de Ragash en AirLink	52
Figura 3.33: Ubicación de Ragash y el Repetidor en AirLink	52
Figura 3.34: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Ragash y el Repetidor	53
Figura 3.35: Ubicación del Repetidor y la localidad de Ragash en AirLink.....	53
Figura 3.36: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Ragash	54
Figura 3.37: Ubicación geográfica de Ragash y la localidad de Tucush	54
Figura 3.38: Ubicación de Ragash y la localidad de Tucush en AirLink	55
Figura 3.39: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Ragash y la localidad de Tucush	55
Figura 3.40: Ancho de canal para Ragash.....	56
Figura 3.41: Ubicación geográfica de Quiches y la localidad de Quiches	56
Figura 3.42: Ubicación de Quiches y la localidad de Quiches en AirLink	57

Figura 3.43: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Quiches y la localidad de Quiches	57
Figura 3.44: Ubicación geográfica de Quiches y la localidad de Jocosbamba	57
Figura 3.45: Ubicación de Quiches y la localidad de Jocosbamba en AirLink	58
Figura 3.46: Ubicación de Quiches y el Repetidor en AirLink	58
Figura 3.47: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Quiches y el Repetidor	59
Figura 3.48: Ubicación del Repetidor y la localidad de Jocosbamba en AirLink	59
Figura 3.49: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Jocosbamba	60
Figura 3.50: Ubicación geográfica de Quiches y la localidad de Cóndor Cerro	60
Figura 3.51: Ubicación de Quiches y la localidad de Cóndor Cerro en AirLink	61
Figura 3.52: Niveles de recepción y ganancia de antenas de Quiches y la localidad de Cóndor Cerro	61
Figura 3.53: Ubicación geográfica de Quiches y la localidad de Casa Blanca	62
Figura 3.54: Ubicación de Quiches y la localidad de Casa Blanca en AirLink	62
Figura 3.55: Ubicación de Quiches y el primer Repetidor en AirLink	63
Figura 3.56: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Quiches y el primer Repetidor	63
Figura 3.57: Ubicación del primer y segundo Repetidor en AirLink	64
Figura 3.58: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del primer y segundo Repetidor	64
Figura 3.59: Ubicación del segundo Repetidor y la localidad de Casa Blanca en AirLink	65
Figura 3.60: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del segundo Repetidor y la localidad de Casa Blanca	65
Figura 3.61: Ancho de canal para Quiches	66
Figura 3.62: Ubicación geográfica de Sicsibamba y la localidad de Umbe	66
Figura 3.63: Ubicación de Sicsibamba y la localidad de Umbe en AirLink	66
Figura 3.64: Ubicación de Sicsibamba y el Repetidor en AirLink	67
Figura 3.65: Ubicación de Sicsibamba y el Repetidor en AirLink	67
Figura 3.66: Ubicación del Repetidor y la localidad de Umbe en AirLink	68
Figura 3.67: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Umbe	68
Figura 3.68: Ubicación geográfica de Sicsibamba y la localidad de Sicsibamba	69
Figura 3.69: Ubicación de Sicsibamba y la localidad de Sicsibamba en AirLink	69

Figura 3.70: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Sicsibamba y la localidad de Sicsibamba.....	70
Figura 3.71: Ubicación geográfica de Sicsibamba y la localidad de Caniasbamba.....	70
Figura 3.72: Ubicación de Sicsibamba y la localidad de Caniasbamba en AirLink	71
Figura 3.73: Ubicación de Sicsibamba y el Repetidor en AirLink	71
Figura 3.74: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Sicsibamba y el Repetidor....	72
Figura 3.75: Ubicación del Repetidor y la localidad de Caniasbamba en AirLink.....	72
Figura 3.76: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Caniasbamba	73
Figura 3.77: Ancho de canal para Sicsibamba	73
Figura 3.78: Ubicación geográfica de Cashapampa y la localidad de Cashapampa	73
Figura 3.79: Ubicación de Cashapampa y la localidad de Cashapampa en AirLink.....	74
Figura 3.80: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Cashapampa y la localidad de Cashapampa	74
Figura 3.81: Ubicación geográfica de Cashapampa y la localidad de Pariashpampa.....	75
Figura 3.82: Ubicación de Cashapampa y la localidad de Pariashpampa en AirLink	75
Figura 3.83: Ubicación de Cashapampa y el Repetidor en AirLink.....	76
Figura 3.84: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Cashapampa y el Repetidor .	76
Figura 3.85: Ubicación del Repetidor y la localidad de Pariashpampa	77
Figura 3.86: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Pariashpampa.....	78
Figura 3.87: Ancho de canal para Cashapampa	78
Figura 3.88: Ubicación geográfica de San Juan y la localidad de Chullin	78
Figura 3.89: Ubicación de San Juan y la localidad de Chullin en AirLink	78
Figura 3.90: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de San Juan y la localidad de Chullin.....	79
Figura 3.91: Ubicación geográfica de San Juan y Chinchobamba	79
Figura 3.92: Ubicación de San Juan y Chinchobamba en AirLink	80
Figura 3.93: Ubicación de San Juan y el Repetidor en AirLink	80
Figura 3.94: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de San Juan y el Repetidor	81
Figura 3.95: Ubicación del Repetidor y la localidad de Chinchobamba en AirLink	81
Figura 3.96: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Chinchobamba	82

Figura 3.97: Ubicación geográfica de San Juan y la localidad de Rosamonte	82
Figura 3.98: Ubicación de San Juan y la localidad de Rosamonte en AirLink	83
Figura 3.99: Ubicación de San Juan y el Repetidor en AirLink.....	83
Figura 3.100: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de San Juan y el Repetidor en AirLink.....	84
Figura 3.101: Ubicación Repetidor y la localidad de Rosamonte en AirLink.....	84
Figura 3.102 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Rosamonte	85
Figura 3.103: Ubicación geográfica de San Juan y la localidad de Huachina	85
Figura 3.104: Ubicación de San Juan y la localidad de Huachina en AirLink	86
Figura 3.105: Ubicación de San Juan y el Repetidor en AirLink	86
Figura 3.106: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de San Juan y el Repetidor.....	87
Figura 3.107: Ubicación del Repetidor y la localidad de Huachina en AirLink.....	87
Figura 3.108: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Huachina.....	88
Figura 3.109: Ubicación geográfica de San Juan y la localidad de Andaymayo	88
Figura 3.110: Ubicación de San Juan y la localidad de Andaymayo en AirLink.....	89
Figura 3.111: Ubicación de San Juan y el Repetidor en AirLink	89
Figura 3.112: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de San Juan y el Repetidor.....	90
Figura 3.113: Ubicación del Repetidor y la localidad de Andaymayo en AirLink	90
Figura 3.114: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Andaymayo.....	91
Figura 3.115: Ancho de canal para San Juan	91
Figura 3.116: Ubicación geográfica de Acobamba y la localidad de Acobamba	91
Figura 3.117: Ubicación de Acobamba y la localidad de Acobamba en AirLink.....	92
Figura 3.118: Ubicación geográfica de Acobamba y la localidad de Jocos	92
Figura 3.119: Ubicación de Acobamba y la localidad de Jocos en AirLink	93
Figura 3.120: Ubicación de Acobamba y el Repetidor en AirLink	93
Figura 3.121: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Acobamba y el Repetidor...	94
Figura 3.122: Ubicación del Repetidor y la localidad de Jocos en AirLink	94
Figura 3.123: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Jocos	95
Figura 3.124: Ubicación geográfica de Acobamba la localidad de Los Jardines	95

Figura 3.125: Ubicación de Acobamba y la localidad de Los Jardines en AirLink	96
Figura 3.126: Ubicación de Acobamba y el Repetidor en AirLink	96
Figura 3.127: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Acobamba y el Repetidor...	97
Figura 3.128: Ubicación del Repetidor y la localidad de Los Jardines en AirLink.....	97
Figura 3.129: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Los Jardines	98
Figura 3.130: Ubicación geográfica de Acobamba y la localidad de Los Pinos	98
Figura 3.131: Ubicación de Acobamba y la localidad de Los Pinos en AirLink.....	99
Figura 3.132: Ubicación de Acobamba y el Repetidor en AirLink	99
Figura 3.133: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Acobamba y el Repetidor.	100
Figura 3.134: Ubicación del Repetidor y la localidad de Los Pinos en AirLink	100
Figura 3.135: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Los Pinos.....	101
Figura 3.136: Ancho de canal para Acobamba.....	101
Figura 3.137: Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de Huayllabamba	101
Figura 3.138: Ubicación de Huayllabamba y la localidad de Huayllabamba en AirLink.....	102
Figura 3.139: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Huayllabamba y la localidad de Huayllabamba.....	102
Figura 3.140: Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de San José.....	103
Figura 3.141: Ubicación de Huayllabamba y la localidad de San José en AirLink	103
Figura 3.142: Ubicación de Huayllabamba y la localidad de San José en AirLink	104
Figura 3.143: Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de Pirpo.....	104
Figura 3.144: Ubicación de Huayllabamba y la localidad de Pirpo en AirLink	105
Figura 3.145: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Huayllabamba y la localidad de Pirpo	105
Figura 3.146: Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de Pachavilca	106
Figura 3.147: Ubicación de Huayllabamba y la localidad de Pachavilca en AirLink	106
Figura 3.148: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Huayllabamba y la localidad de Pachavilca	107
Figura 3.149: Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de Santa Clara	107
Figura 3.150: Ubicación de Huayllabamba y la localidad de Santa Clara en AirLink.....	108
Figura 3.151: Ubicación de Huayllabamba y el Repetidor en AirLink	108

Figura 3.152: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Huayllabamba y el Repetidor	109
Figura 3.153: Ubicación del Repetidor y la localidad de Santa Clara en AirLink	109
Figura 3.154: Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Santa Clara.....	110
Figura 3.155: Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de Colcabamba	110
Figura 3.156: Ubicación de Huayllabamba y la localidad de Colcabamba en AirLink	111
Figura 3.157: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Huayllabamba y la localidad de Colcabamba	111
Figura 3.158: Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de Gasajpampa	112
Figura 3.159: Ubicación de Huayllabamba y la localidad de Gasajpampa en AirLink.....	112
Figura 3.160: Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Huayllabamba y la localidad de Gasajpampa.....	113
Figura 3.161: Ancho de canal para Huayllabamba	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Población por cada distrito.....	8
Tabla 3.1: Localidades beneficiadas por distrito	25
Tabla 3.2: Instituciones beneficiadas	26
Tabla 3.3: Porcentaje de penetración de servicios de telecomunicaciones	27
Tabla 3.4: Nuevos criterios de asignación de Banda Ancha.....	27
Tabla 3.5: Potenciales usuarios de la Provincia de Sihuas	28
Tabla 3.6: Tráfico Erlang de Telefonía (móvil y fija) y usuarios simultáneos en Internet	29
Tabla 3.7: Líneas necesarias para telefonía móvil y fija	30
Tabla 3.8: Demanda en Mbps por cada localidad	31
Tabla 3.9: Demanda en Mbps por cada distrito	32
Tabla 3.10: Ubicación de nodos ópticos.....	33
Tabla 3.11: Tarjetas Ópticas	35
Tabla 3.12: Interfaces Ópticas por Nodo de Distribución	35
Tabla 3.13: Pérdidas de línea punto a punto	36
Tabla 3.14: Ubicación de localidades	38
Tabla 3.15: Características de la tecnología airMAX ac.....	39

Tabla 3.16: Características del ancho de canal de airMAX ac	40
---	----

Tabla 4.1: Costos de inversión de la red de banda ancha	114
---	-----

INTRODUCCIÓN

La Banda Ancha permite conexiones de alta velocidad a Internet, y de esta forma posibilita el acceso a información, comunicaciones y servicios de diversa índole, con aplicaciones para la educación, salud, trabajo, entre otros. Ello incrementa la productividad y contribuye al crecimiento económico y social de un país, y en esa medida, merece un rol central en las estrategias de desarrollo del Estado.

El Gobierno Nacional, reconociendo la importancia de la Banda Ancha en la competitividad del país, su potencial para apoyar su inserción en la economía globalizada e impulsar su crecimiento económico y social, ha creado una Comisión Multisectorial Temporal con el encargo de elaborar el “Plan Nacional para el Desarrollo de la Banda Ancha en el Perú”, el mismo que sentará las bases para su despliegue a nivel nacional y coadyuvará con el crecimiento y mejora de la calidad de vida de la población.

En nuestro país, el desarrollado de las telecomunicaciones se ha incrementado a grandes pasos durante los últimos años. Sin embargo, este desarrollo se ha concentrado en Lima y en las provincias con mejor desarrollo económico, dejando de lado a las zonas rurales. Además de la falta de desarrollo tecnológico, el difícil acceso a las zonas rurales dificulta la implementación de infraestructura que permita llevar servicios de

internet y telefonía a través de una red de banda ancha.

Por estos motivos, este proyecto de tesis tiene como finalidad diseñar una red de banda ancha compuesta por una red de fibra óptica y una red inalámbrica para poder brindar los servicios de internet y telefonía a los pobladores de las zonas rurales de la Provincia de Sihuas en la Región Ancash.

ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

CAPITULO I

1.1 Aspecto informativo

1.1.1 Título

Diseño de una red de banda ancha utilizando fibra óptica y tecnología WiMAX para brindar servicios de internet y telefonía a las localidades de la Provincia de Sihuas.

1.1.2 Personal Investigador

1.1.2.2 Autor

Nombre: Bach. Valdivia Malhaber Agustín

1.1.2.3 Autor

Nombre: Bach. Chavesta Fiestas Jhonatan

1.1.2.4 Asesor

Nombre: Ing. Romero Cortez Oscar

1.1.3 Área de Investigación

Ingeniería Electrónica – Telecomunicaciones

1.1.4 Lugar de ejecución

Provincia de Sihuas – Región Ancash

1.1.5 Duración

04 meses

1.2 Aspecto de la investigación

1.2.1 Situación Problemática

La Banda Ancha permite conexiones de alta velocidad a Internet, y de esta forma posibilita el acceso a información, comunicaciones y servicios de diversa índole, con aplicaciones para la educación, salud, trabajo, entre otros. Ello incrementa la productividad y contribuye al crecimiento económico y social de un país, y en esa medida, merece un rol central en las estrategias de desarrollo del Estado.

En efecto, la Banda Ancha constituye uno de los soportes de las actividades de las sociedades modernas y es uno de los condicionantes del nivel de competitividad y desarrollo de los países, permitiendo la

inserción de la población en la Sociedad de la Información y en esa medida, incrementando su bienestar.

Por ello, no han sido pocos los países que han adoptado políticas públicas de estímulo a la Banda Ancha y existe una tendencia a brindarle un tratamiento semejante al de un bien público. Inclusive, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) han conformado recientemente, una Comisión de Banda Ancha para el Desarrollo Digital, que definirá estrategias para acelerar la creación de sistemas de transmisión de Banda Ancha en todo el mundo. Asimismo, examinará qué aplicaciones pueden permitir que las redes de comunicación de Banda Ancha mejoren la prestación de toda una amplia serie de servicios sociales, desde la salud a la educación, pasando por la gestión ambiental, la seguridad y muchos otros servicios más.

En nuestro país existe una gran brecha digital debido a que los servicios de Banda Ancha no llegan a las zonas rurales. Para hacer frente a este problema, el gobierno emprendió un proyecto que permitirá llevar servicios de Banda Ancha a las zonas más recónditas de nuestro país. Este proyecto es la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO).

Sin embargo, en algunas zonas rurales solo se ha realizado el tendido de la fibra óptica sobre la infraestructura de alta y baja tensión eléctrica y en carreteras. Debido a esto, se realizará el diseño de una red que permita brindar servicios de internet y telefonía a los pobladores de las localidades de la Provincia de Sihuas utilizando como referencia los nodos centrales establecidos por la RDNFO.

1.2.2 Antecedentes bibliográficos

- **Diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha para la región Tumbes**
 - **Autor:** Muñoz Ramírez Cynthia Cecibel.
 - **Resumen:** Esta tesis consiste en el diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha para la región Tumbes y tiene

como objetivo la conectividad regional, integrando todos los distritos de la región con redes de alta capacidad de transmisión que permitan atender las necesidades de comunicaciones de banda ancha, además de la conectividad integral a la red de banda ancha nacional. El proyecto plantea ser un instrumento que contribuya al desarrollo socioeconómico y el mejoramiento de calidad de vida de la población de la región. Para tal propósito, la autora realiza un análisis demográfico de la región que permita proyectar la demanda de los servicios de telecomunicaciones en un periodo de 10 años, con lo cual se podrá estimar la capacidad de la red. El proyecto hace uso de la infraestructura eléctrica de alta y media tensión existente en la región; sobre dicha infraestructura se soportará cable de fibra óptica tipo ADSS, totalmente dieléctrico y flexible. A partir de dicha red se tendrán los nodos de transporte, se definirá el trazado de la ruta de fibra óptica, tecnologías y capacidades a ser empleadas en la red. Además, presenta el análisis económico del proyecto, donde se evalúa la sostenibilidad y rentabilidad en el tiempo. Al final de este trabajo, se pueden identificar las consideraciones necesarias que se deben tomar en cuenta para realizar el despliegue e implementación de la red de banda ancha propuesta para la región Tumbes.

- **Diseño de una red de fibra óptica para la implementación en el servicio de banda ancha en Coishco (Ancash).**
 - **Autor:** López Polo Elliot Darwin.
 - **Resumen:** Este trabajo de tesis consiste en el diseño de una red que nos permita mejorar la velocidad y la capacidad de transmisión de internet, televisión digital, telefonía y servicios multimedia que incidan en los niveles de satisfacción para los usuarios de Coishco en Ancash. Otros de los objetivos de esta son: Analizar si los usuarios necesitan más ancho de banda, identificar cuanto ancho de banda se necesita, identificar los elementos de la red de fibra óptica que se necesitan para el

diseño, determinar las pérdidas de la red de fibra óptica y verificar si corresponden a las pérdidas establecidas, además de determinar el costo necesario para implementar la red de fibra óptica.

- **Diseño de una red de telecomunicaciones de banda ancha para la región San Martín.**

- **Autor:** Bedregal León Claudio.
- **Resumen:** El presente proyecto de tesis consiste en el diseño de una nueva red de transporte que use la tecnología de la fibra óptica para poder aumentar los servicios de telecomunicaciones de banda ancha en la región San Martín. Este proyecto se realizó en el marco de la implementación de dos grandes proyectos en el país: El Plan Nacional de Banda Ancha y la construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica del Perú. Para poder llevar a cabo los objetivos de este proyecto, se hace uso del Decreto Supremo 034-2010-MTC el cual establece como política nacional la obligación de instalar fibra óptica y/o ductos y cámaras en todos los nuevos proyectos de infraestructura destinados a brindar servicios de energía eléctrica, hidrocarburos y transporte en el país. De acuerdo a esto, se utiliza la línea de transmisión Carhuaquero – Cajamarca Norte – Caelil – Moyobamba (220kV), que incluye a las regiones de Cajamarca, Amazonas y San Martín. Esta red eléctrica es la salida del tráfico total de la región San Martín hacia las redes troncales principales del país, ubicadas en la costa. Para la red de transporte local de la región, se plantea que desde Moyobamba se realice el tendido de fibra óptica hacia las 10 capitales provinciales y hacia la mayoría de las 67 capitales distritales de la región, usando el recorrido de las carreteras nacionales o locales que cruzan San Martín. Con esto se logra obtener toda una red troncal de fibra óptica de última generación desplegada sobre toda la región San Martín y que se interconecta con las principales redes de transporte del país.

1.2.3 Formulación del problema científico

¿De qué manera el Diseño de una red de Banda Ancha utilizando fibra óptica y tecnología WiMAX puede brindar servicios de internet y telefonía a las localidades de la Provincia de Siwas?

1.2.4 Objetivos

1.2.4.1 Objetivo general

Diseñar una red de Banda Ancha utilizando fibra óptica y tecnología WiMAX para brindar servicios de internet y telefonía a las localidades de la Provincia de Siwas.

1.2.4.2 Objetivos específicos

- Estudiar las principales tecnologías para implementar redes de banda ancha.
- Calcular la demanda de ancho de banda de acuerdo a las condiciones actuales de penetración de los servicios de telecomunicaciones.

1.2.5 Justificación e importancia de la investigación

Actualmente, existen muchas tecnologías de acceso a servicios de Banda Ancha que compiten por ser la mejor en el mercado. Tal es el caso de ADSL que ha mejorado sus velocidades de acceso, siendo además la tecnología más usada por los hogares de nuestro país. También se están desplegando redes de Banda Ancha que combinan tecnologías de Fibra Óptica e Inalámbricas, que permiten tener acceso a internet con grandes velocidades.

Lamentablemente, los servicios de Banda Ancha no están presentes en muchas zonas rurales de nuestro país. Esto aumenta la brecha digital existente ya que los pobladores rurales no cuentan con servicios como internet, telefonía y cable.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de tesis es diseñar una red de Banda Ancha que brinde servicios de telecomunicaciones con altas velocidades de acceso teniendo en cuenta el ancho de banda necesario para satisfacer la demanda requerida por la población.

1.2.6 Hipótesis

Si diseñamos una red de banda ancha, teniendo en cuenta el ancho de banda necesario para satisfacer la demanda de la población de las localidades de la Provincia de Sihuas, se mejorará el acceso a los servicios de telecomunicaciones.

1.2.7 Diseño y contrastación de la hipótesis

Utilizando la demanda de ancho de banda calculada mediante el análisis de poblacional de las localidades beneficiadas y los conceptos sobre arquitecturas de redes con fibra óptica y redes inalámbricas, se diseñará una red de banda ancha que brindará servicios de internet y telefonía a las localidades de la Provincia de Sihuas.

MARCO TEÓRICO

CAPITULO II

1.1. Análisis de la Provincia de Sihuas, sus distritos y localidades

Para realizar correctamente el diseño de la red de banda ancha se evalúa la realidad actual de la Provincia de Sihuas, sus distritos y centros poblados, desde el punto de vista poblacional para que posteriormente podamos determinar el ancho de banda que debe cubrir la red.

1.1.1. **Región Ancash**

La región Ancash es una de las 24 regiones del Perú y fue fundada el 12 de junio de 1835.

Limita al norte con la provincia de Recuay (Huaraz) y la provincia de Huari, al este con la región de Huánuco, al sur y al oeste con el departamento de Lima, la provincia de Ocros y la provincia de Huarmey.

Según información del INEI, la población estimada de la región Ancash es de 1.154,639 habitantes (INEI, 2016). Además, es la octava región más poblada del Perú, por detrás de Lima, Lambayeque, La Libertad, Piura, Tumbes, Cajamarca e Ica.

La región Ancash está constituida por veinte provincias (Ver figura 2.1):

1. Provincia de Aija
2. Provincia de Antonio Raimondi
3. Provincia de Bolognesi
4. Provincia de Carhuaz
5. Provincia de Carlos Fermín Fitzcarrald
6. Provincia de Casma
7. Provincia de Corongo
8. Provincia de Huaraz
9. Provincia de Asunción
10. Provincia de Huari
11. Provincia de Huarmey
12. Provincia de Huaylas
13. Provincia de Mariscal Luzuriaga
14. Provincia de Ocros

- 15. Provincia de Pallasca
- 16. Provincia de Pomabamba
- 17. Provincia de Recuay
- 18. Provincia de Santa
- 19. Provincia de Sihuas
- 20. Provincia de Yungay



Figura 2.1 Región Ancash.

1.1.2. Provincia de Sihuas

La Provincia de Sihuas es una de las 20 provincias que conforman la región Ancash y está bajo la administración del Gobierno Regional de Ancash (Perú).

Limita por el norte con la Provincia de Pallasca, por el este con la región de La Libertad, por el sur con la Provincia de Pomabamba y por el oeste con la Provincia de Huaylas y la Provincia de Corongo.

La región Ancash cuenta con 166 distritos, 10 de los cuales pertenecen a la Provincia de Sihuas (Ver figura 2.2).



Figura 2.2 Distritos de la Provincia de Sihuas.

Según información del INEI, la población estimada de la Provincia de Sihuas es de 30,689 habitantes (INEI, 2016).

En la Tabla 2.1 se puede apreciar la cantidad de habitantes por cada distrito.

Tabla 2.1 Población por cada distrito.

Distrito	Población
SIHUAS	5,735
ACOBAMBA	2,194
ALFONSO UGARTE	787
CASHAPAMPA	2,889
CHINGALPO	1,064
HUYLLABAMBA	4,035
QUICHES	2,939
RAGASH	2,656
SAN JUAN	6,556
SICSIBAMBA	1,834

1.2. Banda ancha

La Banda Ancha permite conexiones de alta velocidad a Internet, y de esta forma posibilita el acceso a información, comunicaciones y servicios de diversa índole, con aplicaciones para la educación, salud, trabajo, entre otros. Ello incrementa la productividad y contribuye al crecimiento económico y social de un país, y en esa medida, merece un rol central en las estrategias de desarrollo del Estado. Las potencialidades de la Banda Ancha como instrumento dinamizador del desarrollo y la competitividad, han sido reconocidas por diferentes países, organismos y foros internacionales (MTC, 2010).

Así, el Banco Mundial en el Estudio “Información y Comunicación para el desarrollo 2009: Ampliar el alcance y aumentar el impacto”, refiere que la Banda Ancha incrementa la productividad y contribuye al crecimiento económico, y por lo tanto merece un rol central en las estrategias de desarrollo de los Estados, siendo que con un 10% de aumento de las conexiones de Banda Ancha se incrementa el crecimiento económico de un país en un 1,3%, lo que convierte a este servicio como el de mayor incidencia en este crecimiento (Ministerio de Transportes, 2010).

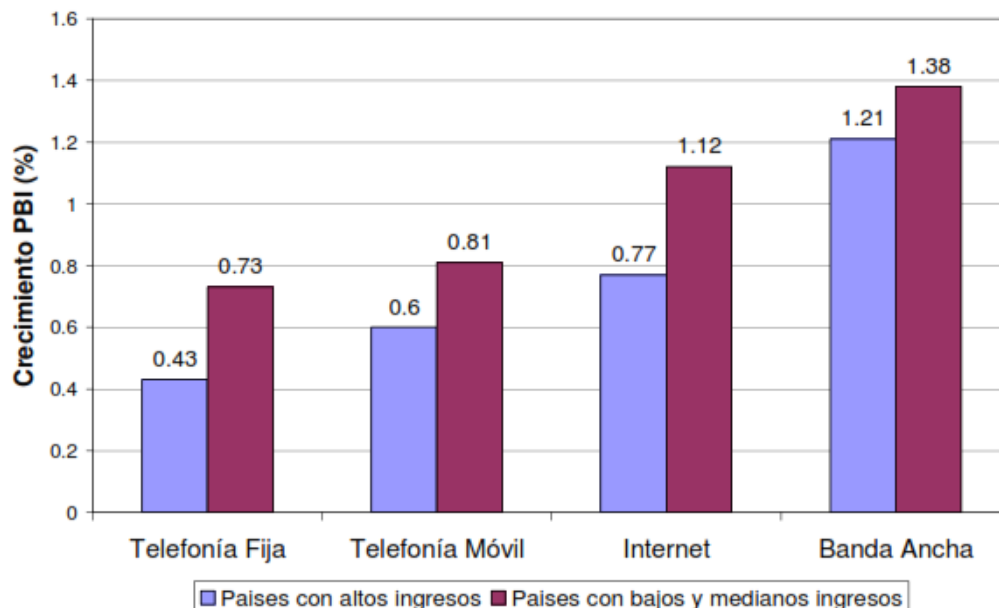


Figura 2.3 Impacto de las telecomunicaciones en el crecimiento del PBI.

Por su parte, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), considera que el acceso y uso de internet, en particular de Banda Ancha, son elementos claves para el desarrollo de las sociedades y economías modernas, dado que condicionan la competitividad de los países y la inclusión social. Así, consideran urgente cerrar la brecha digital en Banda Ancha, pues en la medida en que crece la relevancia de esta tecnología en el quehacer de las sociedades, se profundizan nuevas formas de exclusión social. La falta de acceso en América Latina y el Caribe a esta herramienta genera otras brechas en áreas como la producción, la innovación, la educación y la salud, entre otras (Ministerio de Transportes, 2010).

En efecto, la Banda Ancha constituye uno de los soportes de las actividades de las sociedades modernas y es uno de los condicionantes del nivel de competitividad y desarrollo de los países, permitiendo la inserción de la población en la Sociedad de la Información y en esa medida, incrementando su bienestar.

Por ello, no han sido pocos los países que han adoptado políticas públicas de estímulo a la Banda Ancha y existe una tendencia a brindarle un tratamiento semejante al de un bien público. Inclusive, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) han conformado recientemente, una Comisión de Banda Ancha para el Desarrollo Digital, que definirá estrategias para

acelerar la creación de sistemas de transmisión de Banda Ancha en todo el mundo. Asimismo, examinará qué aplicaciones pueden permitir que las redes de comunicación de Banda Ancha mejoren la prestación de toda una amplia serie de servicios sociales, desde la salud a la educación, pasando por la gestión ambiental, la seguridad y muchos otros servicios más (Ministerio de Transportes, 2010).

1.3. Fibra óptica

Una fibra óptica es un hilo fino de vidrio que se emplea para transmitir luz. El grosor del filamento es comparable al grosor de un cabello humano, es decir, aproximadamente de 0.1 mm. Además, un cable de fibra óptica está compuesto por un núcleo, revestimiento y una cubierta (Eveliux, 2014).

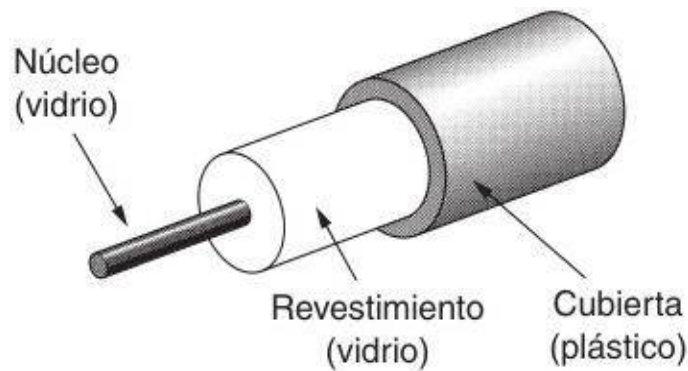


Figura 2.4 Cable de fibra óptica.

El núcleo tiene un índice de refracción mucho mayor que el recubrimiento y eso permite transmitir la luz por el interior de la fibra sin que ésta se "escape" del núcleo. Cuando la luz entra por uno de los extremos de la fibra, se transmite con muy pocas pérdidas, incluso aunque la fibra esté curvada (Guimi, 2009).

La transmisión de luz debe tener un ángulo de incidencia adecuado para que pueda rebotar la luz y se pueda propagar a distancias grandes; y si no rebota, refracta y se pierde la luz (CEI, 2015).

Las transmisiones del cable de fibra óptica no están sujetas a interferencias eléctricas y son extremadamente rápidas, con velocidades muy superiores a las de DSL o modem por cable. Comúnmente transmiten a unos 100 Mbps, con velocidades demostradas de hasta 1 Gbps (HerramientasWEB, 2014).

1.3.1. Tipos de fibra óptica

1.3.1.1. Fibra óptica monomodo

Las fibras monomodo poseen un diámetro del núcleo muy estrecho, de manera que solo permiten un modo de transmisión. Poseen una atenuación típica de entre 0.1 dB y 0.4 dB por kilómetro. El núcleo mide entre 8 mm y 10 mm, por lo que requiere un acoplamiento de luz muy confinado y preciso.

Este tipo de fibra óptica tiene una gran capacidad para transportar información debido a que puede operar con velocidades de hasta 622 Mbps. Su elevado ancho de banda, acompañado de sus bajas pérdidas y su dispersión modal inexistente, la convierten en una fibra ideal para enlaces de larga distancia, empleándose para conectar una o más localidades. No obstante a menudo requiere de una minuciosa instalación y mantenimiento (The Fiber Optic Association, 2014).

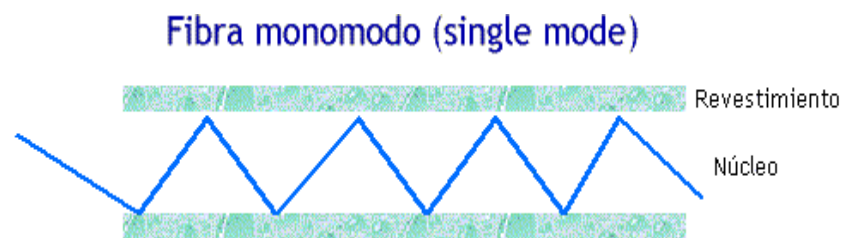


Figura 2.5 Fibra óptica monomodo.

1.3.1.2. Fibra óptica multimodo

En las fibras ópticas multimodo se engloban todas aquellas en las cuales el diámetro del núcleo es amplio (50 mm o 62.5 mm), por lo que es capaz de propagar varios modos de transmisión simultáneamente. Además, poseen una atenuación típica de entre 0.3 dB y 1 dB por kilómetro.

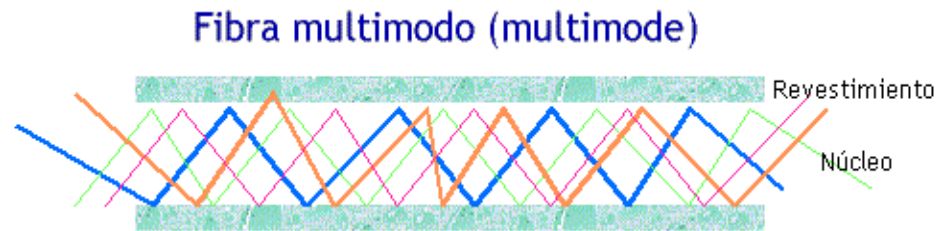


Figura 2.6 Fibra óptica multimodo.

El núcleo de una fibra óptica multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar.

El hecho de que transmitan varios modos simultáneamente, hace que este tipo de fibras posean una dispersión particular llamada dispersión intermodal. Se produce debido a que los haces de luz recorren distancias diferentes y no llegan a su destino al mismo tiempo. Dentro de las fibras multimodo, las de índice gradual poseen menos dispersión intermodal ya que los haces de luz describen direcciones onduladas, de manera que los más cercanos al eje recorren menos distancia pero son más lentos. Una dispersión intermodal más baja, permite que éste tipo de fibras admitan distancias de propagación mayores que las de índice fijo (The Fiber Optic Association, 2014).

1.3.2. Elementos de una red de fibra óptica

Usualmente una red está compuesta por diferentes tramos, por lo que es necesario pensar que hay diferentes tramos de fibra enlazados entre sí para conformar dicha red. En muchas ocasiones es necesario practicar segregaciones o divisiones en los cables de fibra óptica, o bien rectificar alguna rama para realizar un diseño completo de una red; con el fin de dar disponibilidad a una zona nueva o ampliar alguna ya existente.

Para dar solución a estos problemas, se tiene a los empalmes y conectores, que son los elementos que dan dinamismo y flexibilidad de

diseño a la red. Al tratarse de elementos de unión entre dispositivos, causan un gran impacto sobre el funcionamiento del sistema, introduciendo generalmente ciertas pérdidas en la señal.

Un empalme óptico es el resultado de la unión de dos fibras ópticas. La geometría de la unión de los extremos debe ser lo más precisa posible, si se quiere que la contribución de pérdidas al enlace sea mínima; por lo que conlleva ciertas complicaciones técnicas (Conectronica, 2010).

- Durante el corte o extracción de la fibra, los núcleos adquieren irregularidades.
- Los núcleos se pueden desalinear en el momento de la unión.
- Se debe evitar cambios en los índices de refracción.

En cuanto a pérdidas nominales, son del orden de 0.1 dB para la soldadura por fusión, mientras que para la unión mecánica/adhesiva es 0.036 dB.

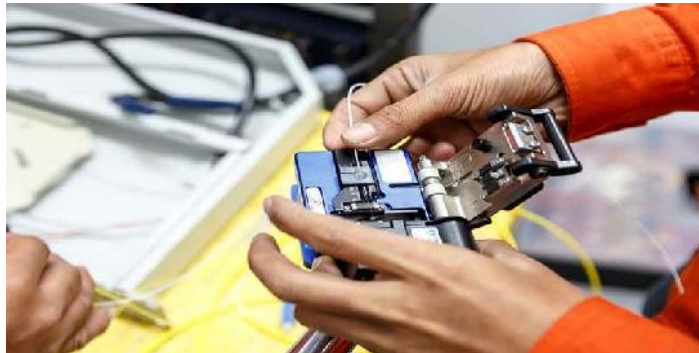


Figura 2.7 Empalme de fibra óptica.

Los conectores ópticos también sirven para unir dos tramos de fibra, pero a diferencia de los empales, no son permanentes. Esta característica los hace más apropiados para enlaces a otras fibras o paneles de distribución de señal.

Los tipos de conectores más usados son los siguientes (The Fiber Optic Association, 2014):

- SC: Utilizado para transmisión de datos.
- ST: Usado en edificios y sistemas de seguridad
- FC: Usado en la transmisión de datos y telecomunicaciones.

- FDDI: Usado para redes de fibra óptica.
- LC y MT- Array: Usados en transmisiones de alta densidad de datos.



Figura 2.8 Conectores de fibra óptica.

Los splitter o divisores ópticos, son elementos que dividen y confinan los haces de luz para poder extender la red a lo largo de su recorrido. Son dispositivos de distribución óptica bidireccional, es decir, dividen la potencia recibida entre los múltiples puertos de salida. Sin embargo, el hecho de dividir la potencia en múltiples salidas causa una atenuación (Rodríguez, 2013).

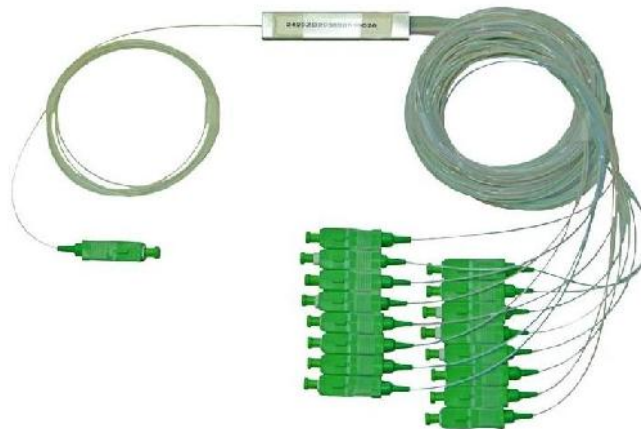


Figura 2.9 Splitter de fibra óptica.

1.4. Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas se basan en un enlace que utiliza ondas electromagnéticas (radio e infrarrojo) en lugar de cableado estándar. Actualmente existen muchas tecnologías inalámbricas (Wi-Fi, WiMAX, ZigBee, RFID), las cuales se diferencian por la frecuencia que utilizan, el alcance y la velocidad de transmisión (HistoriaInformatica, 2010).

1.4.1. Tipos de red de datos

Las redes inalámbricas más comunes son las siguientes:

- **WPAN (Red Inalámbrica de Área Personal):** Es una red de datos usada para la comunicación de dispositivos cercanos a una persona. El área de cobertura de una WPAN es de solo algunos metros, generalmente asumido a ser menos de 10 metros. (Bluetooth, UWB y ZigBee).
- **WLAN (Redes de Área Local Inalámbricas):** Es una red de datos usada para comunicación entre dispositivos: computadoras, teléfonos, laptops, impresoras, asistentes digitales personales, tablets, etc. Esta red cubre un área relativamente pequeña, igual que un hogar, una oficina o un pequeño campus (Wi-Fi).
- **WMAN (Redes de Área Metropolitana Inalámbricas):** Es una red que cubre hasta varios Km, típicamente un gran campus o una ciudad. Por ejemplo, una universidad puede tener una MAN que une muchas redes LAN.
- **WWAN (Redes de Área Global):** Es una red de datos que cubre grandes áreas geográficas, tan grandes como el planeta. Las redes WAN están basadas en las conexiones de varias LAN, permitiendo que usuarios de una localidad puedan comunicarse con usuarios de otras localidades.

1.4.2. Estándares de redes de datos

Los principales estándares de las redes inalámbricas son los siguientes:

- **IEEE 802.2:** Control de Enlace Lógico (LLC). La sub capa LC presenta una interface uniforme a los usuarios del servicio de enlace de datos, usualmente la capa de red (Capa 3 del modelo OSI).

- **IEEE 802.3 ETHERNET:** Es una familia de tecnologías de LAN estandarizada por IEEE 802.3. Cuenta con velocidades de 100 Mbps, 1 Gbps y 10 Gbps.
- **IEEE 802.11 WLAN:** Es el sub comité que creó la que es conocida como tecnología Wi-Fi. IEEE 802.11 y sus variantes 802.11a y 802.11b, los cuales fueron propuestos a finales de 1990. Estas tecnologías han sido adoptadas con gran éxito debido a su simplicidad y robustez, así como a su bajo costo y el uso de bandas no licenciadas de 2.4 GHz y 5 GHz. Otras variantes del estándar básico 802.11 que están disponibles son: 802.11e, 802.11g, 802.11h, 802.11i, 802.11n.
- **IEEE 802.16 BWA:** Es el grupo de trabajo dedicado a BWA (Acceso Inalámbrico de Banda Ancha). Su objetivo es proponer estándares para WMAN de alta velocidad. Se puede decir que WiMAX es el nombre usado normalmente para IEEE 802.16. Las redes BWA tienen un rango más grande que WLAN. De hecho, IEEE 802.16 BWA tiene dos variantes: IEEE 802.16-2004 que define la tecnología WMAN de acceso inalámbrico fijo, y la 802.16e, que es una enmienda de 802.16-2004 aprobado en diciembre del 2005. Este estándar incluye, lo que lo convierte en una WAN inalámbrica.

1.5. WiMAX

Es una tecnología que al igual que el Wi-Fi permite la comunicación inalámbrica entre dispositivos a través de ondas electromagnéticas. WiMAX ofrece un rendimiento similar al de Wi-Fi, pero permite una cobertura y calidad de servicio mayores, consiguiendo un alcance teórico de hasta 50 Km para accesos inalámbricos desde una ubicación fija y alrededor de 15 Km para accesos en movilidad. La tecnología WiMAX es utilizada por algunos operadores para proveer acceso a Internet, principalmente en aquellas áreas donde no existe acceso a través de redes tradicionales de pares de cobre, cable o fibra óptica (Minetad, s.f.).

La velocidad máxima y alcance de las conexiones WiMAX dependen de la versión del estándar utilizado según la familia de normas IEEE 802.16. La última versión,

conocida como IEEE 802.16m o WiMAX Release 2.0, permite velocidades teóricas de hasta 1 Gbps para usuarios en una ubicación fija y 365 Mbps para usuarios en movilidad, capacidades que sitúan a las tecnologías WiMAX como una de las familias de tecnologías 4G. Cabe destacar que estas velocidades son máximos teóricos y que la velocidad real depende del número de usuarios conectados simultáneamente a un mismo punto de acceso y de otros factores, que hacen que las velocidades de descarga en la práctica tiendan a ser menores que los máximos teóricos.

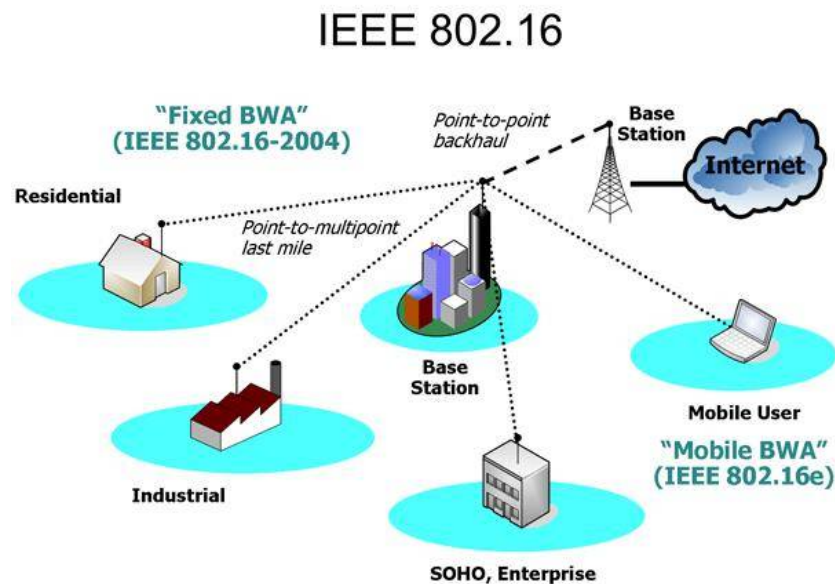


Figura 2.10 WiMAX.

Las principales características de la IEEE 802.116 WiMAX, son las siguientes:

- Frecuencia Portadora < 11 GHz. para conexiones con y sin línea de vista, y entre 10 GHz y 66 GHz para conexiones con línea de vista. Por el momento, las bandas de frecuencia consideradas son 2.5 GHz, 3.5 GHz y 5.8 GHz.
- WiMAX usa la técnica OFDM (Multiplexación por división de frecuencia ortogonal) conocida por su alta eficiencia en el uso de los recursos de radio, con 2048 señales portadoras, que permiten altas velocidades de transferencia.

- Incorpora soporte para tecnologías “Smart antenas” que mejoran la eficiencia y la cobertura. Estas antenas son propias de las redes celulares de 3G, mejorando la red espectral.
- Incluye mecanismos de modulación adaptativa, mediante los cuales la estación base y el equipo de usuario se conectan utilizando la mejor de las modulaciones posibles, en función de las características del radio enlace.
- WiMAX hace uso de bandas licenciadas y de uso libre.
- Se aplica en la transmisión de voz, video y datos.

La arquitectura del protocolo WiMAX cuenta con 4 capas: la capa de Convergencia, la capa MAC, la capa de transmisión y la capa física, las cuales pueden ser ubicadas en las dos últimas capas del modelo OSI (física y enlace de datos).

La estructura general es similar a la de otras redes 802, pero con más subcapas. La subcapa inferior tiene que ver con la transmisión. Arriba de la capa de transmisión física está una subcapa de convergencia para ocultarle las diferentes tecnologías a la capa de enlace de datos (Gonzales, 2009).

Las especificaciones de dicho estándar están comprendidas en la descripción de las dos capas más bajas del modelo OSI; la subcapa MAC ocupa la mayor parte de la capa de enlace de datos, junto con la capa LLC. A su vez, la capa MAC está dividida en tres subcapas: la subcapa de convergencia CS (Convergence Sublayer), la subcapa común CPS (Common Part Sublayer) y la subcapa de seguridad (Gonzales, 2009).

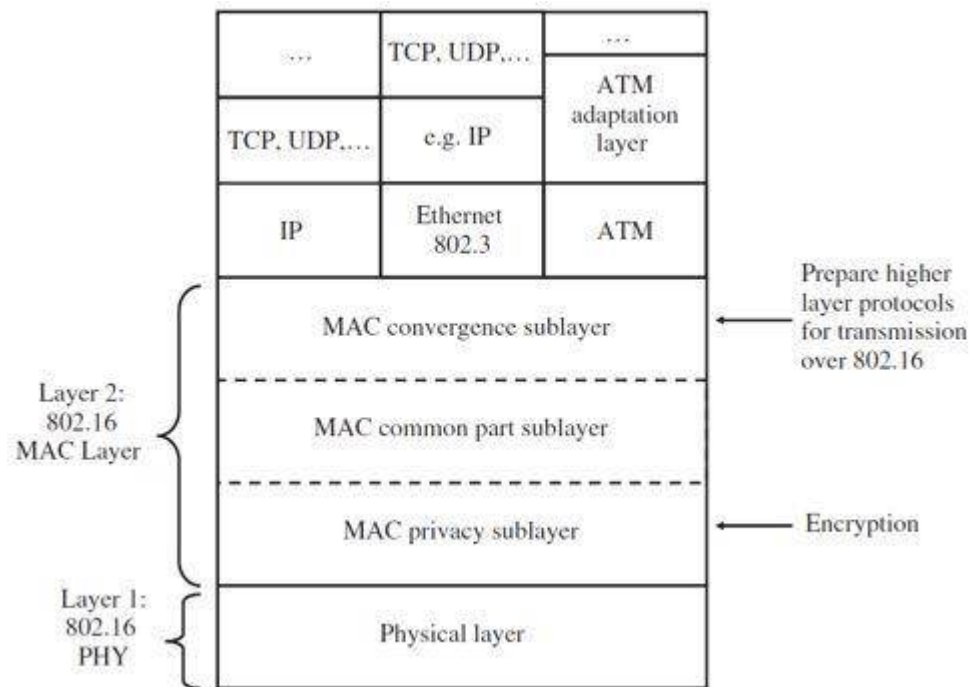


Figura 2.11 Arquitectura WiMAX.

El dialogo que establece las capas o entidades se lleva a cabo de la siguiente forma: cuando la capa MAC de un equipo envía una PDU (Packet Data Unit) conocida en esta capa como MPDU a otro equipo, dicha MPDU es recibida como una PSDU (Physical Layer Service Data Unit) por la capa física PHY. Entre cada subcapa existe un Service Access Point (SAP) los cuales permiten el acceso a los servicios proporcionados por cada una de las capas diferenciándolo de los servicios que proporciona la red (Herrera, 2014).

En WiMAX se definen dos posibles topologías de red (Ocampo & Martinez, 2009):

- Topología PMP: Punto a Multipunto.
- Topología Malla o Mesh: En esta topología, el tráfico puede ser ruteado hacia otra SS, mientras que las BS pueden hacerlo solo entre SS's. Sus elementos se denominan nodos. Cada estación puede crear su propia comunicación con cualquier otra estación en la red, es decir, no se restringe solo a establecer comunicación con la SS. Su ventaja es que el alcance de la BS puede ser más grande dependiendo del número de saltos a la SS más lejana. Cada nodo recibe un identificador de 16 bits o Node ID.

Cada estación base cubre una celda; se eligen celdas pequeñas para reusar las frecuencias. Usando este concepto es teóricamente posible cubrir un área geográfica grande. WiMAX aplica el mismo principio: Una estación base (BS) cubre las estaciones de usuarios en su celda, entonces es necesario algunos elementos de la teoría celular para dimensionar redes WiMAX, por tal una BS está definida por un sector y una frecuencia asignada. En el caso de la asignación de multi frecuencias de un sector, dicho sector incluye tantas BS como frecuencias asignadas haya (Redes, s.f.).

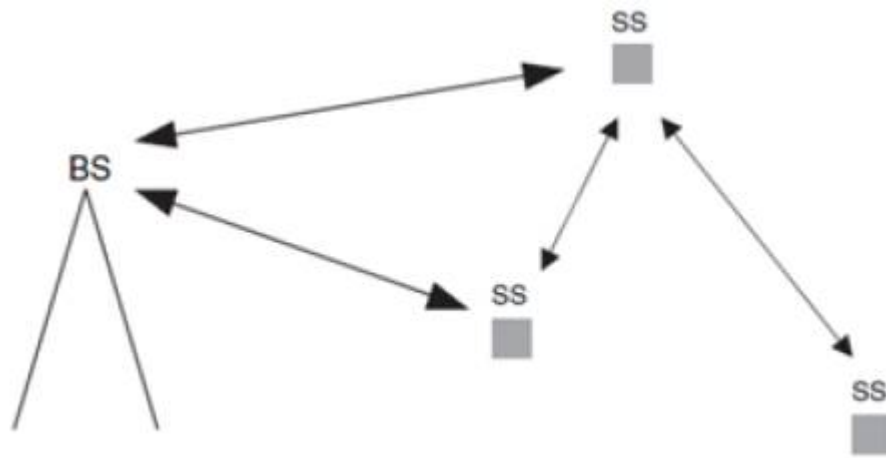


Figura 2.12 Sectorización.

En lugar de tener un sitio por celda, que es cuando se usa una antena omnidireccional, la Tri Sectorización permite que tres estaciones bases sean agrupadas en un sitio, cubriendo lo de tres celdas, ahorrando en infraestructura (Portocarrero, 2016).

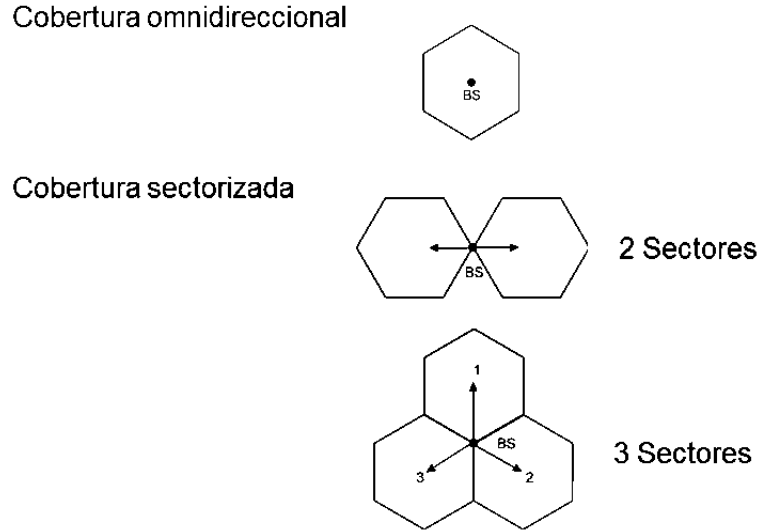


Figura 2.13 Tri Sectorización.

WiMAX se basa en modulación OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing) con 256 portadoras y OFDMA (Orthogonal Frequency División Multiple Access) con 2048 portadoras con un esquema de modulación adaptativa: 8 niveles de modulación (BPSK, QPSK, 16QAM y 64 QAM). El Throughput se optimiza en función de la robustez del enlace (Ramírez Behaine, 2006).

OFDM es una técnica de transmisión que consiste en la multiplicación de un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK. Estas ondas portadoras de distintas frecuencias son generadas por la división de una onda portadora central con ancho de banda B en pequeñas portadoras $B_1, B_2, B_3 \dots B_n$; es decir, si no utilizáramos la técnica de transmisión OFDM, se enviaría normalmente la información en una única onda portadora con ancho de banda B , pero al utilizar la técnica OFDM dividimos esa onda portadora en varias sub portadoras con menor ancho de banda para que estas tengan una mejor respuesta en frecuencia (mayor ganancia y desvanecimiento plano) (Ramírez Behaine, 2006).

Haciendo analogía con la transmisión vía IP, sería como si en vez de enviar un paquete extenso, enviásemos varios paquetes pequeños pero con menor susceptibilidad de perderse.

Cabe mencionar que, luego de la multiplexación de las sub portadoras o cuando ya tenemos el flujo OFDM, es agregado al flujo un Prefijo Cíclico, o comúnmente llamado intervalo de guarda, esto para ayudar a enfrentar los efectos de los atrasos de llegada de las señales OFDM por culpa del ambiente multitrayecto.

Enfocando OFDM a WiMAX fijo, 802.16-2004 utiliza OFDM con 256 sub portadoras fijas, entre las que se usan 192 sub portadoras de datos, 8 sub portadoras piloto por temas de sincronización y estimación de canal, 56 sub portadoras de banda de guarda, 55 portadoras nulas (Null) que son bandas de guarda, y la portadora de DC (Direct Current) que está colocada en la frecuencia central de RF de la estación transmisora, es nula y no modulada (Juárez, s.f.).

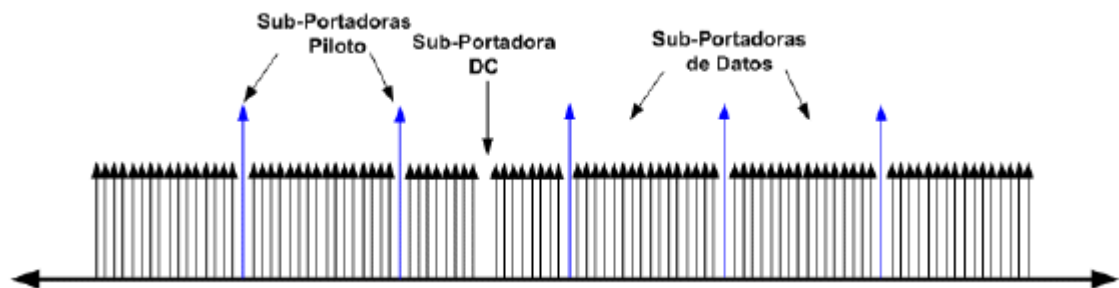


Figura 2.14 Modulación OFDM.

Dicha modulación es apropiada para las transmisiones de flujo sostenido como para aquellas otras que se producen a ráfagas, por lo que este tipo de conexión está capacitado para llevar datos de cualquier tipo de servicio en IP, voz, datos y también vídeo. Para establecer el mejor enlace posible, el estándar define mecanismos de modulación adaptativa, que permite que la estación base y los equipos receptores de usuario negocien las condiciones de la modulación a emplear, según las características de cada enlace de radio (Juárez, s.f.).

Por tanto la modulación y codificación adaptativa incrementan significativamente la capacidad de todo el sistema y permite la compensación en tiempo real entre la tasa de transferencia y la robustez de cada enlace.

DISEÑO DE LA RED

CAPITULO II

3.1. Dimensionamiento de la red de banda ancha

Para obtener la demanda que debe cubrir la red se ha obtenido información de las localidades beneficiadas y de las instituciones consideradas en el área de influencia del proyecto.

En la Tabla 3.1 se muestran las localidades beneficiadas de la Provincia de Sihuas con los Distritos correspondientes.

Tabla 3.1 Localidades beneficiadas por distrito.

Nro.	Distrito	Localidad
1	ACOBAMBA	Acombaba
2	ALFONSO UGARTE	Ullulluco
3	CASHAPAMPA	Cashapampa
4	CHINGALPO	Chingalpo
5	HUAYLLABAMBA	Huayllabamba
6	QUICHES	Quiches
7	RAGASH	Ragash
8	SAN JUAN	Chullin
9	SICSIBAMBA	Umbe
10	SIHUAS	Saurapa
11	ACOBAMBA	Jocos
12	ACOBAMBA	Los jardines (Quilca alto)
13	ACOBAMBA	Los pinos (Quilca bajo)

14	HUAYLLABAMBA	San José
15	HUAYLLABAMBA	Pirpo
16	QUICHES	Jocosbamba
17	QUICHES	Condor cerro
18	SAN JUAN	Chinchobamba
19	SICSIBAMBA	Sicsibamba
20	SICSIBAMBA	Caniasbamba
21	CASHAPAMPA	Pariashpampa
22	HUAYLLABAMBA	Pachavilca
23	HUAYLLABAMBA	Santa clara
24	HUAYLLABAMBA	Colcabamba
25	HUAYLLABAMBA	Gasajpampa
26	QUICHES	Casa blanca
27	SAN JUAN	Rosamonte
28	SAN JUAN	Huachina
29	RAGASH	Tucush
30	SAN JUAN	Andaymayo

En la Tabla 3.2 se muestra el número de localidades beneficiadas, locales escolares, instituciones de salud y comisarías.

Tabla 3.2 Instituciones beneficiadas.

LOCALIDAD	Localidades escolares	Establecimientos de salud	Comisarías
ACOMBABA	1	1	0
ULLULLUCO	2	1	0
CASHAPAMPA	2	1	0
CHINGALPO	2	1	0
HUAYLLABAMBA	2	0	0
QUICHES	2	1	0
RAGASH	2	0	0

CHULLIN	2	1	0
UMBE	2	1	0
SAURAPA	2	1	0
JOCOS	2	0	0
LOS JARDINES (QUILCA ALTO)	2	0	0
LOS PINOS (QUILCA BAJO)	2	0	0
SAN JOSÉ	2	0	0
PIRPO	2	1	0
JOCOSBAMBA	2	1	0
CONDOR CERRO	2	0	0
CHINCHOBAMBA	2	1	0
SICSIBAMBA	2	1	0
CANIASBAMBA	2	0	0
PARIASHPAMPA	2	1	0
PACHAVILCA	1	0	0
SANTA CLARA	2	1	0
COLCABAMBA	1	0	0
GASAJPAMPA	2	0	0
CASA BLANCA	1	0	0
ROSAMONTE	1	0	0
HUACHINA	1	0	0
TUCUSH	1	0	0
ANDAYMAYO	2	1	0

Según el informe de Osiptel y de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) - 2015, el porcentaje de penetración de servicios de telecomunicaciones es el que se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Porcentaje de penetración de servicios de telecomunicaciones.

Servicio	Penetración (%)
Telefonía Fija	23.1
Telefonía Móvil	91.7

Internet	26.7
----------	------

También se consideran los nuevos criterios de asignación de Banda Ancha establecidos por FITEI, como se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Nuevos criterios de asignación de Banda Ancha.

Servicio	Velocidad
Colegio	2 Mbps (30% de aulas)
Universidad	50 Mbps
Puestos de salud	2 Mbps
Centros de salud	4 Mbps
Hospitales	8 Mbps
Institutos de salud	4 Mbps
Comisarias	2 Mbps
Municipalidades	4 Mbps
Sedes del Banco de la Nación	2 Mbps
Museos	2 Mbps

En base al porcentaje de penetración de servicios de telecomunicaciones de la Tabla 3.3, se obtiene la cantidad de potenciales usuarios de internet y telefonía (móvil y fija), tal como se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Potenciales usuarios de la Provincia de Sihas.

Nro.	Distrito	Telefonía móvil	Telefonía fija	Internet
1	ACOBAMBA	74	19	34
2	ULLULLUCO	73	19	33
3	CASHAPAMPA	45	12	21
4	CHINGALPO	152	39	68
5	HUAYLLABAMBA	115	29	52
6	QUICHES	176	45	78
7	RAGASH	112	29	50
8	CHULLIN	65	17	29

9	UMBE	84	22	38
10	SAURAPA	45	12	20
11	JOCOS	90	23	41
12	LOS JARDINES	141	36	63
13	LOS PINOS	47	12	22
14	SAN JOSE	24	7	11
15	PIRPO	25	7	12
16	JOCOSBAMBA	112	29	50
17	CONDOR CERRO	149	38	67
18	CHINCHOBAMBA	100	26	45
19	SICSIBAMBA	117	30	52
20	CANIASBAMBA	49	13	23
21	PARIASHPAMPA	69	18	32
22	PACHIVILCA	136	35	61
23	SANTA CLARA	210	53	93
24	COLCABAMBA	84	22	38
25	GASAJPAMPA	45	12	21
26	CASA BLANCA	127	32	57
27	ROSA MONTE	52	13	23
28	HUACHINA	56	14	26
29	TUCUSH	56	14	26
30	ANDAYMAYO	46	12	21

Con la cantidad de potenciales usuarios determinada, se establece un promedio de tráfico generado por los servicios de telefonía, tanto móvil como fija (Tráfico Erlang). Para el caso de internet se ha supuesto una simultaneidad promedio de 4 a 1. Con esto obtenemos los resultados que se muestran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Tráfico Erlang de Telefonía (móvil y fija) y usuarios simultáneos en Internet.

Nro.	Distrito	Telefonía móvil	Telefonía fija	Internet
------	----------	-----------------	----------------	----------

1	ACOBAMBA	0.493	0.316	9
2	ULLULLUCO	0.486	0.316	9
3	CASHAPAMPA	0.3	0.2	6
4	CHINGALPO	1.013	0.65	17
5	HUAYLLABAMBA	0.766	0.483	13
6	QUICHES	1.173	0.75	20
7	RAGASH	0.746	0.483	13
8	CHULLIN	0.433	0.283	8
9	UMBE	0.56	0.366	10
10	SAURAPA	0.3	0.2	5
11	JOCOS	0.6	0.383	11
12	LOS JARDINES	0.94	0.6	16
13	LOS PINOS	0.313	0.2	6
14	SAN JOSE	0.16	0.116	3
15	PIRPO	0.166	0.116	3
16	JOCOSBAMBA	0.746	0.483	13
17	CONDOR CERRO	0.993	0.633	17
18	CHINCHOBAMBA	0.666	0.433	12
19	SICSIBAMBA	0.78	0.5	13
20	CANIASBAMBA	0.326	0.216	6
21	PARIASHPAMPA	0.46	0.3	8
22	PACHIVILCA	0.906	0.583	16
23	SANTA CLARA	1.4	0.883	24
24	COLCABAMBA	0.56	0.366	10
25	GASAJPAMPA	0.3	0.2	6
26	CASA BLANCA	0.846	0.533	15
27	ROSA MONTE	0.346	0.216	6
28	HUACHINA	0.373	0.233	7
29	TUCUSH	0.373	0.233	7
30	ANDAYMAYO	0.306	0.2	6

Para los servicios de telefonía móvil y fija se ha establecido un grado de servicio del 99%, esto significa que de cada cien intentos de llamadas por lo menos una será bloqueada (esto también se interpreta como una probabilidad de 1% de bloqueo). Esto nos permite calcular la cantidad de líneas necesarias para estas localidades como se muestra en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Líneas necesarias para telefonía móvil y fija.

Nro.	Distrito	Telefonía móvil	Telefonía fija
1	ACOBAMBA	3	3
2	ULLULLUCO	3	3
3	CASHAPAMPA	3	2
4	CHINGALPO	4	3
5	HUAYLLABAMBA	4	3
6	QUICHES	5	4
7	RAGASH	4	3
8	CHULLIN	3	2
9	UMBE	3	3
10	SAURAPA	3	2
11	JOCOS	3	3
12	LOS JARDINES	4	3
13	LOS PINOS	3	2
14	SAN JOSE	2	2
15	PIRPO	2	2
16	JOCOSBAMBA	4	3
17	CONDOR CERRO	4	3
18	CHINCHOBAMBA	4	3
19	SICSIBAMBA	4	3
20	CANIASBAMBA	3	2
21	PARIASHPAMPA	3	3
22	PACHIVILCA	4	3

23	SANTA CLARA	5	4
24	COLCABAMBA	3	3
25	GASAJPAMPA	3	2
26	CASA BLANCA	4	3
27	ROSA MONTE	3	2
28	HUACHINA	3	2
29	TUCUSH	3	2
30	ANDAYMAYO	3	2

La velocidad ofrecida por cada usuario para acceder a internet será de 2 Mbps de Download y 0.5 Mbps de Upload con un servicio garantizado del 40%. Para los servicios de telefonía móvil y fija se elige un canal de 32 Kbps (basado en el Codificador G. 729).

Con estas consideraciones se ha establecido el ancho de banda por localidad que se muestra en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Demanda en Mbps por cada localidad.

Nro.	Localidad	Download	Upload
1	ACOBAMBA	24.576	10.752
2	ULLULUCO	26.576	12.752
3	CASHAPAMPA	18.408	9.192
4	CHINGALPO	42.984	16.872
5	HUAYLLABAMBA	26.792	6.824
6	QUICHES	49.176	18.456
7	RAGASH	26.792	6.824
8	CHULLIN	24.504	12.216
9	UMBE	28.624	13.264
10	SAURAPA	16.36	8.68
11	JOCOS	24.672	7.776
12	LOS JARDINES	34.936	10.36
13	LOS PINOS	14.408	5.192
14	SAN JOSE	8.24	3.632

15	PIRPO	10.24	5.632
16	JOCOSBAMBA	34.792	14.824
17	CONDOR CERRO	36.984	10.872
18	CHINCHOBAMBA	30.744	12.312
19	SICSIBAMBA	34.792	14.824
20	CANIASBAMBA	16.408	7.192
21	PARIASHPAMPA	24.528	12.24
22	PACHAVILCA	34.936	10.36
23	SANTA CLARA	57.368	20.504
24	COLCABAMBA	22.624	7.264
25	GASAJAPAMPA	16.408	7.192
26	CASABLANCA	32.888	9.848
27	ROSAMONTE	14.408	5.192
28	HUACHINA	16.456	5.704
29	TUCUSH	16.456	5.704
30	ANDAYMAYO	20.408	11.192
TOTAL		787.488	297.544

En la siguiente tabla se muestra en ancho de banda para cada uno de los 10 distritos.

Tabla 3.9 Demanda en Mbps por cada distrito.

Nro.	Distrito	Download	Upload
1	SIHUAS	16.36	8.68
2	RAGASH	43.248	12.528
3	SAN JUAN	106.52	46.616
4	SICSIBAMBA	79.824	35.28
5	HUAYLLABAMBA	176.608	54.584
6	ALFONSO UGARTE	26.576	12.752
7	QUICHES	153.84	54
8	ACOBAMBA	98.592	34.08
9	CHINGALPO	42.984	16.872
10	CASHAPAMPA	42.936	21.432
TOTAL		787.488	297.544

3.2. Diseño de la red de fibra óptica

Desde el Nodo Provincial de la ciudad de Sihuas se desarrollará la red provincial de transporte de fibra óptica que interconectará las demás capitales de distrito donde se instalarán los nodos ópticos. Para esto se hará uso de la infraestructura eléctrica de alta y media tensión, así como de la red vial.

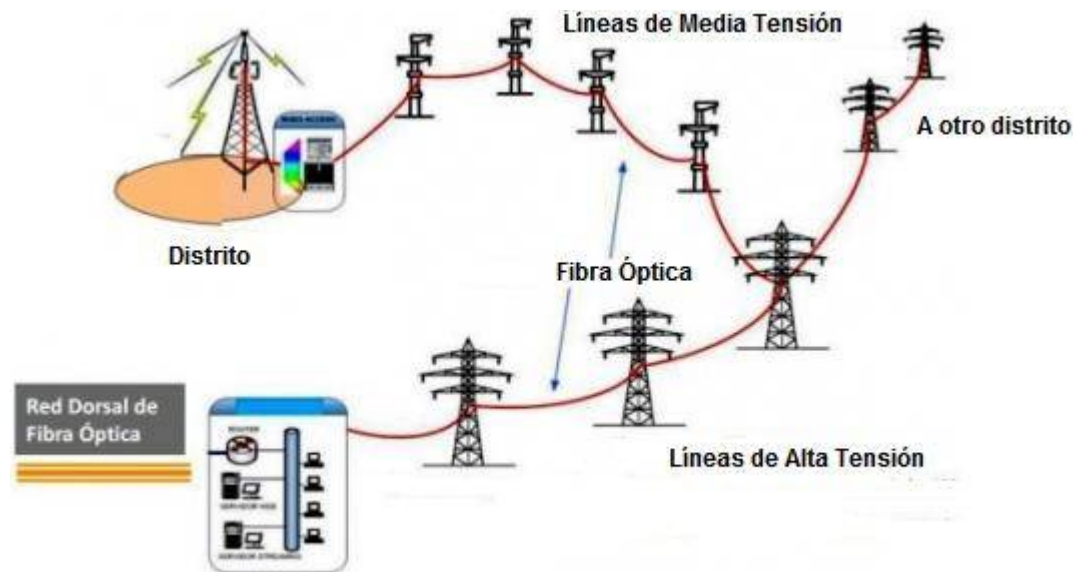


Figura 3.1 Infraestructura para el tendido de fibra óptica.

Para diseñar la red correctamente, se debe tener en cuenta la demanda estimada que se obtuvo en el análisis de dimensionamiento (ver Tabla 3.9).

Es necesario realizar un análisis de localización para cada nodo de la red de transporte provincial para poder determinar la distancia del tendido aéreo de fibra óptica sobre la infraestructura eléctrica y el tendido subterráneo en la red vial considerada. Es importante recordar que el nodo de agregación de Sihuas será el que gestionará todo el tráfico provincial, por lo cual dimensionaremos la red de transporte óptico a partir de este nodo de agregación.

Tabla 3.10 Ubicación de nodos ópticos.

Nro.	Distrito	Localidad	Download	Upload
1	SIHUAS	Sihuas	-77.63646	-8.5526
2	RAGASH	Ragash	-77.66721	-8.53271

3	SAN JUAN	Chullin	-77.58138	-8.64677
4	SICSIBAMBA	Umbe	-77.53561	-8.62343
5	HUAYLLABAMBA	Huayllabamba	-77.56683	-8.53486
6	ALFONSO UGARTE	Ullulluco	-77.428445	-8.45447
7	QUICHES	Quiches	-77.4914	-8.39457
8	ACOBAMBA	Acobamba	-77.58112	-8.32598
9	CHINGALPO	Chingalpo	-77.5375	-8.34472
10	CASHAPAMPA	Cashapampa	-77.65284	-8.56027

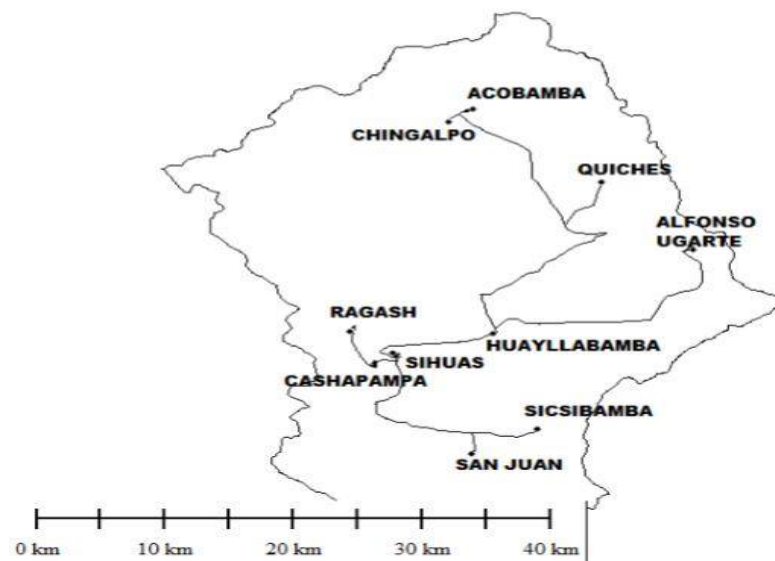


Figura 3.2 Ubicación de nodos ópticos.

El diagrama unifilar nos permite dimensionar las diferentes interfaces (ver Tabla 3.11) para satisfacer la demanda establecida en cada nodo óptico (ver Tabla 3.12).

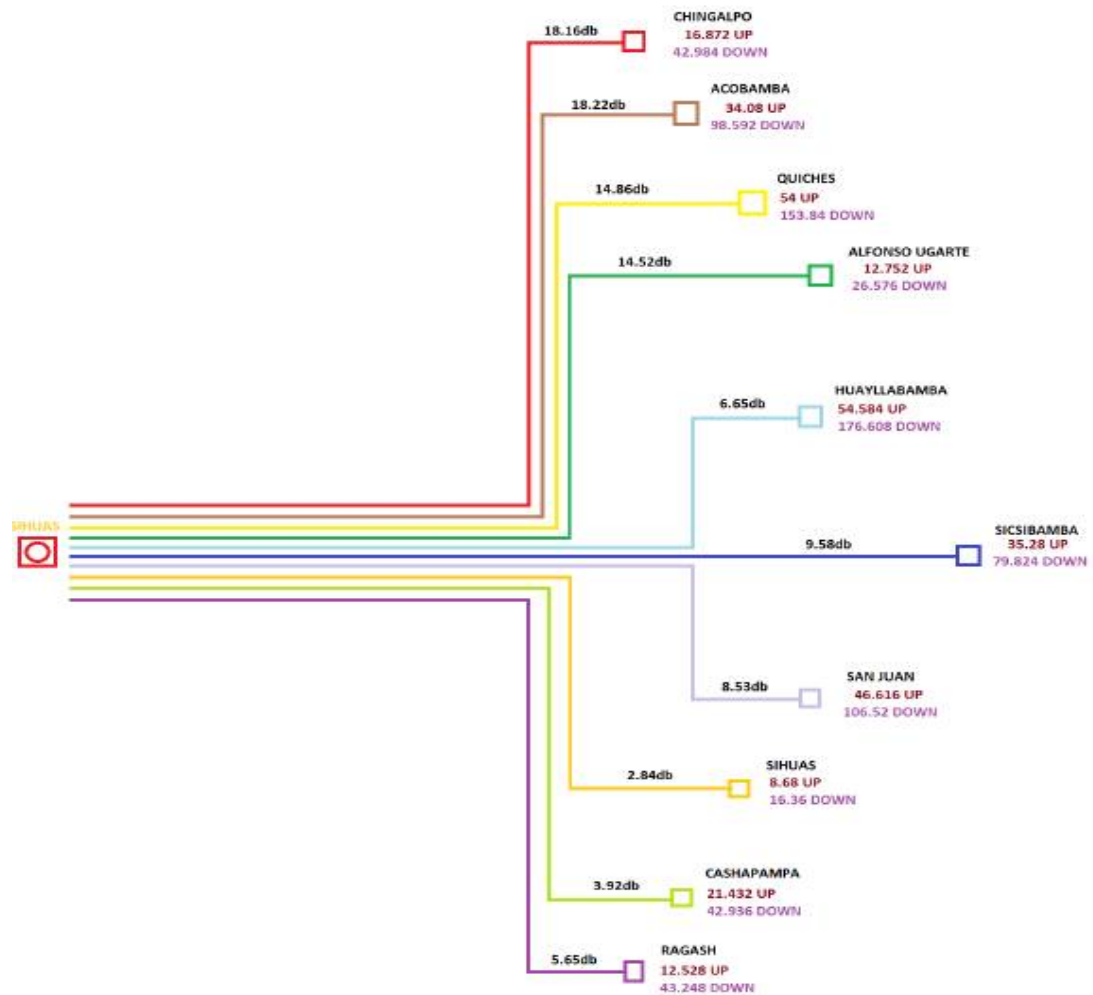


Figura 3.3 Diagrama unifilar.

Tabla 3.11 Tarjetas Ópticas.

Portadora	Velocidad (Mbps)
OC-1	51.84
OC-3	155.22
OC-9	466.56
OC-12	622.08
OC-18	933.12
OC-24	1244.16
OC-36	1866.24
OC-48	2488.32
OC-96	4976.64
OC-192	9953.28

Tabla 3.12 Interfaces Ópticas por Nodo de Distribución.

NODO	SONET	
	DOWN	UP
Sihuas	OC-1	OC-1
Ragash	OC-1	OC-1
San Juan	OC-3	OC-1
Sicsibamba	OC-3	OC-1
Huayllabamba	OC-9	OC-3
Alfonso Ugarte	OC-1	OC-1
Quiches	OC-3	OC-3
Acobamba	OC-3	OC-1
Chingalpo	OC-1	OC-1
Cashapampa	OC-1	OC-1
Interfaz de Nodo de Sihuas		
Sihuas	OC-18	OC-3

Se usará fibra óptica monomodo (ITU.T-G.652D) con una atenuación máxima de 0.35 dB/Km a 1310 nm y 0.25 dB/Km a 1550 nm.

La planta de fibra óptica tendrá dos componentes: la planta interior y la planta exterior. La planta interior consta de un gabinete de piso, donde en la parte inferior se instalarán las bandejas de empalme, y en la parte superior las bandejas de acopladores, mientras que en la parte media se ubicará el equipo de conmutación óptico.

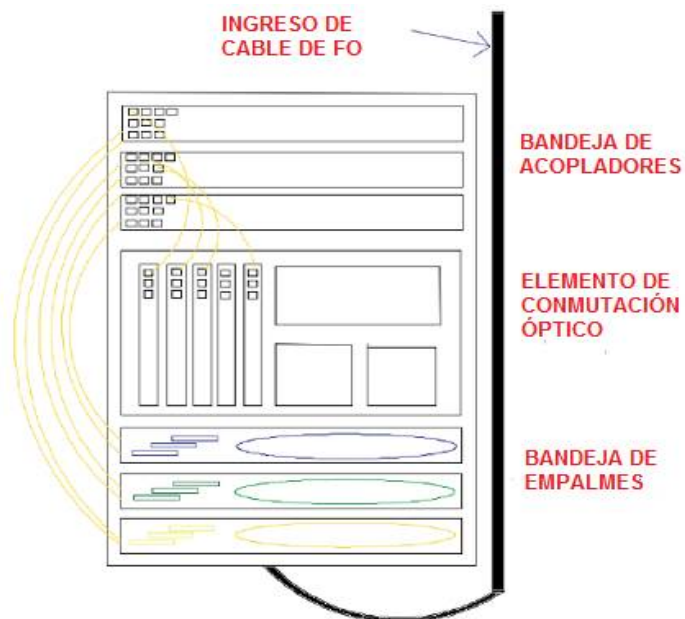


Figura 3.4 Gabinete de piso.

Trabajando con la fibra óptica monomodo en la tercera ventana, se tiene una atenuación de 0.25 dB/Km. Además, considerando un empalme cada 2 Km, 10% de reserva de fibra, 5% de catenaria y un margen de 2 dB, se puede desarrollar el presupuesto de enlace como se muestra en la tabla 3.12.

Tabla 3.13 Pérdidas de línea punto a punto.

NODO	ATENUACIÓN	CONECTORES	EMPALMES	MARGEN	PERDIDAS TOTALES
Chingalpo	14.1565 dB	0.5 dB	1.5 dB	2 dB	18.1565 dB
Acobamba	14.216875 dB	0.5 dB	1.5 dB	2 dB	18.216875 dB
Quiches	11.16075 dB	0.5 dB	1.2 dB	2 dB	14.86075 dB
Alfonso Ugarte	10.870375 dB	0.5 dB	1.15 dB	2 dB	14.520375 dB
Huayllabamba	3.69725 dB	0.5 dB	0.45 dB	2 dB	6.64725 dB
Sicsibamba	6.3825 dB	0.5 dB	0.7 dB	2 dB	9.5825 dB
San Juan	5.43375 dB	0.5 dB	0.6 dB	2 dB	8.53375 dB
Sihuas	0.244375 dB	0.5 dB	0.1 dB	2 dB	2.844375 dB
Cashapampa	1.219 dB	0.5 dB	0.2 dB	2 dB	3.919 dB
Ragash	2.803125 dB	0.5 dB	0.3 dB	2 dB	5.653125 dB

La selección de cada equipamiento deberá asegurar que las pérdidas totales estén dentro de las pérdidas máximas disponibles sobre cada ruta (hasta 22 dB como máximo).

Con estas consideraciones, el diseño de la red de transporte óptico estará formado por un equipo CISCO ONS 15454 en el Nodo Provincial de Sihuas y con un Router Cisco ASR 903 en cada Nodo de Distribución. Además, cada nodo óptico, incluyendo el nodo provincial, tendrá su respectiva tarjeta de interfaz óptica correspondiente para las velocidades y atenuaciones especificadas en las tablas 3.9 y 3.13.



Figura 3.5 Equipo CISCO ONS 15454.



Figura 3.6 Router Cisco ASR 903.

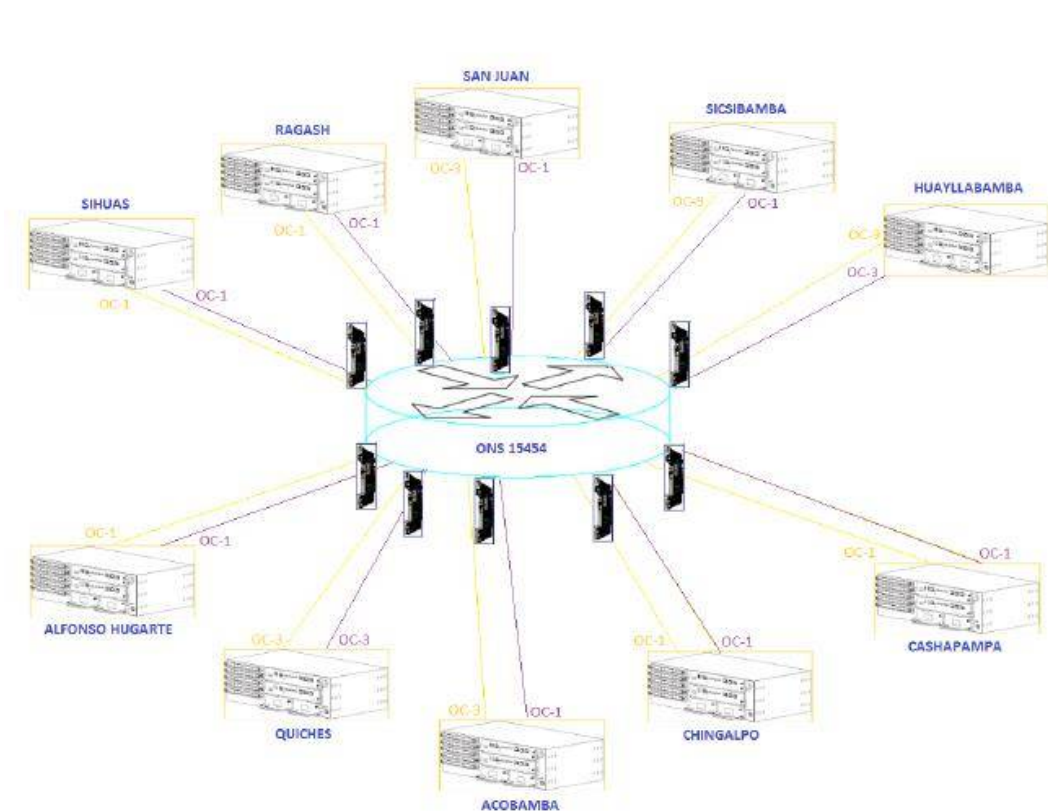


Figura 3.7 Esquemas de la Red de Transporte Regional.

3.3. Diseño de la red inalámbrica

Una vez establecido el diseño de la red de transporte óptico, procedemos al estudio del diseño de las redes inalámbricas en cada uno de los distritos a partir de cada nodo óptico. En la tabla 3.14 se tiene la ubicación de cada localidad y en la tabla 3.8 se pueden ver las capacidades estimadas que deben ser cubiertas.

Tabla 3.14 Ubicación de localidades.

Localidad	Longitud	Latitud
-----------	----------	---------

ACOBAMBA	- 77. 58112	-8.32598
ULLULLUCO	- 77. 428445	-8.45447
CASHAPAMPA	- 77. 65284	-8.56027
CHINGALPO	- 77. 5977	-8.33843
HUAYLLABAMBA	- 77. 56683	-8.53486
QUICHES	- 77. 4914	-8.39457
RAGASH	- 77. 66721	-8.53271
CHULLIN	- 77. 58138	-8.64677
UMBE	- 77. 53561	-8.62343
SAURAPA	- 77. 59865	-8.55834
JOCOS	- 77. 534	-8.296
LOS JARDINES	- 77. 57098	-8.31768
LOS PINOS	- 77. 57601	-8.32159
SAN JOSE	- 77. 55762	-8.55404
PIRPO	- 77. 55419	-8.57139
JOCOSBAMBA	- 77. 53851	-8.39355
CONDOR CERRO	- 77. 49809	-8.411
CHINCHOBAMBA	- 77. 574338	-8.67362
SICSIBAMBA	- 77. 57906	-8.62264
CANIASBAMBA	- 77. 55021	-8.63134
PARIASHPAMPA	- 77. 62354	-8.61768
PACHAVILCA	-77.554735	-8.55262
SANTA CLARA	- 77. 48813	-8.53191
COLCABAMBA	-77.517849	-8.559826
GASAJPAMPA	- 77. 56123	-8.5721
CASA BLANCA	- 77. 54781	-8.41608
ROSAMONTE	- 77. 60674	-8.63542
HUACHINA	- 77. 6133	-8.65817
TUCUSH	- 77. 641053	-8.498148
ANDAYMAYO	- 77. 629753	-8.660547

3.3.1. Evaluación de los radioenlaces

Para el diseño de los radioenlaces se utilizará la tecnología airMAX ac en la banda de 5 GHz, la cual es desarrollada por la marca Ubiquiti Networks.

Esta tecnología es utilizada en comunicaciones inalámbricas fijas a través de dos métodos de despliegue: punto a punto (PtP) y punto a multipunto (PtMP).

- **Punto a punto (PtP):** Conecta dos lugares, usualmente separados por varios kilómetros, formando un puente de Ethernet.
- **Enlaces punto a multipunto (PtMP):** Conecta tres o más ubicaciones utilizando una estación base (o punto de acceso) y múltiples dispositivos CPE (estaciones) conectados al punto de acceso.

En la siguiente tabla, se puede apreciar la relación que existe entre la capacidad de transmisión, el tipo de modulación y la potencia generada por los equipos de airMAX ac.

Tabla 3.15 Características de la tecnología airMAX ac.

Capacidad	Modulación	airMAX ac
La más alta	1024QAM	-
.	256QAM	19 dBm
.	64QAM	21 dBm
.	16QAM	22 dBm
.	QPSK	24 dBm
La más baja	BPSK	27 dBm

De la tabla anterior, podemos deducir que mientras más compleja sea la modulación, mayor será la capacidad de transmisión del radio enlace. Además, la potencia se selecciona según el tipo de modulación que se desea utilizar.

Un punto importante es que si se sobrepasan los 19 dBm, los equipos airMAX ac seguirán utilizando la modulación 256 QAM. Esto es debido a

que si aumentamos la potencia se incrementará el alcance del radio enlace, más no la capacidad de transmisión.

Otro detalle que se debe tener en cuenta es que el nivel adecuado de la potencia de recepción (Rx) debe estar en el rango de -55 dBm a -45 dBm. Un nivel de potencia mayor de -40 dBm puede ocasionar daños a los equipos de radio, mientras que un nivel de potencia menor que -60 dBm genera errores en la transmisión. Para lograr estar en los rangos de energía adecuados, los fabricantes de la tecnología airMAX ac recomiendan variar la ganancia de las antenas.

En la siguiente tabla se observa que cuando el ancho de canal es menor, la transmisión es más inmune al ruido, sin embargo, tiene como consecuencia la disminución de la capacidad de transmisión.

Tabla 3.16 Características del ancho de canal de airMAX ac.

Ruido	Densidad de energía	Capacidad	Ancho de canal	airMAX ac
Afecta más	Más baja	La más alta	80 MHz	550 Mbps
.	.	.	60 MHz	412 Mbps
.	.	.	50 MHz	243 Mbps
.	.	.	40 MHz	275 Mbps
.	.	.	30 MHz	206 Mbps
.	.	.	20 MHz	137 Mbps
Afecta menos	Más alta	La más baja	10 MHz	68.7 Mbps

3.3.2. [Radioenlaces para las localidades de Sihuas](#)

La ciudad de Sihuas solo debe cubrir la demanda de una localidad: Saurapa. En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de ambos puntos.



Figura 3.8 Ubicación geográfica de Sihuas y Saurapa.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

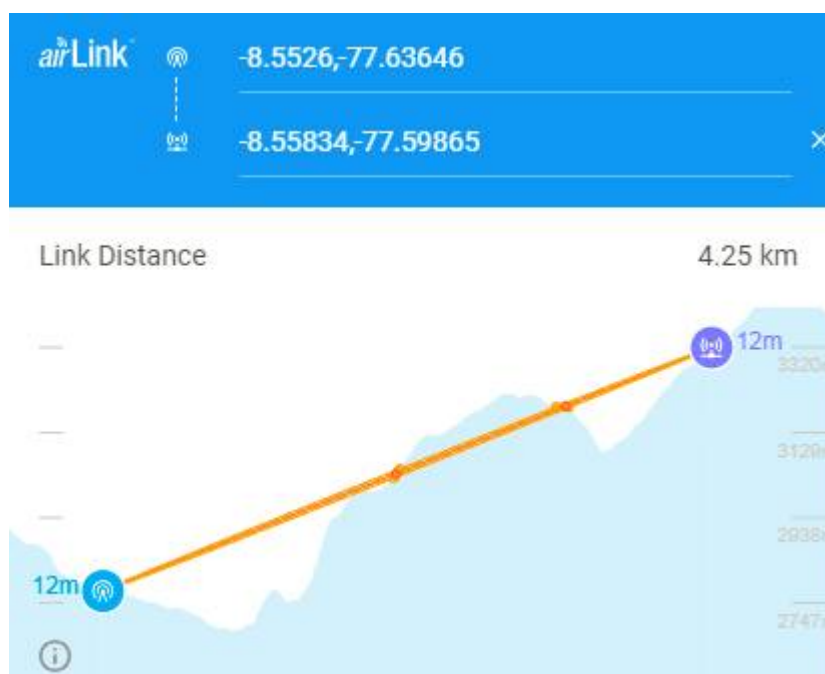


Figura 3.9 Ubicación de Sihuas y Saurapa en AirLink.

El repetidor se ubicará a 2.57 Km de la ciudad de Sihuas como se muestra en la siguiente imagen.

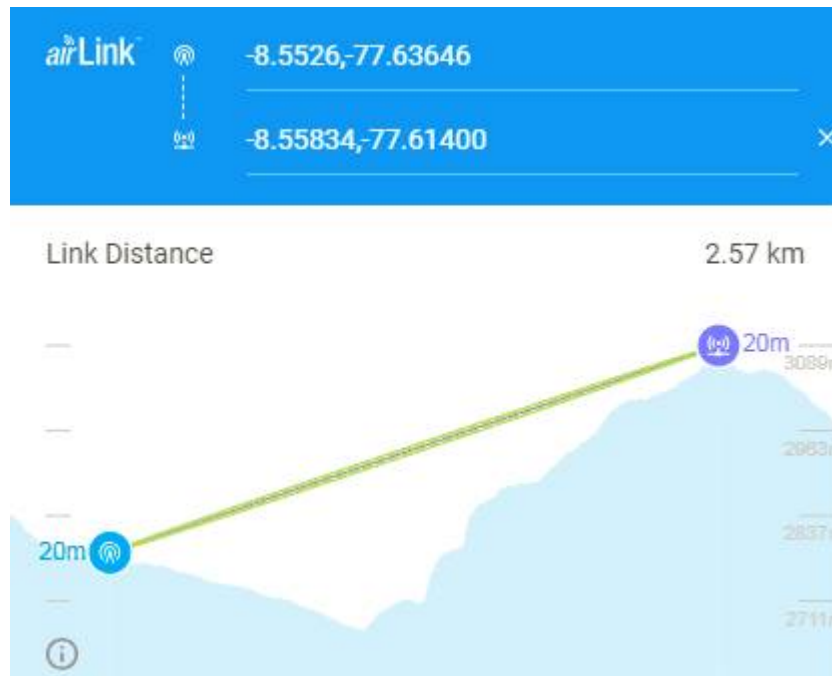


Figura 3.10 Ubicación de Sihuas y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de las antenas hasta 22 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 16 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

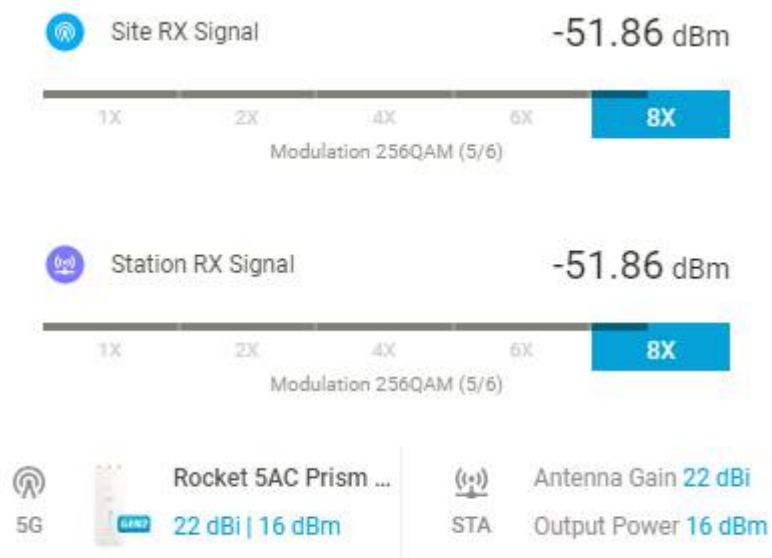


Figura 3.11 Niveles de recepción y ganancias de las antenas de Sihuas y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario estará ubicado en la localidad de Saurapa.

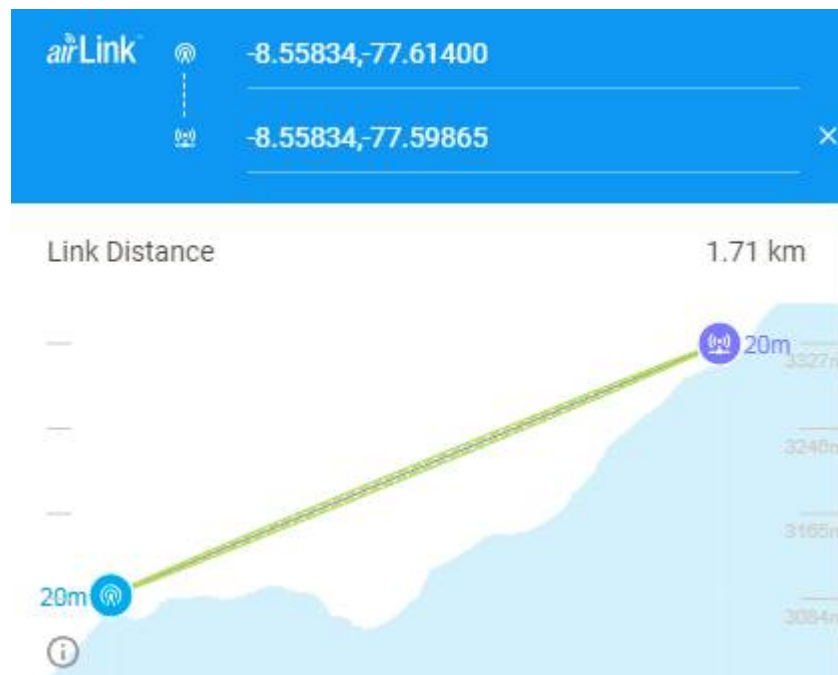


Figura 3.12 Ubicación del Repetidor y Saurapa en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena de la localidad de Saurapa hasta 22 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 16 dBm porque para trabajar con la modulación 256QAM.

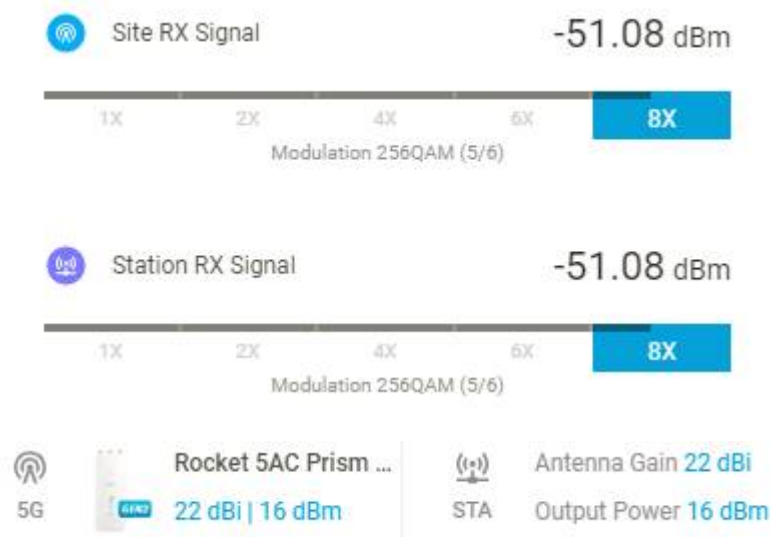


Figura 3.13 Niveles de recepción y ganancias de las antenas del Repetidor y Saurapa.

En cuanto al ancho del canal, también se optó por 10 MHz para aumentar la inmunidad al ruido. El software AirLink nos muestra que la capacidad de transmisión para este radio enlace es de 60.55 Mbps, los cuales son suficientes para transmitir información desde la ciudad de Sihuas hasta la localidad de Saurapa.



Figura 3.14 Ancho de canal para Sihuas.

3.3.3. Radioenlaces para las localidades de Chingalpo

La ciudad de Chingalpo solo debe cubrir la demanda de una localidad: Chingalpo. En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de ambos puntos.



Figura 3.15 Ubicación geográfica de Chingalpo y la localidad de Chingalpo.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de dos repetidores.

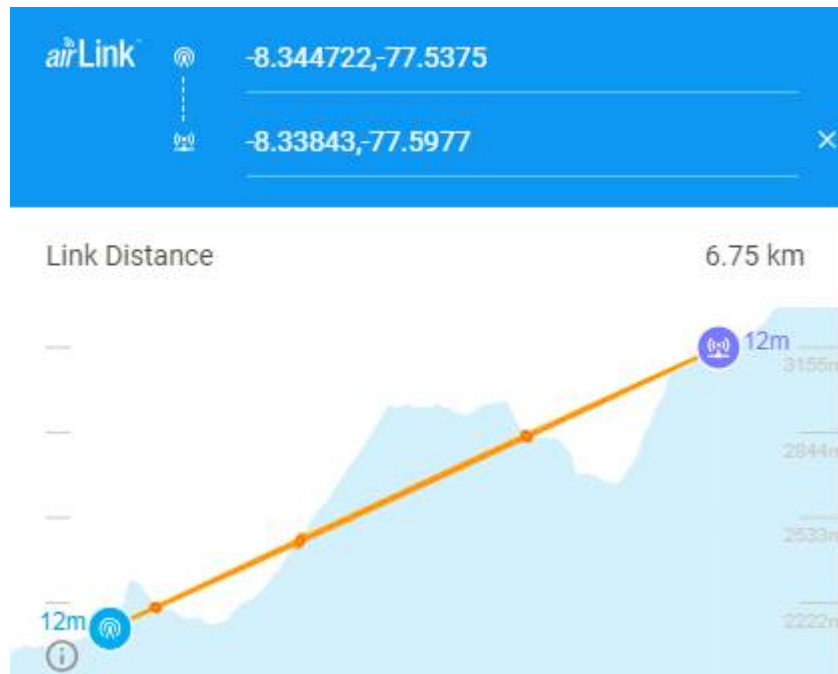


Figura 3.16 Ubicación de Chingalpo y la localidad de Chingalpo en AirLink.

El primer repetidor se ubicará a 784.11 m de la ciudad de Chingalpo como se muestra en la siguiente imagen.

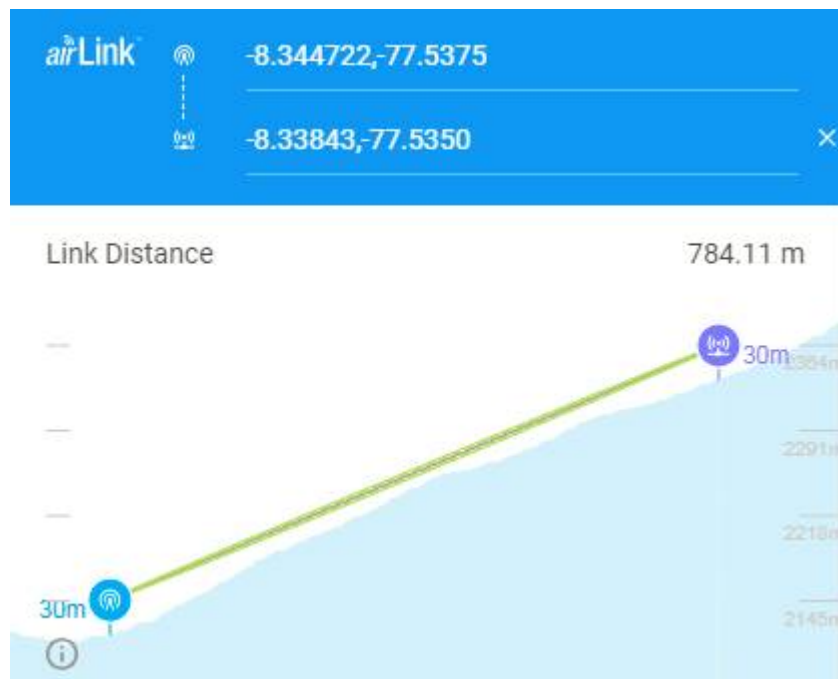


Figura 3.17 Ubicación de Chingalpo y del primer repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 17 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

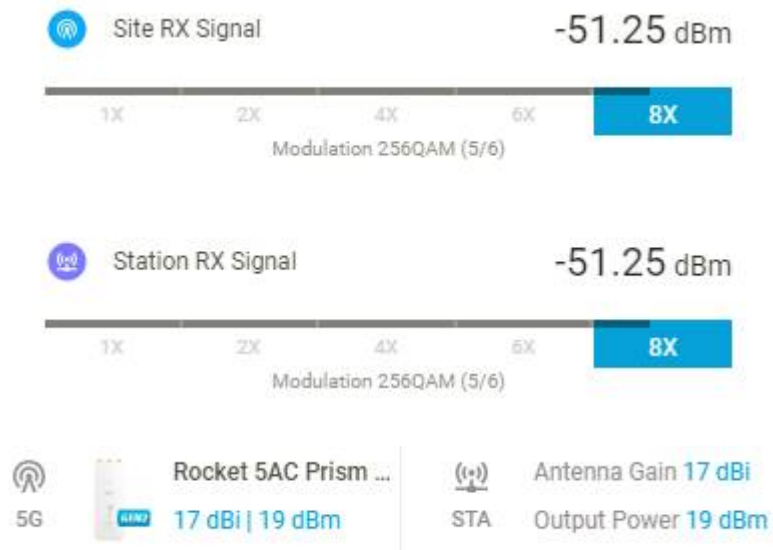


Figura 3.18 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Chingalpo y del primer repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Primer Repetidor, mientras que el nodo secundario será el Segundo Repetidor.

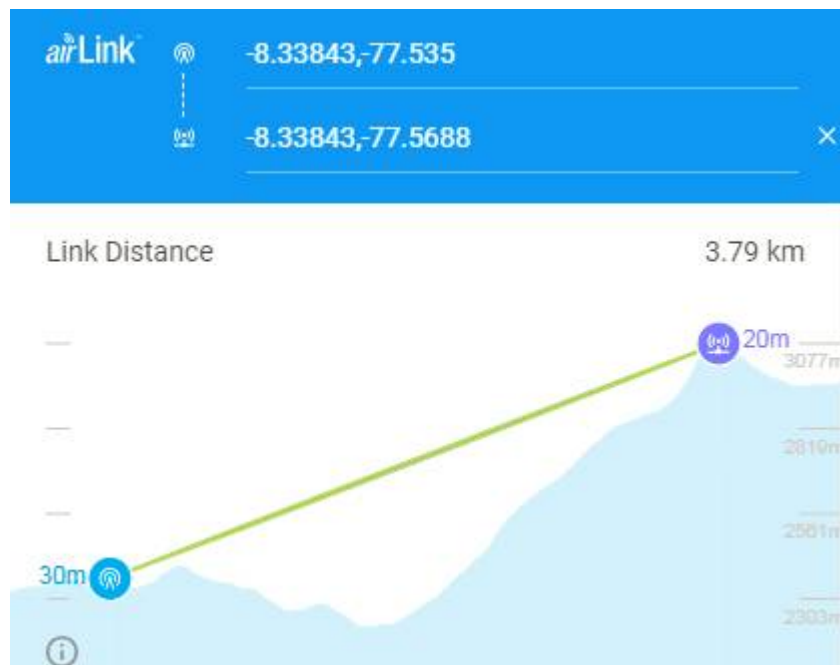


Figura 3.19 Ubicación del primer y segundo repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Segundo repetidor hasta 30 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.20 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del primer y segundo repetidor.

Para el tercer radio enlace el nodo principal será el Segundo repetidor, mientras que el nodo secundario será localidad de Chingalpo.

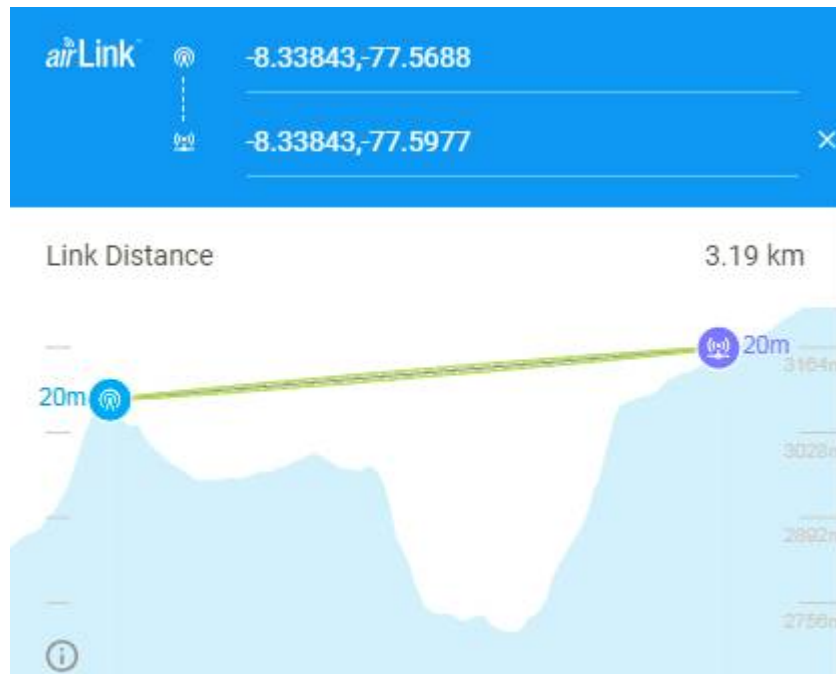


Figura 3.21 Ubicación del segundo repetidor y Chingalpo en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena de la localidad de Chingalpo hasta 17 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

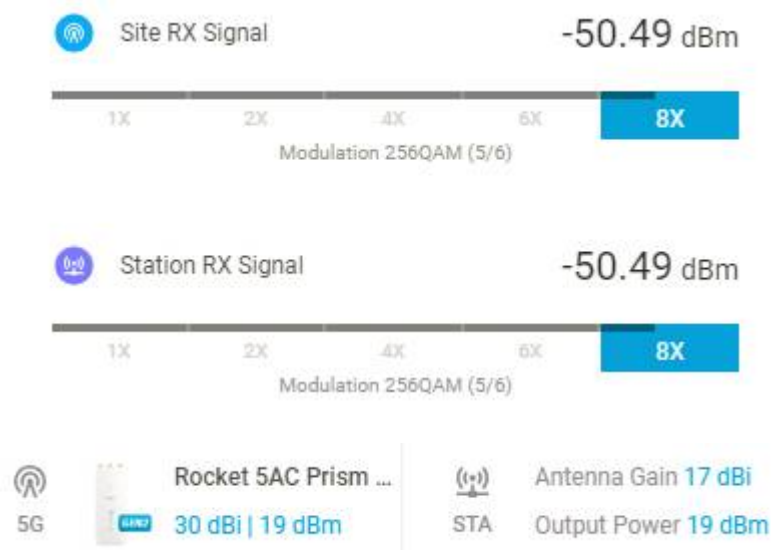


Figura 3.22 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del segundo repetidor y Chingalpo.

En cuanto al ancho del canal, se optó por 10M Hz para aumentar la inmunidad al ruido. El software AirLink nos muestra que la capacidad de transmisión para estos radio enlaces es de 60.55 Mbps, los cuales son suficientes para transmitir información desde el distrito de Chingalpo hasta su localidad.



Figura 3.23 Ancho de canal para Chingalpo.

3.3.4. Radioenlaces para las localidades de Alfonso Ugarte

La ciudad de Alfonso Ugarte solo debe cubrir la demanda de una localidad: Ullulluco.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de ambos puntos.



Figura 3.24 Ubicación geográfica de Alfonso Ugarte y la localidad de Ullulluco.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

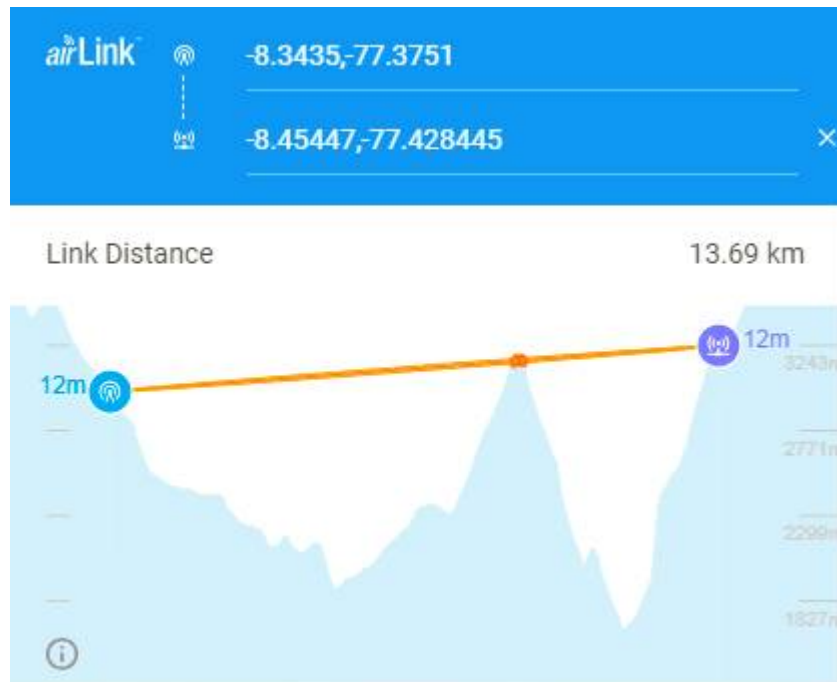


Figura 3.25 Ubicación de Alfonso Ugarte y Ullulluco en AirLink.

El repetidor se ubicará a 9.53 Km de la ciudad de Alfonso Ugarte como se muestra en la siguiente imagen.

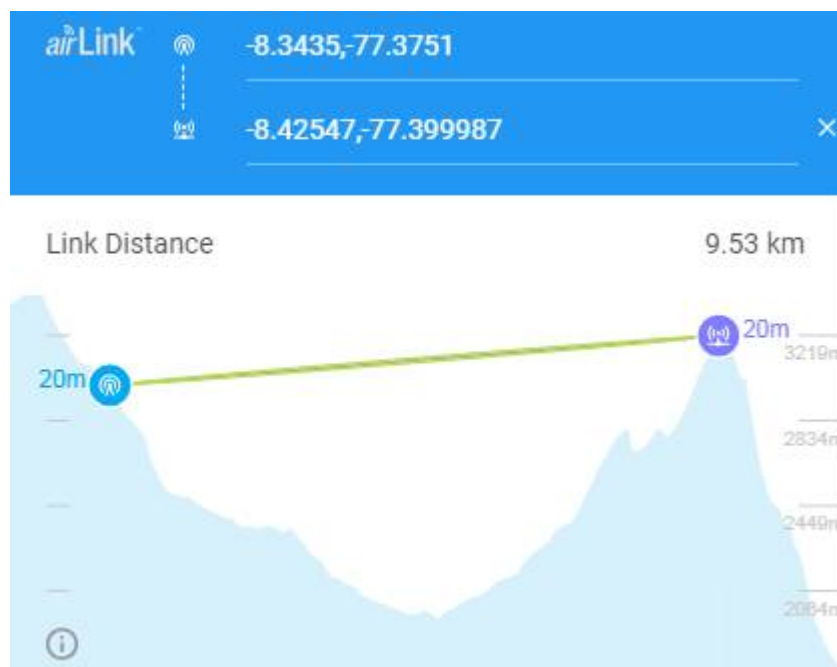


Figura 3.26 Ubicación de Alfonso Ugarte y el repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 28 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.27 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Alfonso Ugarte y el repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario será la localidad de Ullulluco.



Figura 3.28 Ubicación del Repetidor y la localidad de Ullulluco en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena de la localidad de Ullulluco hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.29 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Ullulluco.

En cuanto al ancho del canal, se optó por 10 MHz para aumentar la inmunidad al ruido. El software AirLink nos muestra que la capacidad de transmisión para estos radio enlaces es de 60.55 Mbps, los cuales son suficientes para transmitir información desde el distrito Alfonso Ugarte hasta la localidad de Ullulluco.



Figura 3.30 Ancho de canal para Alfonso Ugarte.

3.3.5. Radioenlaces para las localidades de Ragash

La ciudad de Ragash debe cubrir la demanda de dos localidades: Ragash y Tucush.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica del distrito de Ragash y la localidad de Ragash.



Figura 3.31 Ubicación geográfica de Ragash y la localidad de Ragash.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

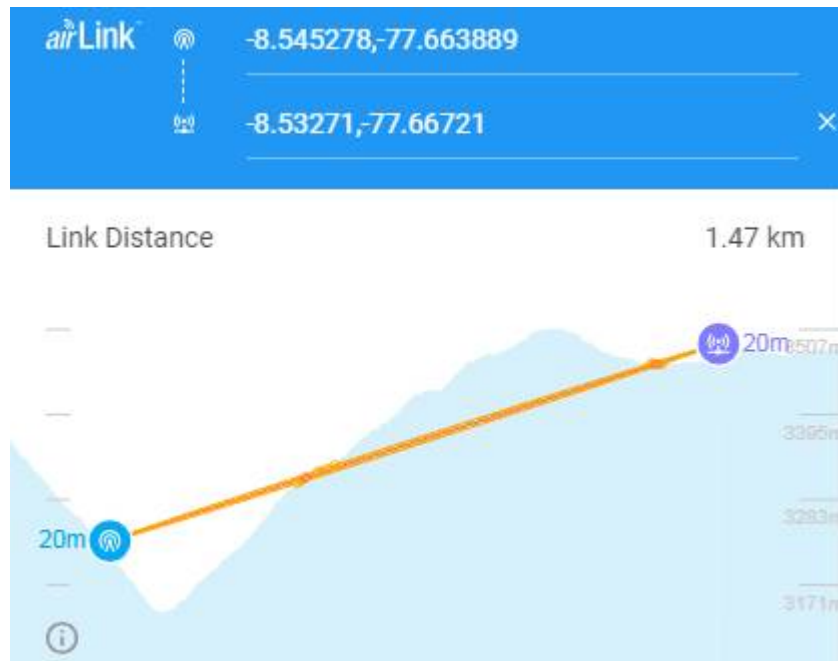


Figura 3.32 Ubicación de Ragash y la localidad de Ragash en AirLink.

El repetidor se ubicará a 2.15 Km de la ciudad de Ragash como se muestra en la siguiente imagen.

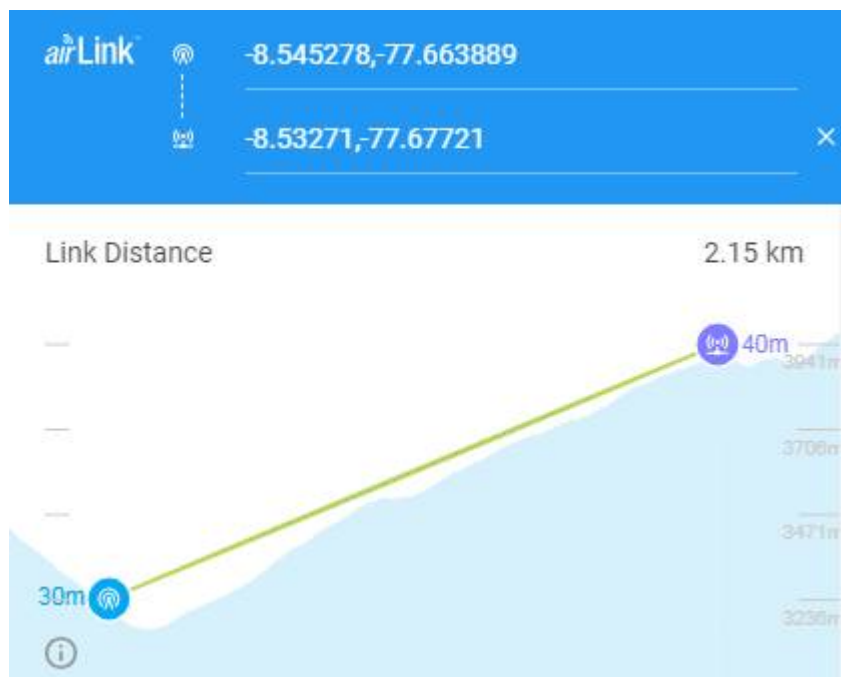


Figura 3.33 Ubicación de Ragash y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

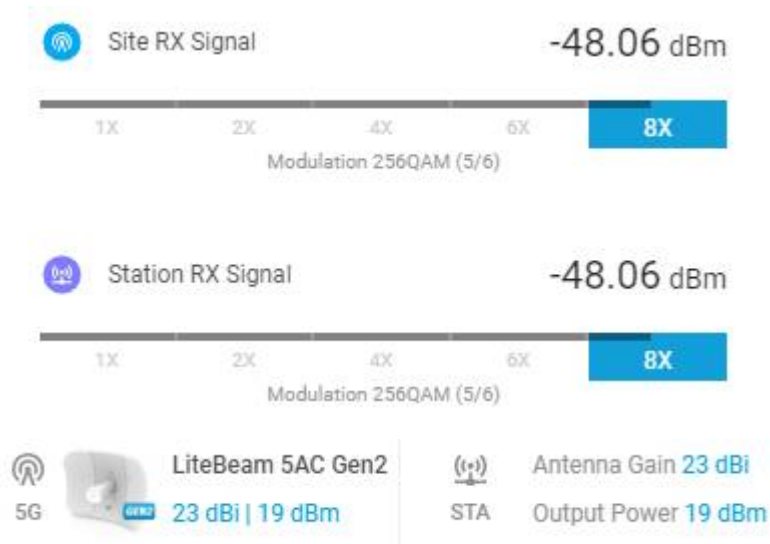


Figura 3.34 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Ragash y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario será la localidad de Ragash.

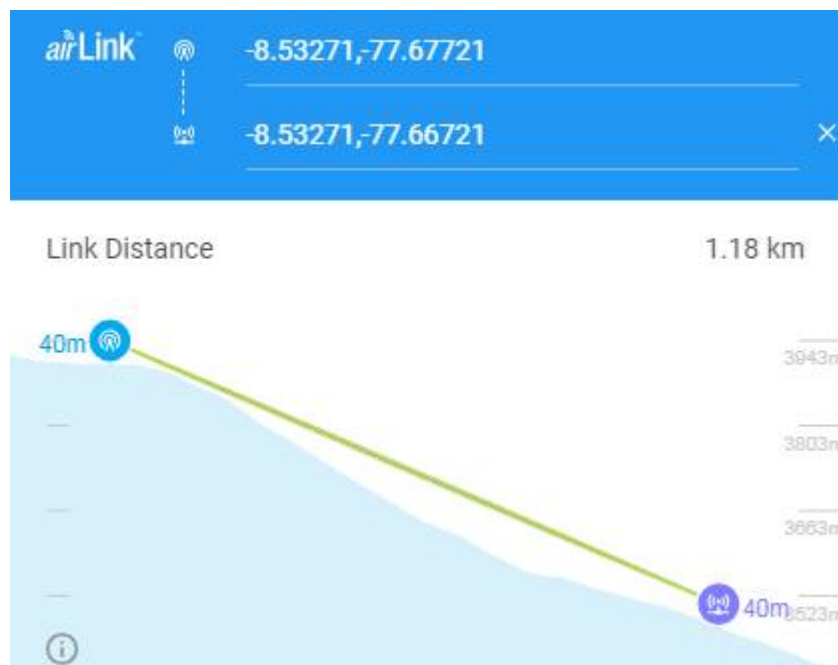


Figura 3.35 Ubicación del Repetidor y la localidad de Ragash en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Ragash hasta 19 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

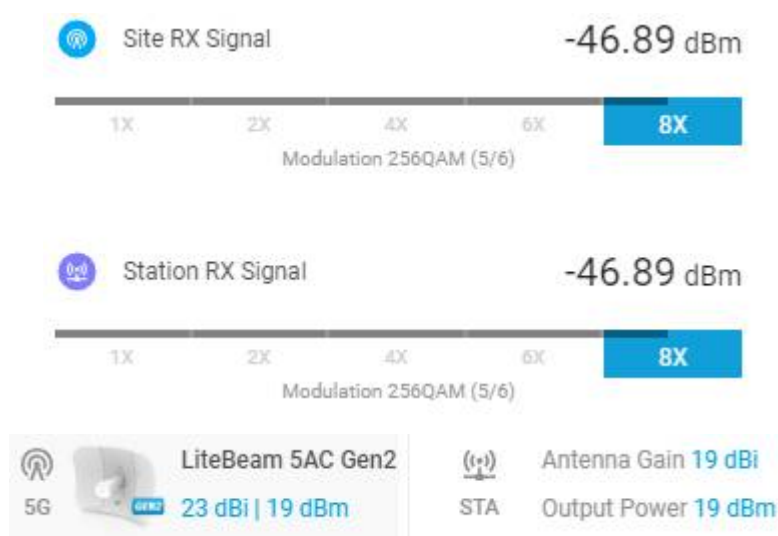


Figura 3.36 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Ragash.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica del distrito de Ragash y la localidad de Tucush.



Figura 3.37 Ubicación geográfica de Ragash y la localidad de Tucush.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

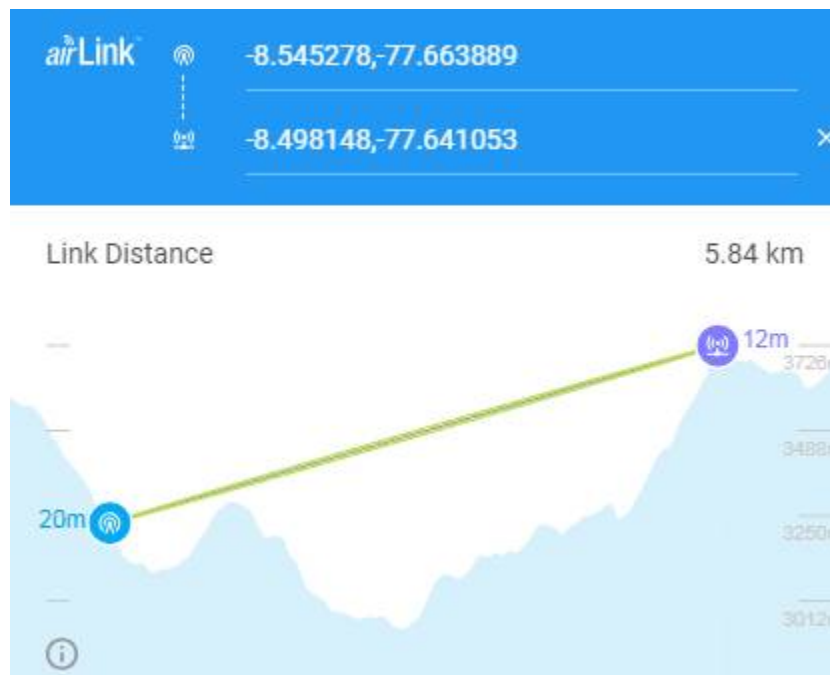


Figura 3.38 Ubicación de Ragash y la localidad de Tucush en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Tucush hasta 25 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

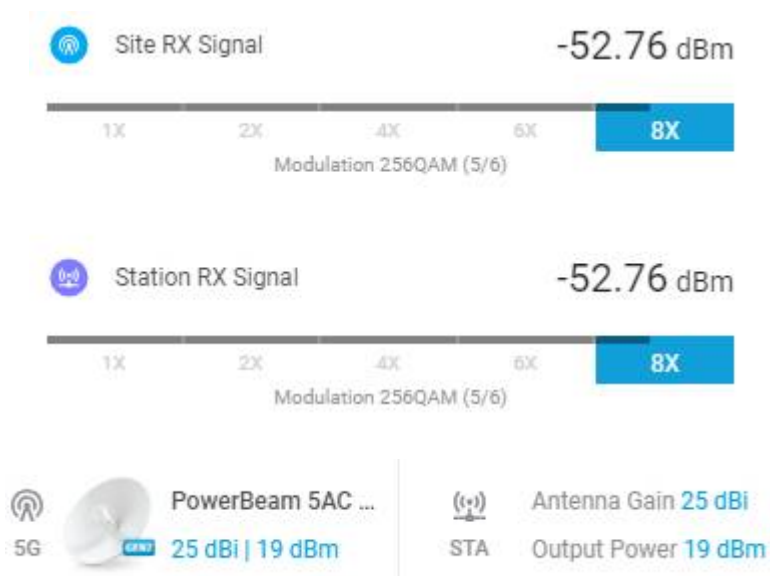


Figura 3.39 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Ragash y la localidad de Tucush.

En cuanto al ancho del canal, se optó por 10 MHz para aumentar la inmunidad al ruido. El software AirLink nos muestra que la capacidad de transmisión para estos radioenlaces es de 60.55 Mbps, los cuales son suficientes para transmitir información desde el distrito de Ragash hasta sus dos localidades.



Figura 3.40 Ancho de canal para Ragash.

3.3.6. Radioenlaces para las localidades de Quiches

La ciudad de Quiches debe cubrir la demanda de cuatro localidades: Quiches, Jocosbamba, Cóndor Cerro y Casa Blanca.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Quiches y la localidad de Quiches.



Figura 3.41 Ubicación geográfica de Quiches y la localidad de Quiches.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

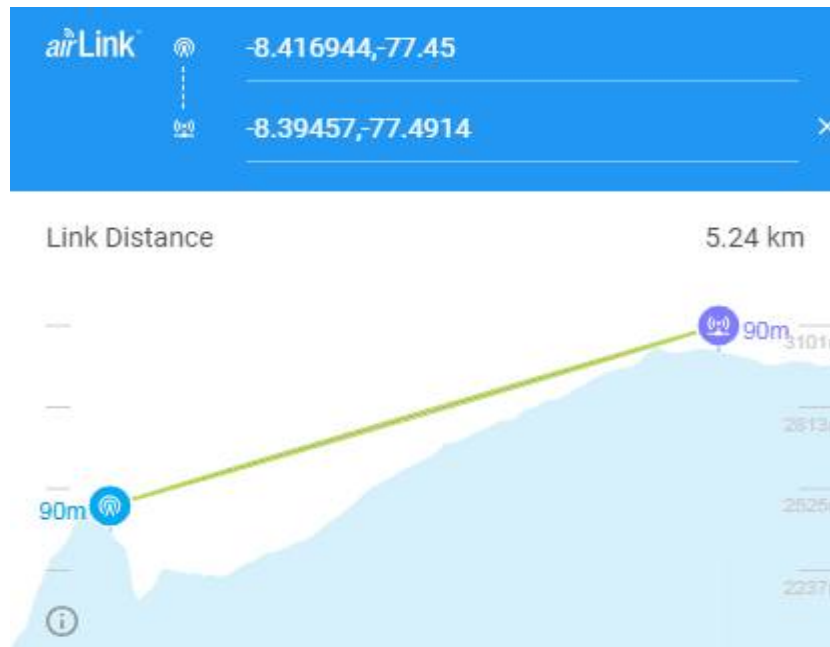


Figura 3.42 Ubicación de Quiches y la localidad de Quiches en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Quiches hasta 25 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

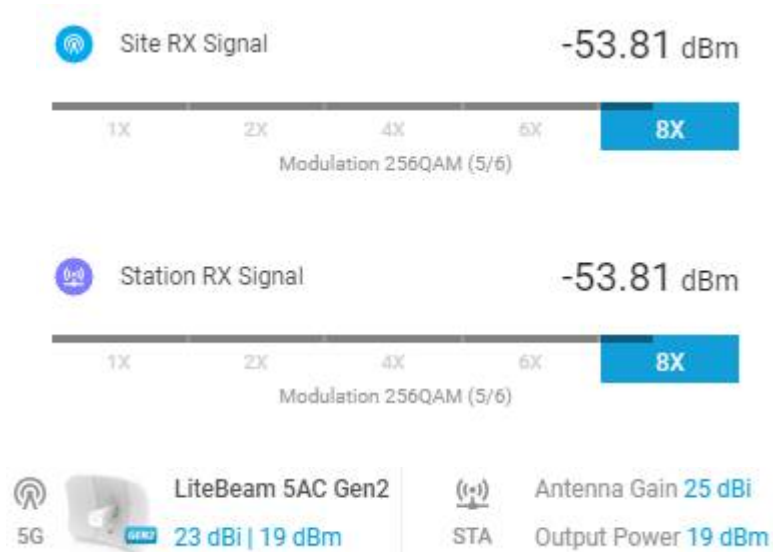


Figura 3.43 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Quiches y la localidad de Quiches.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Quiches y la localidad de Jocobamba.



Figura 3.44 Ubicación geográfica de Quiches y la localidad de Jocobamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

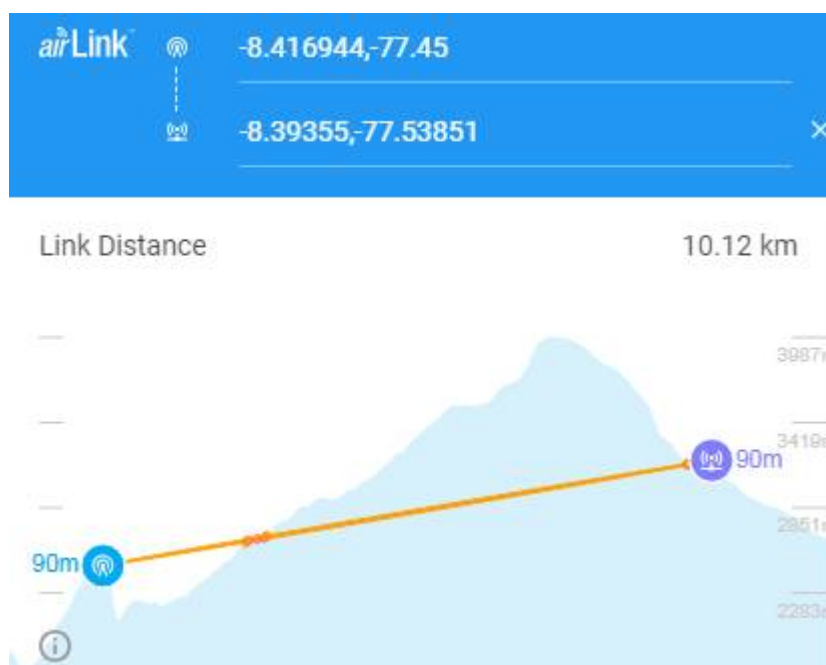


Figura 3.45 Ubicación de Quiches y la localidad de Jocobamba en AirLink.

El repetidor se ubicará a 8.03 Km de la ciudad de Quiches como se muestra en la siguiente imagen.

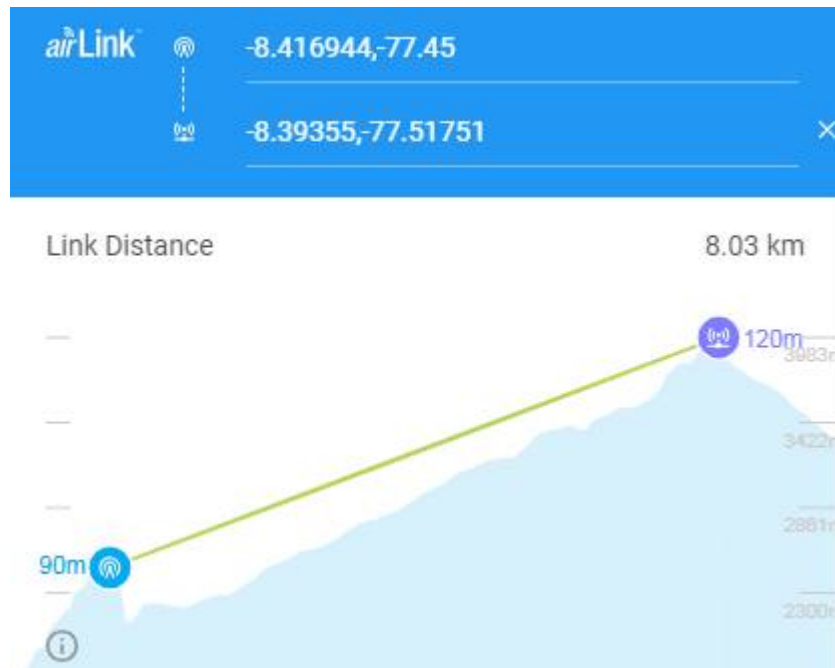


Figura 3.46 Ubicación de Quiches y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 28 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

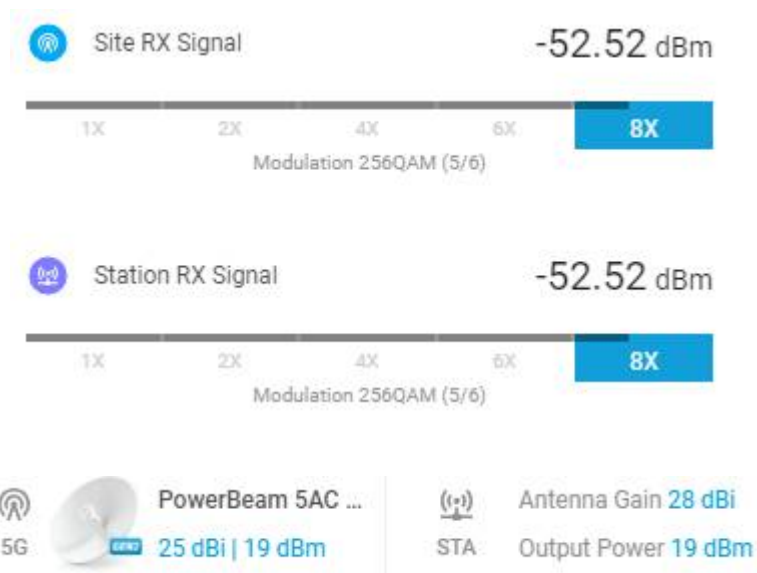


Figura 3.47 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Quiches y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario será la localidad de Jocosbamba.

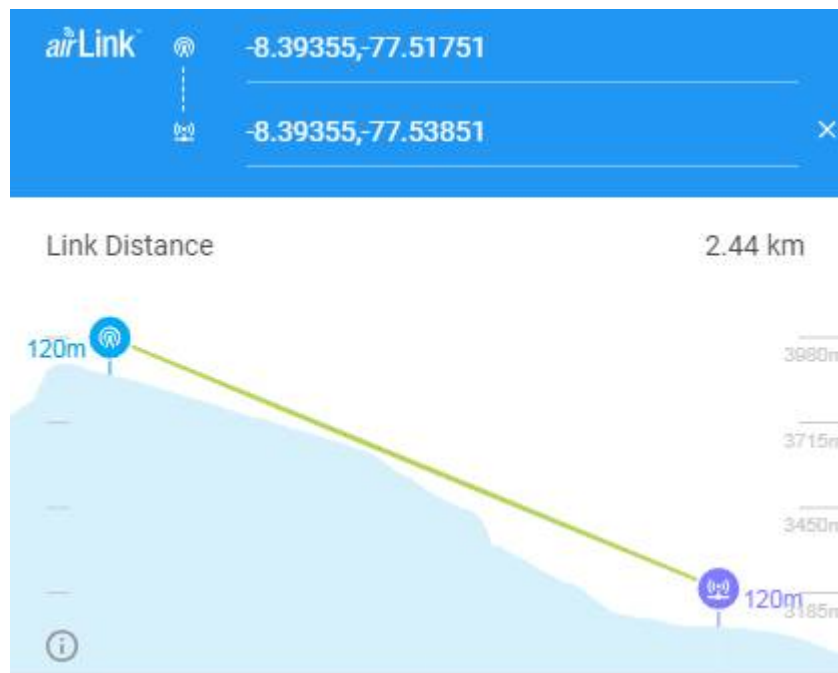


Figura 3.48 Ubicación del Repetidor y la localidad de Jocosbamba en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena de la localidad de Jocosbamba hasta 16 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.





Figura 3.49 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Jocosbamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Quiches y la localidad de Cóndor Cerro.



Figura 3.50 Ubicación geográfica de Quiches y la localidad de Cóndor Cerro.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

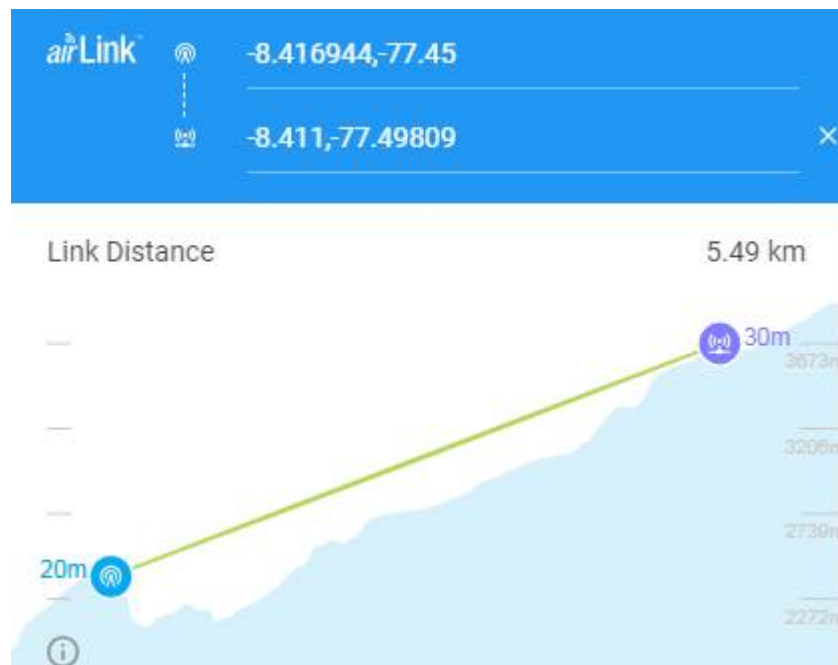


Figura 3.51 Ubicación de Quiches y la localidad de Cónдор Cerro en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Cónдор Cerro hasta 25 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.52 Niveles de recepción y ganancia de antenas de Quiches y la localidad de Cónдор Cerro.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Quiches y la localidad de Casa Blanca.



Figura 3.53 Ubicación geográfica de Quiches y la localidad de Casa Blanca.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de dos repetidores.

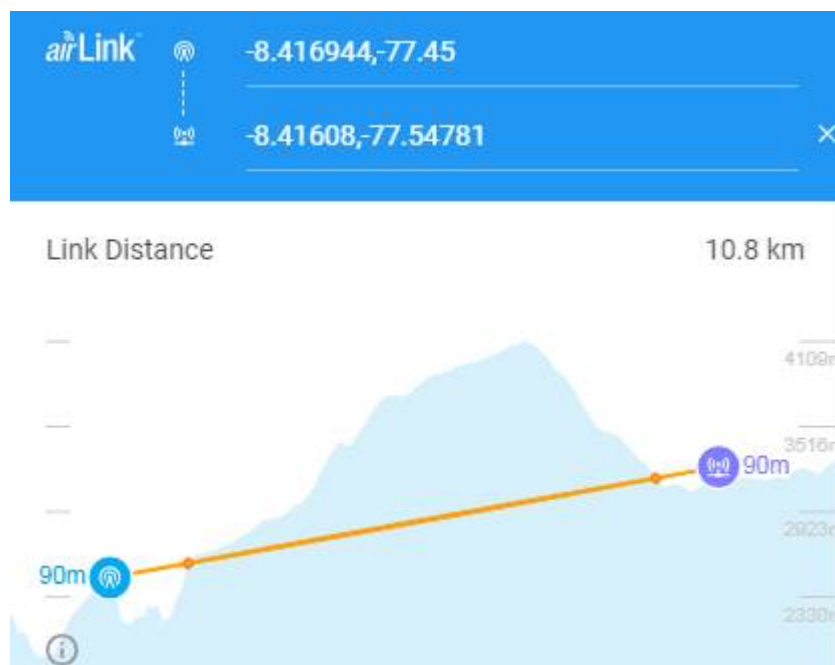


Figura 3.54 Ubicación de Quiches y la localidad de Casa Blanca en AirLink.

El repetidor se ubicará a 5.44 Km de la ciudad de Quiches como se muestra en la siguiente imagen.

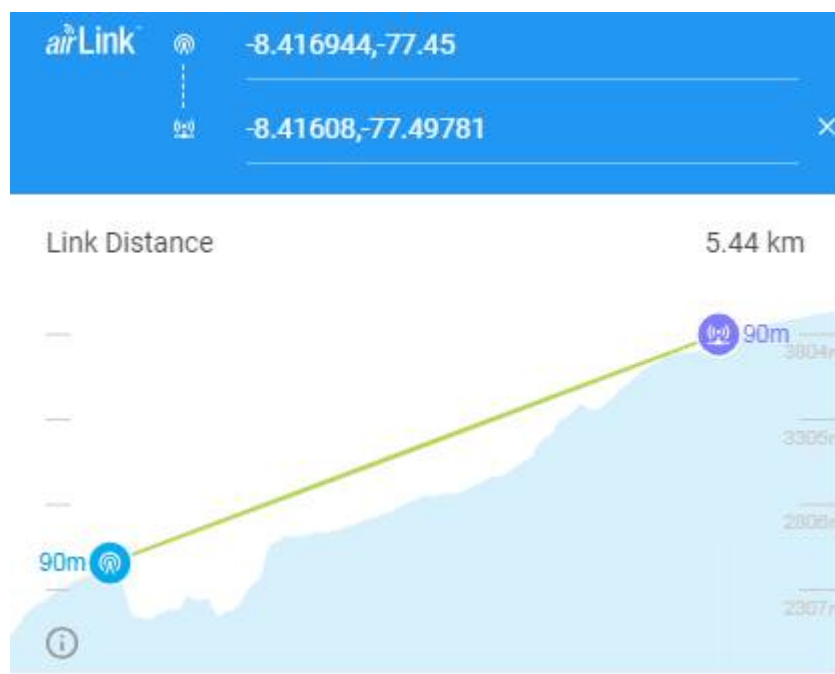


Figura 3.55 Ubicación de Quiches y el primer Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 25 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

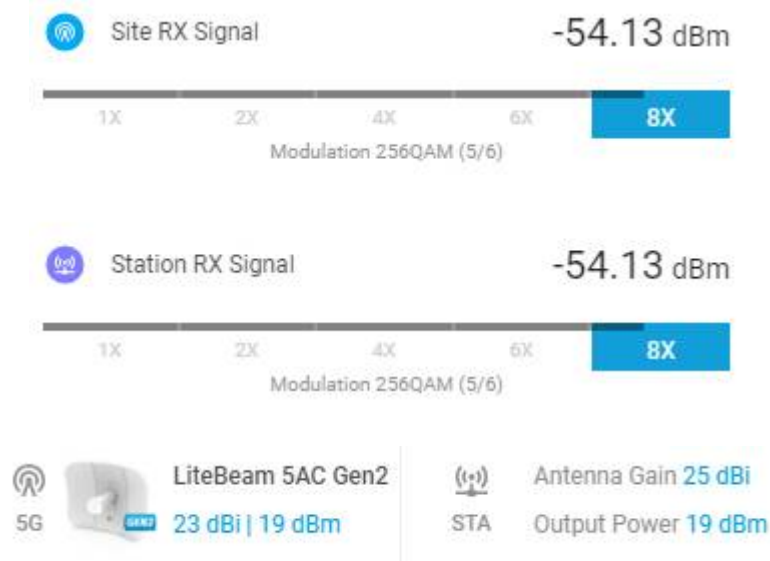


Figura 3.56 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Quiches y el primer Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Primer Repetidor, mientras que el nodo secundario el Segundo Repetidor.

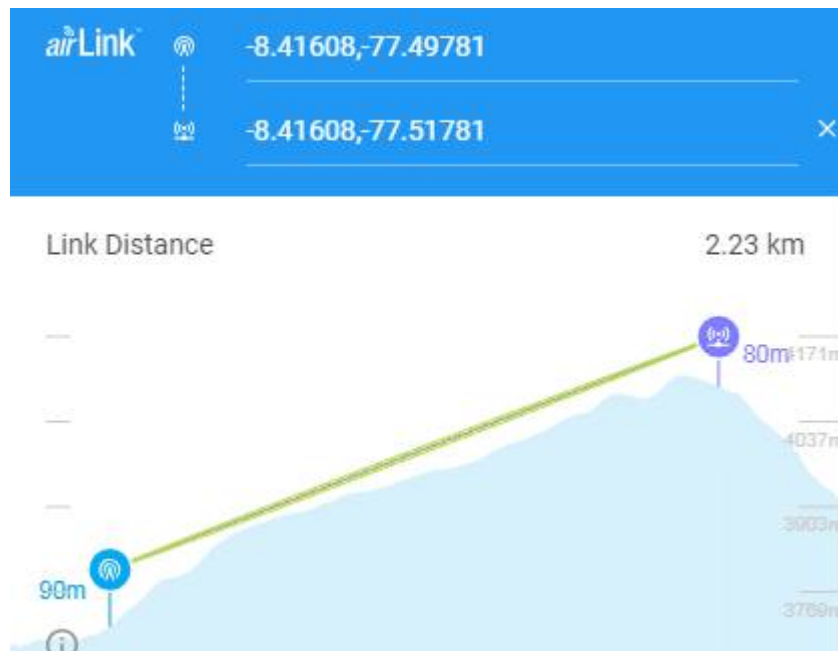


Figura 3.57 Ubicación del primer y segundo Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Segundo Repetidor hasta 22 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

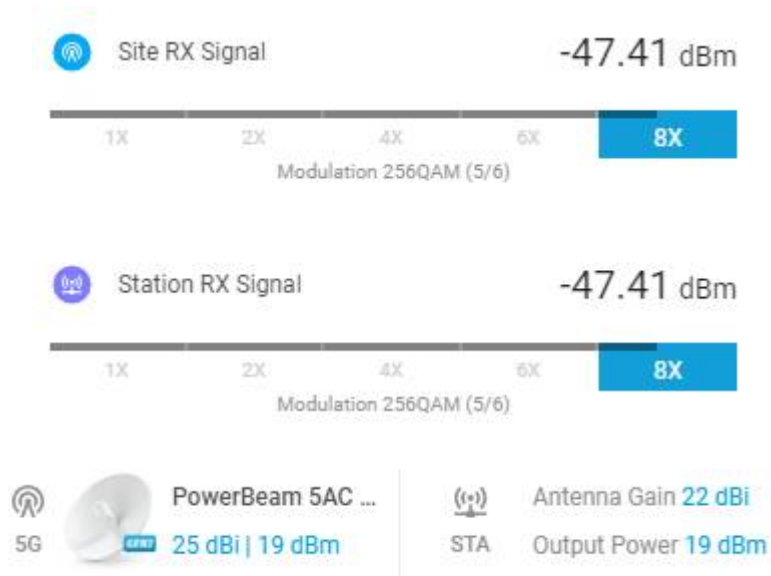


Figura 3.58 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del primer y segundo Repetidor.

Para el tercer radio enlace el nodo principal será el Segundo Repetidor, mientras que el nodo secundario será localidad de Casa Blanca.

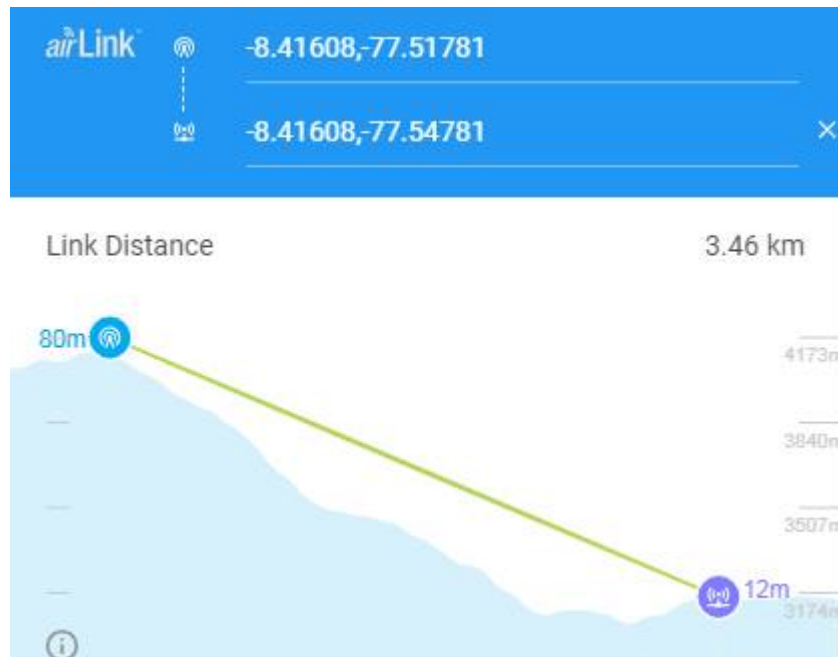


Figura 3.59 Ubicación del segundo Repetidor y la localidad de Casa Blanca en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena de localidad de Casa Blanca hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

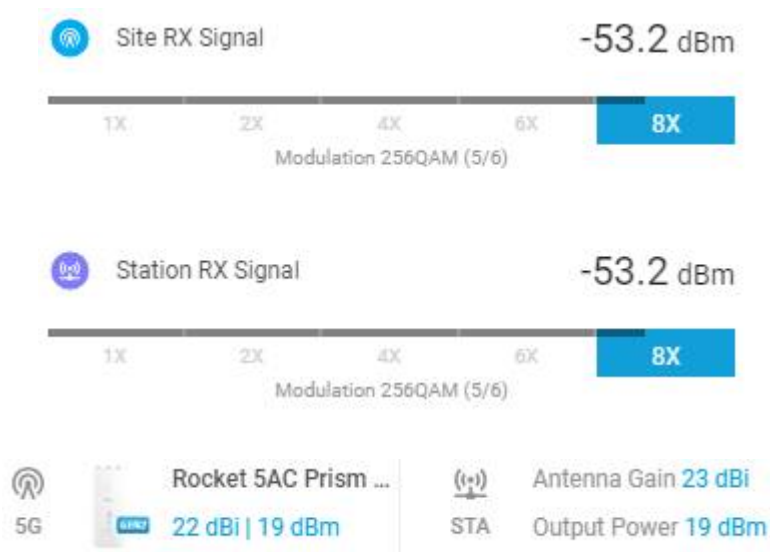


Figura 3.60 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del segundo Repetidor y la localidad de Casa Blanca.

En cuanto al ancho del canal, se optó por 40 MHz para aumentar la inmunidad al ruido. El software AirLink nos muestra que la capacidad de transmisión para estos radioenlaces es de 251.52 Mbps, los cuales son suficientes para transmitir información desde el distrito de Quiches hasta sus cuatro localidades.



Figura 3.61 Ancho de canal para Quiches.

3.3.7. Radioenlaces para las localidades de Sicsibamba

La ciudad de Sicsibamba debe cubrir la demanda de tres localidades: Umbe, Sicsibamba y Caniasbamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Sicsibamba y la localidad de Umbe.

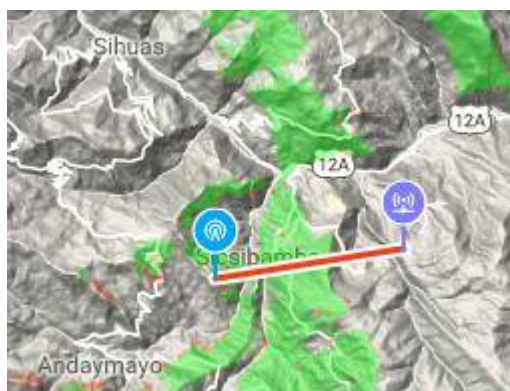


Figura 3.62 Ubicación geográfica de Sicsibamba y la localidad de Umbe.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

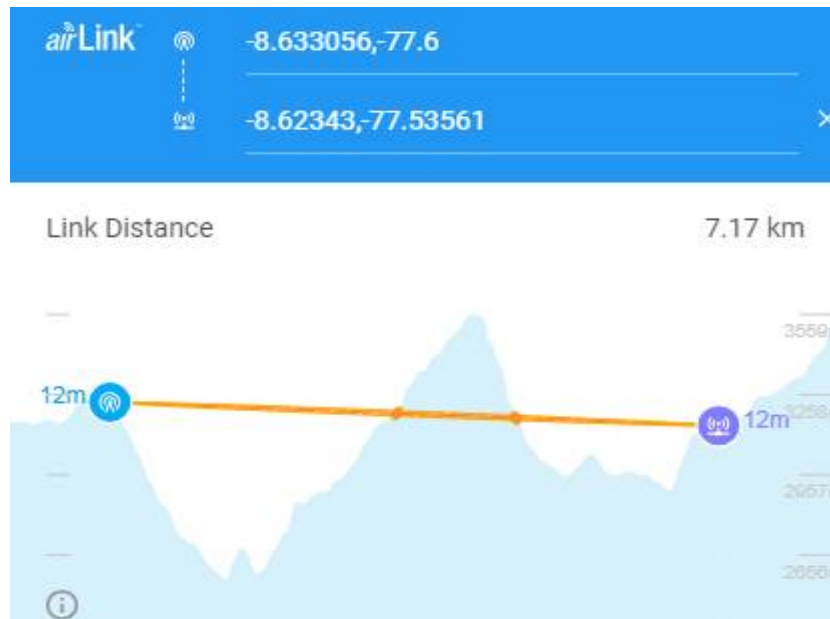


Figura 3.63 Ubicación de Sicsibamba y la localidad de Umbe en AirLink.

El repetidor se ubicará a 4.44 Km de la ciudad de Sicsibamba como se muestra en la siguiente imagen.

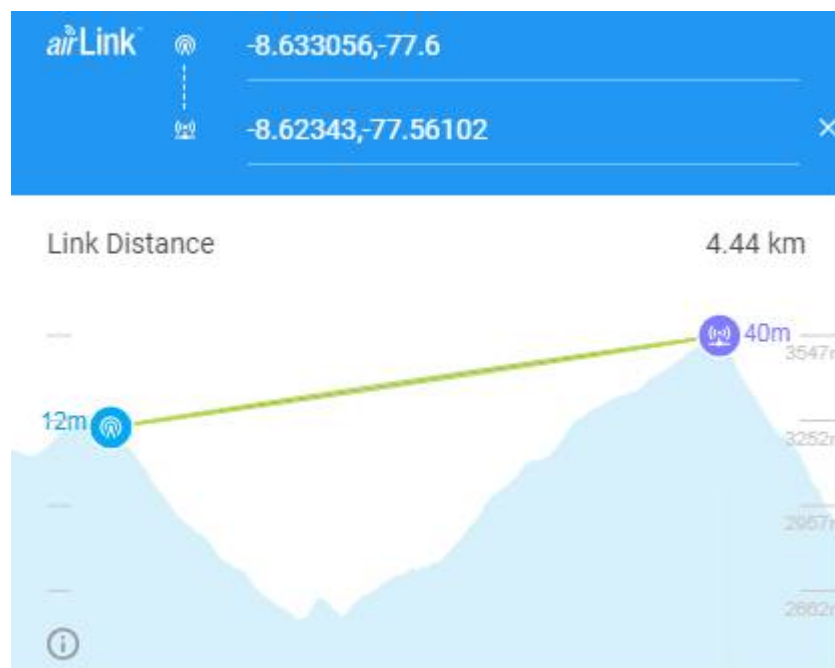


Figura 3.64 Ubicación de Sicsibamba y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor

hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

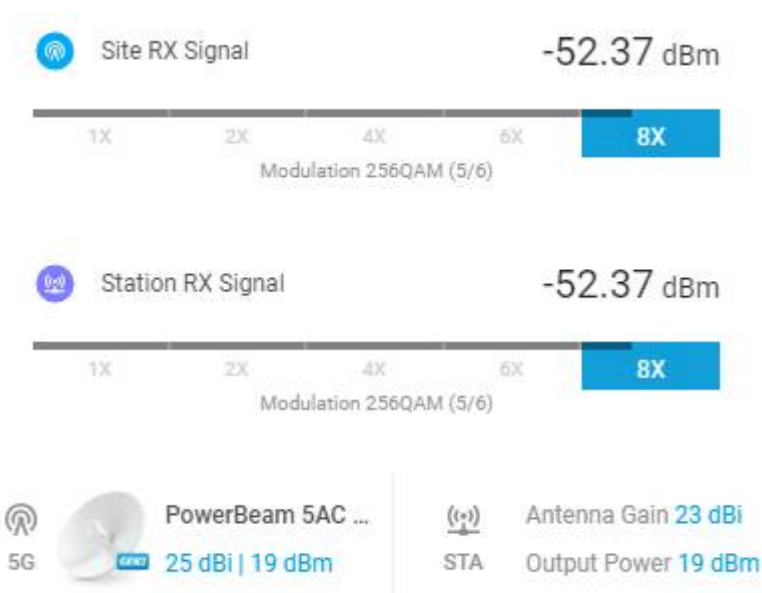


Figura 3.65 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Sicsibamba y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario la localidad de Umbe.

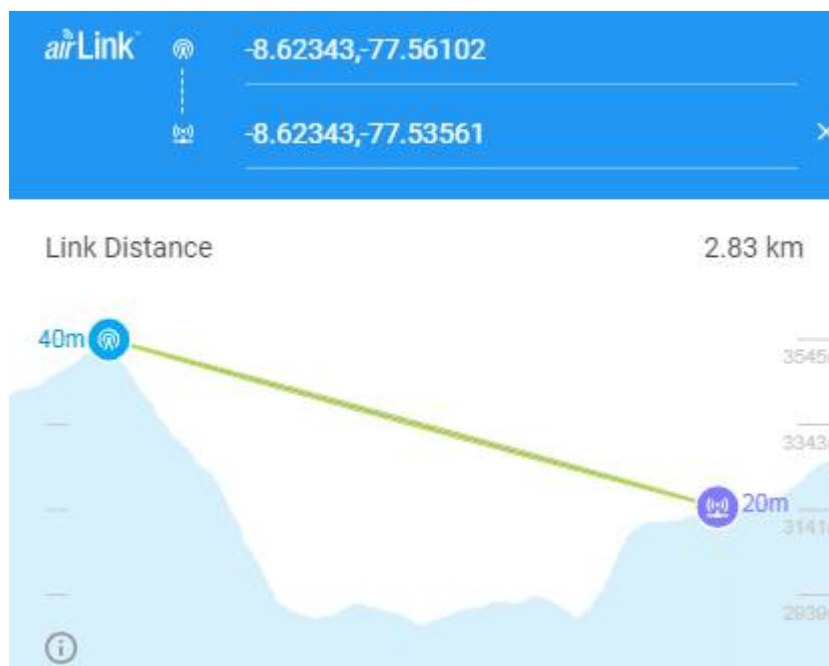


Figura 3.66 Ubicación del Repetidor y la localidad de Umbe en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Umbe hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.67 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Umbe.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Sicsibamba y la localidad de Sicsibamba.

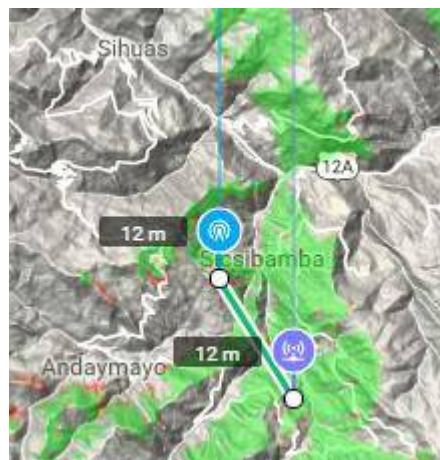


Figura 3.68 Ubicación geográfica de Sicsibamba y la localidad de Sicsibamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

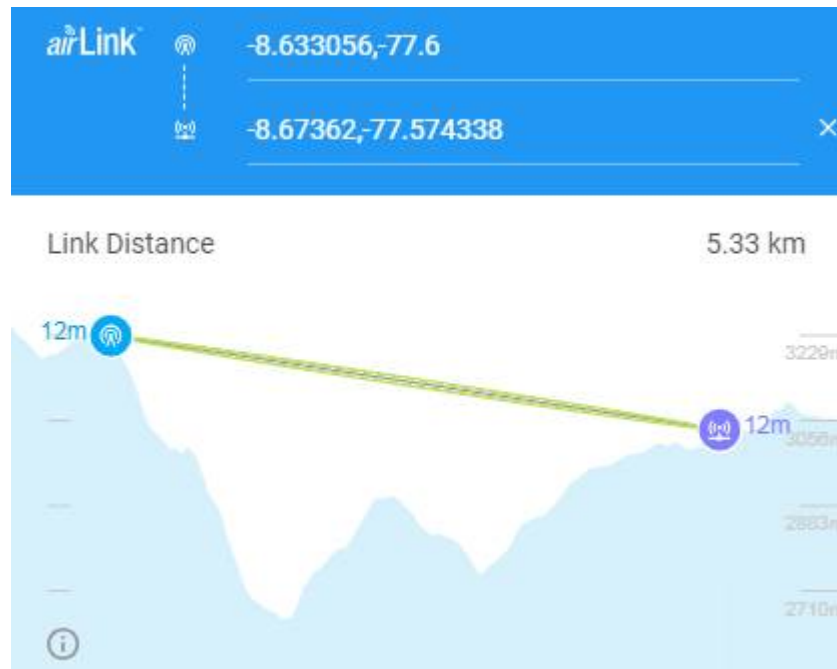


Figura 3.69 Ubicación de Sicsibamba y la localidad de Sicsibamba en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena de la localidad de Sicsibamba hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.70 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Sicsibamba y la localidad de Sicsibamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Sicsibamba y la localidad de Caniasbamba.



Figura 3.71 Ubicación geográfica de Sicsibamba y la localidad de Caniasbamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

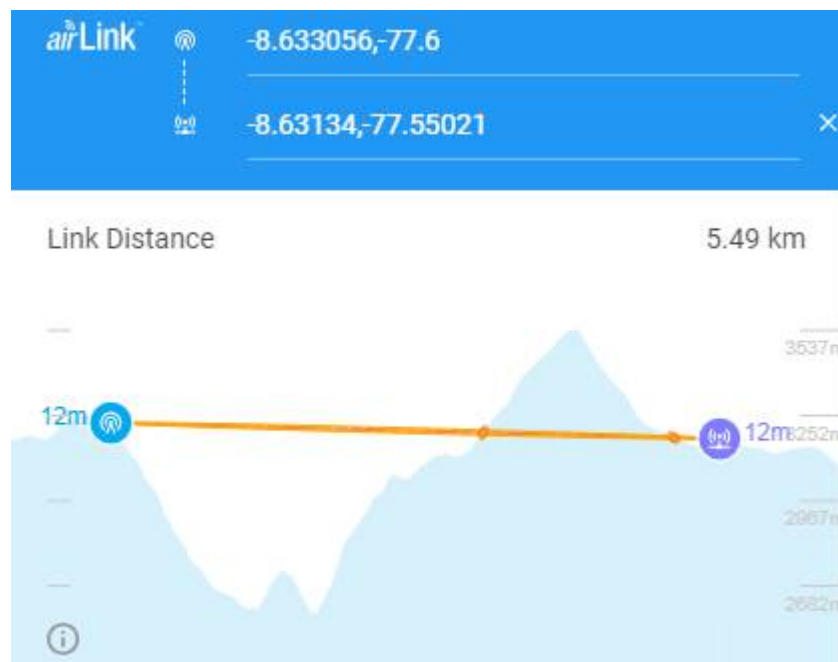


Figura 3.72 Ubicación de Sicsibamba y la localidad de Caniasbamba en AirLink.

El repetidor se ubicará a 4.18 Km de la ciudad de Sicsibamba como se muestra en la siguiente imagen.

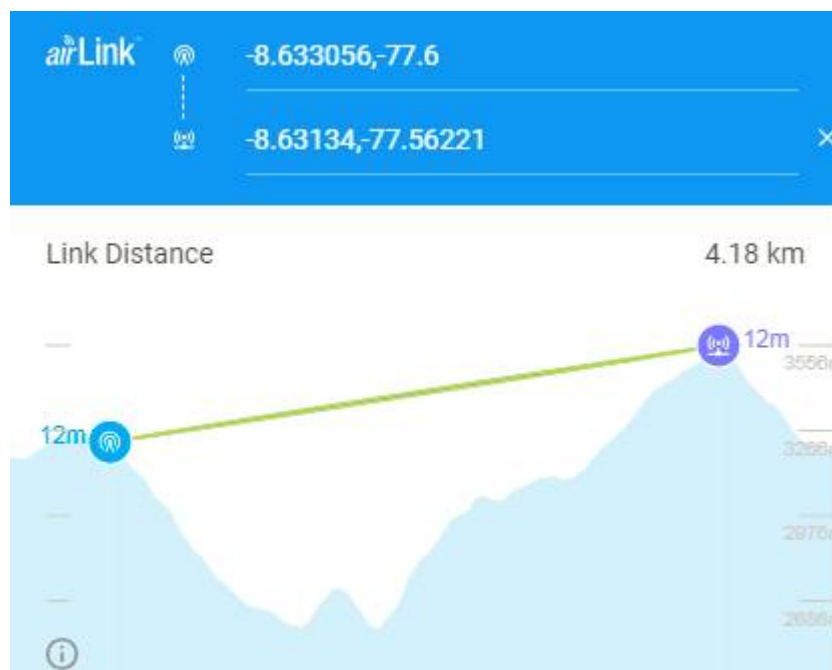


Figura 3.73 Ubicación de Sicsibamba y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

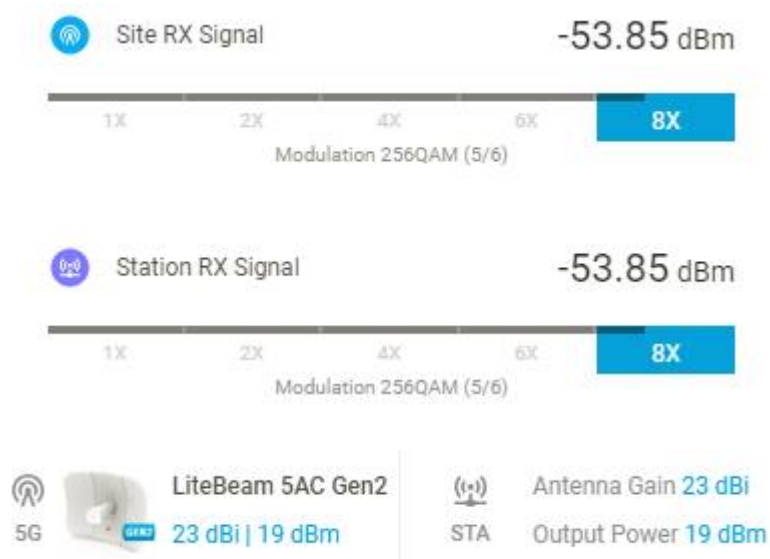


Figura 3.74 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Sicsibamba y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario la localidad de Caniasbamba.

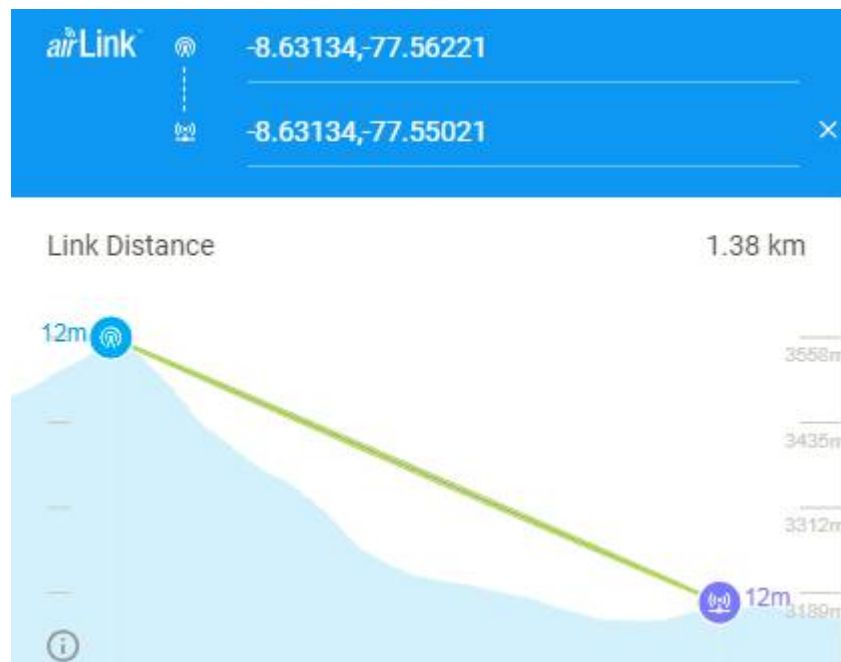


Figura 3.75 Ubicación del Repetidor y la localidad de Caniasbamba en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena de la localidad de Caniasbamba hasta 18 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

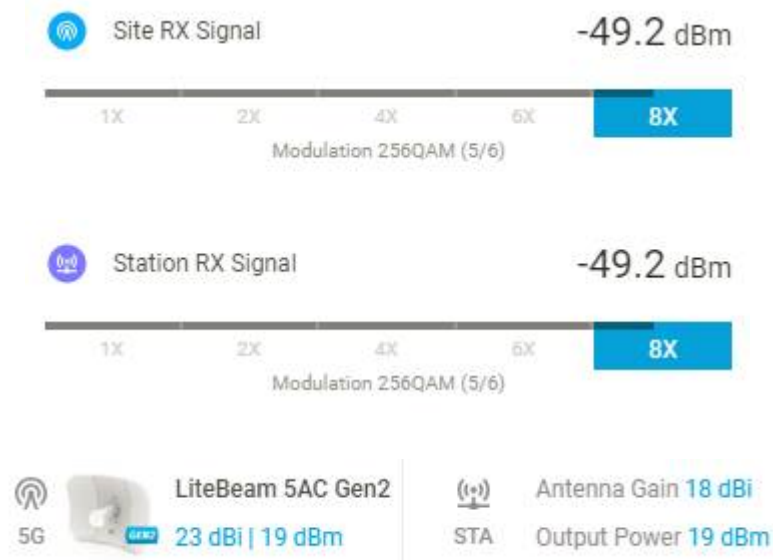


Figura 3.76 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Caniasbamba.

En cuanto al ancho del canal, se optó por 20 MHz. El software AirLink nos muestra que la capacidad de transmisión para estos radioenlaces es de 121.1 Mbps, los cuales son suficientes para transmitir información desde el distrito de Sicsibamba hasta sus tres localidades.



Figura 3.77 Ancho de canal para Sicsibamba.

3.3.8. Radioenlaces para las localidades Cashapampa

La ciudad de Cashapampa debe cubrir la demanda de dos localidades: Cashapampa y Pariashpampa.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Cashapampa y la localidad de Cashapampa.

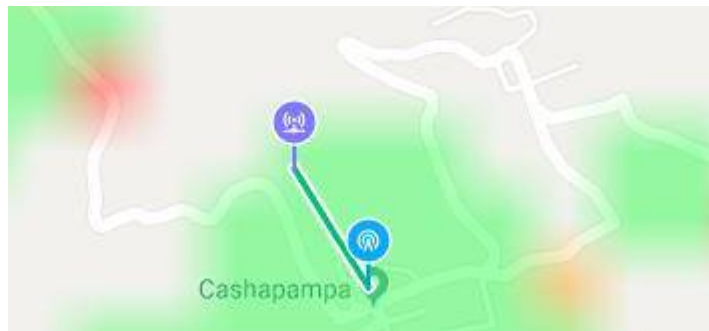


Figura 3.78 Ubicación geográfica de Cashapampa y la localidad de Cashapampa.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

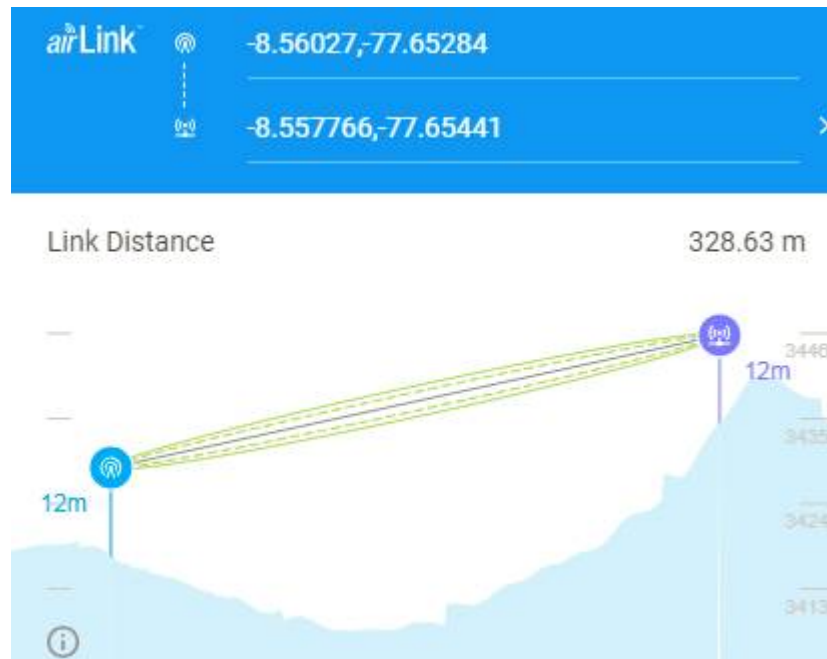


Figura 3.79 Ubicación de Cashapampa y la localidad de Cashapampa en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena de la localidad de Cashapampa hasta 16 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

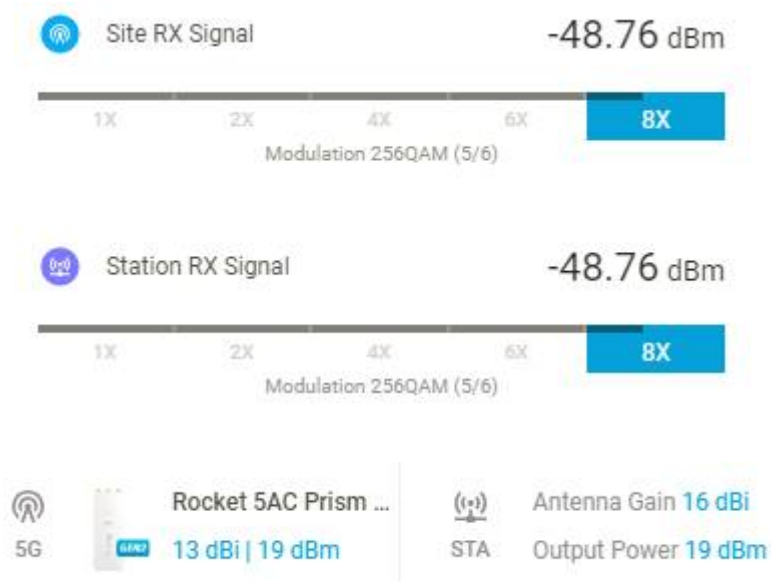


Figura 3.80 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Cashapampa y la localidad de Cashapampa.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Cashapampa y la localidad de Pariashpampa.



Figura 3.81 Ubicación geográfica de Cashapampa y la localidad de Pariashpampa.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

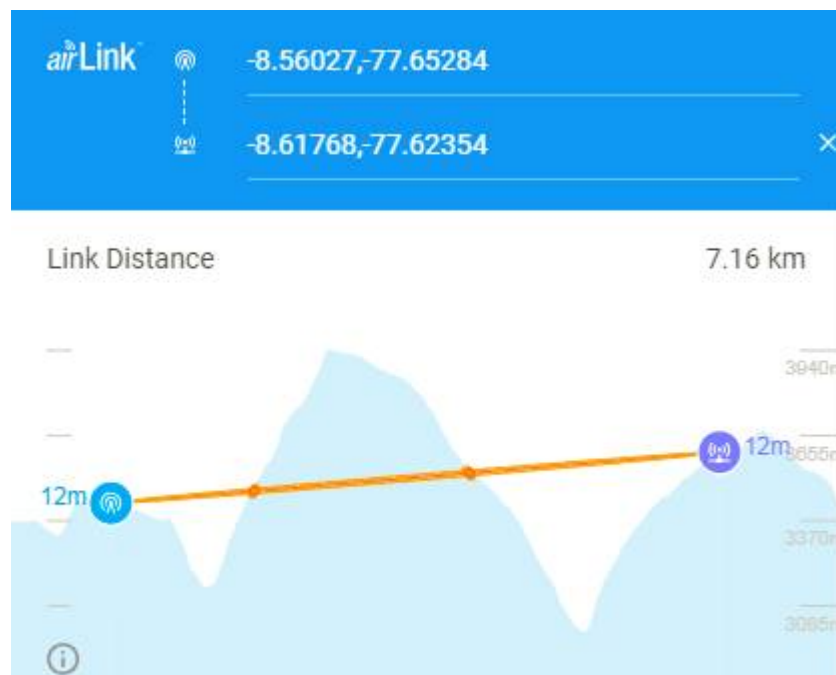


Figura 3.82 Ubicación de Cashapampa y la localidad de Pariashpampa en AirLink.

El repetidor se ubicará a 2.58 Km de la ciudad de Cashapampa como se muestra en la siguiente imagen.

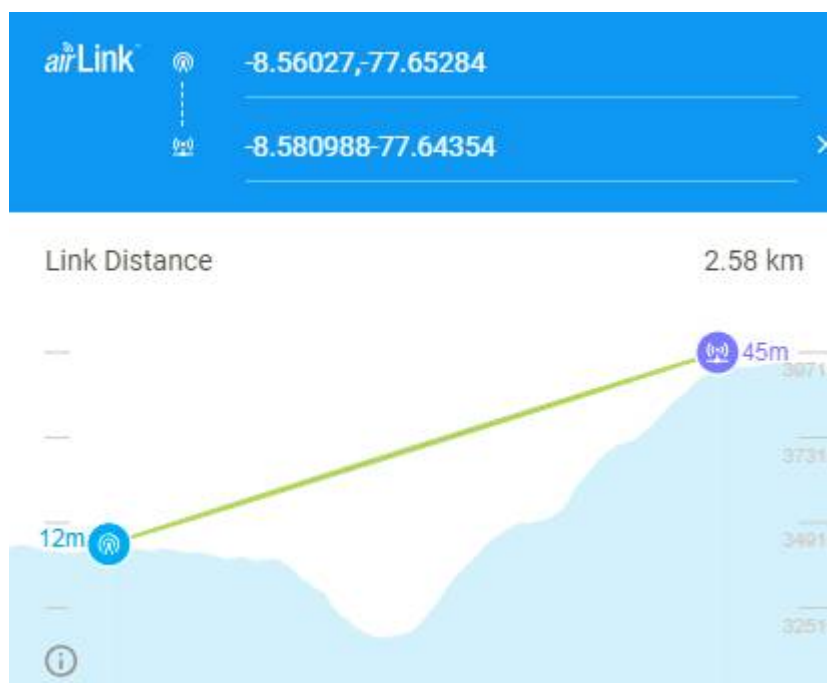


Figura 3.83 Ubicación de Cashapampa y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.





Figura 3.84 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Cashapampa y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario la localidad de Pariashpampa.

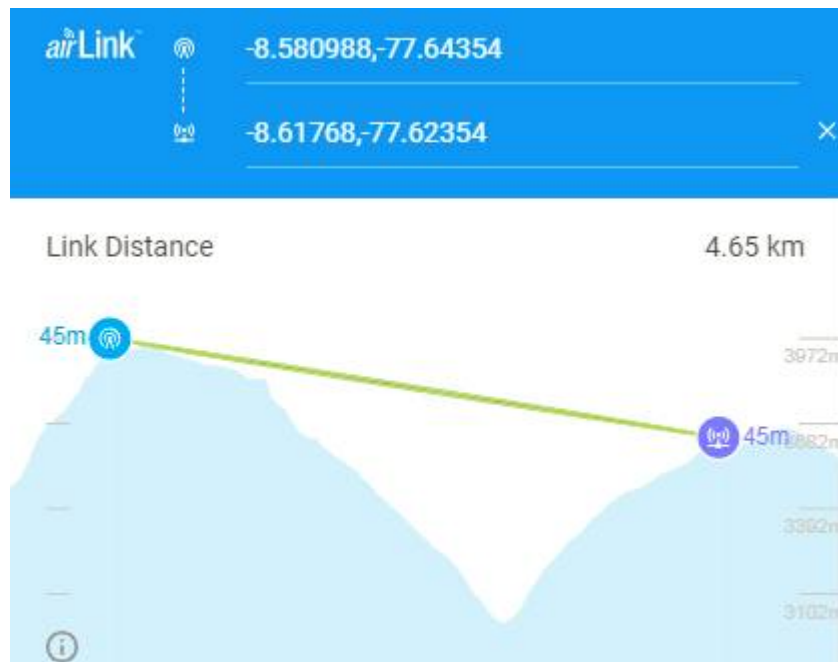


Figura 3.85 Ubicación del Repetidor y la localidad de Pariashpampa.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

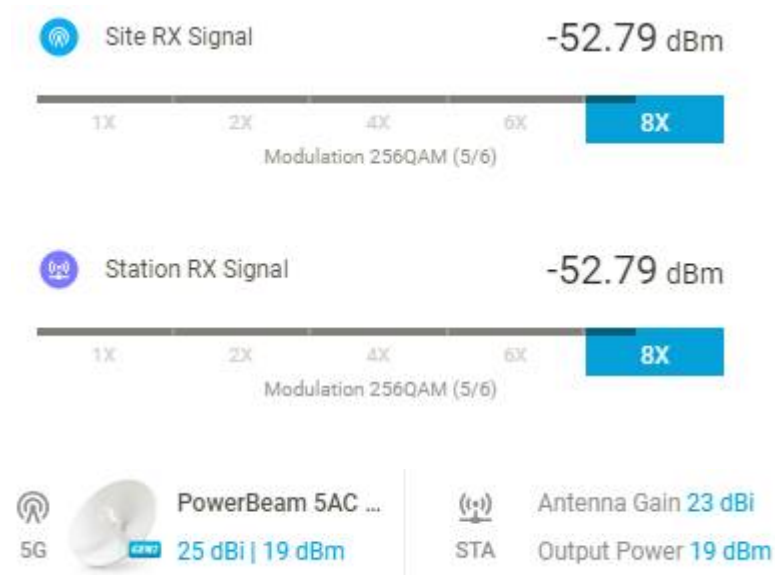


Figura 3.86 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Pariashpampa.

En cuanto al ancho del canal, se optó por 20 MHz. El software AirLink nos muestra que la capacidad de transmisión para estos radioenlaces es de 121.1 Mbps, los cuales son suficientes para transmitir información desde el distrito de Cashapampa hasta sus dos localidades.



Figura 3.87 Ancho de canal para Cashapampa.

3.3.9. Radioenlaces para las localidades de San Juan

La ciudad de San Juan debe cubrir la demanda de cinco localidades: Chullin, Chinchobamba, Rosamonte, Huachina y Andaymayo.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de San Juan y la localidad de Chullin.

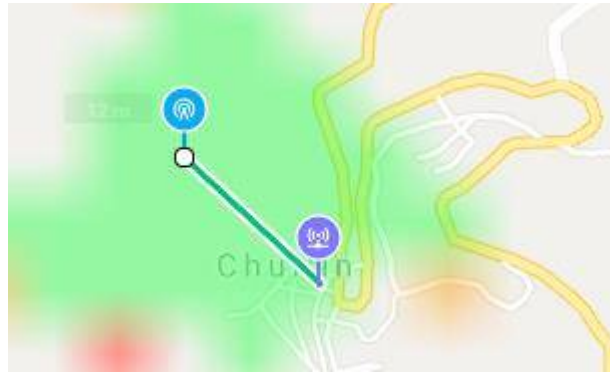


Figura 3.88 Ubicación geográfica de San Juan y la localidad de Chullin.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

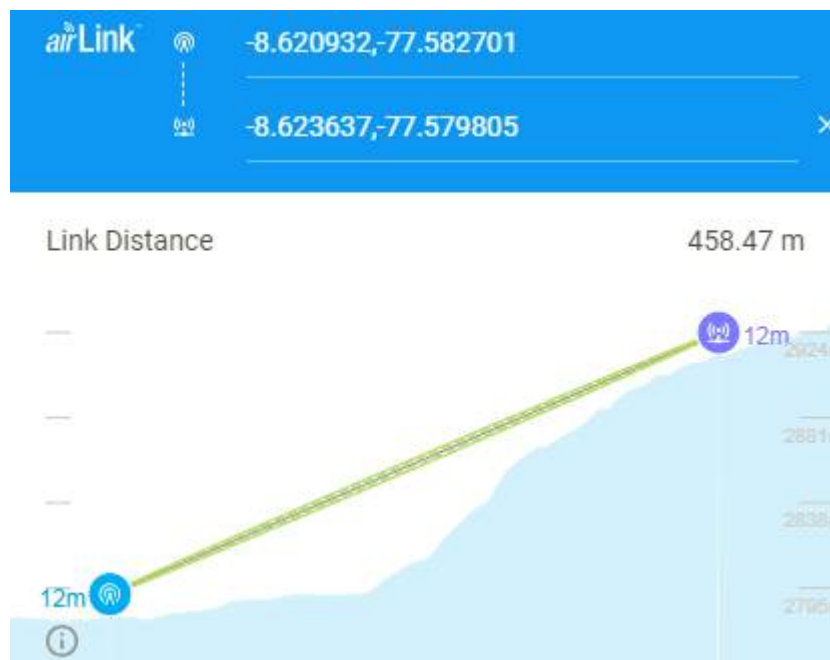


Figura 3.89 Ubicación de San Juan y la localidad de Chullin en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Chullin hasta 16 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

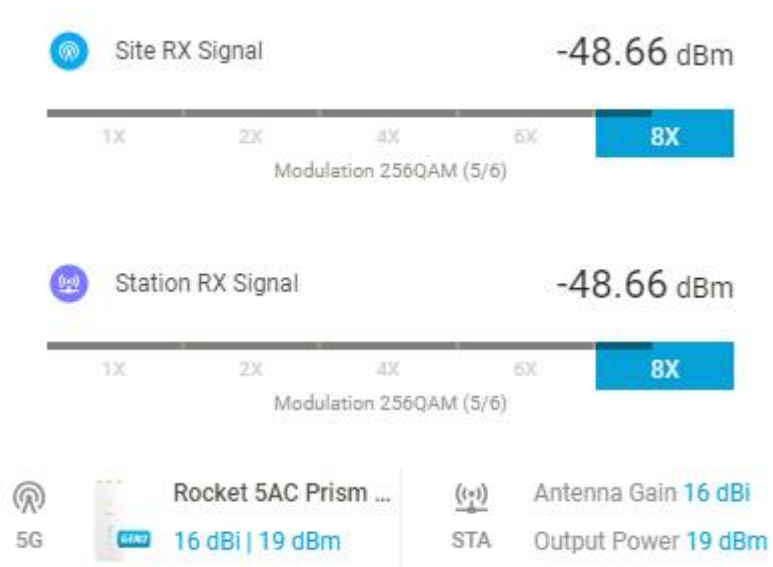


Figura 3.90 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de San Juan y la localidad de Chullin.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de San Juan y la localidad de Chinchobamba.

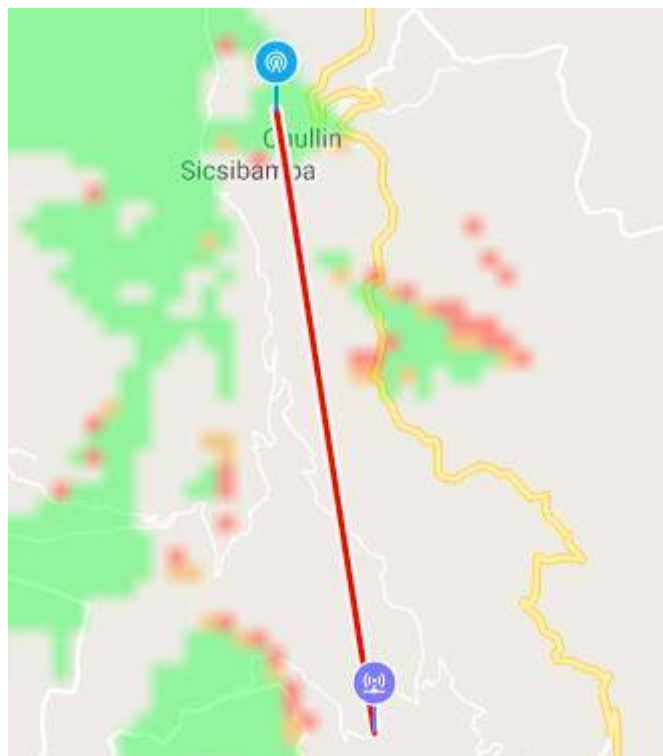


Figura 3.91 Ubicación geográfica de San Juan y Chinchobamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

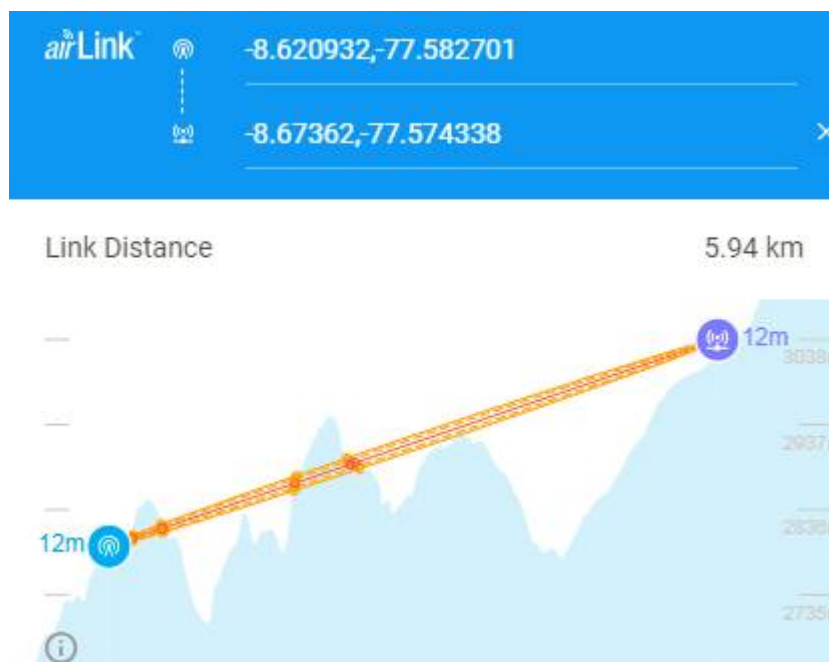


Figura 3.92 Ubicación de San Juan y Chinchobamba en AirLink.

El repetidor se ubicará a 2.72 Km de la ciudad de San Juan como se muestra en la siguiente imagen.

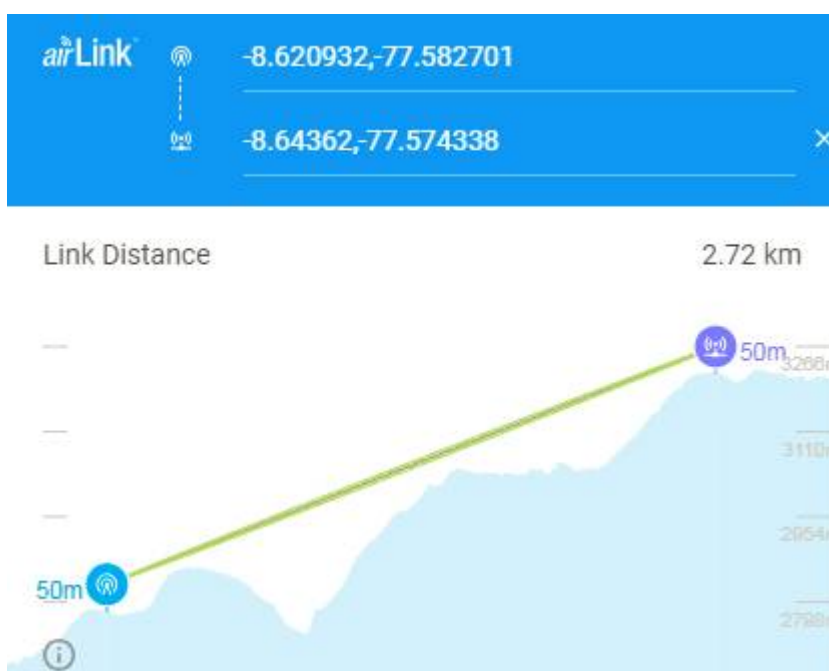


Figura 3.93 Ubicación de San Juan y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.94 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de San Juan y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario la localidad de Chinchobamba.

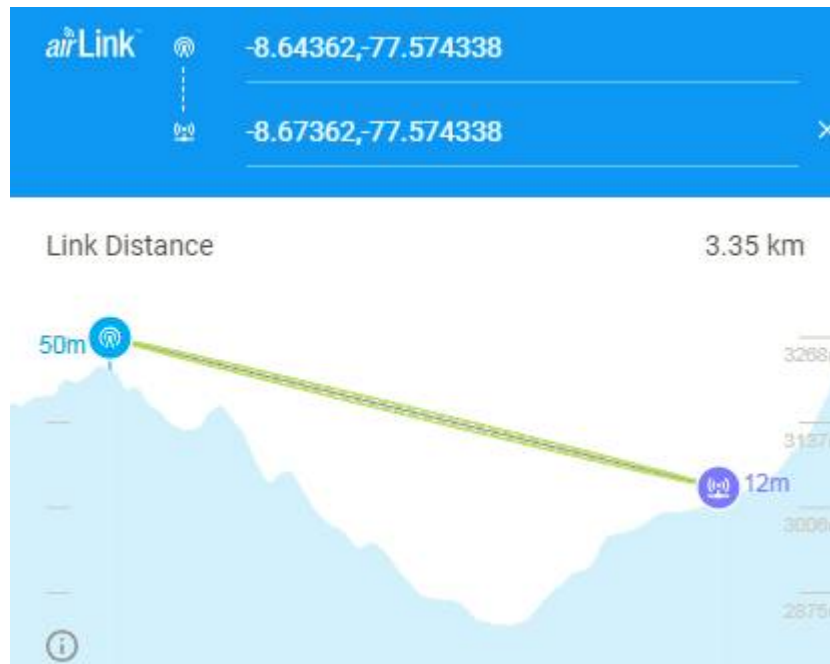


Figura 3.95 Ubicación del Repetidor y la localidad de Chinchobamba en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Chinchobamba hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.96 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Chinchobamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de San Juan y la localidad de Rosamonte.



Figura 3.97 Ubicación geográfica de San Juan y la localidad de Rosamonte.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.



Figura 3.98 Ubicación de San Juan y la localidad de Rosamonte en AirLink.

El repetidor se ubicará a 2.54 Km de la ciudad de San Juan como se muestra en la siguiente imagen.

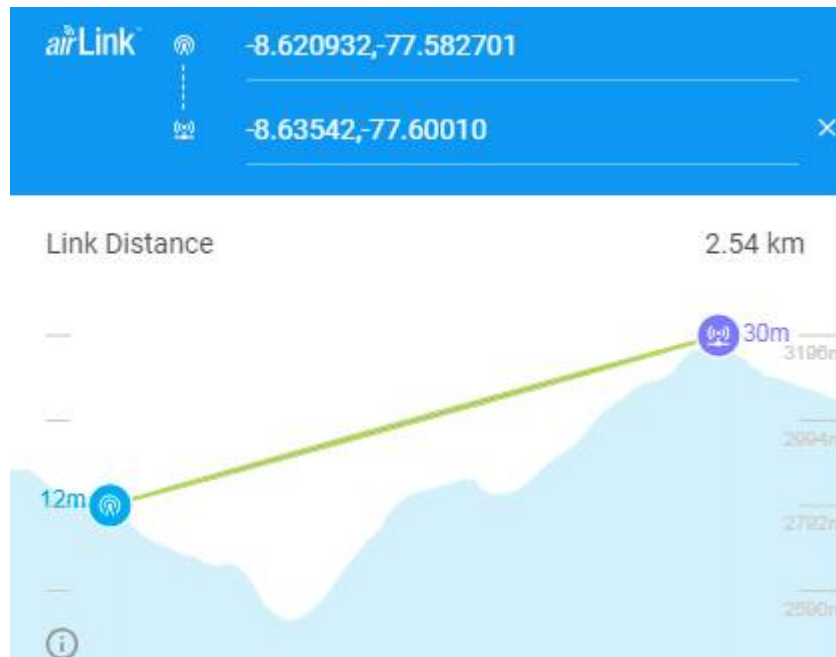


Figura 3.99 Ubicación de San Juan y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

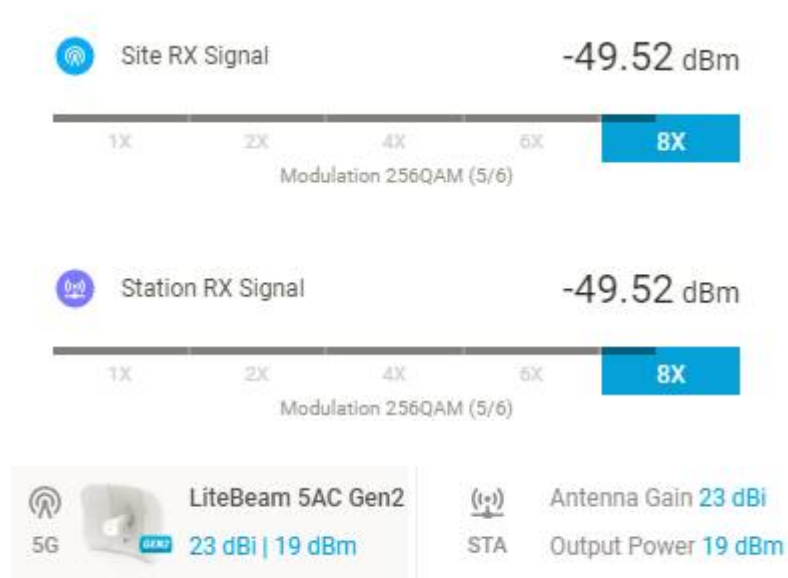


Figura 3.100 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de San Juan y el Repetidor en AirLink.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario la localidad de Rosamonte.

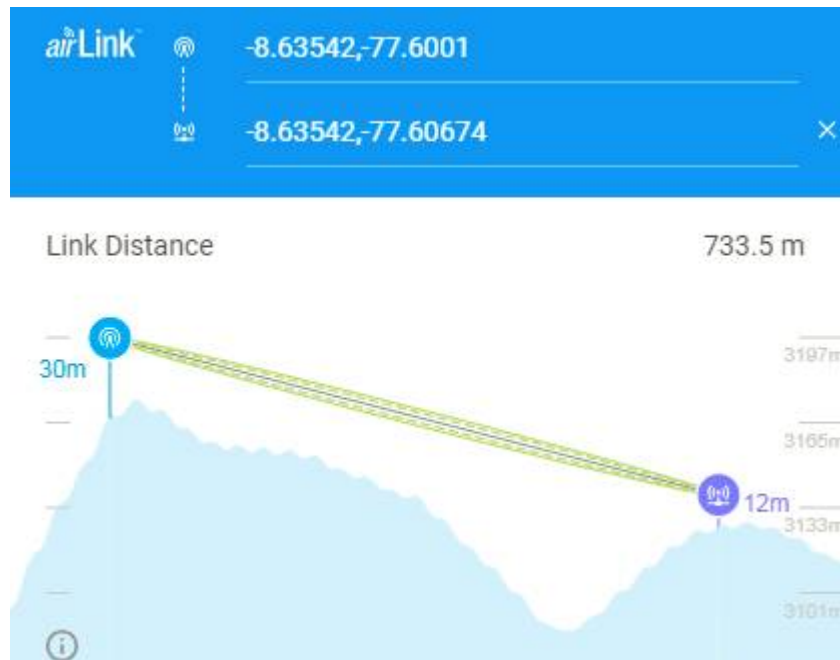


Figura 3.101 Ubicación Repetidor y la localidad de Rosamonte en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Rosamonte hasta 15 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

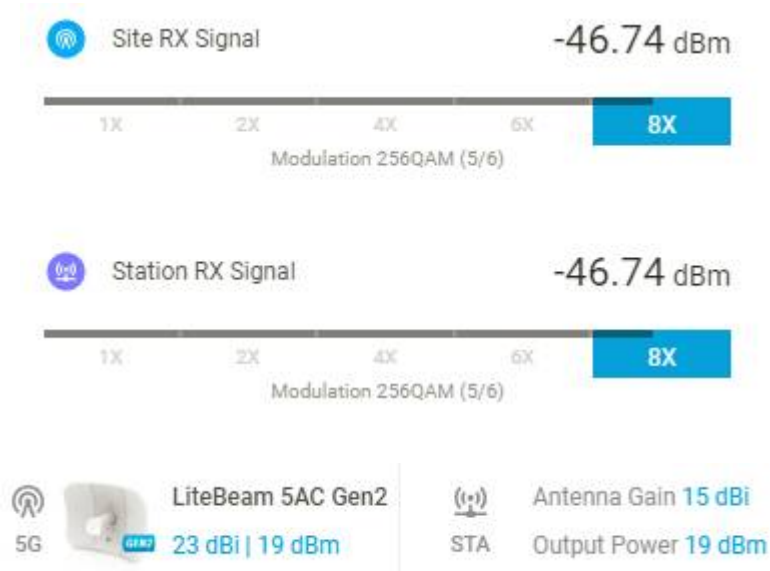


Figura 3.102 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Rosamonte.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de San Juan y la localidad de Huachina.



Figura 3.103 Ubicación geográfica de San Juan y la localidad de Huachina.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

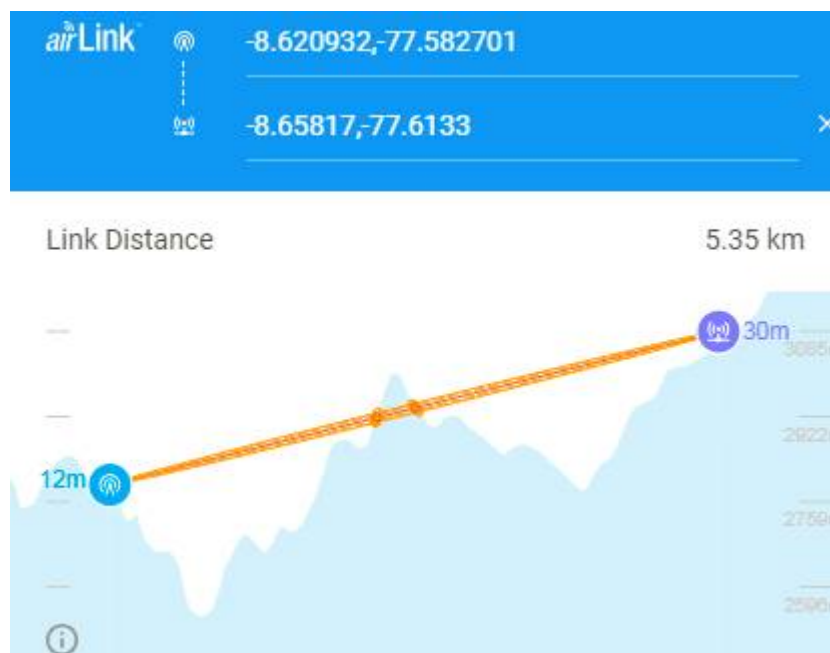


Figura 3.104 Ubicación de San Juan y la localidad de Huachina en AirLink.

El repetidor se ubicará a 2.51 Km de la ciudad de San Juan como se muestra en la siguiente imagen.

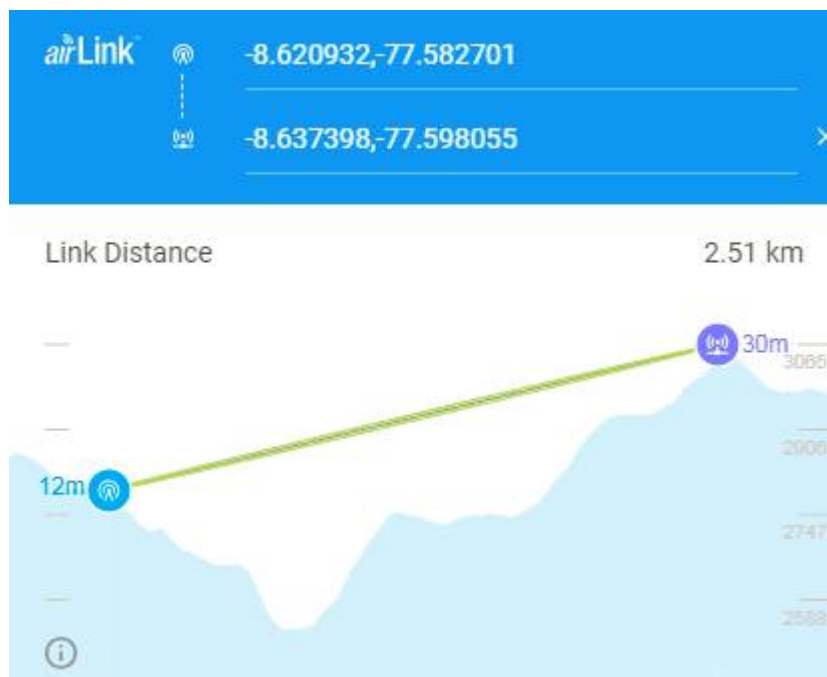


Figura 3.105 Ubicación de San Juan y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.





Figura 3.106 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de San Juan y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario la localidad de Huachina.

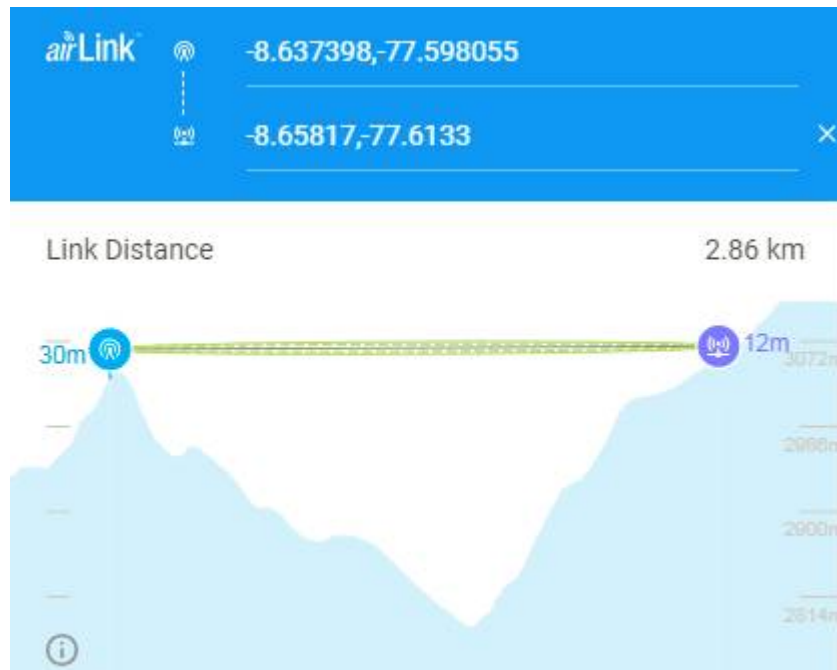


Figura 3.107 Ubicación del Repetidor y la localidad de Huachina en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena de la localidad de Huachina hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.108 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Huachina.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de San Juan y la localidad de Andaymayo



Figura 3.109 Ubicación geográfica de San Juan y la localidad de Andaymayo.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

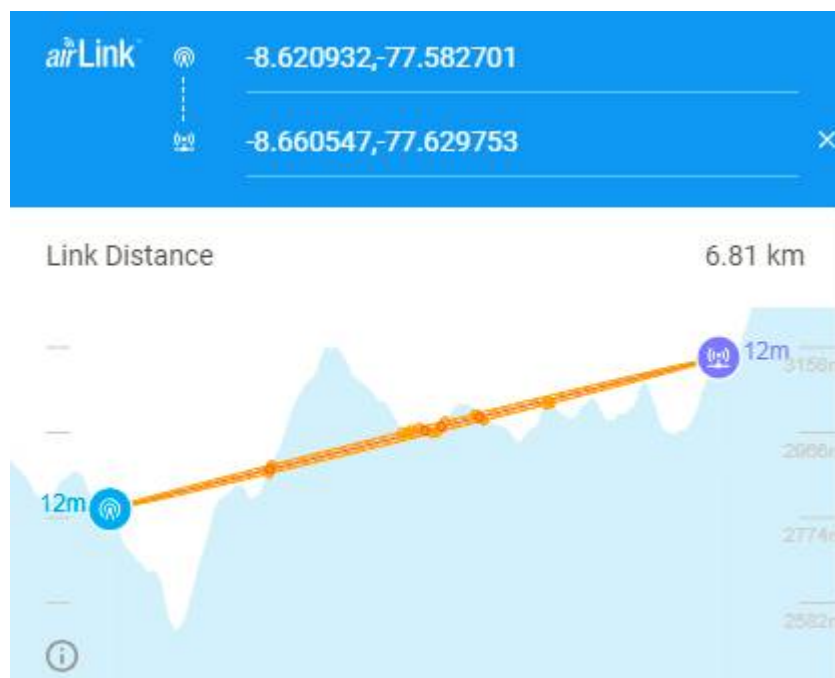


Figura 3.110 Ubicación de San Juan y la localidad de Andaymayo en AirLink.

El repetidor se ubicará a 2.52 Km de la ciudad de San Juan como se muestra en la siguiente imagen.

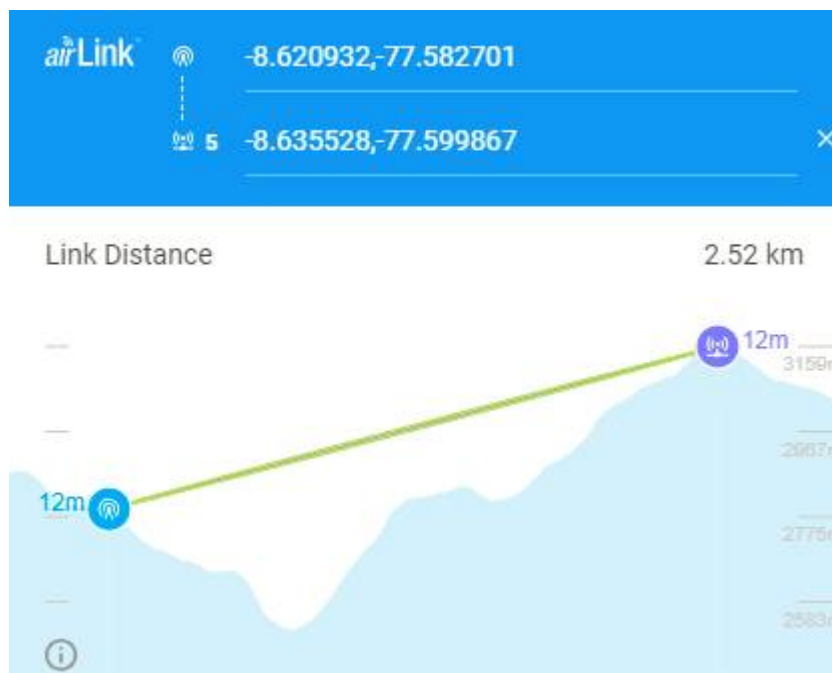


Figura 3.111 Ubicación de San Juan y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.112 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de San Juan y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario la localidad de Andaymayo.

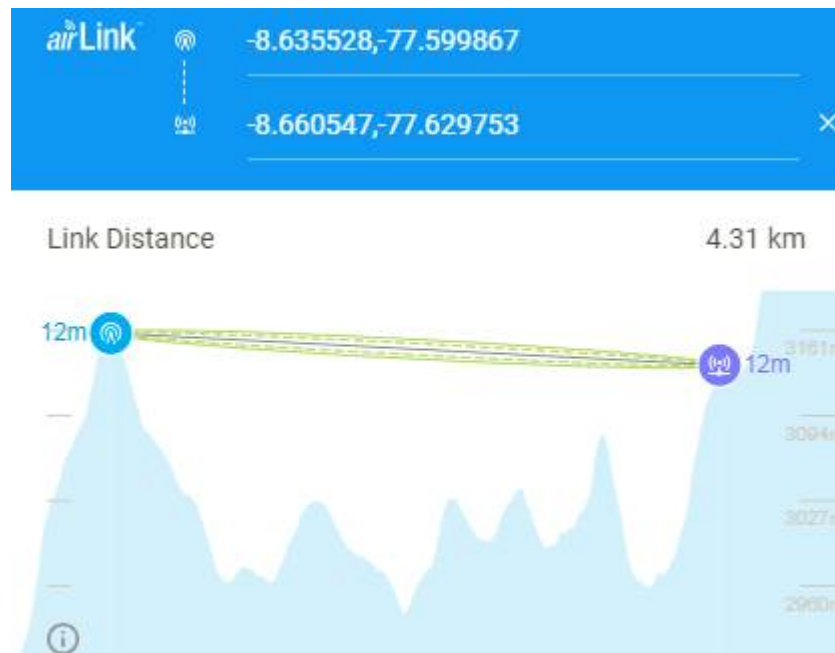


Figura 3.113 Ubicación del Repetidor y la localidad de Andaymayo en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Andaymayo hasta 25 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.114 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Andaymayo.

En cuanto al ancho del canal, se optó por 30 MHz. El software AirLink nos muestra que la capacidad de transmisión para estos radioenlaces es de 181.65 Mbps, los cuales son suficientes para transmitir información desde el distrito de San Juan hasta sus dos localidades.

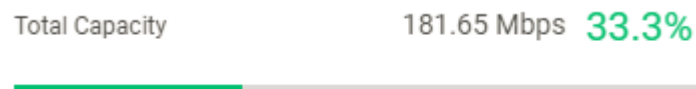


Figura 3.115 Ancho de canal para San Juan.

3.3.10. Radioenlaces para las localidades de Acobamba

La ciudad de Acobamba debe cubrir la demanda de cuatro localidades: Acobamba, Jocos, Los Jardines y Los Pinos.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Acobamba y la localidad de Acobamba.

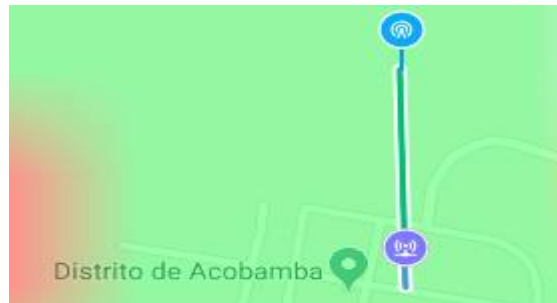


Figura 3.116 Ubicación geográfica de Acobamba y la localidad de Acobamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

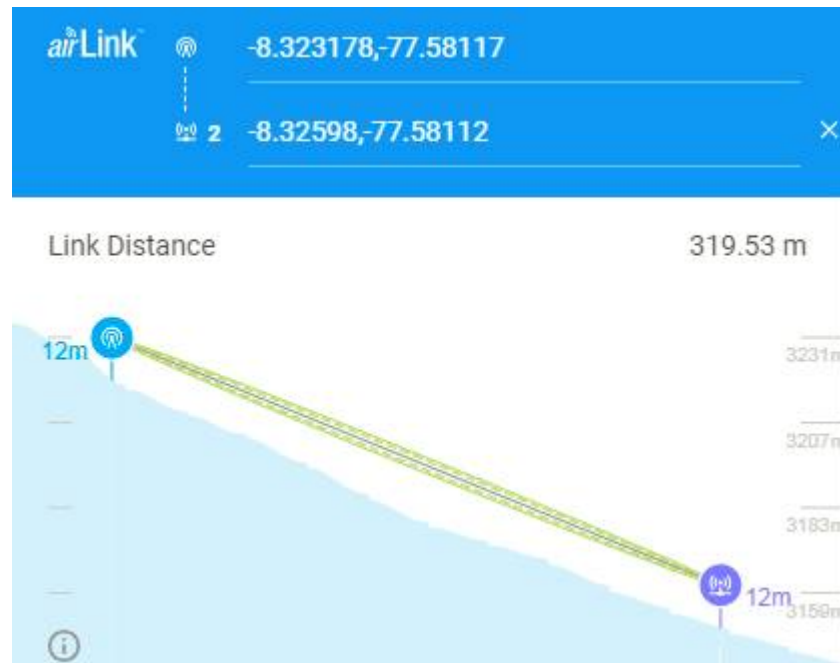


Figura 3.117 Ubicación de Acobamba y la localidad de Acobamba en AirLink.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Acobamba y la localidad de Jocos.



Figura 3.118 Ubicación geográfica de Acobamba y la localidad de Jocos.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

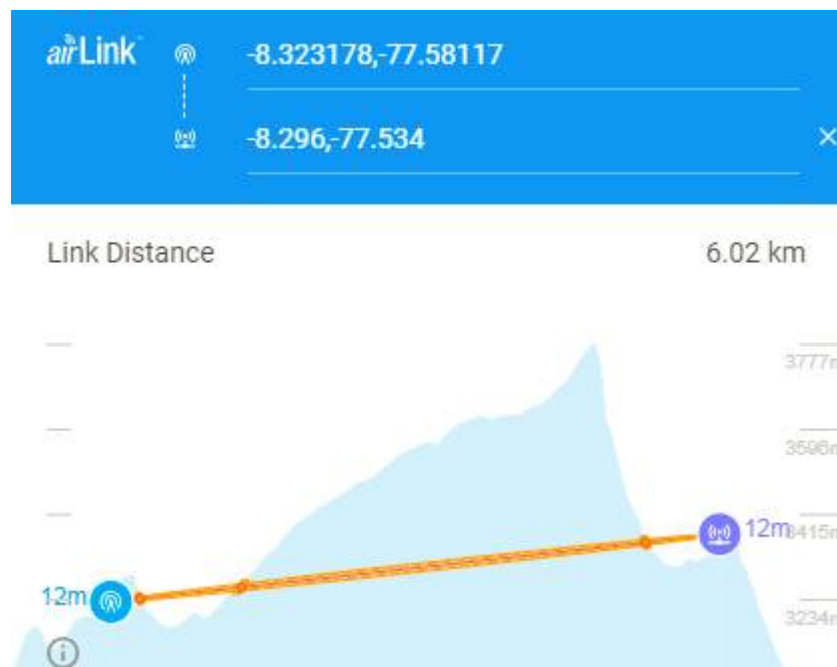


Figura 3.119 Ubicación de Acobamba y la localidad de Jocos en AirLink.

El repetidor se ubicará a 4.74 Km de la ciudad de Acobamba como se muestra en la siguiente imagen.

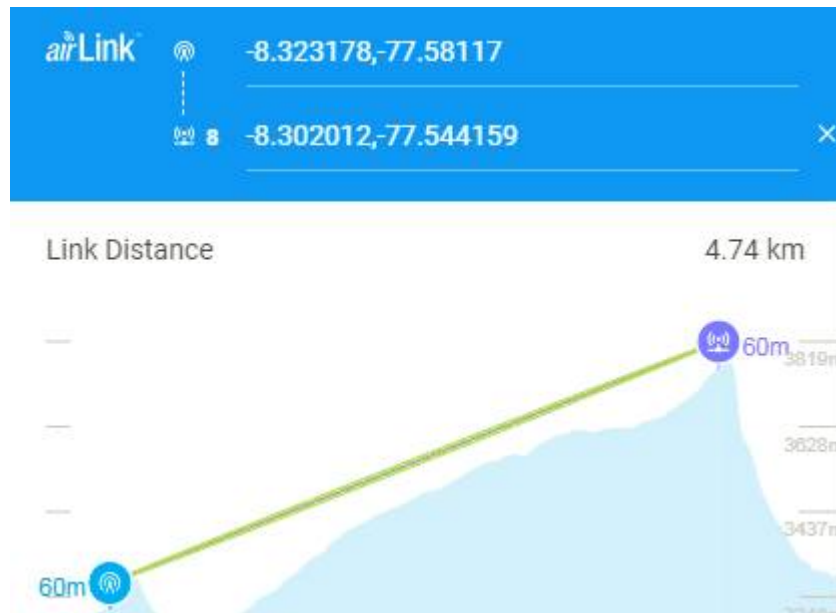


Figura 3.120 Ubicación de Acobamba y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 25 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.121 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Acobamba y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario la localidad de Jocos.

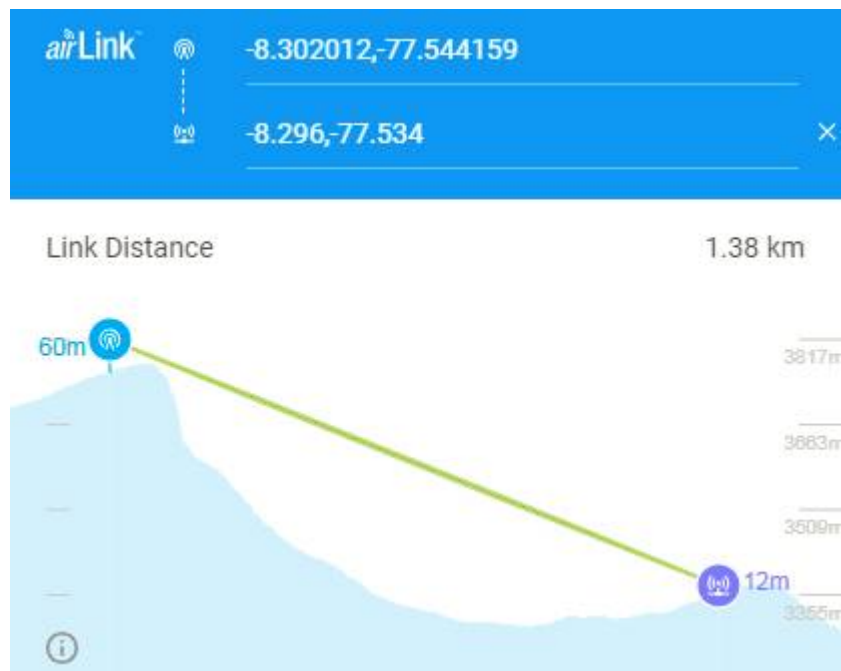


Figura 3.122 Ubicación del Repetidor y la localidad de Jocos en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena de la localidad de Jocos hasta 15 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.123 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Jocos.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Acobamba y la localidad de Los Jardines.



Figura 3.124 Ubicación geográfica de Acobamba la localidad de Los Jardines.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

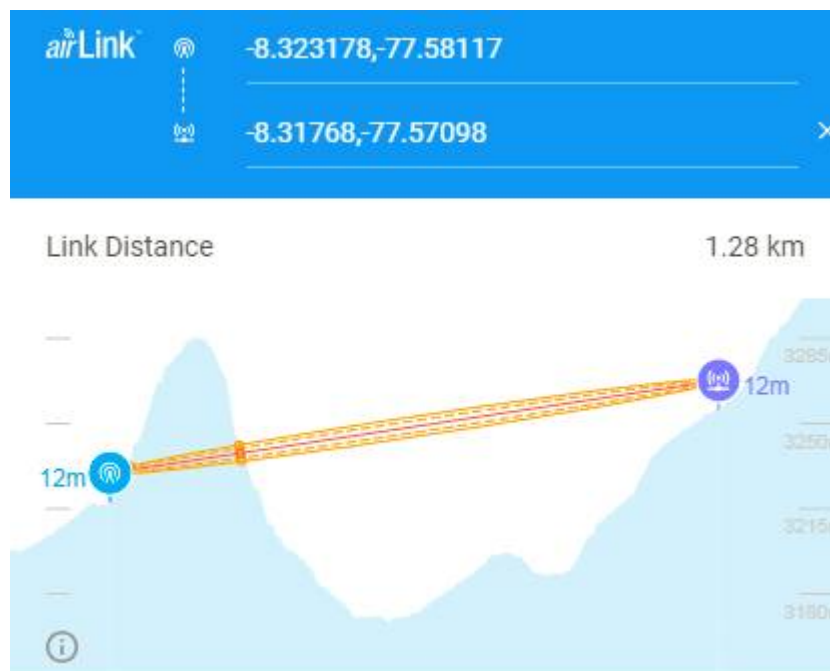


Figura 3.125 Ubicación de Acobamba y la localidad de Los Jardines en AirLink.

El repetidor se ubicará a 199.33 m de la ciudad de Acobamba como se muestra en la siguiente imagen.

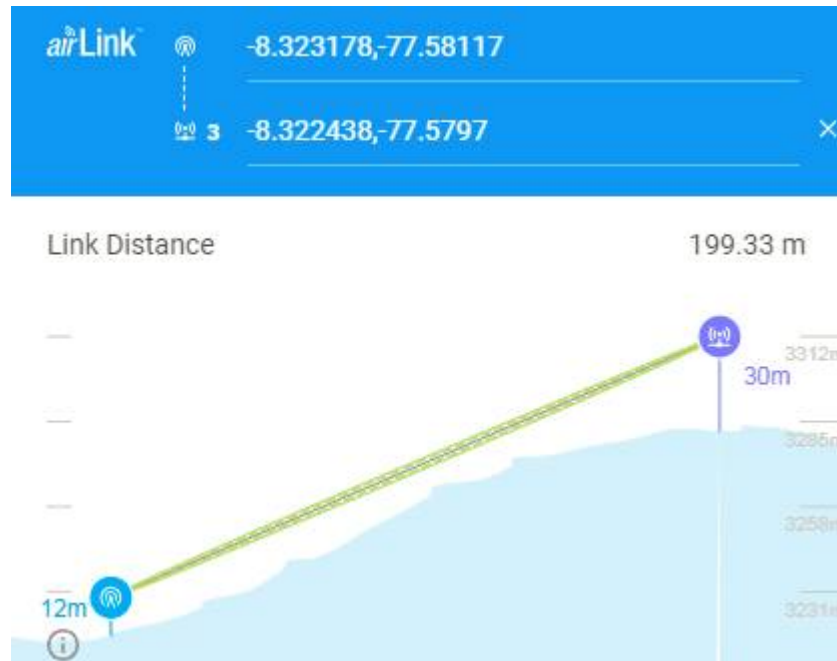


Figura 3.126 Ubicación de Acobamba y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 10 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.





Figura 3.127 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Acobamba y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario la localidad de Los Jardines.

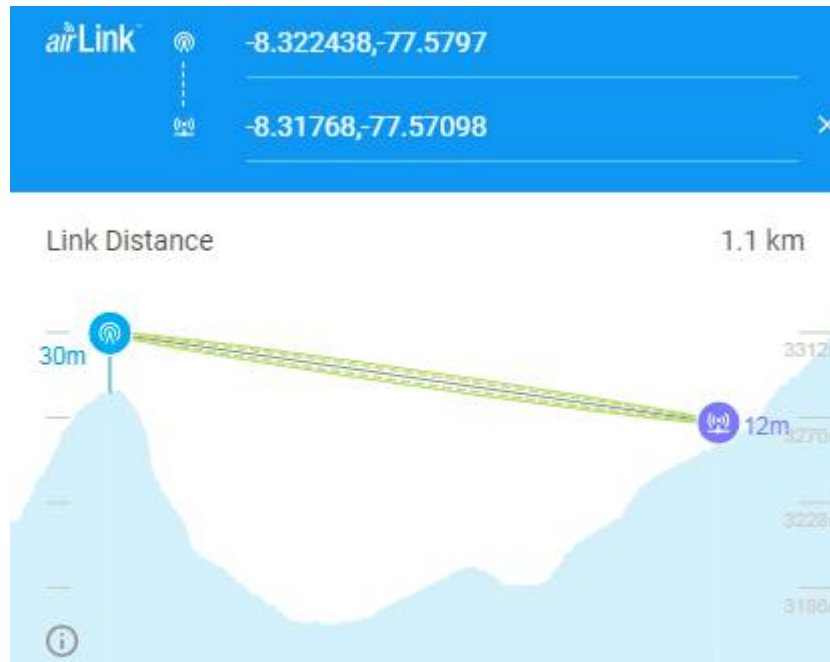


Figura 3.128 Ubicación del Repetidor y la localidad de Los Jardines en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Los Jardines hasta 26 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.129 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Los Jardines.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Acobamba y la localidad de Los Pinos.

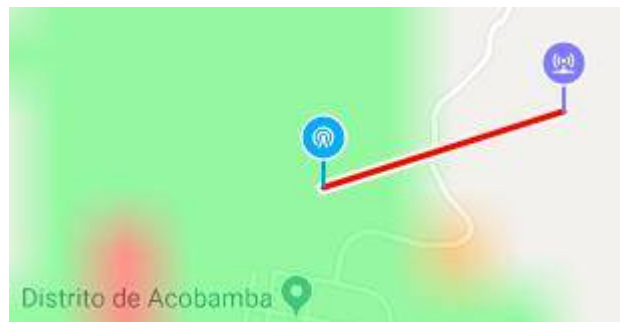


Figura 3.130 Ubicación geográfica de Acobamba y la localidad de Los Pinos.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

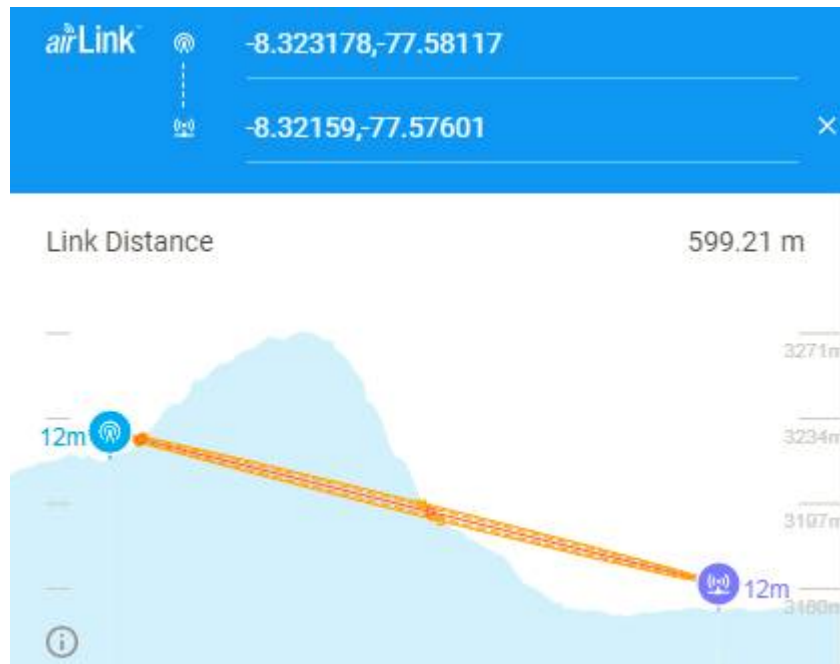


Figura 3.131 Ubicación de Acobamba y la localidad de Los Pinos en AirLink.

El repetidor se ubicará a 204.83 m de la ciudad de Acobamba como se muestra en la siguiente imagen.

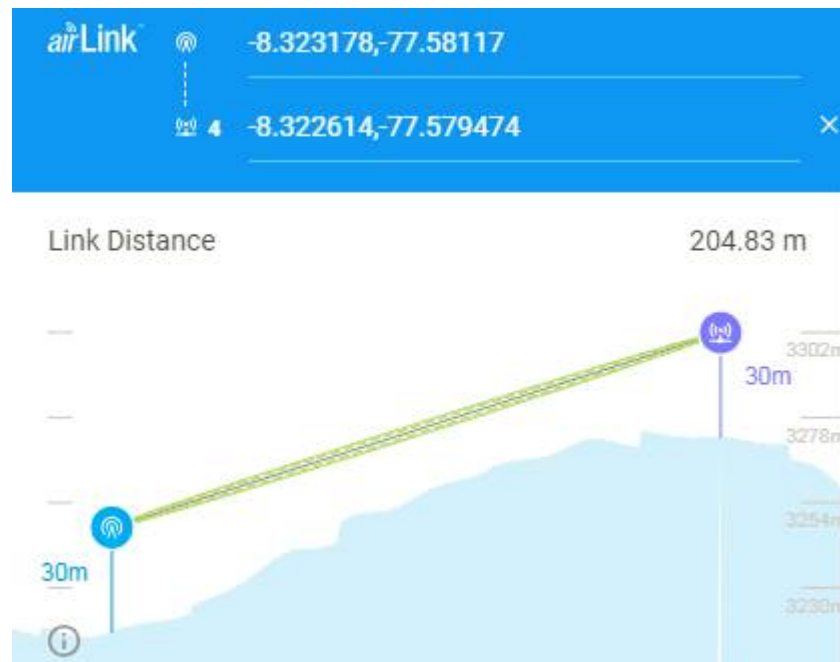


Figura 3.132 Ubicación de Acobamba y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 10 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

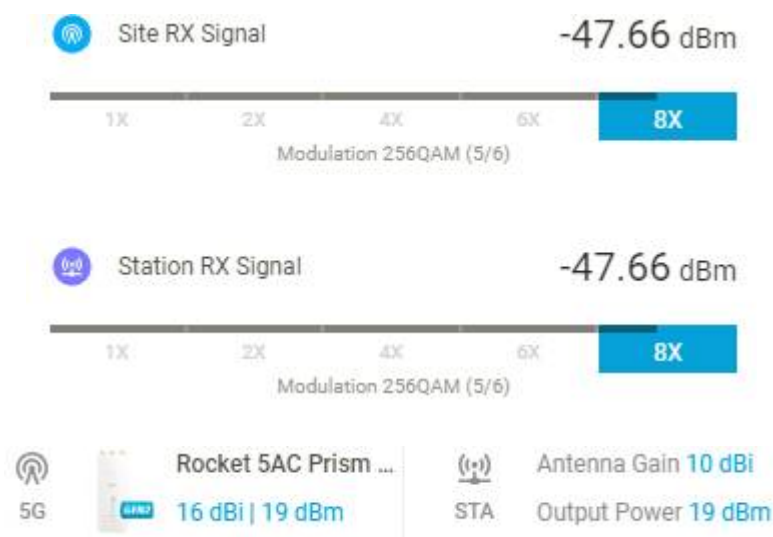


Figura 3.133 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Acobamba y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario la localidad de Los Pinos.

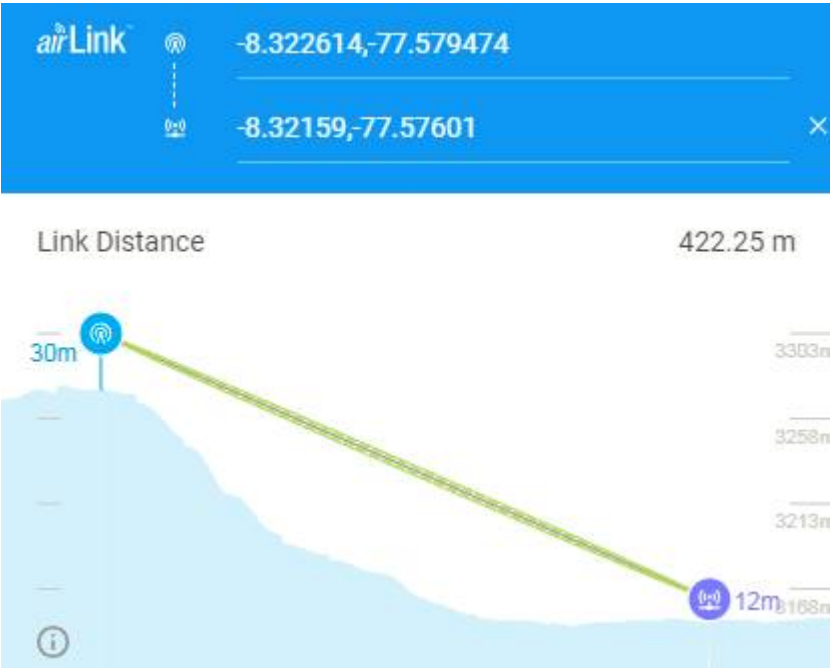


Figura 3.134 Ubicación del Repetidor y la localidad de Los Pinos en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Los Pinos hasta 18 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

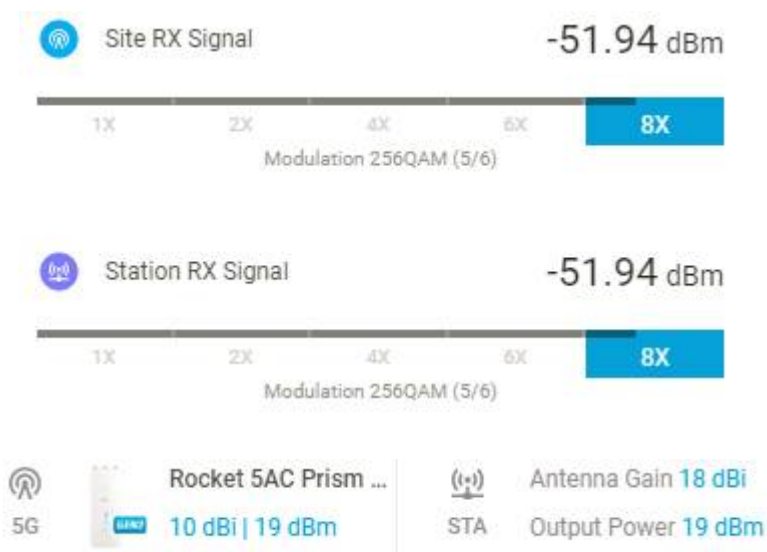


Figura 3.135 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Los Pinos.

En cuanto al ancho del canal, se optó por 30 MHz. El software AirLink nos muestra que la capacidad de transmisión para estos radioenlaces es de 181.65 Mbps, los cuales son suficientes para transmitir información desde el distrito de Acobamba hasta sus cuatro localidades.



Figura 3.136 Ancho de canal para Acobamba.

3.3.11. Radioenlaces para las localidades de Huayllabamba

La ciudad de Huayllabamba debe cubrir la demanda de siete localidades: Huayllabamba, San José, Pirpo, Pachavilca, Santa Clara, Colcabamba y Gasajpampa.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Huayllabamba y la localidad de Huayllabamba.

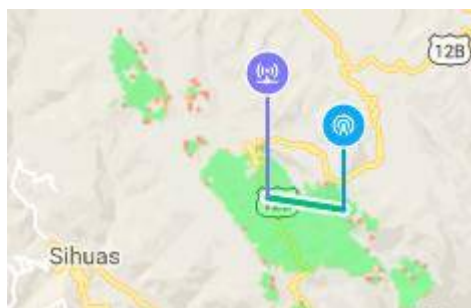


Figura 3.137 Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de Huayllabamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

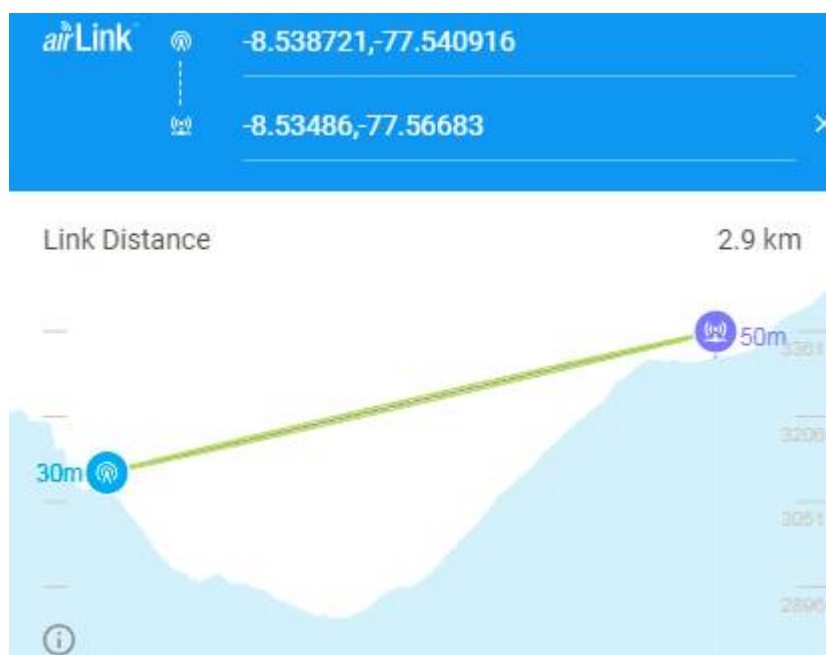


Figura 3.138 Ubicación de Huayllabamba y la localidad de Huayllabamba en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Huayllabamba hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

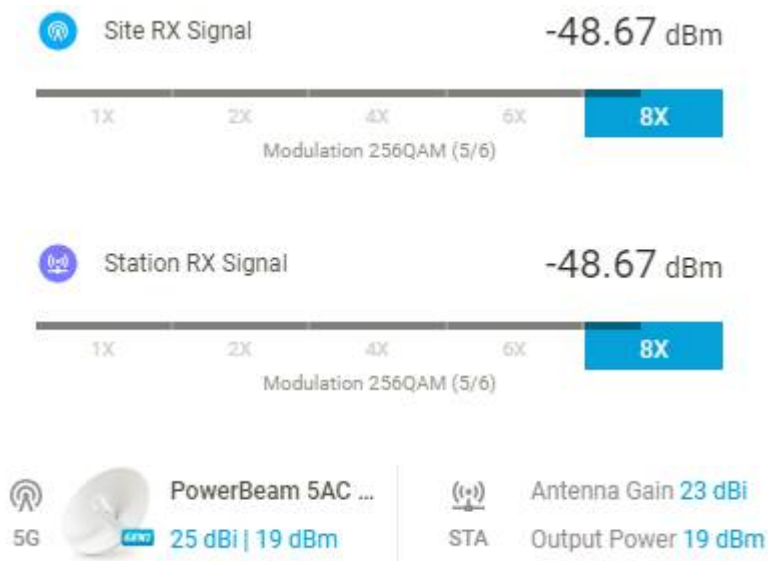


Figura 3.139 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Huayllabamba y la localidad de Huayllabamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Huayllabamba y la localidad de San José.

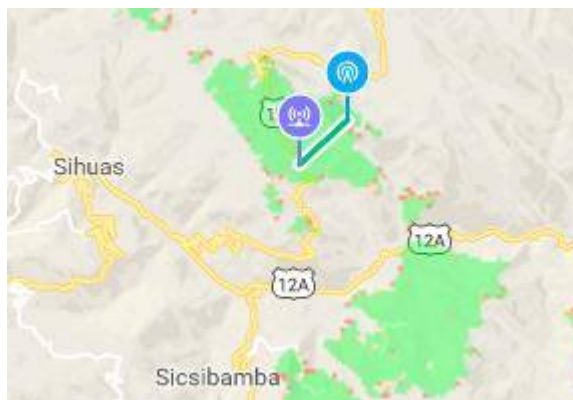


Figura 3.140 Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de San José.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

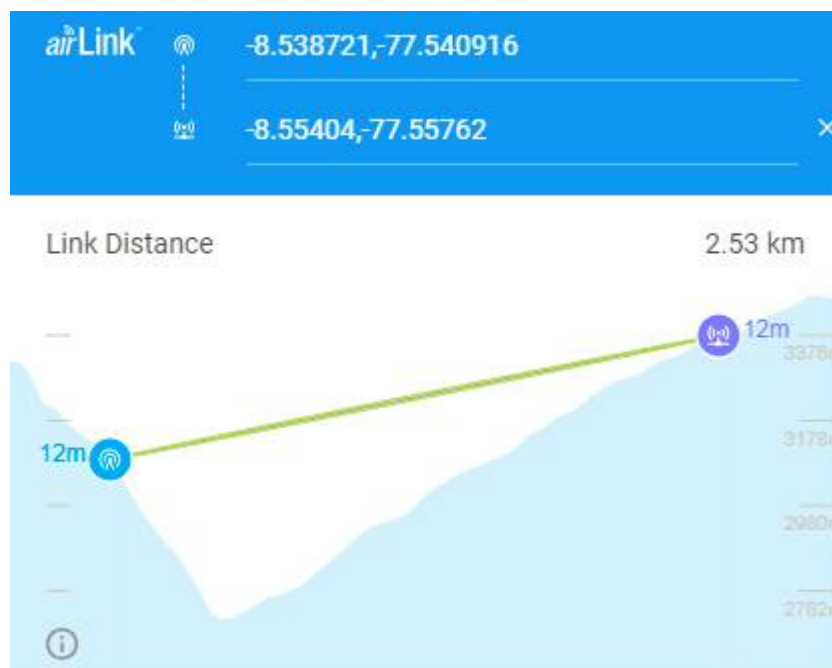


Figura 3.141 Ubicación de Huayllabamba y la localidad de San José en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de San José hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

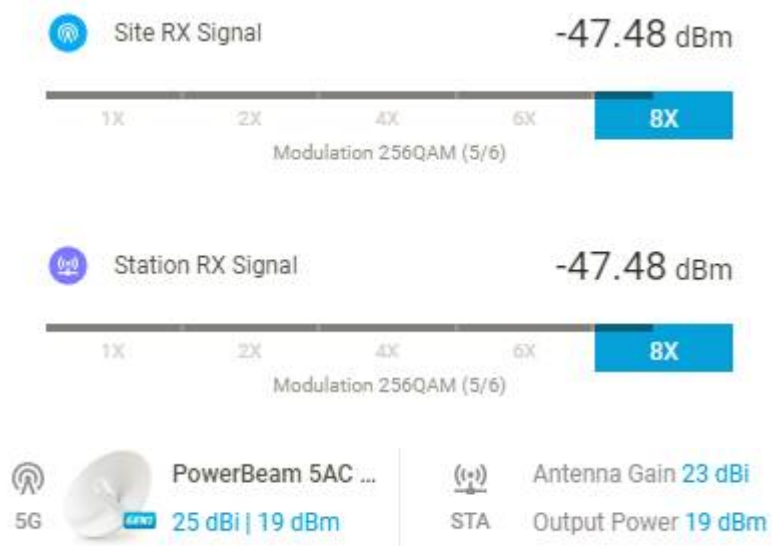


Figura 3.142 Ubicación de Huayllabamba y la localidad de San José en AirLink.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Huayllabamba y la localidad de Pirpo.

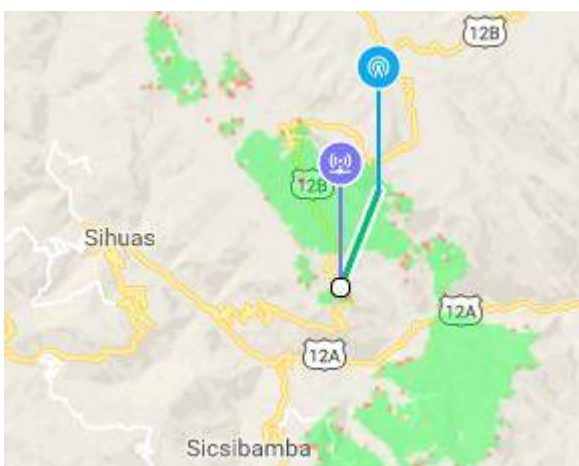


Figura 3.143 Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de Pirpo.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

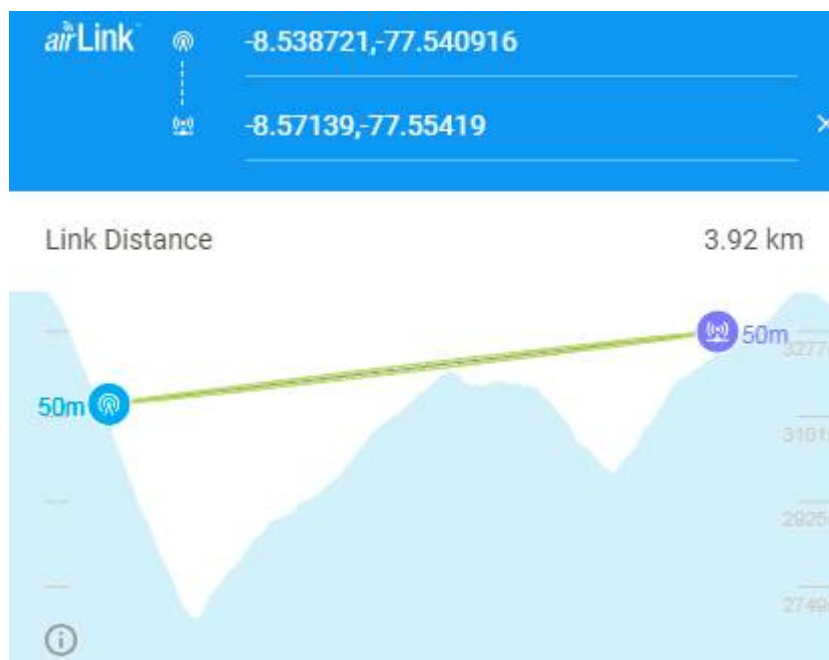


Figura 3.144 Ubicación de Huayllabamba y la localidad de Pirpo en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de

Pirpo hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

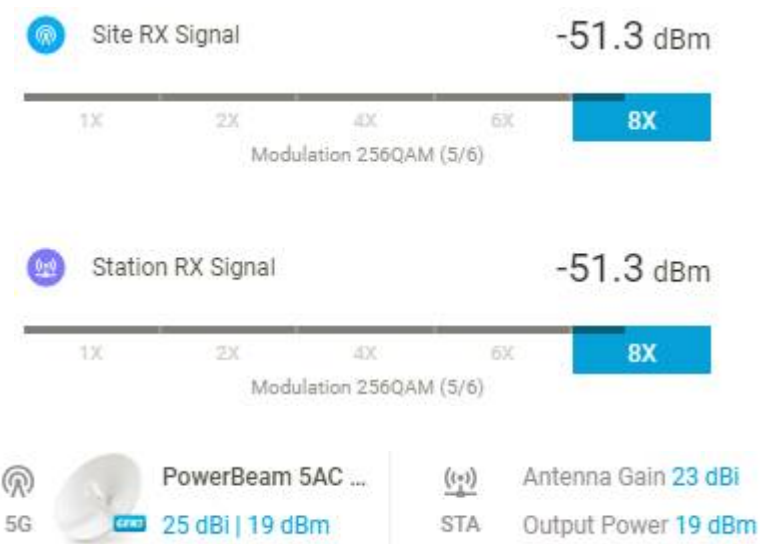


Figura 3.145 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Huayllabamba y la localidad de Pirpo.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Huayllabamba y la localidad de Pachavilca.



Figura 3.146 Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de Pachavilca.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

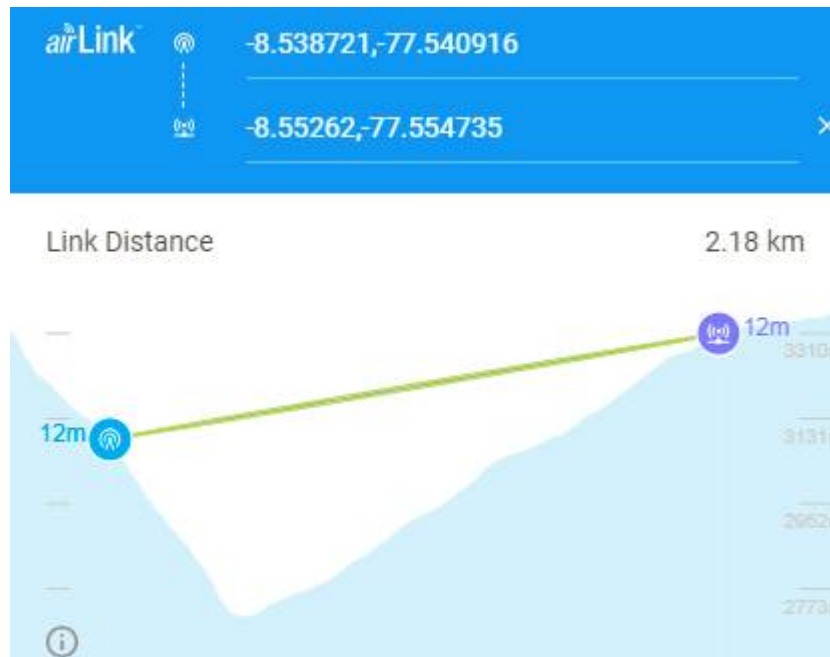


Figura 3.147 Ubicación de Huayllabamba y la localidad de Pachavilca en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Pachavilca hasta 20 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

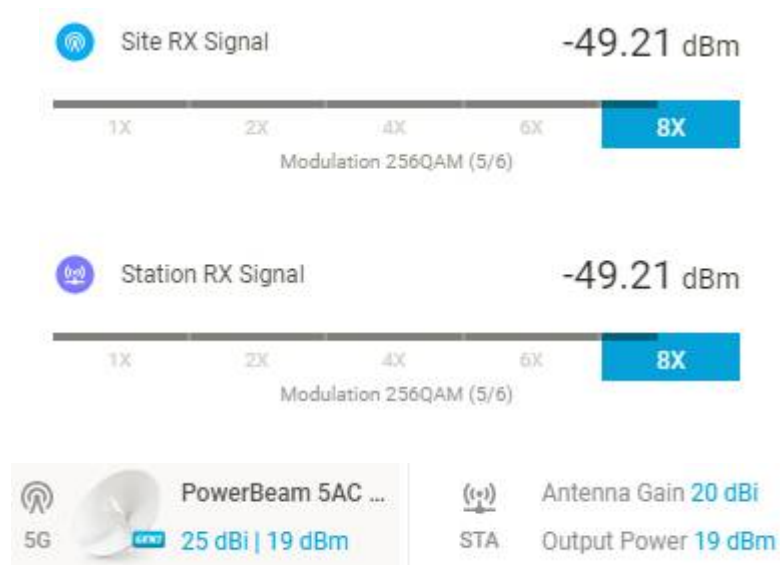


Figura 3.148 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Huayllabamba y la localidad de Pachavilca.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Huayllabamba y la localidad de Santa Clara.

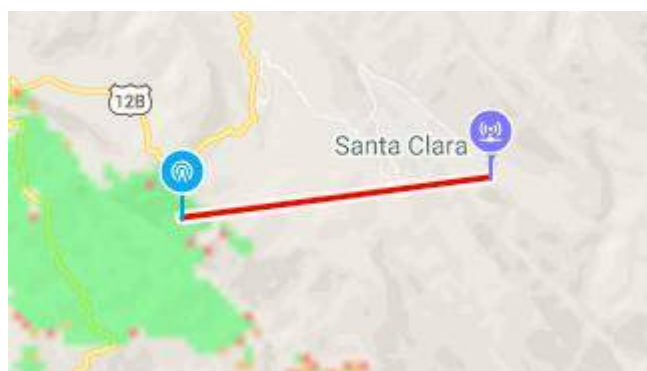


Figura 3.149 Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de Santa Clara.

En la siguiente imagen se puede apreciar que no existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que se hará uso de un repetidor.

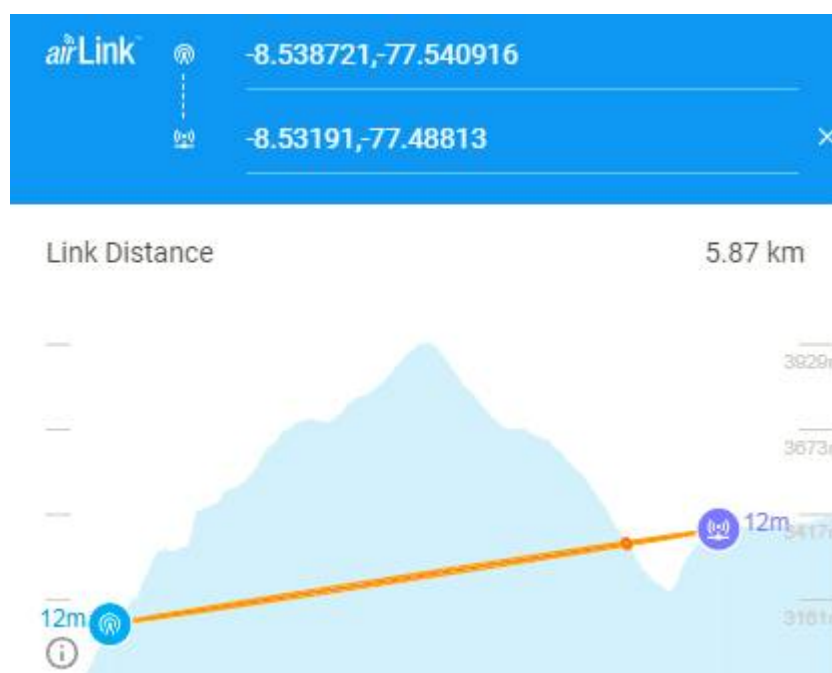


Figura 3.150 Ubicación de Huayllabamba y la localidad de Santa Clara en AirLink.

El repetidor se ubicará a 2.96 Km de la ciudad de Huayllabamba como se muestra en la siguiente imagen.

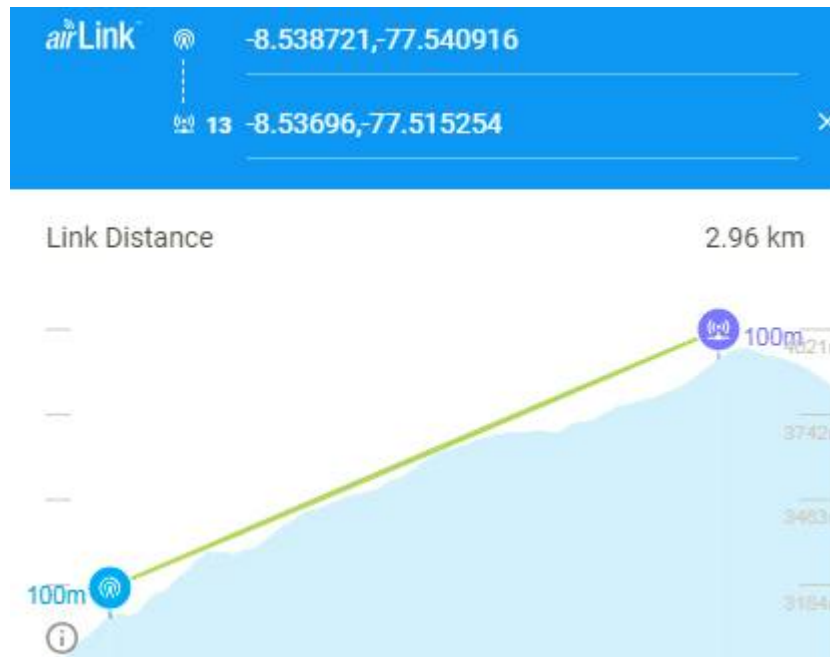


Figura 3.151 Ubicación de Huayllabamba y el Repetidor en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena del Repetidor hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.

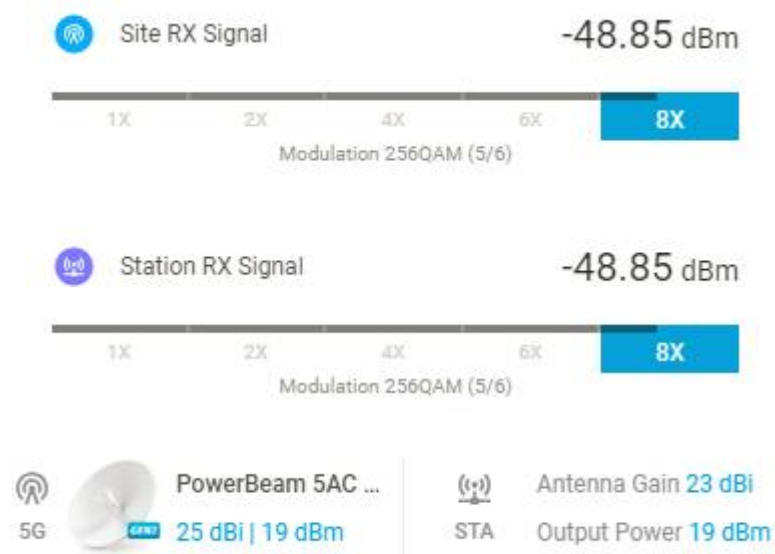


Figura 3.152 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Huayllabamba y el Repetidor.

Para el segundo radio enlace el nodo principal será el Repetidor, mientras que el nodo secundario la localidad de Santa Clara.

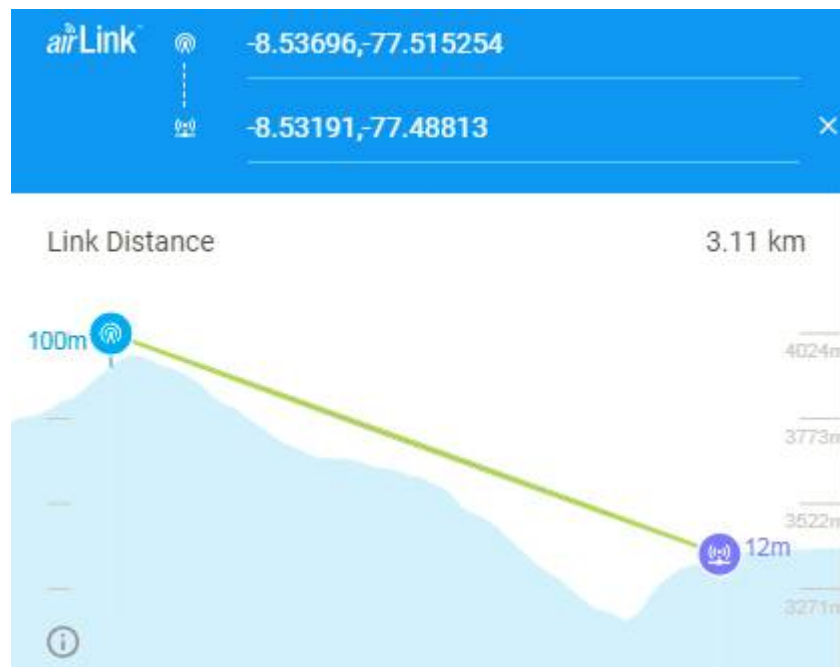


Figura 3.153 Ubicación del Repetidor y la localidad de Santa Clara en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Santa Clara hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.154 Niveles de recepción y ganancia de las antenas del Repetidor y la localidad de Santa Clara.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Huayllabamba y la localidad de Colcabamba.

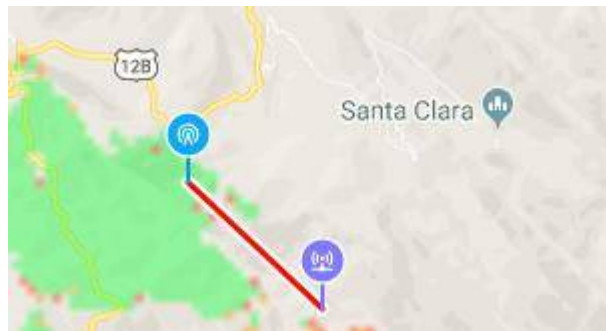


Figura 3.155 Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de Colcabamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

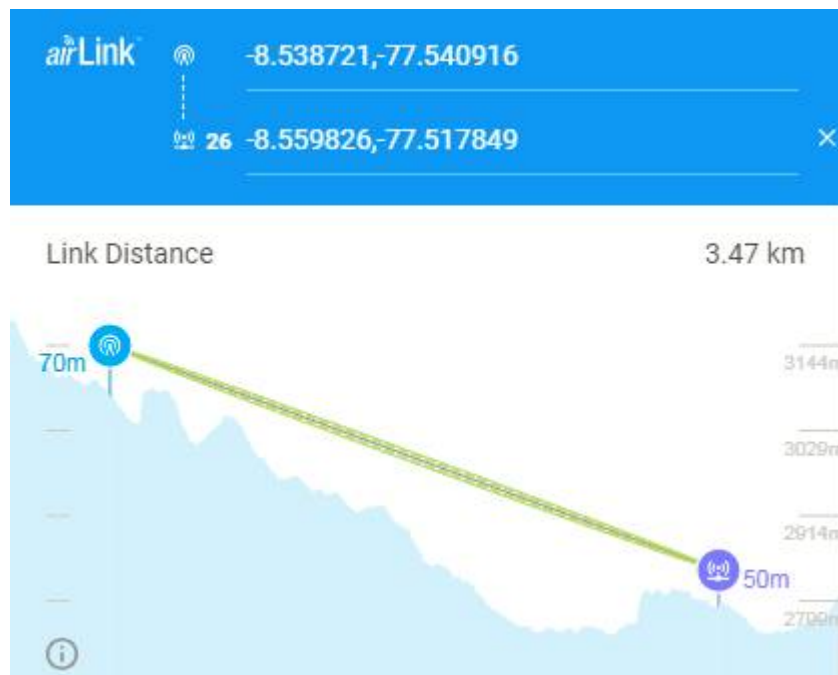


Figura 3.156 Ubicación de Huayllabamba y la localidad de Colcabamba en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Colcabamba hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.



Figura 3.157 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Huayllabamba y la localidad de Colcabamba.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación geográfica de la ciudad de Huayllabamba y la localidad de Gasajpampa.

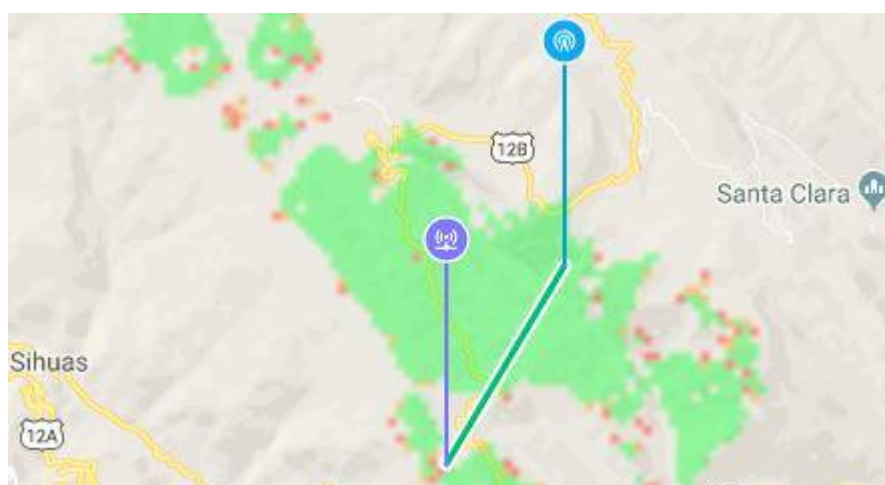


Figura 3.158 Ubicación geográfica de Huayllabamba y la localidad de Gasajpampa.

En la siguiente imagen se puede apreciar que existe línea de vista entre ambos puntos, por lo que no se hará uso de un repetidor.

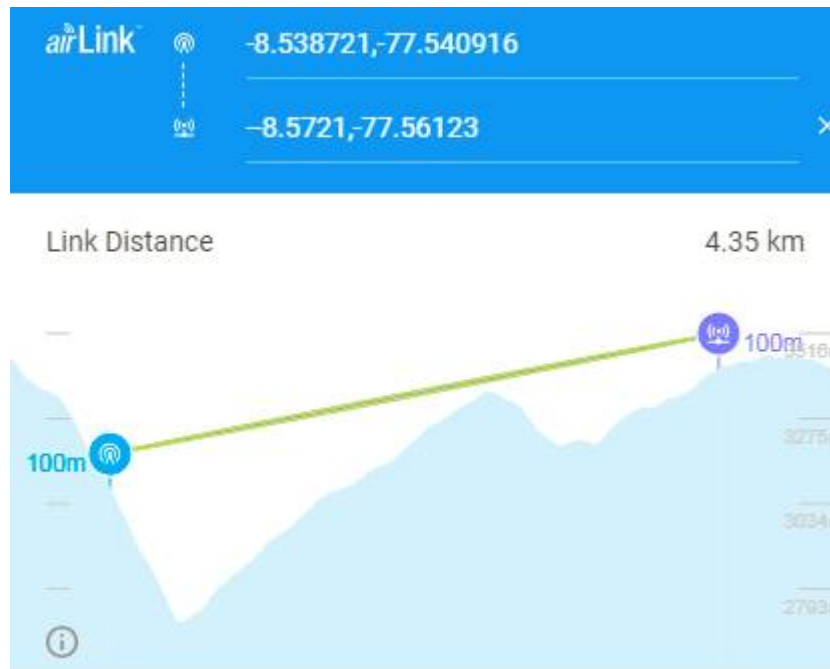


Figura 3.159 Ubicación de Huayllabamba y la localidad de Gasajpampa en AirLink.

Para lograr estar en el rango de los niveles de potencia de recepción adecuados, se optó por modificar la ganancia de la antena la localidad de Gasajpampa hasta 23 dBi, mientras que la potencia se mantuvo en 19 dBm para trabajar con la modulación 256QAM.





Figura 3.160 Niveles de recepción y ganancia de las antenas de Huayllabamba y la localidad de Gasajpampa.

En cuanto al ancho del canal, se optó por 40 MHz para aumentar la inmunidad al ruido. El software AirLink nos muestra que la capacidad de transmisión para estos radioenlaces es de 251.52 Mbps, los cuales son suficientes para transmitir información desde el distrito de Huayllabamba hasta sus siete localidades.



Figura 3.161 Ancho de canal para Huayllabamba.

ANALISIS DE COSTOS

CAPITULO IV

4.1. Costos de inversión de la red de banda ancha

Se considera la inversión que será realizada inicialmente para la adquisición de equipos, materiales, trabajos en la planta externa que incluyen la construcción de zanjas, instalación de ductos, tendido de la fibra óptica, etc. En resumen, la inversión en la construcción de la red total para que esté lista para su funcionamiento.

Tabla 4.1 Costos de inversión de la red de banda ancha.

Concepto	Cantidad	Costo unitario S/.	Costo total S/.
Oficinas técnicas y administrativas			2,730,295
Compra de terrenos para estaciones	72	21,200	1,526,400
Adecuación de estaciones para instalaciones	1	1,203,895	1,203,895
Diseño de la red, configuración, interconexión, y puesta en marcha			1,305,361
Diseño de ingeniería	1	578,200	578,200
Interconexión	1	125,213	125,213
Puesta en marcha	1	601,948	601,948
Sistema de transmisión óptico			12,553,957
Cable de fibra óptica de 24 hilos (Km)	250	13,250	3,325,750
Equipamiento	1	9,228,207	9,228,207
Sistema de transmisión inalámbrico			892,800
Torres e instalación	72	12,000	864,000
Antenas y equipamiento	72	400	28,800
Sistema de protección			11,416,951
Sistema de puesta a tierra	1	6,517,098	6,517,098
Sistema UPS de 1,5 KV incluido batería de 1 hora de autonomía	1	2,215,167	2,215,167
Sistema UPS de 1,5 KV incluido batería de 1 hora de autonomía	1	2,684,686	2,684,686
Instalaciones			3,877,563
Instalación del sistema de protección	1	3,877,563	3,877,563
Servicio de transporte			424,000
Transporte Lima – Ancash	1	238,500	238,500
Transporte Lima – otros nodos	1	185,500	185,500
Total			33,210,927

CONCLUSIONES

CAPITULO V

5.1. Conclusiones

Finalizado el presente proyecto, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Se ha diseñado una red de banda ancha formada por una red de transporte óptico y una red de acceso inalámbrico en la Provincia de Sihuas.
- La cantidad de pobladores obtenida a través del INEI fue muy importante para calcular la demanda del ancho de banda.
- El estudio de la RDNFO ha sido vital para la ubicación de los Nodos de Agregación y de los Nodos de Distribución.
- El despliegue de la fibra óptica fue elegido gracias al estudio de la RDNFO.
- Con la información de la infraestructura eléctrica y vial se han obtenido las distancias de los Nodos de Distribución al Nodo de Agregación, para poder asignar las interfaces ópticas adecuadas que aseguren la calidad del canal de comunicación a las velocidades de transmisión estimadas. Esto también permitió el cálculo de pérdidas, empalmes y postes a usar en el tendido de la red de transporte óptico.
- En los enlaces inalámbricos sólo se toman en cuenta el ancho de banda de las localidades y no de los distritos ya que los mismos son utilizados como Nodos de Distribución y son abastecidos en el diseño de la red de transporte óptico.
- Los equipos se eligieron de acuerdo a las condiciones y resultados requeridos.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias Bibliográficas

- CEI. (2015). *La transmisión de la luz a través de un medio transparente*. Obtenido de <https://www.lucescei.com/estudios-y-eficiencia/extractos-libro-blanco-de-iluminacion/la-transmision-de-la-luz-a-traves-de-un-medio-transparente/>
- Conectronica. (8 de Marzo de 2010). *Empalmes por fusion para cables de fibras opticas*. Obtenido de <https://www.conectronica.com/fibra-optica/cables-de-fibra-optica/empalmes-por-fusion-para-cables-de-fibras-opticas>
- Eveliux. (5 de Junio de 2014). *Fibrá óptica*. Obtenido de <http://www.eveliux.com/mx/fibra-optica.html>
- Gonzales, A. (13 de Enero de 2009). *Redes: protocolos y estándares*. Obtenido de <http://www.mailxmail.com/curso-redes-estandares-3/wimax>
- Guimi. (2009). *1.4 FIBRA ÓPTICA*. Obtenido de https://guimi.net/monograficos/G-Cableado_estructurado/G-CEnode6.html
- HerramientasWEB. (2014). *Medios de transmisión*. Obtenido de <http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/Mtransm.html>
- Herrera, W. (Junio de 2014). *Estandar IEEE 802.16 (WiMAX)*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/227527452/A7>

- HistoriaInformatica. (2 de Diciembre de 2010). *Historia de las Redes Inalámbricas*. Obtenido de <http://histinf.blogs.upv.es/2010/12/02/historia-de-las-redes-inalambricas/>
- INEI. (2016). *Poblacion de Ancash*. Obtenido de <https://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>
- Juárez, J. B. (s.f.). 4. *Redes Wi MAX*. Obtenido de https://www.academia.edu/15745848/4._Redes_Wi_MAX
- Minetad. (s.f.). *Acceso inalámbrico: WiMAX*. Obtenido de <http://www.minetad.gob.es/telecomunicaciones/banda-ancha/tecnologias/inalambrico/Paginas/WiMAX.aspx#contenido>
- Ministerio de Transportes, C. (Julio de 2010). *DIAGNÓSTICO SOBRE EL DESARROLLO DE LA BANDA ANCHA EN EL PERÚ*. Obtenido de www.mtc.gob.pe/portal/proyecto_banda.../informe%2001%20banda%20ancha.pdf
- MTC. (2010). *PLAN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA BANDA ANCHA EN EL PERÚ*. Obtenido de https://www.mtc.gob.pe/portal/proyecto_banda_ancha/index.html
- Ocampo, J. A., & Martinez, F. L. (2009). *WIMAX*. Obtenido de <https://sx-de-tx.wikispaces.com/WIMAX>
- Portocarrero, M. (2016). *DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE DE FIBRA OPTICA Y DE ACCESO INALAMBRICO PARA MEJORAR EL ACCESO A SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES Y LOGRAR LA CONECTIVIDAD INTEGRAL DE LA PROVINCIA DE BAGUA*. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/344/BC-TES-4375.pdf?sequence=1>
- Ramírez Behaine, C. A. (2006). *Modulación por multiportadoras tipo OFDM, las bases de la nueva generación de transmisión de información*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242006000200007
- Redes. (s.f.). *Arquitectura de una red WiMAX*. Obtenido de <http://redeswifi1.blogspot.com/p/511-arquitectura-de-una-red-wimax.html>
- Rodriguez, A. (9 de Julio de 2013). *Divisores (Splitters) para FTTH*. Obtenido de <https://www.instaladoresdetelecomhoy.com/divisores-splitters-para-ftth/>
- The Fiber Optic Association, I. (2014). *Guide to Fiber Optics & Premises Cabling*. Obtenido de http://www.thefoa.org/ESP/Fibra_optica.htm

