

	MACROPROCESO DE APOYO PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	CÓDIGO: AAAr113 VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 1 de 7

21.1

FECHA	jueves, 11 de junio de 2020
--------------	-----------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Biblioclic@ucundinamarca.edu.co
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ingeniería
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería de Sistemas

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
GARCIA SUSA	JENNIFER PILAR	1072497246
RODRIGUEZ ROJAS	MARCO ANTONIO	1069759045

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 2 de 7

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
GORDILLO OCHOA	WILSON DANIEL

TÍTULO DEL DOCUMENTO
Espacios Blancos De Televisión -Tv White Spaces- En La Construcción De La Red Digital Comunitaria, Vereda San Pablo (Pasca Cundinamarca)

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
INGENIERO DE SISTEMAS

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÀGINAS
02/06/2020	177

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1.Espacios Blancos de Televisión	TV White Spaces
2. Redes Comunitarias	Community Networks
3. Redes Inalámbricas	Wireless Networks
4. Redes	Networks
5. Apropiación Tecnológica	Technology Appropriation
6. Apropiación Social	Social Appropriation

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 3 de 7

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

San Pablo Libre es un proyecto de red comunitaria ubicado en la vereda San Pablo del municipio de Pasca, Cundinamarca. Su enfoque principal está determinado en conectar las tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) a los habitantes de esta población. Esta comunidad se encuentra en una zona de difícil acceso geográfico que no contaba con conexión a Internet; como alternativa de conexión se exploró la tecnología TVWS, además se logró implementar una red tipo estrella con 6 nodos en la banda de frecuencia (2.4GHz y 5GHz), cada uno de ellos ubicado estratégicamente a través del territorio de la vereda. Se instalaron servicios locales con contenidos educativos digitales y telefonía de voz sobre IP, que le permite a los habitantes hacer llamadas sin necesidad de minutos o planes de datos, solo con conectarse a alguna zona wifi pueden comunicarse con sus vecinos localmente. También, se ofreció conexión Internet, el cual es patrocinado por la Universidad de Cundinamarca, quien dona una porción del ancho de banda. Esta se retransmite a través de un radioenlace de 5,6 km ubicado entre la azotea del bloque F de la universidad y uno de los puntos más altos de la vereda que recibe la señal y distribuye a los demás puntos. Este proyecto ha beneficiado a la comunidad, quienes pueden acceder a la información y comunicación para su formación personal, académica y profesional, campesinos que han logrado vincular la tecnología en sus labores agropecuarias y hogares que se pueden comunicar con sus familiares y amigos.

San Pablo Libre is a community network project located in the village of San Pablo in the municipality of Pasca, Cundinamarca. Its main focus is determined on connecting Information and Communication Technologies (ICT) to the inhabitants of this town. This community is located in an area of difficult geographical access that did not have an Internet connection. As an alternative connection, TVWS technology was explored, and a star type network was implemented with 6 nodes in the frequency band (2.4GHz and 5GHz), each strategically located throughout the territory of the village. Local services were installed with digital educational content and voice over IP telephony, which allows inhabitants to make calls without the need for minutes or data plans, just by connecting to a wifi zone they can communicate with their neighbors locally. Also, Internet connection was offered, which is sponsored by the University of Cundinamarca, which donates a portion of the bandwidth. This is transmitted through a 5.6 km radio link located between the roof of Block F of the university and one of the highest points of the mountain that receives the signal and distributes it to the other points.

This project has benefited the community, who can access information and communication for their personal, academic and professional training, farmers who have managed to link technology in their agricultural work and households that can communicate with their families and friends.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación,

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 4 de 7

teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general,

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 5 de 7

contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI __ NO _X__.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL	VIGENCIA: 2017-11-16
	REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 6 de 7

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.

	MACROPROCESO DE APOYO PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	CÓDIGO: AAAr113 VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 7 de 7



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. San Pablo RC (Libro).pdf	Texto
2. San Pablo RC (Articulo).pdf	Texto
3. San Pablo RC (Video).mp4	Video

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
GARCIA SUSA JENNIFER PILAR	Jennifer Garcia Susa
RODRIGUEZ ROJAS MARCO ANTONIO	Marco Antonio Rodriguez Rojas

21.1-51-20

RED DIGITAL COMUNITARIA SAN PABLO PASCA, CUNDINAMARCA

**Espacios Blancos De Televisión -Tv White Spaces- En La Construcción De La Red
Digital Comunitaria, Vereda San Pablo (Pasca Cundinamarca)**

**JENNIFER PILAR GARCÍA SUSA
MARCO ANTONIO RODRÍGUEZ ROJAS**

Trabajo De Grado Para El Título De Ingeniero De Sistemas

Director: Ing. Wilson Daniel Gordillo Ochoa

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA DE SISTEMAS
FUSAGASUGÁ
2020**

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	4
3. INTRODUCCIÓN	6
4. OBJETIVOS	9
4.1. Objetivo General	9
4.2. Objetivos Específicos	9
5. JUSTIFICACIÓN	10
6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
7. ÁREAS Y CAMPOS DE ACCIÓN	14
7.1. Campo de investigación institucional.	14
7.2. Áreas (Líneas de Investigación)	14
7.3. Ejes Temáticos	14
8. ESTADO DEL ARTE	15
CAPÍTULO II	30
9. MARCO REFERENCIAL	30
9.1. Marco conceptual	30
9.2. Marco Legal	46
CAPÍTULO III	50
10. METODOLOGÍA	50
10.1. Metodología Investigación- Acción Participativa	50
10.2. Metodología de Diseño de redes Top-Down	52
11. DESARROLLO DEL PROYECTO	55
METODOLOGIA INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA	55
FASE 1: OBSERVACIÓN	55
FASE 2: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO	61
Exploración de Espacios Blancos de Televisión	64
FASE 3: PLANEACIÓN	79
FASE 4: ACCIÓN	80
METODOLOGÍA TOP-DOWN NETWORK DESIGN.	80
FASE 1: ANÁLISIS DE REQUISITOS	81

FASE 2: DISEÑO LÓGICO DE LA RED	81
FASE 3: DISEÑO FÍSICO DE LA RED	84
FASE 4: SIMULACIÓN DEL DISEÑO DE RED	92
FASE 5: IMPLEMENTACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LA RED	100
FASE 6: MONITOREO Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED	133
APROPIACIÓN SOCIAL DE LA TECNOLOGÍA	136
Taller 1: Agradecimiento	136
Taller 2: Alfabetización digital	137
Taller 3: Configuración y manejo de central telefónica de telefonía sobre Voz IP (VoIP)	138
Taller 4: Socialización de usos de Internet	140
Taller 5: Contenidos locales y uso de internet escuela	140
Taller 6: Socialización tecnología necesaria para la red	141
Taller 7: Socialización del video chapterthon	142
12. RECURSOS	145
12.1. Recursos Físicos	145
12.2. Recursos Económicos	145
12.3. Fuentes de financiación	145
12.4. Recursos Humanos	149
13. CRONOGRAMA	152
14. CONCLUSIONES	155
15. ACTIVIDADES A FUTURO	158
16. LOGROS	160
Participación en eventos	160
17. BIBLIOGRAFIA	164
18. ANEXOS	169

TABLA DE IMAGENES

<i>Ilustración 1</i> Fases de la metodología IAP.....	51
<i>Ilustración 2</i> Fases de la metodología Top-Down Network Desing.....	54
<i>Ilustración 3</i> Configuración servidor VoIP.	56
<i>Ilustración 4</i> Configuración cliente VoIP.....	56
<i>Ilustración 5</i> Taller de wifi con sabor a campo.	56
<i>Ilustración 6</i> Explicación de VoIP.....	56
<i>Ilustración 7</i> Georreferenciación de San Pablo.	58
<i>Ilustración 8</i> Escuela San Pablo.	60
<i>Ilustración 9</i> Estudiantes escuela.....	60
<i>Ilustración 10</i> Vista de la vereda.	60
<i>Ilustración 11</i> Caminata de reconocimiento.	60
<i>Ilustración 12</i> Socialización en el cerro.....	61
<i>Ilustración 13</i> Socialización en la tienda.	61
<i>Ilustración 14</i> Reunión con líderes comunitarios.	61
<i>Ilustración 15</i> Reunión con la comunidad.	61
<i>Ilustración 16</i> Puntos estratégicos para posibles nodos.....	63
<i>Ilustración 17</i> Ubicación geográfica de los puntos hallados con GPS.	63
<i>Ilustración 18</i> Ejemplo de canales disponibles (30, 32, 34, 36, 37, 39).....	65
<i>Ilustración 19</i> Topología de red de TVWS.....	68
<i>Ilustración 20</i> Topología de red espacios blancos de televisión.....	73
<i>Ilustración 21</i> Analogía de una simulación de TVWS.	74
<i>Ilustración 22</i> Diagrama lógico de TVWS.	75
<i>Ilustración 23</i> Revisión de postes.	79
<i>Ilustración 24</i> Revisión de Guaduas para torres.	79
<i>Ilustración 25</i> Diseño base de la estructura de red.	81
<i>Ilustración 26</i> Reingeniería del Diseño Lógico de la red con la tecnología aplicada.....	89
<i>Ilustración 27</i> Diseño Físico de la Red Comunitaria.....	92
<i>Ilustración 28</i> Resultados de la simulación de radioenlace PTP backhaul entre la Universidad de Cundinamarca y el cerro de la Finca de Don Benito.....	94
<i>Ilustración 29</i> Vista global de los enlaces internos PTMP de la red comunitaria en San Pablo.	94
<i>Ilustración 30</i> Resultados de la simulación de radioenlace PTMP entre el cerro de la Finca de Don Benito y la finca de la Sra. Alcira.	95
<i>Ilustración 31</i> Resultados de la simulación de radioenlace PTMP entre el punto de acceso ubicado en la finca de Don Benito y la Escuela Rural de San Pablo.	96
<i>Ilustración 32</i> Resultados de la simulación de radioenlace PTMP entre el punto de acceso ubicado en la finca de Don Benito y la finca de la profe Carolina.....	97
<i>Ilustración 33</i> Resultados de la simulación de radioenlace PTMP entre el punto de acceso ubicado en la finca de Don Benito y la finca de la Sra Constanza.	98
<i>Ilustración 34</i> Resultados de la simulación de radioenlace PTMP entre el punto de acceso ubicado en la finca de Don Benito y la finca de Don Gustavo.....	99

Ilustración 35 Resultados de la simulación de radioenlace PTMP entre el punto de acceso ubicado en la finca de Don Benito y la casa de Don Benito.	100
Ilustración 36 Actualizaciones oficiales de firmware para la LiteBeam M5.	105
Ilustración 37 Actualización de firmware seleccionada para la LiteBeam M5.....	105
Ilustración 38 Instalación de firmware en las antenas LiteBeam M5.....	106
Ilustración 39 Instalación de firmware en las antenas LiteBeam M5.....	106
Ilustración 40 Línea de vista desde Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá hacia el cerro de Don Benito.....	107
Ilustración 41 Acercamiento líneo de vista desde Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá hacia el cerro de Don Benito.....	107
Ilustración 42 Punto A del backhaul, ubicado en la universidad de Cundinamarca.	108
Ilustración 43 Línea de vista desde el cerro de Don Benito hacia Universidad de Cundinamarca Fusagasugá.	109
Ilustración 44 Acercamiento de línea de vista desde el cerro de Don Benito hacia Universidad de Cundinamarca Fusagasugá.....	109
Ilustración 45 Alistamiento de herramienta.	110
Ilustración 46 Preparación del poste.....	110
Ilustración 47 Inmunizada de la base del poste.	110
Ilustración 48 Instalación del poste.	110
Ilustración 49 Instalación del tendido eléctrico en la casa.	111
<i>Ilustración 50 Empalme del tendido eléctrico.....</i>	<i>111</i>
<i>Ilustración 51 Instalación de mástiles y antenas.</i>	<i>112</i>
Ilustración 52 Calibración de la antena.	112
Ilustración 53 Instalación de la caja de inspección “artesanal”.....	113
Ilustración 54 Caja de inspección instalada.....	113
Ilustración 55 Culminación del despliegue en el cerro.....	114
Ilustración 56 Vista global del cerro Don Benito.	114
Ilustración 57 Instalación de antena en el mástil.....	115
Ilustración 58 Instalación de antena en el mástil.....	115
Ilustración 59 Instalación de cables.....	116
Ilustración 60 Perforación del hoyo para la guadua.	117
Ilustración 61 Calibración de la antena.	117
Ilustración 62 Preparación del poste soporte el soporte de dispositivos.	117
Ilustración 63 Inmunizada de la base del poste.	117
Ilustración 64 Preparación del hoyo para el poste.....	118
Ilustración 65 Creación del mástil.....	118
Ilustración 66 Configuración de la antena.....	119
Ilustración 67 Antena instalada en la finca de la Sra Constanza.	119
Ilustración 68 Instalación de mástil plástico en la columna de la casa.....	120
Ilustración 69 Antena instalada.	120
Ilustración 70 Configuración de antena.....	121
Ilustración 71 Rotación para mejor enlace.	121
Ilustración 72 Preparación de materiales.....	122

Ilustración 73 Construcción del mástil artesanal.....	122
Ilustración 74 Instalación de la antena en el mástil.....	122
<i>Ilustración 75 Preparación del cable red.....</i>	122
Ilustración 76 Punto eléctrico del nodo.....	123
<i>Ilustración 77 Despliegue de la torre.....</i>	123
Ilustración 78 Despliegue del cable de red.....	124
Ilustración 79 Amarrando el cable a una vara que también sostiene el cable eléctrico.	124
Ilustración 80 Despliegue de cable de red en el cerro.....	124
Ilustración 81 Direccionamiento de las interfaces.....	134
Ilustración 82 Monitoreo diario de Ether1 (WAN).....	135
Ilustración 83 Monitoreo semanal de Ether1 (WAN).....	135
Ilustración 84 Socialización de ideas para la comunidad.....	136
Ilustración 85 Compartiendo ideas para la construcción de la red.....	136
Ilustración 86 Ideas y aportes para el empoderamiento de la red comunitaria.....	137
Ilustración 87 Manejo de computador para acceder al correo.....	138
Ilustración 88 Manejo de computador para acceder a noticias.....	138
Ilustración 89 Uso del celular para compartir información descargada de internet.....	138
Ilustración 90 Socialización de VoIP.....	139
Ilustración 91 Se explica cómo crear un usuario en plataforma de VoIP.....	139
Ilustración 92 Se explica cómo crear usuario de VoIP en el celular.....	139
Ilustración 93 Como realizar la llamada a contactos VoIP.....	139
Ilustración 94 Socialización de algunos de los usos del Internet.....	140
Ilustración 95 Uso de navegador.....	140
Ilustración 96 Conectarse a la red WiFi para ingresar a los contenidos locales.....	141
Ilustración 97 Conectarse a la red WiFi para ingresar a Internet.....	141
Ilustración 98 Socialización de como ingresar al contenido local.....	141
Ilustración 99 Como ingresar al navegar y buscar tema específico.....	141
Ilustración 100 Socialización de dispositivos necesarios para un nodo WiFi.....	142
Ilustración 101 Espectadores de la socialización de equipos.....	142
Ilustración 102 Socialización del video Chapterthon.....	143
Ilustración 103 Espectadores de la socialización de video.....	143
Ilustración 104 Grafico estimado de personas que acceden a las zonas WiFi.....	144
Ilustración 105 Chapherton 2019.....	160
Ilustración 106 Participación en evento REDIS.....	161
Ilustración 107 Poster evento REDIS.....	161
Ilustración 108 Ponencia VIII Congreso Internacional de Ingeniería.....	162
Ilustración 109 Ponencia VIII Congreso Internacional de Ingeniería.....	162
Ilustración 110 IV Congreso Nacional y III Internacional de ingeniería ITFIP.....	162
Ilustración 111 IV Congreso Nacional y III Internacional de ingeniería ITFIP.....	162
Ilustración 112 II CUMBRE LATIOAMERICANA DE REDES COMUNITARIAS.....	163
Ilustración 113 II CUMBRE LATIOAMERICANA DE REDES COMUNITARIAS.....	163
Ilustración 114 Cotización dispositivos TVWS "6Harmonics".....	169
Ilustración 115 Cotización dispositivos TVWS "Carlson".....	170

TABLA DE TABLAS

Tabla 1 Distribución poblacional Vereda San Pablo.....	59
Tabla 2 Estudiantes matriculados en escuelas y colegios.....	59
Tabla 3 Características de equipo Radio estación de TVWS.....	69
Tabla 4 Precio según proveedor 6Harmonics, estación base.....	76
Tabla 5 Precio según proveedor 6Harmonics, estación cliente.....	76
Tabla 6 Precio según proveedor Carlos, estación base.....	77
Tabla 7 Precio según proveedor Carlson, estación cliente.....	77
Tabla 8 Cronograma de actividades comunidad 2019.....	79
Tabla 9 Direccionamiento y nombre de equipos.....	82
Tabla 10 Comparativa de equipos de transmisión de datos.....	85
Tabla 11 Comparativa de precios de antenas receptoras marca Ubiquiti.....	88
Tabla 12 Nuevo direccionamiento y nombre de equipos para la LAN.....	90
Tabla 13 Nuevo direccionamiento y nombre de equipos para la WAN.....	91
Tabla 14 Ubicación geográfica en coordenadas de los nodos distribuidos en la vereda.....	93
Tabla 15 Cronograma de actividades para el despliegue de la red.....	100
Tabla 16 Materiales para el nodo principal.....	102
Tabla 17 Materiales para la creación de un punto WiFi.....	103
Tabla 18 Datos antena Sra. Alcira.....	125
Tabla 19 Datos AP Sra. Alcira.....	125
Tabla 20 Datos antena Escuela Rural.....	126
Tabla 21 Datos AP Escuela Rural.....	127
Tabla 22 Datos antena Profe Carolina.....	127
Tabla 23 Datos AP Sra. Carolina.....	128
Tabla 24 Datos antena Sra. Constanza.....	128
Tabla 25 Datos AP Sra. Constanza.....	129
Tabla 26 Datos antena Don Gustavo.....	130
Tabla 27 Datos AP Gustavo.....	130
Tabla 28 Datos backhaul, punto B.....	131
Tabla 29 Datos backhaul, punto A.....	131
Tabla 30 Datos Sectorial.....	132
Tabla 31 Datos Router Board Mikrotik.....	133
Tabla 32 Estimado de personas que acceden a las zonas WiFi.....	143
Tabla 33 Proyección de costo de equipos.....	148
Tabla 34 Descripción de equipos.....	148
Tabla 35 Reunión de socialización del proyecto.....	149
Tabla 36 Cronograma general 2019.....	152

CAPÍTULO I

1. RESUMEN

San Pablo Libre es un proyecto de red comunitaria ubicado en la vereda San Pablo del municipio de Pasca, Cundinamarca. Su enfoque principal está determinado en conectar las tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) a los habitantes de esta población. Esta comunidad se encuentra en una zona de difícil acceso geográfico que no contaba con conexión a Internet, por diferentes razones. Sin embargo, existía la opción de Internet Satelital, pero sus precios son muy elevados para una familia con escasos recursos económicos, por lo que no pueden contratarlo.

Inicialmente se escogió la tecnología TV White Spaces dado que el Estado Colombiano, a través de la Agencia Nacional del Espectro el cual rige el uso del espectro en todo el territorio Nacional en alianza con el Ministerio de las Tecnologías y la Comunicación (MinTIC), sugiere y promueve el uso de esta tecnología para nuevos proyectos dirigidos a las zonas rurales y de difícil acceso, dadas las características técnicas que esta ofrece para conectar digitalmente dichos lugares.

En el proceso de exploración de esta tecnología para la creación de la red comunitaria San Pablo Libre, se empezó a realizar indagaciones con expertos en el tema por medio de conferencias y webinars. La Ingeniera experta en el uso del espectro, ex Directora de la Agencia Nacional del Espectro y actual presidente de la Alianza Dinámica del Espectro, organización global enfocada en soluciones innovadoras y regulaciones que permitan un uso eficiente del espectro, dice que esta tecnología es favorable para conectar a las zonas rurales, ya que un gran porcentaje de personas que se encuentran en el campo están

desconectadas. Por ello se ve como gran alternativa el uso de espacios blancos de televisión, a pesar de que actualmente los dispositivos no se encuentran en una escala económica, resulta ser más asequible y atractiva para llegar a las zonas más remotas en comparación con otras tecnologías. Por otra parte, se realizaron cotizaciones con proveedores extranjeros, ya que el país no cuenta con proveedores Nacionales de esta tecnología.

En vista de que esta nueva tecnología es demasiado costosa, la comunidad no puede acceder a ella; razón por la cual se realizó el análisis de otras tecnologías alternativas más asequibles. Se logró entonces identificar una tecnología que cumplió con las características necesarias para la comunidad, llegando así a implementar una red comunitaria de tipo estrella con 6 nodos, cada uno de ellos ubicado estratégicamente a través del territorio de la vereda. Se instalaron servicios locales con contenidos educativos digitales y telefonía de voz sobre IP, que le permite a los habitantes hacer llamadas sin necesidad de minutos o planes de datos, solo con conectarse a alguna zona wifi pueden comunicarse con sus vecinos localmente. También, se ofreció conexión Internet, el cual es patrocinado por la Universidad de Cundinamarca, quien dona una porción del ancho de banda. Esta se retransmite a través de un radioenlace de 5,6 km ubicado entre la azotea del bloque F de la universidad y uno de los puntos más altos de la vereda que recibe la señal y distribuye a los demás puntos.

Este proyecto ha beneficiado a la comunidad, quienes pueden acceder a la información y comunicación, logrando hacer una apropiación de la tecnología. Son muchos los estudiantes, tanto de la vereda como foráneos, que pueden hacer uso del Internet para su formación académica y profesional, campesinos que han logrado vincular la tecnología en

sus labores agropecuarias y hogares que se pueden comunicar con sus familiares y amigos.

Es por ello que la construcción de una red comunitaria permite conectar al desconectado, acercando aquellos que, por diferentes razones, no pueden hacer uso de las TIC's.

2. ABSTRACT

San Pablo Libre is a community network project located in the village of San Pablo in the municipality of Pasca, Cundinamarca. Its main focus is determined on connecting Information and Communication Technologies (ICT) to the inhabitants of this town. This community is located in an area of difficult geographical access that did not have an Internet connection, for different reasons. However, there was the option of Satellite Internet, but its prices are very high for a family with limited economic resources, so they can not hire it.

Initially the technology was chosen TV White Spaces since the Colombian State, through the National Agency of the Spectrum which governs the use of the spectrum in all the National territory in alliance with the Ministry of the Technologies and the Communication (MinTIC), suggests and promotes the use of this technology for new projects directed to the rural areas and of difficult access, given the technical characteristics that this one offers to connect these places digitally.

In the process of exploring this technology for the creation of the São Paulo Libre community network, research was begun with experts in the field through conferences and webinars. The expert engineer in the use of the spectrum, former Director of the National Agency of the Spectrum and current president of the Alliance of Spectrum Dynamics, a global organization focused on innovative solutions and regulations that allow an efficient use of the spectrum, says that this technology is favorable to connect rural areas, since a large percentage of people in the field are disconnected. Therefore, the use of white TV spaces is seen as a great alternative, even though the devices are not currently on an economic scale, it is more affordable and attractive to reach the most remote areas

compared to other technologies. On the other hand, quotations were made with foreign suppliers, since the country does not have national suppliers of this technology.

Since this new technology is too expensive, the community cannot access it; therefore, the analysis of alternative, more affordable technologies was carried out. We were then able to identify a technology that met the necessary characteristics for the community, thus implementing a star type community network with 6 nodes, each strategically located throughout the territory of the village. Local services were installed with digital educational content and voice over IP telephony, which allows the inhabitants to make calls without the need for minutes or data plans, just by connecting to a wifi zone they can communicate with their neighbors locally. Also, Internet connection was offered, which is sponsored by the University of Cundinamarca, which donates a portion of the bandwidth. This is transmitted through a 5.6 km radio link located between the roof of Block F of the university and one of the highest points of the sidewalk that receives the signal and distributes it to the other points.

This project has benefited the community, who can access information and communication, achieving an appropriation of the technology. There are many students, both local and foreign, who can use the Internet for their academic and professional training, farmers who have managed to link technology in their agricultural work and homes that can communicate with their families and friends. That is why the construction of a community network allows the disconnected to be connected, bringing together those who, for different reasons, cannot make use of ICTs.

3. INTRODUCCIÓN

La brecha digital en la ruralidad colombiana es un fenómeno cada día más latente, según las cifras del DANE obtenidas en el último censo (2018), en la que solo el 53,7 % de hogares cuentan con Internet, además de que el 44,8% no sabe usarlo, teniendo en cuenta que actualmente la revolución del Internet se ha convertido en una parte muy importante para el desarrollo del país, estar desconectados representa una limitante para acceder a las oportunidades de comunicarse, aprender y desarrollar las competencias que exige el pleno siglo XXI, tanto del campo laboral, como social y educativo. Dado este fenómeno se busca mitigar esta situación de exclusión digital en los territorios rurales generando estrategias digitales, políticas de estado para el acceso a Internet, campañas de cobertura e iniciativas educativas, esto con el fin de llegar a las zonas marginales de la manera más oportuna y así conectar al desconectado, por ello entre tantas iniciativas como Computadores para Educar, Vive Digital y el programa de conectividad más grande de Colombia el cual busca que ningún municipio quede fuera de los beneficios de la era digital, las cuales presentan soluciones con estrategias tradicionales de conectividad como han sido la tecnología 2,4 y 5GHz, que trabaja en el espectro libre.

En ese orden de ideas el gobierno Nacional de Colombia es pionero a nivel Latinoamericano en regular el uso de dispositivos de Espacios Blancos de Televisión para el aprovechamiento de espectro libre, a través de la resolución 461 de 2017 realizada por la Agencia Nacional del Espectro (ANE) la cual promueve el uso del espectro libre en la banda UHF 470-698 MHz. Habilitando así una nueva alternativa de aprovechamiento de espectro en la banda UHF, la cual cuenta con características prometedoras para acceder a los sitios más remotos.

Simultánea a estas iniciativas se requiere trabajar el empoderamiento y apropiación de las Tecnología de la Información y Comunicación (TIC), por ello la creación de una red comunitaria permite crear en el imaginario colectivo soluciones duraderas en la línea del tiempo, autosostenibles y fácilmente replicables en otras poblaciones por la misma comunidad, con el fin de mejorar su calidad de vida.

Este proyecto surgió gracias al evento CoRural 2018 Fusagasugá “Enfocado al aprendizaje, colaboración e innovación para comprender a los pobladores rurales, los retos y soluciones para el campo”, el cual se impartió un del taller que consistía en la creación de un nodo WiFi con servicio telefonía de VoIP; Gustavo Adolfo Paredes habitante y líder comunitario de la vereda San Pablo del municipio de Pasca Cundinamarca, se interesó por el tema de redes comunitaria viendo como una gran oportunidad de solución al acceso de Internet, por ello se realizó un acercamiento a la vereda San Pablo del municipio de Pasca Cundinamarca ubicada en medio de una zona montañosa de difícil acceso, aproximadamente a 8,3 km del casco urbano y 10,7 km de Fusagasugá.

Donde se realizó un recorrido e integración con la comunidad que permitió conocer las necesidades y problemáticas que presentaban, una de ellas y la más importante es que no contaban con acceso a internet, primero por la limitante de los ISP formales que no cubren estas zonas y los que ofrecen el servicio son muy costosos, otra de ellas es que la escuela primaria Rural San Pablo cuenta con una pequeña sala de cómputo pero no había sido posible ser aprovechada ya que no tenían acceso a ningún tipo de información educativa digital, por otro lado se encuentra estudiantes de secundaria y nivel profesional que requieren este servicio como acceso de primera mano pero no era posible, lo cual les costaba porque debían desplazarse aproximadamente 40 minutos al casco urbano.

Como solución se desarrolló una red comunitaria en la que impartió un acercamiento con la comunidad para involucrarlos e integrarlos, generando un enfoque en común para la construcción de esta, con el fin de dar a la comunidad un empoderamiento digital, una apropiación social y sobre todo una oportunidad de conexión; a través del buen uso de la tecnología, cumpliendo así su derecho básico de estar conectados a Internet.

Inicialmente se hizo una exploración de la tecnología TVWS como opción viable gracias a sus propiedades de penetración de señal en lugares que no exigen una línea de vista, ideal para las condiciones topográficas en las cuales se encuentra esta vereda. Sin embargo, por sus elevados costos y partiendo del principio costo-beneficio no fue posible implementarla, es por ello por lo que se escogieron otras tecnologías para la creación de radioenlaces con uso del espectro libre en las frecuencias 2.4 y 5 GHz, creando así la infraestructura para una red de tipo estrella con 6 nodos distribuidos en puntos estratégicos realizados por la comunidad, además de que en la construcción de cada nodo se hizo con recursos artesanales realizados por la comunidad (Torre, mástil y soportes), lo cuales proporcionan acceso a contenido locales, llamadas de voz IP y conexión a Internet.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Construir una red comunitaria de comunicación digital libre y abierta, haciendo uso de tecnología TVWS, y dispositivos necesarios de bajo costo en la vereda San Pablo del municipio Pasca- Cundinamarca, fácilmente adaptable y replicable a las necesidades de otras comunidades rurales del país.

4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Implementar la infraestructura de red necesaria y óptima para el funcionamiento de la red comunitaria en la vereda San Pablo.
- ✓ Explorar el uso de la tecnología TVWS.
- ✓ Generar escenarios para la apropiación social y el empoderamiento del buen uso de la tecnología.

5. JUSTIFICACIÓN

En Colombia las comunidades rurales presentan varias dificultades para tener acceso a Internet, una de ellas, quizás la más importante, es que para los prestadores del servicio (ISP) estas comunidades no representan un nicho de mercado favorable, por ende, el despliegue de su infraestructura de telecomunicaciones no favorece ni siquiera la recepción de una buena señal tanto de telefonía móvil como de posibilidad de acceso a internet; para este último servicio se han empezado a posicionar proveedores de internet satelital, pero a la fecha aún con costos elevados, que para una comunidad campesina le es difícil adquirir. A pesar de los esfuerzos del gobierno, es preocupante que según el ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones (MINTIC), son 20 millones de colombianos que para la fecha no cuentan con internet de banda ancha, siendo las áreas rurales donde se encuentra la mayor población (art: Conectar a Colombia: un reto que cambiará vidas, 01 de abril de 2019, publicado en su sitio web oficial).

Con el fin de reducir la brecha digital, acercando cada vez más a la población a las TIC's, es necesario hacer uso de diferentes tecnologías que faciliten tal misión. Dependiendo de las condiciones geográficas, económicas, sociales y técnicas, se escoge cuál de estas satisface las necesidades. Es por lo que en este proyecto se realiza una exploración del uso de la tecnología TVWS, en la creación de una red comunitaria para la Vereda San Pablo (Pasca Cundinamarca), que garantizara la conexión a internet, y el acceso a la información y comunicación.

Esta red comunitaria se co-crea con la misma población, utilizando una metodología de acción participativa en combinación con la metodología top down de desarrollo de

redes, estas dos garantizan que la ejecución del proyecto cumpla con las necesidades que tiene la comunidad.

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

San Pablo es una vereda perteneciente al municipio de Pasca Cundinamarca, ubicada a 40 minutos del casco urbano. A través de un ejercicio de observación y acercamiento con las familias que allí viven, se ha logrado evidenciar que existe en la gran mayoría de los hogares la necesidad de acceder a internet o cualquier servicio digital que les proporcione información educativa y/o alternativas de solución a situaciones cotidianas (transacciones bancarias, consultas sistema salud, actualidad regional y nacional, autoformación, por citar algunas), de igual manera la falta de accesibilidad a una comunicación local rápida, económica y de calidad, debido que por la geografía de la zona hasta las señales de los operadores de telefonía móvil son bastante débiles y en algunos casos nula.

Algunos de los habitantes de la zona cuentan con herramientas tecnológicas tales como: notebooks, tablets, smartphones, computadores de escritorio entre otros, sin embargo, las posibilidades de contratar un servicio de algún proveedor de internet (ISP) son reducidas dado que, en algunos de los sectores de la vereda, la cobertura es muy débil o simplemente no la hay, además en la escuela rural no se cuenta con conexión a internet; también algunas familias no poseen los recursos suficientes para el pago de este servicio.

En San Pablo la problemática aumenta, porque los habitantes; en especial los niños y jóvenes que estudian deben desplazarse a alguno de los pueblos más cercanos como lo son Pasca o Fusagasugá para acceder a internet de calidad, lo que genera una inversión económica adicional. Con lo anterior se evidencia que debido a este problema aumenta sin duda, la brecha digital existente entre los sectores urbanos y rurales, estos últimos dejados a

un lado por las empresas prestadoras de servicios (ISP), para quienes no representan un gran incentivo monetario. La visible necesidad en las comunidades rurales, que desean un mayor desarrollo tecnológico, ocasionó un progreso alternativo de comunicación gestado y desarrollado por las mismas comunidades, utilizando un modelo MiniMaxi (mínimo de costos y máximo de rendimiento) que permite la construcción de redes comunitarias digitales.

7. ÁREAS Y CAMPOS DE ACCIÓN

7.1. Campo de investigación institucional.

- ✓ Creatividad, innovación, tecnología.

7.2. Áreas (Líneas de Investigación)

- ✓ Nuevas Tecnologías y software emergente.

7.3. Ejes Temáticos

- ✓ Telemática y Telecomunicaciones.

8. ESTADO DEL ARTE

Redes comunitarias que adoptan por nuevas tecnologías. Las redes comunitarias trabajan desde una perspectiva de empoderamiento para la creación de una red de comunicación, por ello buscan modelos que brinden soluciones a sus problemáticas y necesidades en común.

Las redes comunitarias tienen la facilidad de crear una infraestructura tecnológica a bajos costos para el despliegue de Internet, además de buscar alternativas de tecnologías para facilitar el acceso de Internet a las zonas de difícil acceso, una de ellas es la Tecnología Espacios Blancos de Televisión (por sus siglas en inglés TVWS). Lo cual como objetivo principal es vencer barreras que imponen el uso de del Internet, además de aprovechar el espectro libre.

Respecto al estado actual de la tecnología TVWS en algunos países a nivel mundial se mencionará los más relevantes:

Europa se enfoca en la disponibilidad de espacios en blanco de televisión, particularmente en la banda UHF de 470-790 MHz, esto “se mantendrá predominantemente en uso para la transmisión de TV después de que se haya completado el cambio de analógico al digital y la asignación de la banda de 800 MHz a los servicios con licencia” (Jaap van de Beek, 2012). El primer regulador para las industrias de telecomunicaciones, postales y radiodifusión es la Oficina de Comunicaciones (OFCOM) del Reino Unido, en los once países que se estudiaron se puede disfrutar del 49 por ciento de los canales no utilizados entre ellos los países que han realizado proyectos, investigaciones y licencias para el uso de TVWS.

- ✓ El espacio en blanco de la televisión trae banda ancha a las zonas rurales de Gales, 2017; Nominet anuncia que realizara otro de sus proyectos con la tecnología TVWS y asociado con Broadway Partners, para empezar la prueba piloto la instalación comenzara en la parroquia de Llanarth, Monmouthshire. Alrededor de los 170 hogares en Llanarth cuentan con una banda ancha deficiente con una velocidad promedio de solo 2.5 Mbps, comparada con el promedio del Reino Unido que es de 22.8Mbps. Esta población cuenta con jóvenes profesionales, pero se dan cuenta que la conexión es deficiente y que esto no permite capacitarse y tener una conexión que soporte su trabajo (Nominet, 2017).

AFRICA cuenta con el regulador de comunicación, servicios postales y radiodifusión denominada Autoridad Independiente de Comunicaciones de Sudáfrica (ICASA), en marzo de 2018 ICASA publico sus regulaciones para el uso de espectro de la tecnología TVWS, es decir que con esta regulación especialmente en Sudáfrica podrán usar legalmente los dispositivos, equipos y base de datos, esta regulación a diferencia de otros es que los dispositivos que se utilicen deben tener como obligación GPS integrado, además se tiene en cuenta que para un proveedor de servicios de base de datos debe estar autorizado por el regulador. “Más de 4 mil millones de personas no están conectadas a Internet. Esto se debe a que no hay infraestructura o porque el acceso a Internet no es asequible. Esta brecha digital es extrema en África” (Sid Roberts, 2015).

- ✓ El proyecto piloto de espacios en blanco de TV de Sudáfrica recibe apoyo de la USTDA: La Agencia de Comercio y Desarrollo de EE. UU. (USTDA) otorga una subvención para apoyar un proyecto piloto que será dirigido por Adaptrum para ayudar a mejorar el acceso a Internet a las zonas rurales de África. La subvención

USTDA tiene como misión facilitar oportunidades para que las empresas estadounidenses apoyen los proyectos de desarrollo sostenible a nivel mundial, especialmente será varios despliegues de proyectos con la tecnología TVWS, estableciendo como objetivo un modelo en Durban- Sudáfrica y que pueda ser replicable para todo el país.

Como es el primer país de África que publica un marco regulatorio de TVWS, se ha visto que esta tecnología tiene mucho potencial para cerrar la brecha digital de la nación. Donde podrá abarcar una población de más de 20 millones de personas en áreas rurales y terrenos de difícil alcance. África no cuenta con un acceso de banda ancha esto teniendo un incremento de brecha digital bastante elevada. La implementación del primer proyecto de Microsoft con TVWS en África demostrara que es una solución comercial y técnicamente viable para conectar Sudáfrica rural, siendo dirigida por Adaptrum que busca las diferentes formas para utilizar esta tecnología, además de que será apoyado por USTDA y garantizar que los socios locales de Sudáfrica puedan desplegar esta tecnología de manera segura, posible y sostenible (Dzaleka, 2019).

ASIA cuenta con el regulador de Singapur, en el 2012 se creó el Grupo Piloto del Espacio Blanco de Singapur (SWSPG) con el apoyo del regulador nacional de las telecomunicaciones La Autoridad de desarrollo Infocomm de Singapur (IDA) el cual es un consejo del gobierno que está mandado por el Ministerio de Información, Comunicación y las Artes (MICA). Los miembros que acompañar SWSPG son Microsoft, StarHub, Power Automatizacion y I2R entre otros. Este grupo ha realizado varios proyectos al trascurso de los dos últimos años, siendo proyectos de investigación y avances para la tecnología

TVWS. La IDA trabaja con la Asesoría de Normas de Telecomunicaciones (TSAC) para establecer reglamentos de uso y apropiación de TVWS. Por lo tanto, la regulación hasta el momento de Singapur es amigable y concurrente con las otras regulaciones del mundo, las cuales son FCC, Ofcom y CEPT, pero se resalta que la regulación de Singapur tiene puntos únicos, como lo que con una sola antena de TV puede desplegar la tecnología en toda la ciudad.

- ✓ Primer despliegue de espacio en blanco de TV en Omán: Omán Broad Company en Muscat, anuncia que hoy finaliza el proyecto piloto de Espacios Blancos de Televisión (TVWS) con el líder mundial de TVWS Adaptrum, siendo este proyecto pionero para demostrar la capacidad de proporcionar conexión banda ancha a lugares de acceso remoto en Omán. En este proyecto se incluyen escuelas de bajo el Ministerio de Educación y se generó el despliegue en la capital de Muscat donde su terreno es montañoso y los edificios con los que cuenta se encuentran muy dispersos entre los enlaces. El resultado del proyecto fue exitoso debido en que su entrega de internet fue de 20 Mbps a una distancia de 4 – 10+ km esto mostrando que los dispositivos de Adaptrum tienen un buen rendimiento para penetrar los árboles, aparte de aprovechar el espectro de la banda de televisión (San Jose, 2017).

AMÉRICA Norteamérica cuenta con la Comisión Federal de Comunicaciones que establece las políticas de uso de espacios blancos de televisión, adoptando reglas que permitan que los transmisores operen sin licencia, pero bajo la restricción de bases de datos.

- ✓ MBC, Virginia: La corporación de comunidades de banda ancha del atlántico (MBC) y Microsoft se asocian con distritos escolares para realizar el proyecto más

grande con tecnología TVWS en el sur de Virginia. Además de ser la red más grande de Estados Unidos con esta tecnología. Este proyecto proporcionará acceso gratuito a Internet a los hogares de los estudiantes donde su desafío será traspasar las colinas y los grandes árboles.

La primera fase está asociada con los distritos de las escuelas públicas de Halifax y Charlotte, fase compuesta por 18 sitios, tres sectores tendrán estratégicamente la estación base de alta potencia de Adaptrum para proporcionar la cobertura adecuada sin visibilidad directa desde los demás puntos, esta red podrá llegar a más de 1.000 hogares del sur de Virginia.

La corporación MBC desplegó la tecnología TVWS con los productos de alta potencia de Adaptrum y las soluciones para comprender la topología de la región y determinar los puntos estratégicos para llegar a cubrir la máxima cantidad de hogares de los estudiantes. En la primera instalación fue de gran impacto ya que la familia afirmó que al recibir este servicio podían pasar más tiempo cálido en casa, además de que él estudiante o docente puedan acceder a contenido educativo ilimitado y así mejorar su educación (Adaptrum, 2017).

SUDAMÉRICA, Colombia país pionero en Latinoamérica en regular el uso de los dispositivos de espacios blancos de televisión, el cual busca garantizar el uso adecuado del espectro radioeléctrico, para beneficiar las poblaciones más apartadas, donde el acceso a la Internet es limitado o nulo. Es así como la ANE (Agencia Nacional del Espectro) en compañía de MINTIC, Vive Digital y Todos por un nuevo país, llevaron a cabo proyectos piloto con la tecnología TVWS.

- ✓ En la ciudad de Usulután y San Miguel de El Salvador se ejecutará un proyecto piloto de la tecnología TVWS, donde se realizará una experimentación del despliegue de la infraestructura de esta tecnología de última milla.

Los resultados que se esperan al desplegar el servicio de banda ancha a las zonas de acceso remoto son de una conexión de Internet hasta de 10 Mbps, con enlaces de cobertura superior de 10km de radio. Además de que se espera implementar otro tipo de sistemas, como los sistemas emergentes y los sistemas de alerta temprana.

La tecnología TVWS permitiría realizar las conexiones de Internet a las instituciones educativas públicas del Salvador, aprovechando y usando los canales de televisión libres, es decir los canales blancos. Esta tecnología nos permitirá conectarnos de manera eficiente y económica, ya que es capaz de conectarse a los sitios remotos, traspasando montañas, árboles y otro tipo de obstáculos, resaltando ser una tecnología económica a comparación de las otras (Arevalo, y otros, 2019).

- ✓ Colombia, Adaptrum y Microsoft lanzan un proyecto piloto con la tecnología TV White Spaces (TVWS) para conectar a las partes más remotas del país. Esta tecnología inicialmente podrá proporcionar una conexión de Internet sin línea de vista y sin desplegar una infraestructura de fibra óptica. Este proyecto se desplegará en el pueblo de Rio Arriba del municipio de Aguadas, Caldas, beneficiando aproximadamente 135 estudiantes que viven allí, esta solución les permitirá conectarse entre sí, en obtener más herramientas y contenido para tener una buena educación y estar conectados al mundo real. La infraestructura para montar los dispositivos será con postes de bambú de 6 metros aprox, por ello esta red quedará apodada como “Internet de bambú”, se espera que con este proyecto se mantenga

una experiencia impactante para que a futuro se siga desplegando por todas las zonas de acceso remoto de todo el país (Adaptrum, 2017).

Respecto al estado actual de la Redes Comunitarias en algunos países a nivel mundial se mencionará los más relevantes:

- ✓ **Zenzeleni Networks, Sudáfrica, África:** es una red comunitaria ubicada en la provincia rural de Sudáfrica del cabo oriental, específicamente en Mankosi, Mcwasa, Nomadolo y Zithulele, esta trabaja para a darle a las comunidades rurales y empobrecidas la oportunidad de poseer, administrar y vender sus propios servicios de comunicación de manera asequible y confiable, a través del trabajo colaborativo de la propia comunidad, permitiendo que estas se organicen de acuerdo con sus valores, necesidades específicas y prioridades, y así distribuir la conectividad, infraestructura, habilidades e ingresos adecuadamente; permitiendo así a cada comunidad crear su propias cooperativa (SIP) (Luca de Tena & Rey Moreno, 2018).
- ✓ **Wireless Ghana, Ghana, África:** es un proyecto sin fines de lucro con sede en una comunidad aislada en la región montañosa Akwapim, esta región la integran 17 ciudades y varias aldeas con una población total de aproximadamente dos millones de personas.

Esta red comunitaria es de tipo malla y arquitectura abierta con hardware de Wi-Fi de bajo costo y software libre, la mayoría de las instalaciones son redes de punto a multipunto con enrutadores construidos a partir de computadores viejos y tarjetas inalámbricas. Este ecosistema inalámbrico ofrece gran cantidad de servicios profesionales en los campos de tecnologías inalámbricas, soluciones de software, soporte de TI en diferentes comunidades, bibliotecas digitales locales que se han

convertido en centros de acceso gratuito y abierto a la información y documentación para estudiantes y maestros. Las bibliotecas comunitarias están equipadas con computadores con acceso a internet y permiten a los estudiantes navegar e investigar (Agbenonwossi, 2018).

- ✓ **El Proyecto de redes inalámbricas de Nepal o NWNP (por sus siglas en inglés), Nepal, Asia:** es una iniciativa de base en comunidades remotas del Himalaya en Nepal. NWNP se inició desde cero y se construyó gradualmente durante un período de tiempo de aproximadamente 17 años, y todavía está creciendo. El proyecto ha establecido estaciones base en tres ciudades, Katmandú, Pokhara y Gorakha, a las que están conectadas las aldeas. Las estaciones base tienen enrutadores y servidores que están vinculados a Internet a través de una línea de fibra óptica arrendada. Desde las estaciones base, se han construido una serie de estaciones repetidoras en las cimas de las montañas para conectar diferentes pueblos. Los puntos de acceso en las cimas de las montañas funcionan como estaciones de retransmisión que distribuyen Internet a los usuarios finales de las aldeas. Todos los pueblos están conectados a los puntos de acceso a través de enlaces inalámbricos punto a punto o punto a multipunto. La red actualmente se ha extendido a más de 200 aldeas en 15 distritos de Nepal, además se han instalado sistemas de energía solar en las estaciones repetidoras para hacer que las redes sean robustas y confiables. El proyecto está agregando gradualmente diversas aplicaciones y servicios en beneficio de los aldeanos como educación y telemedicina, y la oportunidad de generar ingresos a través de plataformas locales de comercio electrónico, a comunidades en regiones remotas de Nepal (Suantak, 2018).

- ✓ **Wireless para comunidades (W4C) Pakistán, Asia:** Esta red comunitaria gira en torno a una antena en una torre que actúa como estación base, conectando a los clientes a través de las bandas de frecuencia de 2,4 GHz y 5,8 GHz, estas están clasificadas como "espectro libre o sin licencia" en Pakistán, lo que significa que pueden ser utilizadas por cualquier persona sin tener una licencia o pagar una tarifa. Siguiendo una topología de punto a multipunto (PTMP), la estación base transmite a varias antenas receptoras. La configuración de la estación base también incluye dispositivos de administración de red para distribuir el ancho de banda total asignado (10 Mbps) a los clientes conectados. Estos dispositivos de administración también controlan el acceso general a la red a través de direcciones MAC y nombres de usuario / contraseñas. El control de acceso se implementa para garantizar el uso óptimo de esta red comunitaria y evitar un entorno público abierto de Wi-Fi. Un ISP local proporciona un ancho de banda dedicado de 10 Mbps para la red, así como soporte técnico en tierra a través de sus ingenieros de red. W4C también ofrece capacitaciones a los habitantes de la comunidad sobre cómo aplicar Internet en sus procesos de aprendizaje, comprensión básica de cómo funciona Internet y qué puede ofrecer, además de solución de problemas frecuentes como la desconexión de cables de red o eléctricos de los dispositivos de red, con el fin de ellos mismos puedan resolverlos a futuro (Haq, 2018).
- ✓ **Red comunitaria de Sarantaporo, Grecia, Europa:** En 2013 se constituyó Sarantaporo.gr como organización sin fines de lucro (NPO) y poco después, a principios de 2014, lograron asegurar la financiación de un programa de la Unión Europea (UE) para construir la red troncal. La red inalámbrica conectaba las aldeas entre sí y se extendía hasta la ciudad más cercana, cubriendo una distancia de línea

de vista de 50 km. Estos enlaces inalámbricos proporcionaron conectividad a través de la Universidad de Ciencias Aplicadas de Tesalia, que ofreció una red de retorno de 1 Gb / s como un servicio de responsabilidad social a las comunidades locales sin servicios de la región. Hoy 11 aldeas están conectadas a la red de retroceso, atendidas por un promedio de más de 30 Mb / s de conectividad simétrica a internet. Actualmente la red comunitaria consta de dos capas: la red troncal y la capa de acceso. La red troncal es una topología de árbol y malla basada en 802.11 y otros estándares de red. Utiliza enrutamiento redundante por nodo de red troncal con dos o más enlaces. La red de acceso es una topología de malla, basada en 802.11 y estándares propietarios. El rendimiento disponible no está limitado a propósito por dispositivo o usuario. Se proporciona con el mejor esfuerzo y se comparte entre los miembros según un principio de buen vecino. Las principales consideraciones relacionadas con la red troncal son la capacidad, la confiabilidad, la capacidad de recuperación y la supervisión y administración central.

Sarantaporo.gr ha logrado cambiar drásticamente la vida de la población local, los médicos que visitan las aldeas ahora pueden formular medicamentos usando el portal de salud, los agricultores locales pueden descubrir nuevos mercados para sus productos y los locales pueden comunicarse con amigos y familiares en el extranjero, lo que los hace sentir menos aislados, sumado a esto se realizan eventos y talleres de capacitación en el uso de las TIC, habilidades digitales, comunicación y desarrollo comunitario (Chryssos, Voulvouli, Papageorgiou, Klissiaris, & Kourtzis, 2018).

- ✓ **Red comunitaria guifi.net, España, Europa:** es un proyecto tecnológico de red comunitaria abierta, libre y neutral que tuvo origen en 2004 en la comarca de Osona

(Cataluña, España), con el fin de resolver las dificultades de conexión de varias áreas rurales y aisladas de la región. Esta red comenzó a funcionar mediante pequeños radioenlaces creados por los vecinos de la comunidad con routers WiFi caseros, estos enlaces permitieron conectar diferentes puntos o nodos de red, creando así una zona de cobertura mucho mayor, con estos resultados cada vez más personas empezaron interesarse en el proyecto, aportando no solo recursos económicos sino también su trabajado, de esta manera la red empezó a crecer significativamente. Actualmente guifi.net es considerada la red comunitaria más grande del planeta con más de 35.778 nodos activos en diferentes zonas de Cataluña, la comunidad Valenciana, las Islas Baleares, Madrid, Andalucía, Asturias y el País Vasco. Hoy en día centenares de hogares y empresas acceden a Internet mediante conexiones de fibra óptica de guifi.net y miles lo hacen a través de radioenlaces. Se calcula que más de 50.000 personas reciben servicio a través de la red (Baig, Navarro, Roca, & Freitag, 2018).

- ✓ **Red Comunitaria Quintana Libre, Argentina:** La red comunitaria Quintana Libre surgió en 2011 gracias a la sociedad civil AlterMundi y un grupo de vecinos que decidió iniciar una pequeña red para compartir el enlace a internet que tenía uno de ellos, a través de routers WiFi convencionales, antenas, carcasas, y demás material de bricolaje. El proyecto pronto creció gracias a la voluntad y la tenacidad de los miembros de la red, no solamente en cobertura sino también en estrategias como la del despliegue de nodos de red techo a techo, en lugar de depender de un nodo central, permitiendo que la conexión llegue prácticamente a cada rincón del pueblo y que cualquier familia que quiera unirse a la red tenga la posibilidad de hacerlo sin

necesidad de gastar en mucho dinero en construir una torre para tener visibilidad con algún proveedor de pueblos vecinos.

Actualmente la red tiene más de 70 nodos interconectados que cubren el territorio de la aldea y San Isidro, la comunidad vecina, también incluye la escuela secundaria y el centro cultural y ofrece cobertura en espacios públicos, algunas calles y dos paradas de autobús importantes, ofreciendo acceso a un portal comunitario con información local, un servicio de Streaming, un chat interno y conexión a internet con un ancho de banda promedio de 100Mbps distribuido en toda la red y suministrado por la Universidad Nacional de Córdoba a través de un radioenlace de 50 Km (Giudice, 2018).

- ✓ **Red comunitaria de Azacualpa, Honduras:** En 2017 la asociación de medios comunitarios de Honduras junto a RDS llevaron a cabo la instalación de radio Azacualpa, el cual fue el primer medio de comunicación del lugar y más importante aún que fue dirigido por las mujeres de la comunidad. María Santos una de las líderes de la comunidad nunca antes había tenido contacto con la tecnología, pero la radio fue su oportunidad no solo para aprender a dominar una computadora y un micrófono, sino también para convertirse en una comunicadora comunitaria. Estas mujeres se han organizado a tal grado que han conformado diferentes grupos para la administración de la radio donde algunas se encargan de la parte administrativa, otras de la parte técnica y las demás se hacen cargo de la programación de la radio. Un año después las mujeres de Azacualpa volvieron a ser protagonistas de su comunidad, esta vez más cerca de la tecnología, abriendo paso de la radio al internet comunitario, divididas por comités las mujeres indígenas se prepararon en temas técnicos, políticos y administrativos, esta vez para dirigir su propia red de internet.

Esto gracias a que el proyecto recibió el apoyo de técnicos nacionales e internacionales que junto con el Capítulo de Internet Society Honduras y la Red de Desarrollo Sostenible Honduras (RDS-Honduras) llevaron a cabo el despliegue de cuatro torres que dan acceso a Internet a través WiFi a la comunidad y a sus alrededores, en total son más de 1200 personas que disfrutan de este servicio, la aldea también cuenta con un telecentro de 5 computadores conectados a la red y más de 70 teléfonos inteligentes, los cuales les sirven para capacitarse en el uso de Internet y para buscar las tareas a los estudiantes, además de actualizar frecuentemente el contenido de la emisora comunitaria (Froncek, 2018).

- ✓ **Red INC (Indígenas, Negros y Campesinos), Colombia:** es un proyecto de red comunitaria que busca promover y fortalecer los procesos de Apropiación de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en comunidades rurales y mejorar la calidad de vida de las personas a través de la conectividad. El proyecto liderado por comunidades locales y Colnodo con el apoyo de Sociedad Internet fue desarrollado en Buenos Aires, Cauca – Colombia desde septiembre de 2017. Allí la comunidad trabajo de la mano para identificar las necesidades de su territorio, entre ellas la ausencia de redes de comunicación celular, internet y el desconocimiento de tecnologías, creando así con apoyo de la Asociación para el Progreso de las Comunicaciones (APC) un modelo de apropiación de la red con enfoque de género que incluyó la realización de una caracterización participativa y un proceso de formación en competencias básicas en TIC, seguridad digital y gestión de riesgos, Uso de herramientas en la educación, Internet para impulsar los emprendimientos, Uso creativo de la tecnología (creación de videos, animaciones,

infografías ...), Uso de redes sociales, así como talleres sobre Implementación y sostenibilidad de redes comunitarias, entre otros (Colnodo, 2019).

- ✓ **Red Fusa Libre, Colombia:** es una iniciativa académica por la liberación del conocimiento y disminución de la brecha digital existente en el municipio de Fusagasugá y en general, de Cundinamarca. Con este enfoque participo en la creación de Bosachoque Libre, el cual es una red digital inalámbrica de propiedad comunitaria, de libre acceso, autogestionada, haciendo uso de prototipos de bajo costo y energías renovables en la vereda Bosachoque del municipio de Fusagasugá como alternativa de inclusión digital y fortalecimiento de sus comunicaciones locales, fácilmente replicable por personas de cualquier población del país. Allí se construyeron de 15 nodos en diferentes lugares del territorio, se apropió el uso de las energías renovables en las zonas rurales, se generaron escenarios para la apropiación social y el empoderamiento del buen uso de la tecnología, se desarrollaron repositorios con contenidos digitales educativos para los niños de la escuela y se generó un mi cro-sitio de tele-medicina social como apoyo a la prevención y promoción de enfermedades crónicas en adultos mayores (Gordillo Ochoa, 2019).

CAPÍTULO II

9. MARCO REFERENCIAL

9.1. Marco conceptual

✓ **Ancho de banda**

El ancho de banda es la cantidad de datos que pueden enviarse y recibirse en el marco de una comunicación, se expresa en bits por segundo o en múltiplos de esta unidad, se vincula a la velocidad de esta. Cuando una compañía ofrece un ancho de banda de 100 Mbit/s, hace referencia a que esta red permite transferir (enviar/recibir) hasta 100 Mbit por segundo (Pérez Porto & Merino, 2017).

✓ **Altura promedio del terreno**

La altura promedio del terreno de un punto geográfico se calcula como el promedio de todas las alturas del terreno a una distancia entre 1.5 km y 16 km alrededor de dicho punto (Agencia Nacional del Espectro, 2017)

✓ **Banda de frecuencia**

Las bandas de frecuencia son intervalos de frecuencias dentro de dicho espacio regulados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. La importancia de esta regulación radica en que cada banda tenga un uso para el mismo propósito, a fin de evitar interferencias en las comunicaciones. (Dinero en Imagen, 2014).

✓ **Bakhaul**

Una red de retorno (traducción al español del inglés backhaul) es la porción de una red jerárquica que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo (o backbone),

y las subredes en sus bordes. Puede materializarse en una conexión entre computadoras u otros equipos encargados de hacer circular información.

Las redes de retorno conectan redes de datos, redes de telefonía celular, y otros tipos de redes de comunicación, además de ser usadas para interconectar redes entre sí utilizando diferentes tipos de tecnologías alámbricas o inalámbricas. (Scribd, 2012)

✓ **Base de datos**

Son un conjunto de información perteneciente a un mismo contexto, ordenada de modo sistemático para su posterior recuperación, análisis y/o transmisión. Existen actualmente muchas formas de bases de datos, que van desde una biblioteca hasta los conjuntos de datos de usuarios de una empresa de telecomunicaciones. Son producto de la necesidad de almacenar información de diferentes tipos. Las Bases de datos se pueden clasificar según su variabilidad en estáticas o dinámicas (Raffino M. E., Base de Datos, 2020).

- Bases de datos estáticas: Típicas de la inteligencia empresarial y otras áreas de análisis histórico, son bases de datos de sólo lectura, de las cuales se puede extraer información, pero no modificar la ya existente.
- Bases de datos dinámicas: Se caracterizan por ser bases de datos que manejan procesos de actualización, reorganización, añadidura y borrado de información.

✓ **Base de datos de espacios en blanco (BDEB)**

Herramienta de software administrada por la ANE que calcula la lista de canales disponibles y responde a una petición realizada por un dispositivo de espacios en

blanco. Esta base de datos entrega como respuesta una lista de canales disponibles que el dispositivo puede usar. Para obtener la lista de canales disponibles la BDEB tiene en cuenta la ubicación geográfica del dispositivo, las asignaciones existentes en la banda 470 MHz a 698 MHz y las condiciones de coexistencia, para garantizar la protección de los servicios primarios y secundarios contra interferencias (Agencia Nacional del Espectro, 2017).

✓ **Cable UTP**

Según sus siglas en inglés “Unshielded Twister Pair” es par trenzado sin blindaje. Es un tipo de cable de cobre, que minimiza la interferencia electrónica, proporcionando una transmisión de señal balanceada, es por ello que es ideal para la transmisión de datos y voz (Cansino, 2019).

✓ **Canal de comunicación**

Un canal de comunicación es el medio físico a través del cual se lleva a cabo un acto comunicativo, es decir, que sirve para el intercambio de información entre un emisor y uno o varios receptores. (Raffino M. E., Concepto, 2019).

✓ **Condiciones de coexistencia**

Condiciones técnicas para garantizar la protección a las asignaciones existentes en la banda 470 MHz a 698 MHz. Dentro de ellas se enmarcan los márgenes de protección, las potencias máximas, las alturas máximas, los canales prohibidos por zonas o a nivel nacional, entre otras. Estas condiciones estar consignadas dentro de la BDEB y son empleadas para calcular las listas de canales disponibles garantizando que no haya interferencia a las asignaciones existentes en la mencionada banda. Estas

condiciones están sujetas a cambio por parte de la ANE sin previo aviso (Agencia Nacional del Espectro, 2017).

✓ **dBm**

El dBm (a veces también dBmW o decibelio-milivatio) es una unidad de medida de relación o razón de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un milivatio (mW). Se utiliza en redes de radio, microondas y fibra óptica como una medida conveniente de la potencia absoluta a causa de su capacidad para expresar tanto valores muy grandes como muy pequeñas en forma corta. Es distinta de dBW, la cual hace referencia a un vatio (1.000 mW).

Puesto que se hace referencia a los vatios, es una unidad absoluta, que se utiliza en la medición de potencia absoluta. Por comparación, el decibelio (dB) es una unidad adimensional, que se utiliza para la cuantificación de la relación entre dos valores, tales como la relación señal-ruido. (Bigelow, Carr, & Winder, 2019)

✓ **Distancia**

La distancia es el trayecto espacial o el periodo temporal que separa dos acontecimientos o cosas. Se trata de la proximidad o lejanía que existe entre objetos o eventos (Pérez Porto & Gardey, Definición de distancia, 2012).

✓ **Dispositivo maestro**

Dispositivo de espacios en blanco con conexión a Internet que realiza una petición de canales disponibles directamente a la base de datos de espacios en blanco para hacer uso del espectro y que tiene la capacidad de realizar peticiones de canales

disponibles para los dispositivos esclavos a él asociados (Agencia Nacional del Espectro, 2017).

✓ **Dispositivo esclavo**

Dispositivo de espacios en blanco asociado a un dispositivo maestro. El dispositivo esclavo realiza una petición de canales disponibles a la base de datos de espacios en blanco a través de su dispositivo maestro asociado (Agencia Nacional del Espectro, 2017).

✓ **Espectro electromagnético**

El espectro electromagnético es el rango total de toda la radiación electromagnética. Se extiende desde la menor longitud de onda (por ejemplo, los rayos gamma) hasta la mayor longitud de onda, como las ondas de radio. Cada franja del espectro se distingue de las otras en el comportamiento de sus ondas durante la emisión, transmisión y absorción, así como en sus aplicaciones prácticas. Las ondas electromagnéticas son vibraciones accionadas por los campos eléctricos y magnéticos del universo. Estas ondas son capaces de propagarse en el vacío a una velocidad muy cercana a la de la luz. El espectro electromagnético se descubrió a raíz de los experimentos y las aportaciones del británico James Maxwell, quien descubrió la presencia de las ondas electromagnéticas y formalizó las ecuaciones de su estudio (conocidas como las ecuaciones de Maxwell) (Raffino M. E., 2019).

✓ **Espectro libre**

Son aquellas bandas de frecuencia de acceso libre, que pueden ser utilizadas por el público en general, bajo los lineamientos o especificaciones que establezca el Instituto,

sin necesidad de concesión o autorización (Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2018).

✓ **Estándar 802.11**

El estándar IEEE 802.11 define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (capas físicas y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN (Wireless Local Area Network) o Redes de área local inalámbricas. Hoy se usan sus versiones 802.11a, 802.11b y 802.11g para proporcionar conectividad en los hogares, oficinas y establecimientos comerciales. (EcuRed, s.f.)

✓ **Enlace punto a punto (PTP)**

Las redes punto a punto son aquellas que responden a un tipo de arquitectura de red en las que cada canal de datos se usa para comunicar únicamente dos nodos (EcuRed, s.f.)

✓ **Enlace punto a multipunto (PMTP)**

En un enlace punto a multipunto, existe un punto central que se comunica con varios otros puntos remotos. Generalmente esto implica que la comunicación es solamente entre el punto central y los remotos, y de éstos hacia el central; no existe comunicación entre los remotos (Cika)

✓ **Emisiones no deseadas**

De acuerdo con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, las emisiones no deseadas son el conjunto de las emisiones no esenciales y de las emisiones fuera de banda. Las emisiones fuera de banda son emisiones en frecuencias situadas inmediatamente fuera del ancho de banda necesario, resultante del proceso de

modulación. Las emisiones no esenciales son emisiones en frecuencias situadas fuera del ancho de banda necesario, cuyo nivel puede reducirse sin influir en la transmisión de la información correspondiente, tales como las emisiones armónicas, las parásitas, intermodulación y los productos de conversión de frecuencia (Agencia Nacional del Espectro, 2017).

✓ **Espacios en blanco**

Frecuencias de la banda comprendida entre 470 MHz y 698 MHz que no están asignadas en un área específica y que pueden ser usadas por aplicaciones de radiocomunicaciones en dicha área, sin causar interferencias perjudiciales a las estaciones de un servicio primario o secundario a las que se le hayan asignado o se le asignen frecuencias en el futuro (Agencia Nacional del Espectro, 2017).

✓ **Ethernet**

Ethernet es un estándar que permite la transmisión de datos en redes de área local basándose en el principio de que todos los equipos dentro de una red se conectan a la misma línea de comunicación mediante cables cilíndricos.

Si bien en un comienzo fue ideada para el envío de información rápida entre máquinas de una oficina conectadas entre sí dentro de un cuarto o edificio, luego se transformó en un estándar de interconexión de computadoras (Diccionario Actual, s.f.).

✓ **Firmware**

Es un conjunto de instrucciones de un programa informático que se encuentra registrado en una memoria ROM, flash o similar. Estas instrucciones fijan la lógica primaria que ejerce el control de los circuitos de alguna clase de artefacto. Hace también referencia a la programación en firme, forma parte del hardware ya que se

encuentra integrado a la electrónica, pero también está considerado como parte del software al estar desarrollado bajo algún lenguaje de programación (Pérez Porto & María., Definicion.de: Definición de firmware, 2012).

✓ **Frecuencia**

La frecuencia en telecomunicaciones es la medición del número de ondas electromagnéticas que atraviesan un punto determinado en un período de tiempo dado. Es equivalente a la velocidad de la luz dividido por la longitud de onda y se expresa en Hercios (ciclos por segundo) (Glosario Telecomunicaciones).

✓ **GPS**

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un servicio propiedad de los EE.UU. que proporciona a los usuarios información sobre posicionamiento, navegación y cronometría. Este sistema está constituido por tres segmentos: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento del usuario. La Fuerza Aérea de los Estados Unidos desarrolla, mantiene y opera los segmentos espaciales y de control (Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite).

✓ **IEEE 802.11af**

IEEE 802.11af, también conocido como White-Fi y Super Wi-Fi, es un estándar de redes de computadoras inalámbricas en la familia 802.11, que permite el funcionamiento de la red de área local inalámbrica (WLAN) en el espectro de espacios en blanco de TV en las bandas de VHF y UHF entre 54 y 790 MHz. El estándar fue aprobado en febrero de 2014. La tecnología se utiliza para transmitir en partes no utilizadas de las asignaciones de banda de canales de TV, y el estándar toma medidas

para limitar la interferencia para los usuarios principales, como la televisión analógica, la televisión digital y los micrófonos inalámbricos (Xiaojun Feng, 2014).

✓ **Interferencia**

La interferencia es el efecto de una energía no deseada producto de una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada (IFT).

✓ **Internet de las cosas**

Internet de las Cosas es una traducción de la expresión en inglés Internet of Things (IoT), que describe un escenario en el que diversas cosas están conectadas y se comunican. Tiene como objetivo de aproximar cada vez más el mundo físico a la digital. Este término nació en 1999, cuando Kevin Ashton, de Massachusetts Institute of Technology (MIT), escribió el artículo “Las cosas de Internet de las Cosas”. Para él, la falta de tiempo de las personas genera la necesidad de conectarse en internet de nuevas maneras. Estas permiten la creación de dispositivos que ejecutan tareas que no necesitamos hacer (Valois, 2018).

IoT busca conectar objetos entre sí por medio de la red, intercambiando información para facilitar o crear diversas acciones; esto solo es posible por tres factores, dispositivos, red y un sistema de control. El primero son todos los objetos que se conocen, refrigeradores, carros, lámparas, etc. Los cuales deben comunicarse por medio

de chips, conexión a internet, sensores, antenas, entre otros. La Red es el medio de comunicación y, el sistema de control, el cual procesara los datos (Valois, 2018).

✓ **IP**

IP son las iniciales de Internet Protocol (Protocolo de Internet). Es el sistema estándar mediante el cual funciona Internet, por medio de un proceso de envío y recepción de información. Una dirección IP es un conjunto de números, únicos e irrepetibles, que identifica a un dispositivo con la capacidad de conectarse a internet, ya sea una computadora, tableta, celular, etc. (Wilke, 2019).

✓ **LAN**

Según sus siglas en ingles “Local Área Network” traduce Red de Área Local. Son aquellas redes que conectan diferentes ordenadores en un área pequeña, lo que permite a los usuarios enviar, compartir y recibir archivos. Cada ordenador individual conectado a una LAN se denomina "nodo", el cual tiene su propia CPU (CISSET, 2020).

✓ **Línea de Vista (por sus siglas en ingles LOS)**

Línea de vista se refiere a un camino (path) limpio, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras. Para que exista la mejor propagación de las señales RF de alta frecuencia, es necesaria una Línea de vista sólida (limpia - sin obstrucciones).

Cuando se instala un sistema inalámbrico, se debe de tratar de transmitir a través de la menor cantidad posible de materiales para obtener la mejor señal en el receptor. Siempre habrá problemas si se quiere transmitir a través de cualquier metal o concreto reforzado. Si existe una cantidad significativa de metal muy cercana a la antena de

transmisión, las señales RF se pueden reflejar en ella cancelando parte de la señal transmitida, produciendo como efecto adverso, la reducción del rango y calidad de la señal principal (WNI, s.f.).

✓ **Lista de canales disponibles**

Lista de canales calculada por la BDEB y enviada a un dispositivo maestro de espacios en blanco como respuesta a una petición de canales disponibles. Para obtener esta lista, la BDEB tiene en cuenta la ubicación geográfica del dispositivo, las asignaciones existentes en la banda 470 MHz a 698 MHz y las condiciones de coexistencia para garantizar la protección de los servicios primarios y secundarios contra interferencias (Agencia Nacional del Espectro, 2017).

✓ **MAC**

Según sus siglas en inglés es *Media Access Control*, siendo un identificador hexadecimal de 48 bits único e irremplazable para cualquier dispositivo de red. Routers, repetidores de red, extensores Wi-Fi, impresoras, smartphones, tabletas, ordenadores, discos NAS o de red, etc. Cualquier dispositivo que contenga una tarjeta de red para conectarse mediante Wi-Fi o Ethernet cuenta con una dirección MAC única (Andres, 2018).

✓ **Máscara de red.**

Es un número binario de 32 bits que especifica qué parte de la IP le corresponde a la red y qué parte le corresponde al host. Eso es importante para determinar el tamaño que tendrá la red (Juncosa).

✓ **Masquerade**

El masquerade consiste básicamente en enmascarar la dirección IP de los equipos de tu red interna para que puedan “salir” a internet y además, que el tráfico sepa después “volver” (Mikrotik Howto, 2020) .

✓ **Modo de puente (Bridge mode)**

Sirve para conectar dos redes independientes mediante dispositivos inalámbricos. ... Este procedimiento conecta dos redes o grupos de clientes en redes de cable, cada una equipada con su propio router o punto de acceso inalámbrico, y que por alguna razón no pueden conectarse con cable Ethernet (Robotics Corporation, 2007).

✓ **Nodo**

Nodo (informática). De forma muy general, un nodo es un punto de intersección o unión de varios elementos que confluyen en el mismo lugar (Gustavo, 2010).

✓ **Petición de canales disponibles**

Petición realizada por un dispositivo maestro de espacios en blanco a la BDEB para obtener una lista de canales disponibles, calculada para una ubicación geográfica específica, de acuerdo con las asignaciones existentes de los servicios primarios y secundarios, y las condiciones de coexistencia (Agencia Nacional del Espectro, 2017).

✓ **Protocolo de Internet**

Un protocolo es un conjunto de normas que rigen el funcionamiento de las cosas en una determinada tecnología, por lo que de esta forma se consigue que exista algún tipo de estandarización. Cuando hablamos de comunicaciones de red, un protocolo es el conjunto de normas que rigen cómo los paquetes de comunicación se transmiten a través de la red. Cuando tienes un protocolo, puedes estar seguro de que todas las

máquinas de una red (o del mundo, cuando se trata de Internet), por muy diferentes que sean, hablan el mismo idioma y pueden integrarse en cualquier sistema. (Universidad Internacional de Valencia, 2018)

✓ **Punto de acceso**

Un punto de acceso es un dispositivo que crea una red de área local inalámbrica (WLAN), normalmente en una oficina o un edificio de grandes dimensiones. Un punto de acceso se conecta a un router, switch o hub por un cable Ethernet y proyecta una señal Wi-Fi en un área designada. Por ejemplo, si desea habilitar el acceso Wi-Fi en la zona del vestíbulo de su empresa, pero no tiene un router que pueda cubrirla puede instalar un punto de acceso cerca de la recepción y conectarlo con un cable por el techo a la sala del servidor (Linksys, s.f.).

✓ **Radio enlace**

Un radio enlace es cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Los radios enlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción. Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región (Ruesca, 2016).

✓ **Red de datos**

Una red de datos es un proceso de comunicación electrónica que permite la transmisión ordenada y la recepción de datos, tales como cartas, hojas de cálculo y otros tipos de documentos. Lo que diferencia a este tipo de red, aparte de otras formas de comunicación, tales como una red de audio, es que está configurada para transmitir sólo datos. Esto es en contraste con el audio o red de voz, que se emplea a menudo tanto para las comunicaciones de voz y la transmisión de datos, tales como una transmisión de facsímil. (Peña, 2014)

✓ **Red inalámbrica**

Es aquella que permite conectar diversos nodos sin utilizar una conexión física, sino estableciendo la comunicación mediante ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción de los datos requieren de dispositivos que actúan como puertos (Julián Pérez Porto, 2011).

✓ **Red**

Una red es la interconexión de un número determinado de computadores mediante dispositivos alámbricos o inalámbricos que, mediante impulsos eléctricos, ondas electromagnéticas u otros medios físicos, les permiten enviar y recibir información en paquetes de datos, compartir sus recursos y actuar como un conjunto organizado (Raffino M. E., 2019).

Una red es la interconexión de un número determinado de computadores mediante dispositivos alámbricos o inalámbricos que, mediante impulsos eléctricos, ondas electromagnéticas u otros medios físicos, les permiten enviar y recibir información en paquetes de datos, compartir sus recursos y actuar como un conjunto organizado

(Raffino M. E., 2019).“Las redes cuentan con procesos de emisión y recepción de mensajes, así como de una serie de códigos y estándares que garantizan su comprensión por los computadores conectados a la red (y no por cualquier otro). A dichos estándares de comunicación se los conoce como protocolos, y el más común de ellos actualmente es el TCP/IP” (Raffino M. E., 2019).

✓ **Servicio primario**

Servicio de radiocomunicaciones atribuido a título primario, conforme a lo dispuesto en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia (Agencia Nacional del Espectro, 2017).

✓ **Servicio secundario**

Servicio de radiocomunicaciones atribuido a título secundario, conforme a lo dispuesto en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia (Agencia Nacional del Espectro, 2017).

✓ **Switch**

Un switch es el dispositivo analógico que permite interconectar redes operando en la capa 2 o de nivel de enlace de datos del modelo OSI u Open Systems Interconnection. Un conmutador interconecta dos o más partes de una red, funcionando como un puente que transmite datos de un segmento a otro (Bembibre, 2009).

✓ **Velocidad de transmisión de datos**

Está dada por la cantidad de bits que se transmiten por segundo independientemente de si los mismos contienen información o no. (Textos Científicos, 2005).

✓ **TV White Spaces (por sus siglas en ingles TVWS)**

TV White Spaces se refiere a los canales de TV no utilizados entre los activos en el espectro VHF y UHF. Estos se denominan típicamente los canales "buffer". En el pasado, estas memorias intermedias se colocaban entre canales de TV activos para proteger la interferencia de transmisión. Desde entonces, se ha investigado y demostrado que este espectro no utilizado se puede utilizar para proporcionar acceso a Internet de banda ancha mientras se opera en armonía con los canales de televisión circundantes.

En 2010, la FCC puso a disposición este espectro altamente eficaz pero infrautilizado para uso público sin licencia. Con el uso de un administrador de base de datos y una radio de espacio en blanco, estos canales se pueden usar para acceder a la conectividad a Internet de banda ancha (CARLSON, 2014).

✓ **WAN**

WAN es la sigla de Wide Area Network (“Red de Área Amplia”). El concepto se utiliza para nombrar a la red de computadoras que se extiende en una gran franja de territorio, ya sea a través de una ciudad, un país o, incluso, a nivel mundial. Un ejemplo de red WAN es la propia Internet.

✓ **Zona de Fresnel**

La idea, que fue bautizada en honor a Fresnel, consiste en determinar qué zona del espacio entre emisor y receptor debe estar libre para evitar en la medida de lo posible este fenómeno de cancelación por fase. (Martínez, 2018).

9.2.Marco Legal

El Gobierno Nacional ha establecido normas que regulan el manejo y uso del espectro radioeléctrico, permitiendo a las personas tener un punto de referencia a la hora de utilizar los diferentes dispositivos y tecnologías que hacen uso de este, a continuación, se mencionan algunas de estas normas regulatorias del espectro libre, el cual fue usado para el desarrollo de este proyecto tecnológico.

✓ Resolución número 2544 de 14 de octubre de 2009

"Por la cual se atribuyen unas bandas de frecuencias para su libre utilización dentro del territorio nacional, mediante sistemas de acceso y redes inalámbricas de área local, que utilicen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia, y se dictan otras disposiciones". (MinTIC, Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, 2009)

Artículo 5.- BANDAS DE FRECUENCIAS. Se atribuyen dentro del territorio nacional, a título secundario, para operación sobre una base de no-interferencia y no protección de interferencia, los siguientes rangos de frecuencias radioeléctricas, para su libre utilización por sistema de acceso y redes inalámbricos de área local, que empleen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha, baja potencia, en condiciones establecidas por esta resolución.

- a) Banda de 902 a 928 MHz.
- b) Banda de 2 400 a 2 483,5 MHz.
- c) Banda de 5 150 a 5 250 MHz.
- d) Banda de 5 250 a 5 350 MHz.

- e) Banda de 5 470 a 5 725 MHz.
- f) Banda de 5 725 a 5 850 MHz.

Artículo 6.- CONDICIONES OPERATIVAS EN LAS BANDAS DE 902 A 928 MHz, 2 400 A 2 483,5 MHz Y DE 5 725 A 5 850 MHz. Son condiciones operativas para los sistemas de espectro ensanchado por salto de frecuencia y de modulación digital, en las bandas de 900 a 928 MHz, de 2 400 a 2 483, y de 5 725 a 5 850 MHz, las siguientes:

AI. Los sistemas de salto de frecuencia tendrán frecuencias portadoras por canal de intercalamiento separada como mínimo por el mayor valor entre 25 KHz y el ancho de banda del canal a 20 dB. El sistema saltara a los canales de frecuencias que son seleccionados, a la rata de salto del sistema, de una lista de frecuencias de salto ordenada seudo aleatoriamente. Cada frecuencia se debe utilizar igualmente en promedio, por cada transmisor. Los receptores del sistema harán coincidir sus anchos de banda de entrada con los anchos de banda de canal de salto de sus transmisores correspondientes y cambiarán frecuencias en sincronización con las señales transmitidas.

✓ **Resolución 711 del 11 de octubre de 2016**

Por la cual se establecen las bandas de frecuencia de libre utilización dentro del territorio nacional y se derogan algunas disposiciones.

Artículo 1. Objeto. La presente resolución tiene por objeto establecer las bandas de frecuencia de libre utilización dentro del territorio nacional, conforme a lo dispuesto en el artículo 11 de la Ley 1341 de 2009, los parámetros técnicos, modos de operación en

las bandas, aplicaciones, bandas restringidas, límites generales para radiadores intencionales y las excepciones a los límites generales, así como describir las condiciones técnicas y operativas de aplicaciones específicas que por su naturaleza requieren condiciones especiales de operación.

Artículo 2. Bandas de frecuencia de libre utilización. Serán de libre utilización en todo el territorio nacional las bandas de frecuencia establecidas en el Anexo de la presente resolución bajo las condiciones determinadas en el mismo.

Artículo 3. Condiciones operativas, parámetros técnicos y homologación de aparatos. Para garantizar el uso eficiente de las bandas de frecuencias radioeléctricas definidas en la presente resolución, los aparatos deben funcionar de conformidad con los estándares técnicos de radiocomunicación establecidos o que establezca la Comisión de Regulación de Comunicaciones, o contar con los certificados de homologación que determine dicha entidad, de conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 22 de la Ley 1341 de 2009, en los casos a que haya lugar.

Parágrafo. Los aparatos que hagan uso de espectro de libre utilización deberán operar exclusivamente en las bandas de frecuencias establecidas y dentro de los parámetros técnicos señalados en el anexo técnico de la presente resolución.

Adicionalmente, dichos aparatos deberán ser considerados para funcionar en un ambiente público e incontrolado y deben ser operados de tal forma que se asegure que el público no sea expuesto a niveles de energía de radio frecuencia que exceda las normas que expida la Agencia Nacional del Espectro.

✓ **Resolución 461 de 01 agosto 2017.**

Es el marco regulador de la Agencia Nacional del Espectro en Colombia que establece las condiciones de uso de los dispositivos de espacios en blanco, en la que se considera en el artículo 75 de la Constitución Política de Colombia que el espectro electromagnético es un bien público sujeto a la gestión y control del estado, además de garantizar las oportunidades de acceso al uso de los términos fijos de la ley.

Artículo 1. OBJETO. - La presente resolución tiene por objeto modificar el anexo de la Resolución 711 de 2016 "Por la cual se establecen las bandas de frecuencia de libre utilización dentro del territorio nacional y se derogan algunas disposiciones", estableciendo las condiciones de uso de los espacios en blanco en la banda de 470 MHz a 698 MHz bajo el marco de espectro de libre utilización. (Agencia Nacional del Espectro, 2017).

CAPÍTULO III

10. METODOLOGÍA

En este capítulo se especifican las dos metodologías seleccionadas para la construcción de la red comunitaria en la vereda San Pablo perteneciente al Municipio de Pasca (Cundinamarca, Colombia) la primera (IAP) se usó para el trabajo con la comunidad y la segunda (Top-Down) está enfocada netamente en la parte técnica de la construcción de la red.

10.1. Metodología Investigación- Acción Participativa

La metodología Acción Participativa es un método de investigación y aprendizaje colectivo que busca que una comunidad determinada se integre y se conozca para generar un propio conocimiento enfocándose en orientar y estimular la práctica de transformación y el cambio social.

Esta metodología combina los procesos de conocer y actuar, involucrando en estos la comunidad y la realidad que se aborda. El objetivo de esta metodología es conocer la forma, las costumbres, las necesidades y la cultura en que la gente interpreta las estructuras sociales para desarrollar actividades y soluciones en común.

Las fases de la metodología IAP según (Kemmis & McTaggart, 1988) son:

✓ **Fase 1: Observación.**

En esta fase se involucra con la comunidad para observar la realidad en la que se encuentra, con el fin de tener un acercamiento tanto cultural, social y así entender sus posibles problemas.

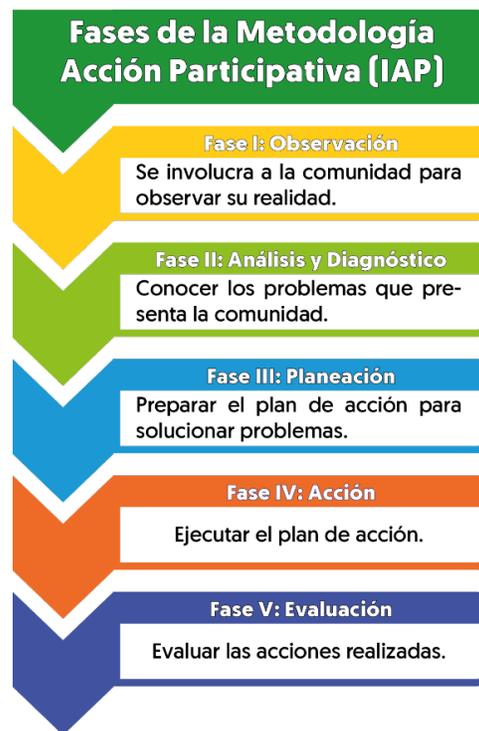
✓ **Fase 2: Análisis y Diagnóstico**

En esta fase es conocer los problemas que presenta la comunidad, detallando y comprendiendo cuáles son sus necesidades e implementar diversas técnicas e instrumentos para la clarificación de sus necesidades.

✓ **Fase 3: Planeación.**

Al conocer la problemática que presenta la comunidad, se llevara a cabo la a estructurar del plan acción para tener claro que se implementara, que objetivos se delimitaran,

Ilustración 1 Fases de la metodología IAP.



Fuente: Autores.

organizara y detallara la serie de trabajo. Es decir, se formularán las acciones que solucionarán los problemas y necesidades de la comunidad.

✓ **Fase 4: Acción.**

En esta fase se desarrollará y se colocará en práctica el plan acción que permitirá interpretar, elaborar y abordar las soluciones para dichos problemas y necesidades.

✓ **Fase 5: Evaluación.**

Esta fase permitirá valorar las acciones que se han realizado, interpretando y sacando conclusiones, aprobando y verificando si el proceso cumplió con el plan acción.

10.2. Metodología de Diseño de redes Top-Down

De acuerdo a (Oppenheimer, 2010) la **metodología Top-Down Network Design** es un diseño que se implementa de “arriba hacia abajo”, uno de los objetivos es hacer el proyecto manejable por lo cual se divide en módulos, el modelo de referencia es el modelo OSI, el cual trabaja y comienza desde las capas superiores hasta las capas inferiores, se tiene en cuenta que para pasar a las capas inferiores se ha tenido que pasar y superar las capas superiores.

La estructura de la red se diseña mediante cada módulo por separado, dado que estos módulos están en relación. La metodología se despliega en 6 fases que describen los pasos para el diseño e implementaciones la red, estas fases son:

✓ **Fase 1: Análisis de requisitos**

Esta fase se enfoca en recopilar los requisitos, objetivos y limitaciones para la construcción de la red comunitaria. Para la recopilación de esta información se entrevista a

la comunidad para tener claro cuáles son sus necesidades. En cuanto a la construcción de la red se hace un análisis y se detalla la topología a nivel físico y a nivel lógico, incluidos el flujo y la carga de tráfico con el fin de tener claro la perspectiva de área que se va a cubrir.

✓ **Fase 2: Diseño Lógico de la Red**

Esta fase define el diseño de la topología de red que se quiere implementar en la comunidad, además se define el direccionamiento lógico que se implementara en la red ya sea IPv4 o IPv6. Así mismo incluye la planificación de la seguridad, el diseño de gestión de la red y el proveedor de servicios que cumplan con los requisitos de acceso remoto y WAN.

✓ **Fase 3: Diseño físico de la red**

En la fase de diseño físico, se centra en la selección de equipos, tecnología para desplegar el diseño lógico propuesto. Para seleccionar los equipos y la tecnología pertinente se debe realizar un análisis y una comparación de los diferentes dispositivos y tecnologías que existen en el mercado teniendo en cuenta que sea pertinente su rendimiento, su seguridad, su escalabilidad y su factor económico.

✓ **Fase 4: Simulación y documentación de la red**

En esta fase se hacen las pruebas pertinentes mediante un piloto, con el fin de monitorear su rendimiento, el uso de ancho de banda y la disponibilidad, asimismo con los datos obtenidos se saca conclusiones del funcionamiento de la red, para proponer estrategias de optimización. También se desarrolla la documentación del diseño de la red tanto lógico como físico y la documentación de la tecnología y los equipos a utilizar.

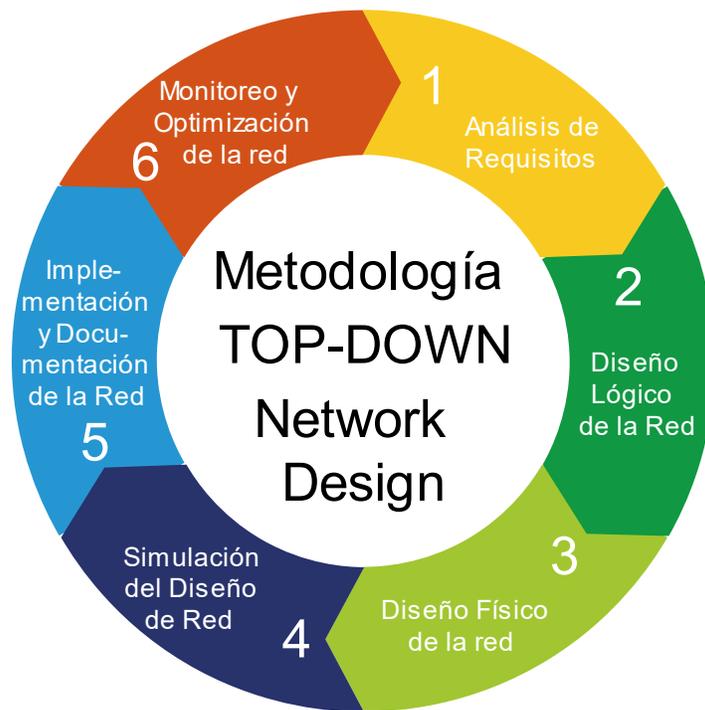
✓ **Fase 5: Implementar y probar la red**

Esta fase se construye acorde a las especificaciones que se han obtenido de las fases anteriores, manteniendo su descripción de cada paso y el tiempo estimado para la implementación del diseño la red (final). Se realizan las pruebas de campo para verificar el diseño de la red.

✓ **Fase 6: Monitorear y Optimizar**

Esta fase se empeña en proponer cambios en el diseño de la red solo cuando en el diseño de red degrade su rendimiento o cuando los requerimientos sean más exigentes, se monitorea para estar al tanto de su funcionamiento y se basa en la administración proactiva para verificar e identificar los problemas que se pueden presentar a futuro, todo esto en base a resolver y operar los problemas antes de que sucedan.

Ilustración 2 Fases de la metodología Top-Down Network Desing.



Fuente: Autores

11. DESARROLLO DEL PROYECTO

La metodología usada en el desarrollo del proyecto fue Acción Participativa (IAP) en sus diferentes fases (Observación, Diagnostico, Planificación, Acción y Evaluación) porque permite un empoderamiento de apropiación social, es decir el acercamiento y conocimiento científico de la comunidad, de manera que el lenguaje sea sencillo de digerir entre la misma y los desarrolladores técnicos, adicional a esta se integró la metodología para el diseño de redes Top-Down, en la fase 4 de Acción de IAP, considerando los lineamientos en la creación de una red en el ámbito técnico.

METODOLOGIA INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA

FASE 1: OBSERVACIÓN

¿Cómo se enteró de la comunidad? El conocer de la comunidad de San Pablo surgió gracias al evento CoRural Fest 2018 Fusagasugá “*Enfocado al aprendizaje, colaboración e innovación para comprender a los pobladores rurales, los retos y soluciones para el campo*” (innovacionrural.org, 2018), allí se presentó el taller construyamos una wifi con sabor a campo, el cual fue impartido por el docente líder del semillero de investigación Red Fusa Libre Wilson Gordillo y miembros actuales del proyecto, taller que consistió en la creación de un nodo wifi con servicio de telefonía de VoIP local.

RED DIGITAL COMUNITARIA SAN PABLO PASCA, CUNDINAMARCA

Ilustración 3 Configuración servidor VoIP.



Fuente: Autores

Ilustración 4 Configuración cliente VoIP.



Fuente: Autores

Las personas participaron y dieron a conocer su opinión de cómo podrían beneficiar su comunidad, por lo que llevo a uno de los participantes a interesarse en querer implementarlo en su comunidad; Gustavo Adolfo Paredes habitante y líder comunitario de la vereda San Pablo Pasca se interesó por el tema de redes comunitarias comentando la situación de recepción de la señal de móvil era demasiado inestable lo cual les costaba mantenerse en contacto, así vieron esta alternativa prometedora para una conexión local.

Ilustración 5 Taller de wifi con sabor a campo.



Fuente: Autores

Ilustración 6 Explicación de VoIP.



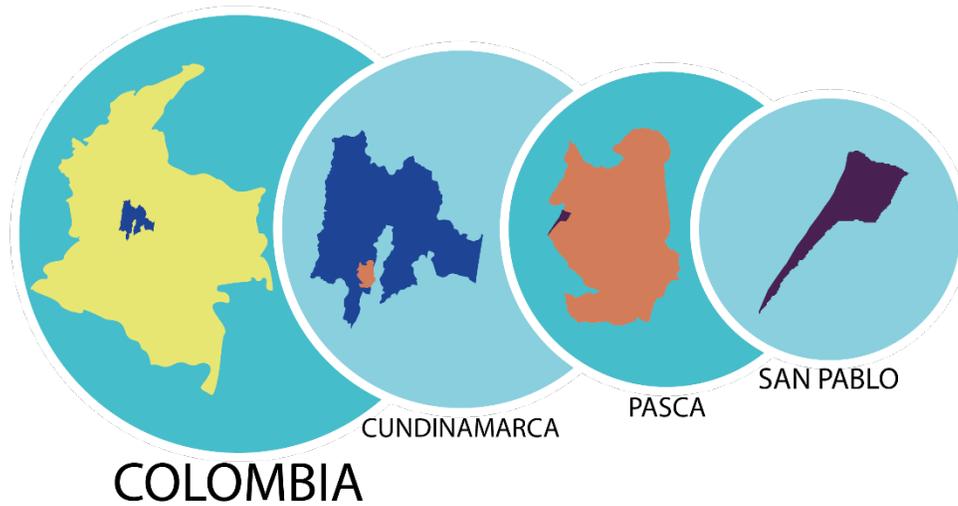
Fuente: Autores

✓ **Contexto de vereda San Pablo del municipio de Pasca Cundinamarca.**

El municipio de Pasca se encuentra en la cordillera oriental de Colombia, específicamente en la zona sur del departamento de Cundinamarca en la región del Sumapaz, a una distancia aproximada de 71 km de Bogotá, a 10.7 km de Fusagasugá y del casco urbano del mismo a 8,3 km. Su casco urbano está localizado a los 4°18'12'' de latitud norte y 74° 18'12'' de longitud oeste a una altura de 2180 m.s.n.m, con una temperatura media de 15.2 grados centígrados y un área total de 277 Km². Este municipio está enmarcado en un ámbito netamente rural, que, junto a su ubicación geográfica, biodiversidad de fauna y flora lo caracterizan como uno de los municipios más importantes de la Región, destacando una zona de 116 Km² que corresponden al Páramo del Sumapaz, considerado el páramo más grande del mundo.

SRcou cabecera municipal está conformada por 7 barrios (Flandes, Bella Vista, Oriental, Chapinero, El Progreso, Villas de la Esperanza, Simón Bolívar) y en su zona rural por 28 veredas (Santa Teresa, El Retiro, El Carmen, Lázaro Fonte, San Pablo, San Pedro, Quebradas, Alto Del Molino, Alta Gracia, La Argentina, Gúchipas, Sabaneta, Boca De Monte, El Zaque, Providencia, Juan XXIII, San Joaquín, El Bobal, Quebrada Honda, El Tendido, La Mesa, La Cajita, Colorados, Zaldúa, Corrales, Costa Rica, Juan Viejo, La Esperanza).

Ilustración 7 Georreferenciación de San Pablo.



Fuente: Autores

La vereda de San Pablo pertenece al municipio de Pasca y se encuentra ubicada en medio de una zona montañosa de difícil acceso, debido a que la única carretera que hay esta sin pavimentar y en malas condiciones, haciendo que en ciertos sectores ni siquiera los vehículos puedan transitar; su población aproximada está en 341 habitantes, distribuidos en unos 80 núcleos familiares según plan de desarrollo municipal 2012-2015 (tabla 1). Cuenta con la Escuela Rural San Pablo perteneciente a la Normal Superior de Pasca, la cual alberga una población de 10 niños que cursan su educación básica primaria y son atendidos por una sola profesora.

RED DIGITAL COMUNITARIA SAN PABLO PASCA, CUNDINAMARCA

Tabla 1 Distribución poblacional Vereda San Pablo.

Vereda	Grupo	Edad	Sexo		TOTAL
			H	M	
SAN PABLO	Discapacitados	0 - 5			0
		6 a 11			0
		12 a 17			0
		18 a 28	1		1
		29 a 59	2		2
		> 60		3	3
		total	3	3	6
	Capacitados	0 - 5	13	26	39
		6 a 11	31	18	49
		12 a 17	11	8	19
		18 a 28	30	30	60
		29 a 59	79	46	125
		> 60	20	23	43
total		184	151	335	
TOTAL VEREDA			187	154	341

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015. El Gobierno del Pueblo

Tabla 2 Estudiantes matriculados en escuelas y colegios.

SEDE	ZONA_SEDE	MODALIDAD	FOCALIZACION PAE C AM/PM	4 años - 8 años 11 meses	9 años - 13 años 11 meses	14 años - 17 años 11 meses	FOCALIZACION PAE JORNADA UNICA	4 años - 8 años 11 meses	9 años - 13 años 11 meses	14 años - 17 años 11 meses	TOTAL
INSTITUCIÓN EDUCATIVA NORMAL SUPERIOR NUESTRA SEÑORA DE LA ENCARNACION	URBANA	RPS	550	0	524	26	0	0	0	0	550
ESCUELA ALTO DEL MOLINO	RURAL	RPS	65	44	21	0	0	0	0	0	65
ESCUELA SABANETA	RURAL	RPS	31	24	7	0	0	0	0	0	31
ESCUELA RURAL GUCHIPAS	RURAL	RPS	31	24	4	3	0	0	0	0	31
ESCUELA BOCADEMONTE	RURAL	RPS	30	16	14	0	0	0	0	0	30
ESCUELA URBANA POLICARPA SALAVARRIETA	URBANA	RPS	186	143	43	0	0	0	0	0	186
ESCUELA EL ZAQUE	RURAL	RPS	19	14	5	0	0	0	0	0	19
ESCUELA SAN JOAQUIN	RURAL	RPS	17	11	6	0	0	0	0	0	17
ESCUELA ZALDUA	RURAL	RPS	14	6	7	1	0	0	0	0	14
ESCUELA EL BOBAL	RURAL	RPS	13	8	5	0	0	0	0	0	13
ESCUELA CORRALES	RURAL	RPS	10	3	6	1	0	0	0	0	10
ESCUELA RURAL SAN PABLO	RURAL	RPS	10	5	3	2	0	0	0	0	10
ESCUELA RURAL PROVIDENCIA	RURAL	RI	7	2	0	5	0	0	0	0	7
JARDIN INFANTIL JAIME HINCAPIE SANTAMARIA	URBANA	RPS	61	0	0	61	0	0	0	0	61
ESCUELA JUAN XXIII	RURAL	RI	4	4	0	0	0	0	0	0	4
ESCUELA LA ESPERANZA	RURAL	RPS	4	3	0	1	0	0	0	0	4
TOTAL											1052

Fuente: Plan de desarrollo Un cambio Con Sentido Social 2020-2023

RED DIGITAL COMUNITARIA SAN PABLO PASCA, CUNDINAMARCA

Ilustración 8 Escuela San Pablo.



Fuente: Autores.

Ilustración 9 Estudiantes escuela.



Fuente: Autores.

Vista y recorrido de la vereda San Pablo, Pasca Cundinamarca.

Ilustración 10 Vista de la vereda.



Fuente: Autores

Ilustración 11 Caminata de reconocimiento.



Fuente: Autores

El primer acercamiento con la comunidad se realizó con una larga caminata por todo el territorio veredal, donde se observó que la principal fuente de ingresos económicos está relacionada con actividades de producción agropecuaria entre las cuales se destacan los cultivos de café, plátano, mora, gulupa, granadilla, pepino de guiso, tomate de árbol y papa, además de pequeñas producciones de ganado vacuno, aves de corral y lechones. Esta vereda cuenta con una escuela pública de educación primaria, cinco tiendas de víveres y senderos para el turismo.

Ilustración 12 Socialización en el cerro.



Fuente: Autores

Ilustración 13 Socialización en la tienda.



Fuente: Autores

FASE 2: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

Esta fase consiste en analizar los problemas y necesidades que presentan por medio de integraciones, recorridos y charlas que nos permita familiarizarnos en el mismo contexto. Además de diagnosticar las posibles soluciones con lluvia de ideas y estrategias.

Ilustración 14 Reunión con líderes comunitarios.



Fuente: Autores.

Ilustración 15 Reunión con la comunidad.



Fuente: Autores.

Un nuevo recorrido por la vereda permitió tener mayor acercamiento con la comunidad, se realizó una charla con los integrantes de la Junta de acción Comunal y una integración en la escuela de la vereda, lo que permitió dar a conocer sus problemáticas y necesidades en común las cuales son:

1. No cuentan con una comunicación telefónica estable siendo un reto para estar en contacto.
2. La escuela cuenta con una pequeña sala de sistemas de cómputo, pero sin acceso a información educativa digital ni servicio de Internet por lo cual no permite aprovechar esta sala.
3. No cuentan con un acceso a Internet ya que es difícil de obtener, primero porque los proveedores de ISP formales no ven rentable desplegar el servicio por ser una zona de difícil acceso y población muy dispersa. Los proveedores informales que ofrecen el servicio son muy costosos según cotizaciones realizadas por la comunidad.
4. La mayoría cuentan con celulares de gama baja sin acceso a Internet ya que no cuentan con recepción móvil muy buena.
5. Mucho no cuentan con equipos de cómputo ni tables, lo cual les gustaría tener acceso a ellos para aprender.
6. No cuentan con un control de vigilancia.

Lluvia de ideas para dar solución a las problemáticas.

- Crear una red de comunicación en la vereda.
- Implementar el servicio de VoIP para la comunicación interna de la comunidad.
- Que el acceso a Internet pueda ser compartido y costado por toda la comunidad.
- Implementación de cámaras en puntos estratégicos para la seguridad.

Para la implementación de estas ideas, la comunidad propone realizar diferentes actividades para recoger fondos y comprar algunos equipos, lo cual justifican que ellos no cuentan con un factor económico para aportar directamente lo de un dispositivo, por lo tanto, las actividades propuestas fueron:

- Realizar basares donde participe la comunidad y personas aledañas a la misma.
- Rifas.
- Aportes sociales.

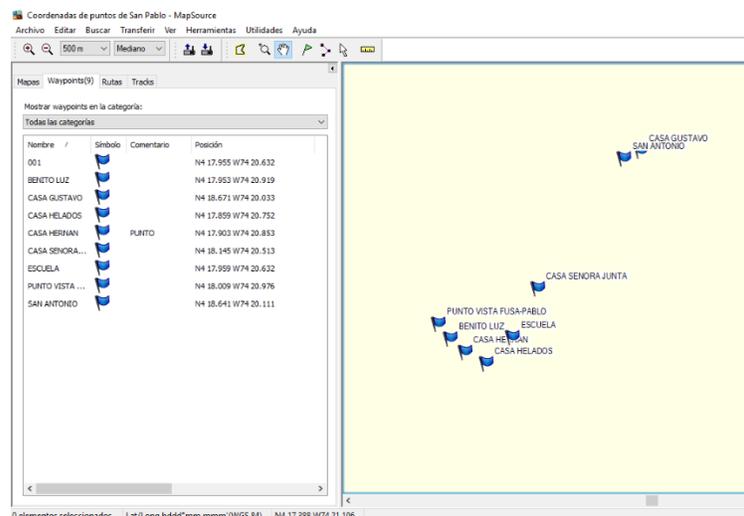
Como estrategia se sugirió a la comunidad hacer un recorrido y mapeo de la vereda para identificar los puntos con mayor cantidad de personas, esto con el fin de poder buscar los puntos estratégicos y desplegar los nodos de la red en dichos lugares, para garantizar una mayor cobertura de red. Se utilizó un GPS en el recorrido para tomar las diferentes coordenadas de cada uno de los posibles puntos, quedando de la siguiente manera.

Ilustración 16 Puntos estratégicos para posibles nodos.



Fuente: Autores

Ilustración 17 Ubicación geográfica de los puntos hallados con GPS.



Fuente: Autores

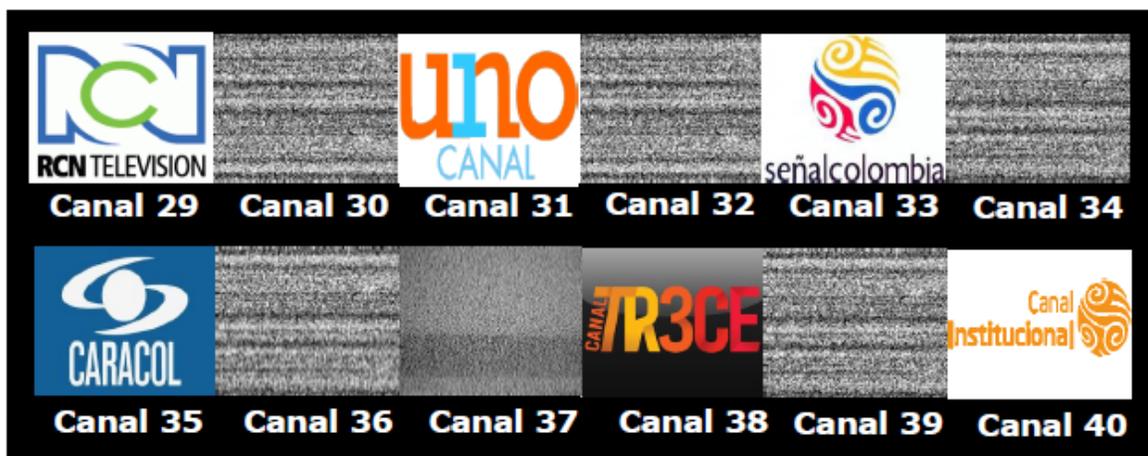
El cuerpo técnico analizó las coordenadas geográficas de los posibles puntos, y determinó que no es posible realizar un radioenlace con conexión a Internet desde el casco urbano a través de tecnología convencional como WiFi que requiere línea de vista; por tal razón se ofreció usar la tecnología de los espacios blancos de televisión (por sus siglas en inglés TVWS) por sus prometedoras características de conexión en áreas rurales, cubriendo así dicho punto de backhaul, una vez establecida la conexión a internet dentro de la comunidad se desplegarían nodos de red con tecnología WiFi en puntos estratégicos para cubrir la mayor cantidad de personas de la comunidad.

Por lo cual se llevó a realizar una investigación de la tecnología TVWS para determinar si era viable o no.

Exploración de Espacios Blancos de Televisión

La tecnología TVWS (TV White Spaces, por sus siglas en inglés) es una alternativa tecnológica que presenta una infraestructura oportuna para resolver el acceso a las TIC's principalmente en las zonas rurales y de difícil acceso a través de los canales de televisión libres en el espectro VHF (54-216MHz) y UHF (470-790 MHz), es decir los canales que no están siendo usados para algún propósito en la banda de televisión, estos son nombrados espacios blancos de televisión y se encuentran en el medio del acceso con licencia y sin licencia. En algunos países el uso de este espectro requiere licencia como en otros no, sin embargo, los usuarios que operan sin licencia se adaptan a los parámetros de transmisión del entorno en el que operan, para no causar interferencias perjudiciales a otros usuarios.

Ilustración 18 Ejemplo de canales disponibles (30, 32, 34, 36, 37, 39).



Fuente: (Peñalosa, 2016)

La banda de televisión digital proporciona un gran campo de cobertura y una gran cantidad de canales disponibles, debido a la distribución geográfica de la red televisión digital terrestre “TDT”. Por otra parte, ofrece una solución económica y asequible a comparación de la tecnología satelital según lo indica (Riz, 2017) de conectividad banda ancha en las áreas de acceso remoto. *“Sin embargo, el éxito de las tecnologías inalámbricas y el crecimiento de Internet han hecho que la demanda de espectro se dispare, lo que a su vez ha llevado a algunos a especular que se producirá una crisis del espectro o “spectrum crunch21” donde los operadores no tendrán suficiente acceso al espectro para satisfacer la demanda de los consumidores”* (Stephen Song, 2019).

Según Stephen Song, las bandas asignadas han adquirido una gran importancia para las alternativas de conexión donde resalta la importancia de la asignación fija que presenta el espectro, lo que permite un estudio y una explotación eficiente.

El espectro disponible para el uso de los espacios blancos puede variar en los diferentes lugares, depende de la geolocalización, la cobertura transmisible, los servicios de radiodifusión y los canales que se encuentren libres, donde más se dispone de espectro libre

es en las zonas rurales o zonas de acceso remoto. No obstante, se ha demostrado en proyectos como “Que espectro puede ser utilizado por medio del uso de bases de datos de espacios blancos (BDEB)”, lo que permite establecer escenarios para operar los dispositivos de TVWS y operar el espectro radioeléctrico de manera eficiente, estableciendo los parámetros de protección para no intervenir con las frecuencias, canales o sistemas de televisión convencional. Por lo tanto, se ha visto que esta tecnología es viable en el mundo, debido al aprovechamiento del espectro libre y despliegue eficiente, lo que podría llegar a ser útil para el envío de datos.

La base de datos ayuda a controlar y mantener el orden de canales que se encuentran libres en el espectro, además de controlar el uso del espectro de televisión por parte de los dispositivos de espacios en blanco (DEB) en un área geográfica determinada, es decir el permiso que otorga la BDEB a los DEB a acceder sin licencia a porciones de espectro, esto para garantizar que no interfiera con los usuarios primarios. Cada país maneja un marco regulatorio que dispone de las funciones técnicas y espectro libre. Para la conexión de estos DEB se solicita a la BDEB la lista de canales que se encuentran disponibles en la ubicación específica de donde se alojarán los DEB, para tener una mejor precisión y chequeo de canales libres, la ubicación se dispondrá en coordenadas geográficas (Latitud y longitud).

Esto con el fin de establecer si para la conexión requiere de uno o más canales blancos.

La BDEB genera la lista de canales disponibles dependiendo de la ubicación geográfica y los parámetros de los DEB los cuales son:

- Densidad Espectral de Potencia (DEP): potencia media en el ancho de banda de referencia. (ITU, s.f.)
- Densidad espectral de p.i.r.e. (PIRE): El producto de la densidad espectral de potencia transmitida por la ganancia de la antena omnidireccional o sectorial en dirección del SRD. (ITU, s.f.)
- Max. poder TX: es el poder que define cual lejos puede llegar la señal en decibeles por mili vatio (dBm).
- Penetración de señal: es la capacidad de traspasar las barreras ambientales.

Las BDEB varían según el país, por ejemplo, en Canadá y Estados Unidos la BDEB es administrada por terceros, lo cual unas de ellas son la compañía Microsoft, Google y Adaptrum que cumplieron con los requisitos regulatorios para el uso de la BDEB, mientras que en otros países solo es administrada por entidades gubernamentales. En Estados Unidos para el uso de los DEB deberán ser certificados y avalados por FCC, la cual garantiza que cumplen con los límites establecidos.

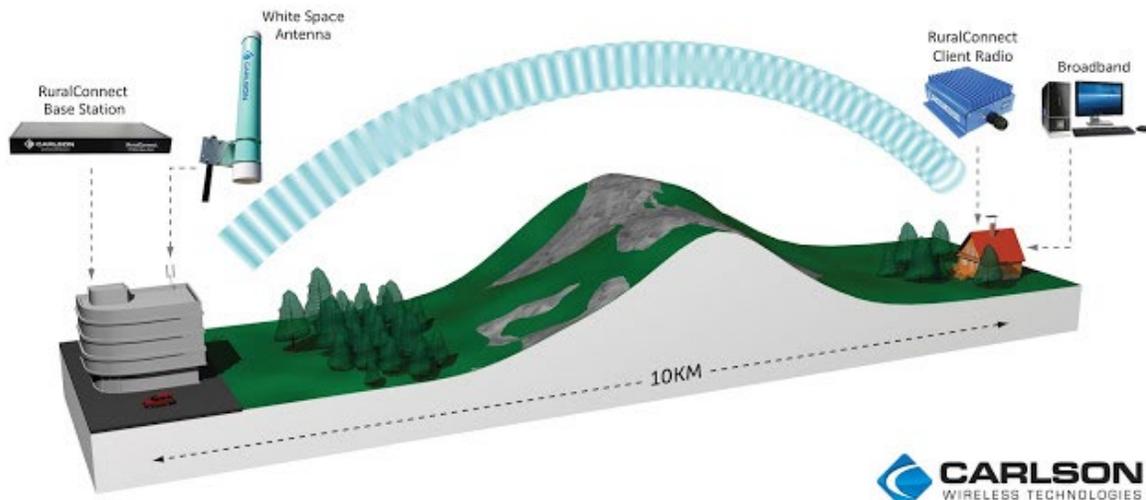
Por otro lado, algunos de los reguladores ofrecen modelos de negocio que involucran el acceso a banda ancha u otro tipo de soluciones por cobro; como otros administradores que realizan convocatorias para realizar proyectos piloto, como lo hace Microsoft.

✓ **Topología de red punto a punto**

Lo más importan de la topología de TVWS es que no requiere de línea de vista para realizar un enlace. La topología de red propuesta para un enlace punto a punto o un enlace punto a multipunto NLOS con una estación de radio montada, su respectiva antena de

TVWS en el punto que provee el servicio de Internet y estación cliente montada en los techos de los puntos de acceso, tal como lo indica la ilustración 19.

Ilustración 19 Topología de red de TVWS.



CARLSON
WIRELESS TECHNOLOGIES

Fuente: CARLSON

La estación radio deberá estar registrada a un administrador de base de datos, dependiendo de su geolocalización se le proporcionará información de los canales TVWS que se encuentren disponibles dentro de su cobertura y demás parámetros según normativa, regulación u otro, dependiendo del país donde se encuentre. El equipo de estación cliente se configura dependiendo de la información obtenida por la estación radio, es decir en que canal se podrá acceder para tener el enlace.

✓ **Características de equipo estación basa y estación cliente de TVWS**

Tabla 3 Características de equipo Radio estación de TVWS.

CARACTERÍSTICAS	ESTACIÓN BASE GWS5000 - 6HARMONICS (6HARMONICS, 2016)	ESTACIÓN CLIENTE ACRS 2.0 - ADPATRUM
PROPAGACIÓN DE SEÑAL	20 -35 km	10 km
APERTURA DE RADIACIÓN DEL DISPOSITIVO	360°	360°
GANANCIA	19dBi	< -55dBc
MAX. PODER TX	39dBm	20dBm
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	UHF 470MHz-698MHz	400MHz - 1GHz (Según restricción del país)
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	-40C a + 50C (externo); -40C a + 85C (interno)	-40°C to 50°C (-40°F to 122°F)
HUMEDAD DE FUNCIONAMIENTO	5% a 100%	5% a 100%
RADIO ENLACE ES EN LÍNEA DE VISTA (LOS)	SI	SI
RADIO ENLACE ES EN SIN LÍNEA DE VISTA (NLOS)	SI	SI
PENETRACIÓN DE SEÑAL	SI	SI

INFRAESTRUCTURA SENCILLA DE DESPLEGAR	SI	SI
INMUNE AL CLIMA	SI	SI
FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	SI	SI
USO DE ESPECTRO LIBRE	SI	SI
USO DE ESPECTRO CON LICENCIA	SI	SI
CERTIFICACIONES	FCC CFR 47 Parte 15 Subparte,	FCC Part 15 Subpart H ETSI 301 489-1, ETSI EN 301 598 Singapore iDA

Fuente: Autores

Se resalta de gran importancia para esta tecnología que su conexión no requiere línea de vista (NLOS) gracias a la difracción que provoca esta señal.

✓ **ÁREAS DE IMPLEMENTACIÓN CON TVWS**

La tecnología de TVWS abarca varios campos de acción gracias a su facilidad de uso, su infraestructura y cobertura que le permite llegar a los sitios más remotos aprovechando el espectro libre, pero no significa que no pueda ser usado en la ciudad. Su despliegue consigue implementarse en algunos casos como los siguientes:

- Con sus grandes ventajas de conexión a largo alcance e inmune al clima esta tecnología es adecuada para la conectividad en el **área marítima**. Gracias a esta

tecnología las tripulaciones, barcos u otro tipo de embarcación podrán tener una comunicación a tierra e Internet de las cosas, un control de acceso, monitoreo de circuito cerrado constante y enlace de datos IP.

- **Redes heterogéneas**, permite un acceso continuo a través de las diferentes redes y diferentes tipos de redes. TVWS proporciona un espectro exento de licencia que permite descargar el tráfico de espectro con licencia, es decir permite la descarga de datos, descarga de video y cubrimiento de puntos ciegos.
- Las **grandes empresas** requieren una red privada para su seguridad y privacidad, pero se dificulta el despliegue, primero porque no encuentran el espectro adecuado y segundo porque no es seguro el acceso con licencia de las empresas de telecomunicaciones, mientras que el uso de espectro sin licencia equipos convencionales tiene un límite y capacidad baja de penetración, lo que dificulta realizar una red privada en grandes empresas. TVWS es perfecta para que las empresas obtengan su propia red privada de manera rápida, rentable y segura. La gran ventaja de desplegar la red con TVWS es que será privada y segura, evitará compartirá datos con las empresas de telecomunicaciones /ISP y exenta de algún tipo de interferencia, es viable en casos de desastres ya que actúa como enlace de respaldo, el tiempo de respuesta es más rápido y sobre todo se tiene un control total de los datos.
- TVWS en la **seguridad**, permite configurar cámaras de seguridad, sensores y redes ad-hoc de manera fácil y rápida. Admite tener un control y acceso eficiente de video vigilancia, conexión con drones que le permiten realizar grandes alcances sin perder señal, es eficiente en redes ad-hoc para equipos de rescate, monitoreo de estructura y vigilancia de robot entre otros dispositivos.

- **Monitoreo de infraestructura**, el monitoreo de las infraestructuras industriales cada vez es más críticas, por su falta de cobertura en la industria. Pueden existir las oportunidades para mejorar la productividad, optimizar los recursos, realizar un mantenimiento más eficiente o simplemente tener un seguimiento de las infraestructuras. TVWS permite un mantenimiento que es altamente rentable y económicamente viable, tiene una cobertura de largo alcance, fiable en entornos difíciles, comunicaciones seguras y un mantenimiento mínimo.

✓ **TV White Spaces En Colombia**

Colombia, actualmente es pionero en Latinoamérica en emitir política de estado que reglamenta las condiciones de uso de la tecnología TVWS. Resoluciones como la 461 de 2017 que estable las condiciones de usos de los dispositivos de espacios en blanco liderado por la dirección de la Agencia Nacional del Espectro (ANE) entidad reguladora del espectro radioeléctrico del país.

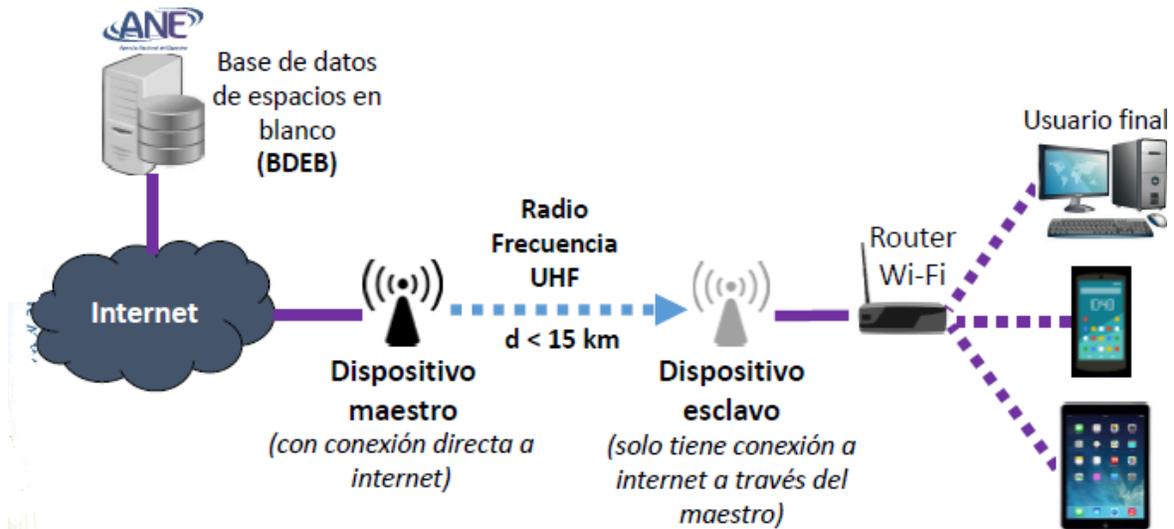
De acuerdo con la resolución emitida por la ANE, el espectro libre de la banda de televisión puede ser utilizado para brindar conectividad a las zonas rurales del país, lo que lleva a ser una gran alternativa para desplegar banda ancha a estas zonas de difícil acceso.

Para el uso de esta tecnología en Colombia se deberá cumplir con las condiciones técnicas y operativas para la utilización de los DEB en la banda UHF 47-698 MHz. Para ello la ANE como primera medida verifica y certifica si el DEB cumple con los parámetros establecidos por la regulación, entre ellas se resaltan la frecuencia de operación, modo de operación, densidad espectral de potencia máxima, ganancia máxima de antena y límite de emisiones no deseadas. Esto con el fin de que en el uso del espectro no interfiera con

usuarios primarios, ya que si se presenta una interferencia con estos usuarios tendría problemas legales.

✓ Topología de red

Ilustración 20 Topología de red espacios blancos de televisión.

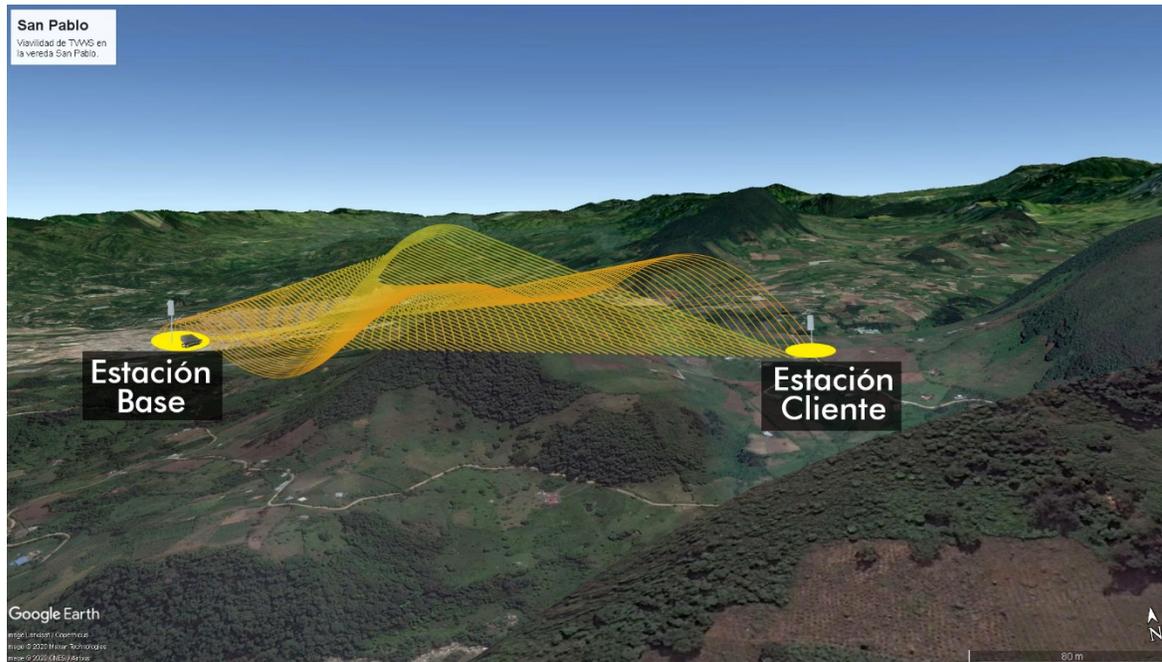


Fuente: Autores

“Actualmente el 99% de las zonas rurales de Colombia la TV utiliza solo 10 de los 48 canales disponibles, por lo cual hay una gran cantidad de Espacios en Blanco”

(Peñalosa, 2016) lo que permite la utilización de esas frecuencias para otros servicios y así aprovechar las ventajas de cobertura y propagación. Además de que sus características de propagación se comparan con las tecnologías Wi-Fi tradicionales que solo poseen alcances promedios hasta de 300 metros sin obstáculo de por medio; mientras que algunos dispositivos de TVWS pueden tener un alcance hasta de 30 kilómetros **sin línea de vista** como se muestra en la imagen Analogía de simulación de TVWS, convirtiéndolo en un recurso de espectro muy valioso y atractivo para las zonas rurales.

Ilustración 21 Analogía de una simulación de TVWS.



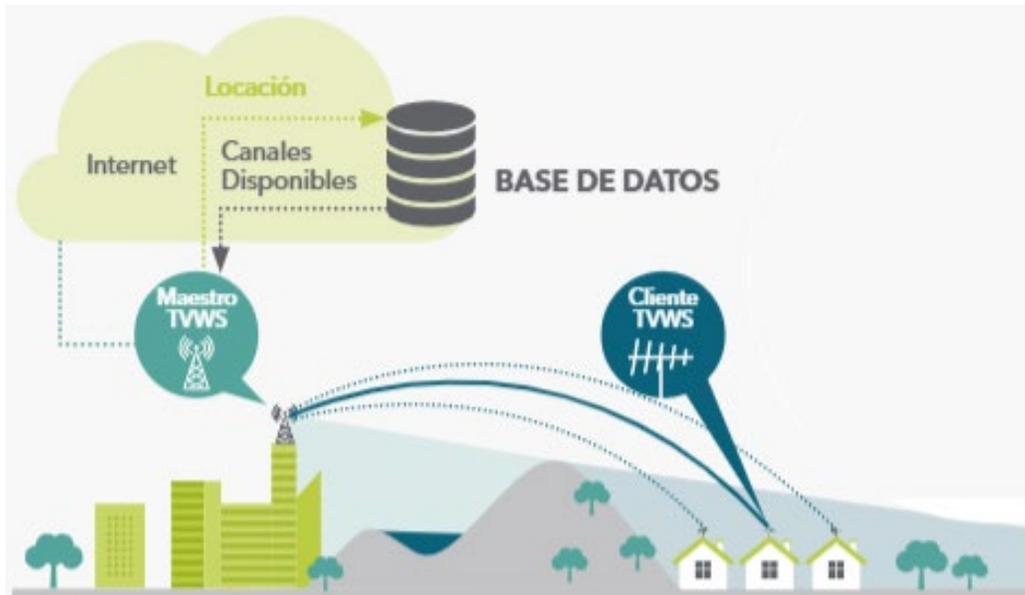
Fuente: Autores

✓ **Como funciona**

1. El dispositivo estación radio de TVWS consulta la base de datos de la ANE con su respectiva información de geolocalización y características de conexión.
2. La BDEB responde con un listado de canales disponibles.
3. El dispositivo estación radio comparte los canales disponibles con los de estación cliente.
4. La estación cliente establece la comunicación bidireccional.

La siguiente imagen muestra el diagrama lógico de cómo funciona TVWS.

Ilustración 22 Diagrama lógico de TVWS.



Fuente: Agencia Nacional del Espectro.

A pesar de que la tecnología es prometedora por sus características técnicas como: su rendimiento, alcance, aprovechamiento del espectro libre, acceso y cubrimiento en las áreas más remotas presenta un gran desafío para su adquisición ya que se encuentra en economía de escala, volviéndose inasequible para una comunidad de bajos recursos, adicionalmente en Colombia no cuentan con proveedores propios y los proyectos piloto realizados han sido respaldados por alguna entidad patrocinadora; como los proyectos piloto realizados en Aguadas Caldas, Dibulla La Guajira y Pamplonita Norte de Santander, los cuales fueron patrocinados por Mineducación, MinTic, Microsoft, Computadores para Educar, 6Harmonics, Agencia Nacional de televisión, Adaptrum, Policía Nacional de Colombia y Ejercito de Colombia, es decir los proveedores que cuentan con estos dispositivos presentan precios exorbitantes, lo que no justifica a la comunidad tal valor para adquirirla, dado que los recursos que poseen son limitados. A continuación, tablas de

precios dispositivos estación base y estación cliente. Cotización con proveedores extranjeros anexo COTIZACIONES que soportan investigación.

Tabla 4 Precio según proveedor 6Harmonics, estación base.

ESTACIÓN BASE		
	PROVEEDOR	6Harmonics Inc
	REFERENCIA	GWS-5002-BTS
	VALOR	\$3.499
	UNIDAD USD*	
	VALOR	\$13'709.082
	UNIDAD COP	
<i>Fuente: Autores</i>		

Tabla 5 Precio según proveedor 6Harmonics, estación cliente.

ESTACIÓN CLIENTE		
	PROVEEDOR	6Harmonics Inc
	REFERENCIA	GWS-5002-CPE
	VALOR UNIDAD	\$750
	USD*	
	VALOR UNIDAD	\$ 2'940.637
	COP	
<i>Fuente: Autores.</i>		

Tabla 6 Precio según proveedor Carlos, estación base.

ESTACIÓN BASE		
	PROVEEDOR	Carlson
	REFERENCIA	RC3.1-AP-ODU- US
	VALOR UNIDAD USD*	\$2.810
	VALOR UNIDAD COP	\$11'010.559
	<i>Fuente: Autores</i>	

Tabla 7 Precio según proveedor Carlson, estación cliente.

ESTACIÓN CLIENTE		
	PROVEEDOR	Carlson
	REFERENCIA	053-470-786-75-8
	VALOR UNIDAD USD*	\$315
	VALOR UNIDAD COP	\$1'234.170
	<i>Fuente: Autores</i>	

*Tasa referencia 7 de mayo de 2020

Además, se indagó con expertos en el uso del espectro radioeléctrico en conferencias sobre el uso de TV White Spaces, el cual la ingeniería Martha Suarez

directora de Alianza Dinámica del Espectro (DNS) dice “Aun los dispositivos no tienen economía de escala, pero las características técnicas y de propagación son muy positivas de TV White Spaces” conferencia Conectando el Desconectado 2019.

Dado a lo anterior se decide no usar la tecnología TVWS para el backhaul ya que su costo es muy elevado y desafortunadamente la comunidad no cuenta con los recursos suficientes para dicha conexión, por ello el equipo de trabajo y la comunidad decide buscar un punto estratégico que permita realizar el backhaul con tecnología WiFi, es decir buscar un punto que tenga línea de vista con la zona urbana de Fusagasugá para realizar la respectiva conexión.

Para la construcción de los nodos se requiere de equipos técnicos e infraestructura necesaria, por ello el siguiente listado:

- Antena.
- Router WiFi.
- Switche
- Multitoma
- Cable UTP.
- Conectores RJ45.
- Torre.
- Mastil.
- Conexión eléctrica.

Se socializo para que servía cada uno de los artículos de la lista y llevo a la comunidad proponer construir las torres y mástiles con postes de madera.

Ilustración 23 Revisión de postes.



Fuente: Autores

Ilustración 24 Revisión de Guaduas para torres.



Fuente: Autores

FASE 3: PLANEACIÓN

Conociendo las necesidades y propuestas de solución generadas a través de la lluvia de ideas, se lleva a cabo la estructura del plan de trabajo, en el cual se organizan las actividades a realizar durante la construcción del nuevo proyecto.

Se programarán las acciones que solucionarán los problemas y necesidades de la comunidad.

Tabla 8 Cronograma de actividades comunidad 2019.

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO
Recolección de fondos	Se realizarán bazares, rifas y otro tipo de actividades.	16 (Semana 2 de abril a semana 2 de agosto)

Elaboración de torres y mástiles	Conseguir los materiales necesarios para la construcción	3 (Semana 3 de agosto a semana 1 de septiembre)
Construcción de nodos	Apoyaran al cuerpo técnico en la construcción de los nodos	4 (Semana 2 de septiembre a semana 1 de octubre)
Instalación de zona WiFi	Apoyar al cuerpo técnico en la instalación de zonas WiFi	4 (Semana 2 de octubre a semana 1 de noviembre)
Talleres comunitarios	Talleres para la apropiación del uso de la tecnología.	En el transcurso del proyecto

Fuente: Autores

FASE 4: ACCIÓN

Se tuvo en cuenta la creación de la red comunitaria primero con la metodología Acción Participativa para tener un acercamiento con la comunidad y socialización con la misma para apropiarlos de la red comunitaria, mientras para la ejecución e implementación de la red se usó la metodología de diseño de redes Top-Down como se muestra a continuación.

METODOLOGÍA TOP-DOWN NETWORK DESIGN.

La fase 1 de Top-Down hace referencia a el análisis de los requerimientos de la red en base a las necesidades de la comunidad, como ya se trabajó con las dos primeras fases de la IAP que surgió información suficiente para ya tener claro el enfoque de la red en la comunidad, se pasa a la fase dos de la metodología de Top Down.

FASE 1: ANÁLISIS DE REQUISITOS

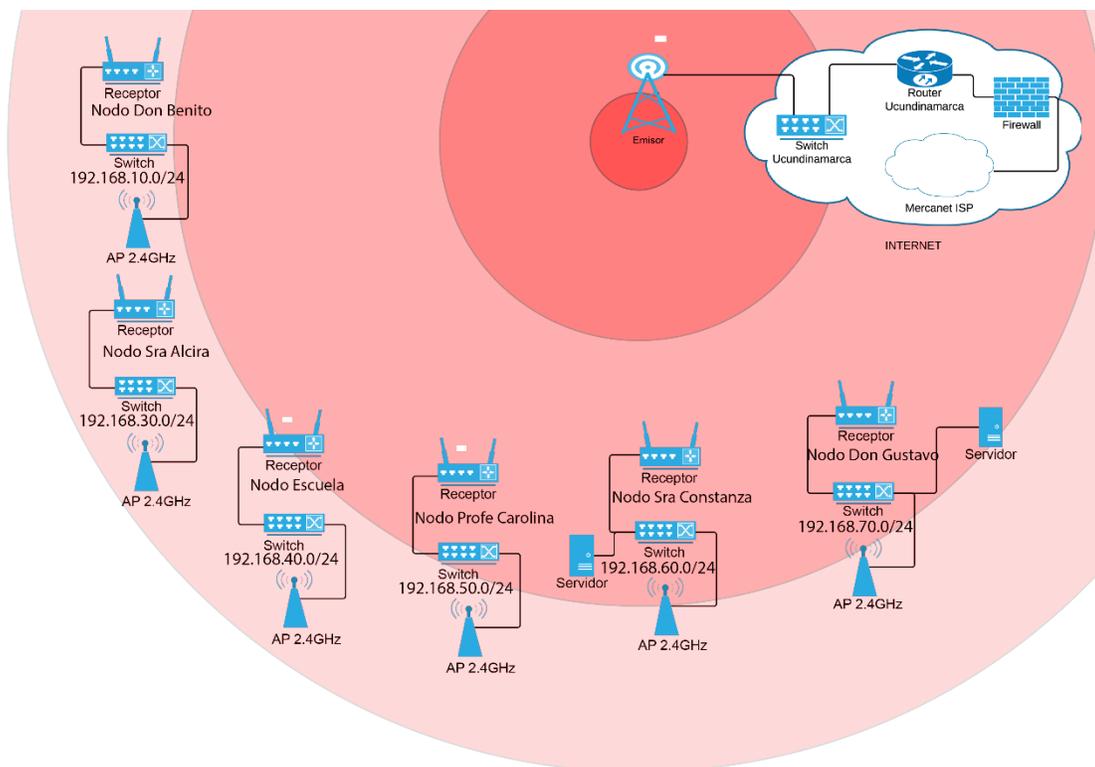
Se presenta una descripción de la problemática bien detallada y la propuesta del grupo del proyecto sobre cómo pueden trabajar contra la problemática, fase cubierta por la metodología IAP.

FASE 2: DISEÑO LÓGICO DE LA RED

Esta fase determinará la estructura lógica

- ✓ **Actividad 1:** Diseño base de la estructura de red.

Ilustración 25 Diseño base de la estructura de red.



Fuente: Autores

✓ **Actividad 2:** Direccionamiento y nombre de equipos.

El direccionamiento es muy importante porque permite tener un mejor control sobre los equipos que se conectan y hacen uso de los servicios que proporciona la red, además garantiza una mejor administración de la red, reduciendo las fallas en duplicidad de direcciones o malas configuraciones de estas (máscaras de red, direcciones DNS, direcciones Gateway, entre otras). Otra buena práctica de administración y gestión en redes es nombrar los equipos, ya que permite identificar los dispositivos de una manera más sencilla en lenguaje natural, en esta ocasión se usó la primera letra del tipo de dispositivo, seguido de la palabra NODO y el nombre de la persona donde este se encuentra. A continuación, se especifica el direccionamiento y nombre de equipos para el diseño realizado.

Tabla 9 Direccionamiento y nombre de equipos.

Dispositivo	Nombre del Dispositivo	Ubicación	Red	Máscara de red	Dirección Ip	Gateway
Emisor	E_Universidad	Universidad de Cundinamarca	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.10	192.168.4.1
Receptor	R_Nodo_Benito	Nodo Don Benito	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.20	192.168.4.1
Receptor	R_Nodo_Alcira	Nodo Sra Alcira	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.30	192.168.4.1
Receptor	R_Nodo_Escuela	Nodo Escuela	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.40	192.168.4.1
Receptor	R_Nodo_Carolina	Nodo Profe Carolina	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.50	192.168.4.1
Receptor	R_Nodo_Constanza	Nodo Sra Constanza	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.60	192.168.4.1
Receptor	R_Nodo_Gustavo	Nodo Don Gustavo	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.70	192.168.4.1
AP 2.4 GHz	WiFi_Nodo_Benito	Nodo Don Benito	192.168.10.0	255.255.255.0 /24	192.168.10.1	192.168.10.1
AP 2.4 GHz	WiFi_Nodo_Alcira	Nodo Sra Alcira	192.168.20.0	255.255.255.0 /24	192.168.20.1	192.168.20.1
AP 2.4 GHz	WiFi_Nodo_Escuela	Nodo Escuela	192.168.30.0	255.255.255.0 /24	192.168.30.1	192.168.30.1
AP 2.4 GHz	WiFi_Nodo_Carolina	Nodo Profe Carolina	192.168.40.0	255.255.255.0 /24	192.168.40.1	192.168.40.1
AP 2.4 GHz	WiFi_Nodo_Constanza	Nodo Sra Constanza	192.168.50.0	255.255.255.0 /24	192.168.50.1	192.168.50.1
AP 2.4 GHz	WiFi_Nodo_Gustavo	Nodo Don Gustavo	192.168.60.0	255.255.255.0 /24	192.168.60.1	192.168.60.1
Servidor	Servidor_Nodo_Constanza	Nodo Sra Constanza	192.168.50.0	255.255.255.0 /24	192.168.50.2	192.168.50.1
Servidor	Servidor_Nodo_Gustavo	Nodo Don Gustavo	192.168.60.0	255.255.255.0 /24	192.168.60.2	192.168.60.1

Fuente: Autores.

✓ **Actividad 3:** Estrategias de Seguridad y Administración.

Se analizó el contexto en el cual se implementó la red comunitaria, lo cual permitió establecer las siguientes estrategias de seguridad y administración de la red, es de aclarar

que se pueden crear, editar y/o eliminar, según surjan o cambien las necesidades de la comunidad a futuro.

- Mantener actualizado el Firmware de los diferentes dispositivos de la red dado que el fabricante puede añadir nuevas funciones al equipo, corregir fallos existentes a través de los parches de seguridad reduciendo el riesgo a vulnerabilidades, e incluso puede hacer que se incremente el rendimiento del equipo debido a mejoras en el uso de los recursos.
- Deshabilitar usuarios y contraseñas por defecto, crear nuevos usuarios con sus respectivos roles (lectura, lectura-escritura) con contraseñas seguras, es decir, que la longitud estas sean superiores a ocho caracteres, incluir mayúsculas, minúsculas, números y caracteres espaciales; se sugiere que por lo menos cada seis meses las contraseñas sean actualizadas garantizando así una mejor seguridad en la red.
- Proteger los Radioenlaces con contraseñas seguras con el fin de evitar conexiones no autorizadas por personas ajenas a la comunidad.
- Los dispositivos de la red deben ser visibles entre sí en cualquier punto de la red local y solo pueden ser vistos externamente a través de la red LAN proporcionada por la Universidad de Cundinamarca y que suministra el Servicio de Internet gratuito a la vereda.
- Configurar los servicios telnet, ssh y/o web para garantizar la administración remota de los diferentes dispositivos.

FASE 3: DISEÑO FÍSICO DE LA RED.

En la selección de equipos y tecnología se realizó una evaluación de dispositivos para elegir cual se adecua más a las necesidades y límites de la comunidad como se menciona en la fase 1, por lo tanto, se muestra en la tabla ### un cuadro comparativo con las características técnicas de dispositivos emisores.

✓ **Actividad 1:** características de equipos.

Características y descripción técnica de los equipos emisores:

- **PROPAGACIÓN DE SEÑAL:** principal característica para determinar el equipo a elegir es importantes que la propagación de señal sea a larga distancia; aproximadamente los puntos de enlace cuentan con un enlace de máximo 6 km.
- **COBERTURA DE RED:** es la señal que recibe el dispositivo que se está utilizando para comunicar, es decir el espectro radioeléctrico.
- **GANANCIA:** es la densidad de potencia radiada en la dirección definida y que depende de las coordenadas esféricas.
- **MAX. PODER TX:** es el poder que define cual lejos puede llegar la señal en decibeles por mili vatio (dBm).
- **FRECUENCIA DE OPERACIÓN:** es la operación de frecuencia en la que opera, el rango de frecuencia.
- **APERTURA DE RADIACIÓN DEL DISPOSITIVO:** la señal que despliega el dispositivo, que apertura en grados cubre.
- **TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO:** es la temperatura de ruido de la antena, es decir el ruido externo que capta por la estación terrenal receptora.

- RADIO ENLACE ES EN LÍNEA DE VISTA (LOS) O SIN LÍNEA DE VISTA (NLOS): es importante esta característica ya que de eso puede depender su infraestructura.
- PENETRACIÓN DE SEÑAL: es la capacidad de traspasar las barreras ambientales.
- FACILIDAD DE MANTENIMIENTO: el soporte y el mantenimiento que requiere el equipo y la red.
- INFRAESTRUCTURA SENCILLA DE DESPLEGAR: los recursos e implementos que requiere la infraestructura.
- INMUNE AL CLIMA: se limita la conexión y el dispositivo no soporta los cambios de clima.
- USO DE ESPECTRO LIBRE: la tecnología y dispositivos trabajan en el espectro libre.
- USO DE ESPECTRO CON LICENCIA: la tecnología y dispositivos trabajan en el espectro con licencia.
- PERMISOS PARA EL USO DEL ESPECTRO: Requiere permiso de la Agencia Nacional del Espectro para usar la banda de frecuencia.
- INTERFERENCIA: el enlace puede acarrear interferencias.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de tres dispositivos emisores.

Tabla 10 Comparativa de equipos de transmisión de datos.

CARACTERÍSTICAS	ANTENA SECTORIAL	ANTENA SECTORIAL	ESTACIÓN BASE

	LITE AP ac- UBIQUITI (Ubiquiti Network, 2018)	5GHZ 19DBI 2X2 MIMO TL- ANT5819MS	BREEZEMAX PRO-3000 CPE-Wimax (ebay, 2020)
PROPAGACIÓN DE SEÑAL	10km	10km	15 km
COBERTURA DE RED	5GHz	5GHz	2,5 a 5,8GHz
APERTURA DE RADIACIÓN DEL DISPOSITIVO	120°	90°	20°
MAX CONSUMO DE ENERGIA	7W	240V	AC (110 o 220V)
GANANCIA	16 dBi	19dBi	17 dBi
MAX. PODER TX	25 dBm	1.8dBm	13- 27 dBm
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	Todo el mundo 5150 - 5875 MHz. E.E U. U 5150 - 5850 MHz	Todo el mundo 5150 - 5875 MHz. E.E U. U 5150 - 5850 MHz	2.x GHz 2500- 2700 MHz 3.x GHz 3400 - 3600 MHz
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	- 40 a 70 ° C (-40 a 158 ° F)	30° a 70° Celsius	0 to 45 C (32 to 113 F)

HUMEDAD DE FUNCIONAMIENTO	5 a 95% sin condensación	10 a 90%	5 a 95% sin condensación
RADIO ENLACE ES EN LÍNEA DE VISTA (LOS)	SI	SI	SI hasta 15 km
RADIO ENLACE ES EN SIN LÍNEA DE VISTA (NLOS)	NO	NO	SI hasta 5 km
PENETRACIÓN DE SEÑAL	NO	SI 10%	NO
INFRAESTRUCTURA SENCILLA DE DESPLEGAR	SI	SI	NO
INMUNE AL CLIMA	SI	SI	SI
FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	50/50	50/50	NO
USO DE ESPECTRO LIBRE	SI	SI	SI 5 GHz
USO DE ESPECTRO CON LICENCIA	NO	NO	SI 2,5 GHz SI 3,5 GHz
PERMISOS PARA EL USO DEL ESPECTRO	NO	NO	SI
INTERFERENCIA	SI	SI	SI
CERTIFICACIONES	FCC, IC, CE	RoHS, WEEE	

VALOR UNIDAD	\$81.56* Fuente especificada no válida.	\$180,45* Fuente especificada no válida.	\$ 5031* Fuente especificada no válida.
---------------------	--	--	---

Fuente: Autores.

*Tasa de cambio 25 de mayo de 2019

De la tabla anterior se analiza que la antena SECTORIAL LITE AP ac- UBIQUITI es la más adecuada para el cubrimiento de la zona, ya que cuenta con una apertura de radiación de 120° lo que permite una facilidad de enlace con los 5 puntos receptores los cuales se han definidos en la fase 1 y realizado en el diseño lógico de la red.

Cotización de precios en el mercado virtual.

Para los puntos receptores se escogió una de la misma marca Ubiquiti la cual se buscó la más económica en el mercado, por tal razón se realizó una comparación de precios.

Tabla 11 Comparativa de precios de antenas receptoras marca Ubiquiti.

Nº	ANTENA	VALOR UNITARIO COP
1	LiteBeam AC-GEN2	\$374.900 (Mercadolibre, 2019)
2	LiteBeam 5AC-GEN2	\$481.900 (Mercadolibre, 2019)
3	LiteBeam M5-23dBi	\$162.000 (SYSTRAIM SAS, 2019)

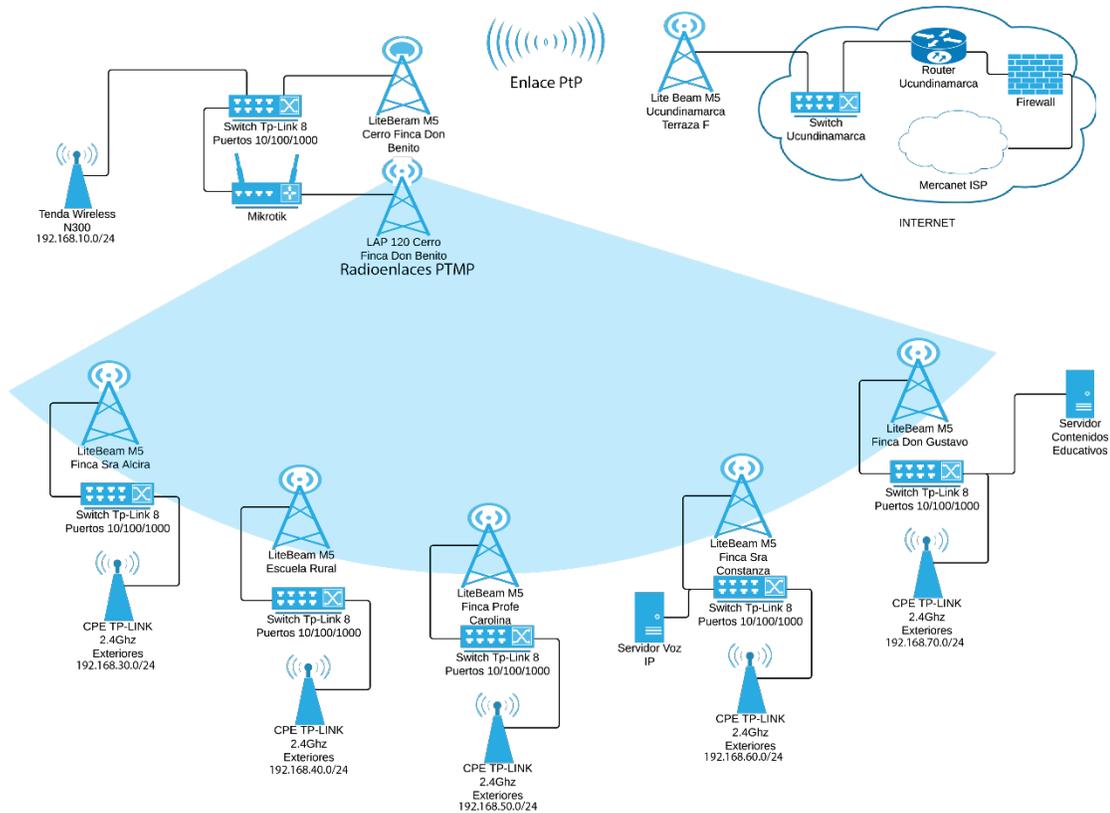
Fuente: Autores.

La antena receptora escogida por su mejor precio es la LiteBeam M5-23dBi.

✓ **Actividad 2: Reingeniería al diseño lógico de la red.**

Teniendo en cuenta las dificultades de adquisición de los dispositivos TVWS, se tomó la decisión de usar dispositivos de bajo costo y por lo tanto asequibles para la comunidad. Por tal motivo fue necesario realizar una reingeniería al diagrama lógico de la red, con la aplicación de la tecnología utilizada, quedando de la siguiente manera.

Ilustración 26 Reingeniería del Diseño Lógico de la red con la tecnología aplicada.



Fuente: Autores.

Como se pudo observar en la anterior imagen, la topología de la red es de tipo estrella, además existe un radioenlace principal o backhaul, el cual está ubicado entre la universidad de Cundinamarca y el cerro de la finca de Don Benito. El puerto LAN de la antena que recibe la señal de Universidad se conectó a la MikroTik, la cual se encarga de recibir la conexión a internet proveniente de la Universidad de Cundinamarca para enmascararla en

una nueva red local que se convertirá en la red WAN (clase B) para los diferentes dispositivos de red que se encuentran dispersos en el interior de la vereda, la antena sectorial se conecta a la mikrotik; la cual se encarga de irradiar la señal dentro de la vereda en modo punto de acceso, cada una de las antenas de los nodos recibe esta señal en modo estación. El puerto LAN de la antena se conecta al swith, al cual se conecta también el AP de 2.4GHz que tiene una configuración LAN de clase C, la cual permite a los usuarios conectarse y navegar por internet o hacer uso de los servicios locales. A continuación, se pueden observar las tablas de direccionamiento para cada uno d ellos dispositivos.

Tabla 12 Nuevo direccionamiento y nombre de equipos para la LAN.

Dispositivo	Nombre del Dispositivo	Ubicación	Red	Máscara de ded	Dirección Host	Gateway
LiteBeam M5	Universidad	Universidad de Cundinamarca	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.10	192.168.4.1
LiteBeam M5	Cerro_Don_Benito	Cerro Don Benito	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.11	192.168.4.1
MiktoTik Hap Lite	GESTION-MikroTik	Cerro Don Benito	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.1	192.168.4.1
Sectorial LAP120	San_Pablo_Sectorial	Cerro Don Benito	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.20	192.168.4.1
LiteBeam M5	Nodo_Alcira	Finca Sra.Alcira	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.30	192.168.4.1
LiteBeam M5	Nodo_Escuela	Escuela Rural	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.40	192.168.4.1
LiteBeam M5	Nodo_Carolina	Finca Profe Carolina	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.50	192.168.4.1
LiteBeam M5	Nodo_Constanza	Finca Sra.Constanza	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.60	192.168.4.1
LiteBeam M5	Nodo_Gustavo	Finca Don Gustavo	192.168.4.0	255.255.255.0 /24	192.168.4.70	192.168.4.1
Tenda N300 2.4GHz	Nodo_Benito	Casa Don Benito	192.168.20.0	255.255.255.0 /24	192.168.20.1	192.168.20.
CPE2010 2.4GHz	Nodo_Alcira	Finca Sra.Alcira	192.168.30.0	255.255.255.0 /24	192.168.30.1	192.168.30.
CPE2010 2.4GHz	Nodo_Escuela	Escuela Rural	192.168.40.0	255.255.255.0 /24	192.168.40.1	192.168.40.
CPE2010 2.4GHz	Nodo_Carolina	Finca Profe Carolina	192.168.50.0	255.255.255.0 /24	192.168.50.1	192.168.50.
CPE2010 2.4GHz	Nodo_Constanza	Finca Sra.Constanza	192.168.60.0	255.255.255.0 /24	192.168.60.1	192.168.60.
CPE2010 2.4GHz	Nodo_Gustavo	Finca Don Gustavo	192.168.70.0	255.255.255.0 /24	192.168.70.1	192.168.70.
Servidor	S_Contenidos	Finca Don Gustavo	192.168.70.0	255.255.255.0 /24	192.168.70.2	192.168.70.
Servidor	S_VolP	Finca Sra.Constanza	192.168.60.0	255.255.255.0 /24	192.168.60.2	192.168.60.

Fuente: Autores.

Tabla 13 Nuevo direccionamiento y nombre de equipos para la WAN.

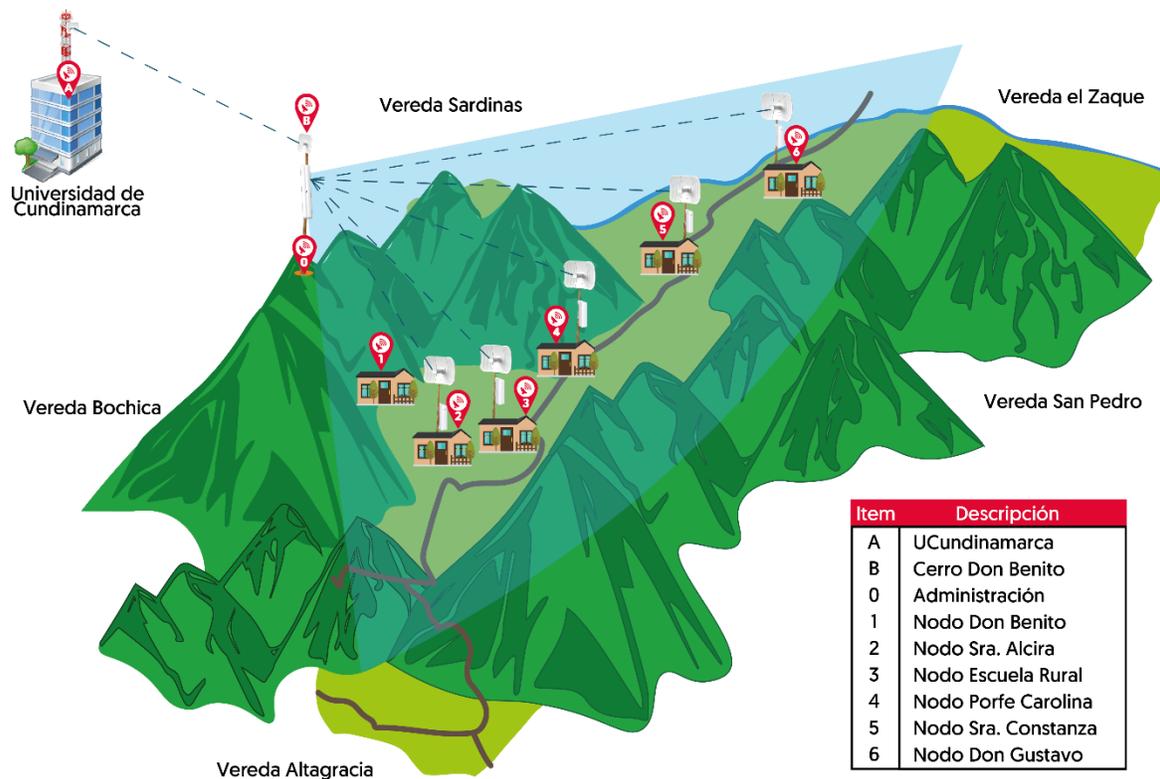
Dispositivo	Nombre del Dispositivo	Ubicación	Red	Máscara de red	WAN	
					Dirección IP	Gateway
MikroTik Hap Lite	GESTION-MikroTik	Cerro Don Benito	172.30.0.0	255.255.252.0/22	172.30.0.1	172.30.0.1
Tenda N300 2.4GHz	Nodo_Benito	Casa Don Benito	172.30.0.0	255.255.252.0/22	172.30.0.10	172.30.0.1
CPE2010 2.4GHz	Nodo_Alcira	Finca Sra.Alcira	172.30.0.0	255.255.252.0/22	172.30.0.30	172.30.0.1
CPE2010 2.4GHz	Nodo_Escuela	Escuela Rural	172.30.0.0	255.255.252.0/22	172.30.0.40	172.30.0.1
CPE2010 2.4GHz	Nodo_Carolina	Finca Profe Carolina	172.30.0.0	255.255.252.0/22	172.30.0.50	172.30.0.1
CPE2010 2.4GHz	Nodo_Constanza	Finca Sra.Constanza	172.30.0.0	255.255.252.0/22	172.30.0.60	172.30.0.1
CPE2010 2.4GHz	Nodo_Gustavo	Finca Don Gustavo	172.30.0.0	255.255.252.0/22	172.30.0.70	172.30.0.1
Servidor	S_Contenidos	Finca Don Gustavo	172.30.0.0	255.255.252.0/22	172.30.0.2	172.30.0.1
Servidor	S_VoIP	Finca Sra.Constanza	172.30.0.0	255.255.252.0/22	172.30.0.3	172.30.0.1

Fuente: Autores

✓ Actividad 3: Diseño físico de la red

El diseño de la red es de topología estrella dado que todos los nodos locales se conectan a través de radioenlaces PTMP al nodo central ubicado en el cerro de la Finca de Don Benito, el cual usa una antena sectorial de 120° de apertura para una mayor cobertura, el backhaul está conformado por un enlace PTP con antenas LiteBeam M5 y una MikroTik que se encarga del direccionamiento local de la red y otras funciones administrativas. Finalmente, todos los nodos cuentan con APs para exteriores de 2.4GHz que generan las zonas WiFi para los usuarios finales. El nodo de Don Benito está conectado por cobre directamente a la caja de inspección ubicada en el cerro y la zona wifi la genera un router convencional de interiores alojado dentro de su casa.

Ilustración 27 Diseño Físico de la Red Comunitaria.



Fuente: Autores.

FASE 4: SIMULACIÓN DEL DISEÑO DE RED

Airlink es una aplicación basada en la web usada frecuentemente para hacer simulación de enlaces PTP y PTMP porque permite conocer información como la distancia entre nodos, zona de Fresnel, obstáculos, perfiles topográficos, intensidad de señal, altura necesaria de cada dispositivo, zona de cobertura para enlaces PTMP, rendimiento de los equipos y posibles tasas de transferencia de datos entre los mismos.

Para realizar una correcta simulación y que se acerque más a la realidad topográfica de la comunidad se contó con las coordenadas geográficas de los posibles nodos de red, tomadas previamente en la fase de diagnóstico de la metodología IAP.

Tabla 14 Ubicación geográfica en coordenadas de los nodos distribuidos en la vereda.

Lugar	Coordenadas			
	GMS (Grados, Minutos, Segundos)		GD (Grados Decimales)	
	Latitud (N)	Longitud (O)	Latitud	Longitud
Universidad	4°20'6.69"N	74°22'15.84"O	4.335194	-74.371056
Cerro Don Benito	4°18'0.54"N	74°20'55.56"O	4.30015	-74.3496
Benito Casa	4°17'57.18"N	74°20'55.14"O	4.299222	-74.348639
Sra Alcira	4°17'51.67"N	74°20'44.88"O	4.297694	-74.345806
Esuela Rural	4°17'55.70"N	74°20'38.40"O	4.298806	-74.344000
Profe Carolina	4°18'8.60"N	74°20'31.53"O	4.302389	-74.342083
Sra Constanza	4°18'24.04"N	74°20'17.81"O	4.306667	-74.338278
Don Gustavo	4°18'39.66"N	74°20'2.63"O	4.311028	-74.334056

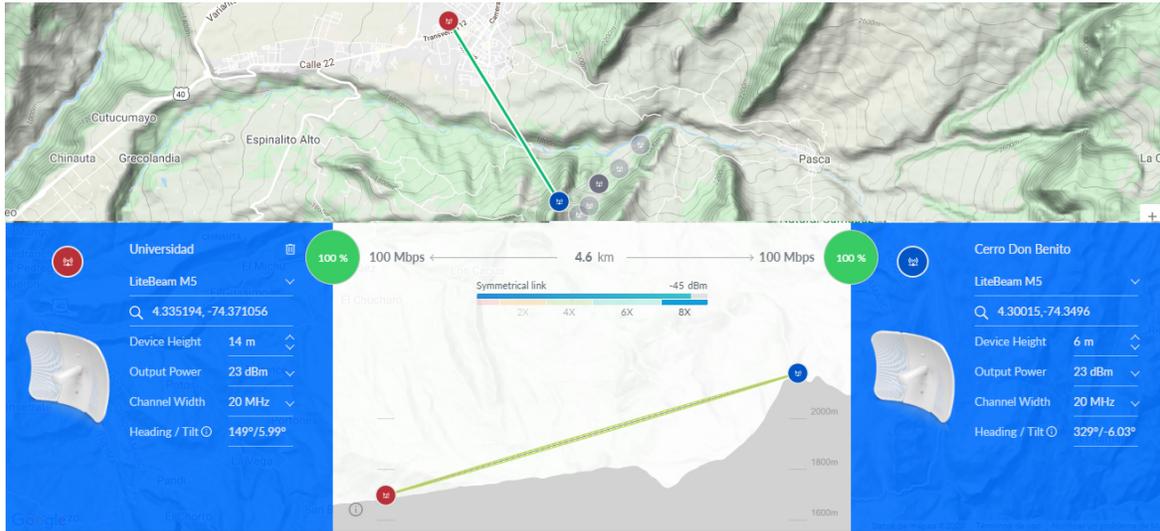
Fuente: Autores.

✓ **Actividad 1: Simulaciones.**

- **Simulación 1: radioenlace principal (Backhaul) Cerro Don Benito y la Universidad de Cundinamarca.**

En esta simulación usó dos antenas LiteBeam M5, la primera se ubicó en las coordenadas geográficas (4.335194, -74.371056) pertenecientes a la azotea del edificio F de la universidad de Cundinamarca a una altura de aproximada 14 metros relativa al suelo. La segunda se ubicó sobre el cerro de la Finca de Don Benito con coordenadas (4.30015, -74.3496) a una altura de 5 metros relativa al suelo, la antena ubicada en la Universidad se simulo en modo estación y la del Cerro de Don Benito en Punto de Acceso, como se puede observar en la siguiente imagen. Los resultados de la simulación son favorables: en primer lugar, el perfil topográfico no presenta ningún tipo de obstrucción geográfica que implique perdidas en la calidad de la comunicación y como segundo lugar la zona de Fresnel se encuentra en los parámetros ideales. Finamente el simulador indicó que la distancia promedio del radioenlace es de 5.6 kilómetros en línea de vista.

Ilustración 28 Resultados de la simulación de radioenlace PTP backhaul entre la Universidad de Cundinamarca y el cerro de la Finca de Don Benito.

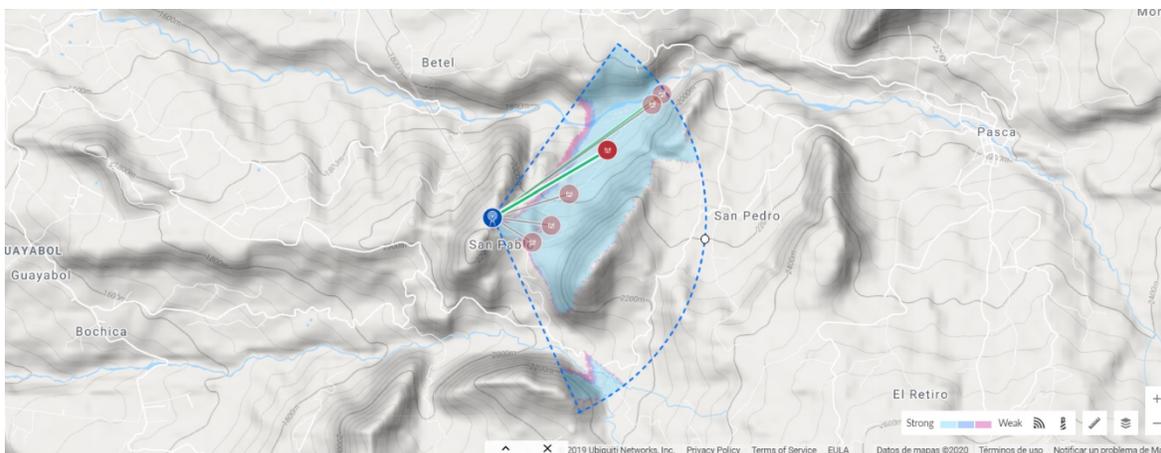


Fuente: Autores.

○ **Simulación 2: radioenlaces PTMP locales de la vereda.**

A continuación, se presenta una vista global de los radioenlaces punto a multipunto locales ubicados en el interior de la vereda, como se puede observar en la siguiente imagen todos los nodos se encuentran en el rango de cobertura del punto de acceso ubicado en el cerro de Don Benito, el cual está representado por el color azul celeste.

Ilustración 29 Vista global de los enlaces internos PTMP de la red comunitaria en San Pablo.

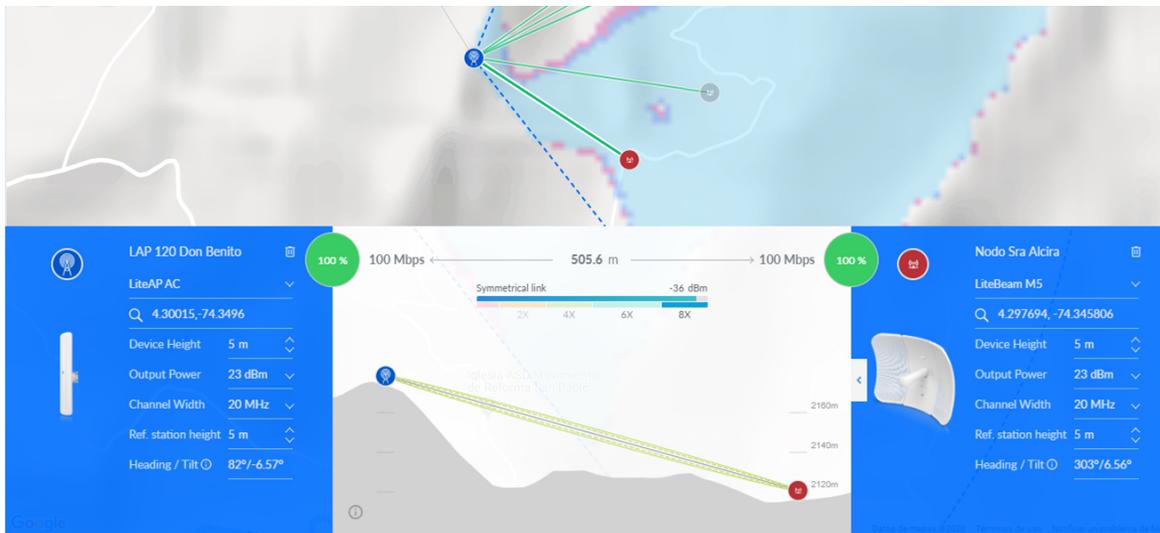


Fuente: Autores.

○ **Simulación 2.1: entre la estación base sectorial LAP 120 al nodo Sra. Alcira**

Para esta simulación se usó una antena sectorial LiteAP AC de 120° como punto de acceso en las coordenadas (4.30015, -74.3496) a una altura de 5 metros relativa al suelo, y una antena LiteBeam M5 como estación en las coordenadas (4.297694, -74.345806) ubicadas en la finca de la Sra. Alcira a una altura de 5 metros relativa al suelo, como se puede observar en la siguiente imagen, el perfil topográfico es satisfactorio dado que no existe ningún obstáculo que pueda intervenir o limitar el rendimiento del radioenlace, la tasa de transferencia máxima entre estos dos dispositivos podría llegar hasta los 100Mbps, finalmente la distancia del radio enlace es de 505.6m en línea de vista.

Ilustración 30 Resultados de la simulación de radioenlace PTMP entre el cerro de la Finca de Don Benito y la finca de la Sra. Alcira.

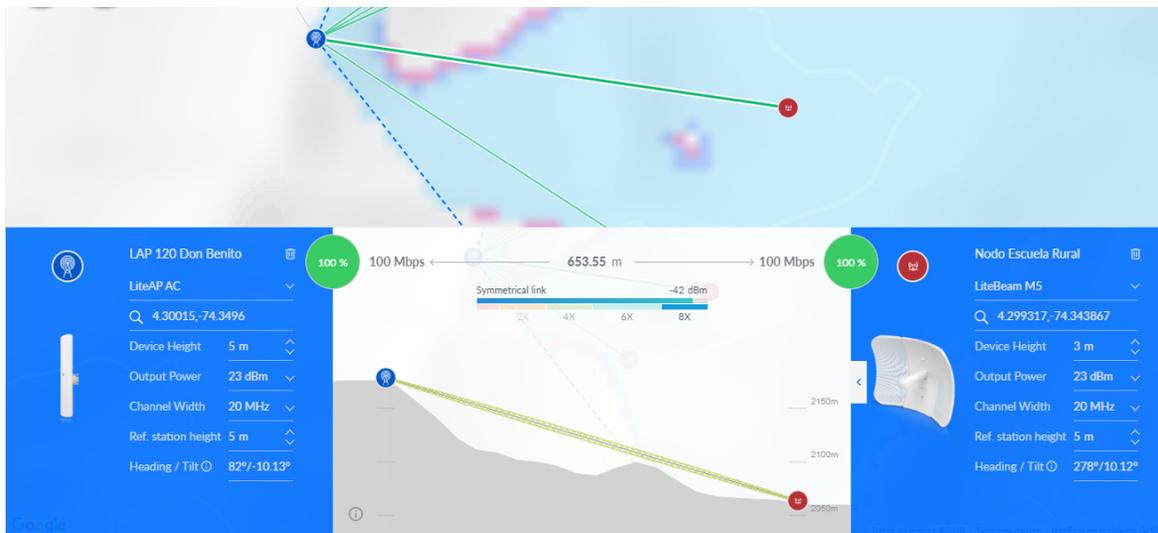


Fuente: Autores.

○ **Simulación 2.2: entre sectorial LAP 120 al nodo escuela rural.**

En esta simulación se ubicó el punto de acceso (antena Sectorial Lap120) en las coordenadas (4.30015, -74.3496) pertenecientes al cerro de la finca de don Benito a una altura de 5 metros relativa al suelo, y la estación (LiteBeam M5) en las coordenadas de la Escuela Rural (4.298806, -74.344000) a una altura relativa al suelo de 3 metros, el resultado emitido por el simulador indica que la viabilidad técnica de este radioenlace es satisfactoria, pues la zona de Fresnel esta libre y el lóbulo de irradiación de la antenna no se encuentra obstruido por la topografía del terreno, como se puede apreciar en la imagen (ver imagen ###), adicionalmente la herramienta indica que la distancia del radioenlace es de 653.55 metros.

Ilustración 31 Resultados de la simulación de radioenlace PTMP entre el punto de acceso ubicado en la finca de Don Benito y la Escuela Rural de San Pablo.



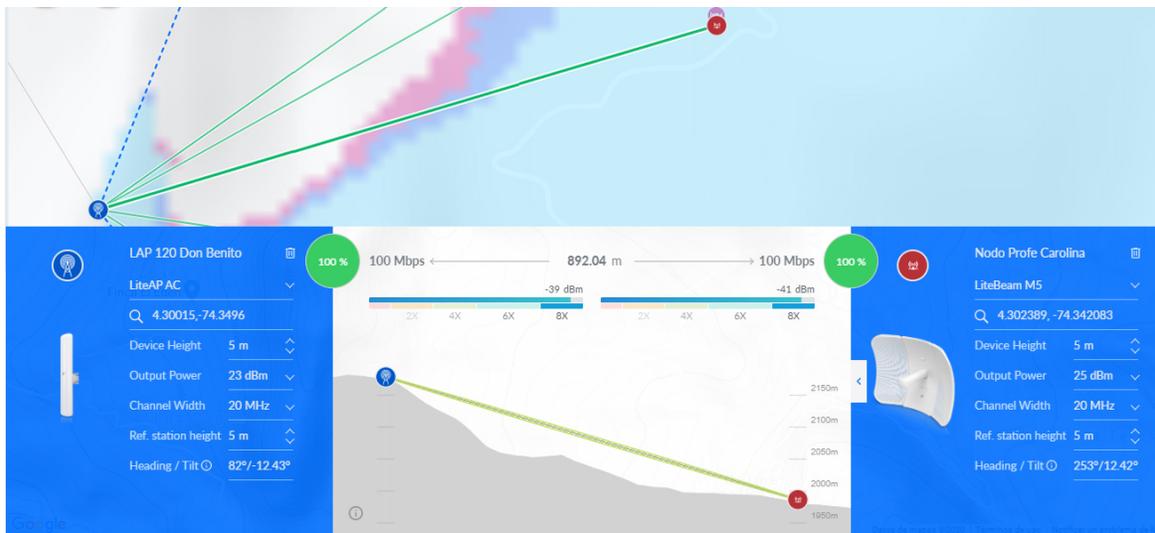
Fuente: Autores.

○ **Simulación 2.3: entre sectorial LAP 120 al nodo Profe Carolina**

En esta simulación usó una antena sectorial LAP120, la cual se ubicó en las coordenadas geográficas (4.30015, -74.3496) pertenecientes al cerro de la finca de Don Benito a una altura de aproximada 14 metros relativa al suelo y una LiteBeam M5 ubicada en la casa de la profe Carolina con coordenadas (4.30015, -74.3496) a una altura de 5 metros relativa al suelo, la antena ubicada en el cerro se simulo en modo punto de acceso y la de la profe Carolina en modo estación, como se puede observar en la siguiente imagen.

Los resultados de la simulación son favorables: en primer lugar, el perfil topográfico no presenta ningún tipo de obstrucción geográfica que implique perdidas en la calidad de la comunicación y como segundo lugar la zona de Fresnel se encuentra en los parámetros ideales. Finalmente el simulador indicó que la distancia promedio del radioenlace es de 892 metros en línea de vista.

Ilustración 32 Resultados de la simulación de radioenlace PTMP entre el punto de acceso ubicado en la finca de Don Benito y la finca de la profe Carolina.



Fuente: Autores

○ **Simulación 2.4: entre sectorial LAP 120 A nodo Sra. Constanza**

En esta simulación se usó una antena sectorial LiteAP AC de 120° en modo punto de acceso en las coordenadas (4.30015, -74.3496) pertenecientes al cerro de Don Benito a una altura de 5 metros relativa al suelo, y una antena LiteBeam M5 en modo estación en la finca de la Sra. Constanza con coordenadas geográficas (4.306667, -74.338278) a una altura relativa al suelo de 4 metros, como se puede observar en la imagen (ver imagen ###), el perfil topográfico y el lóbulo de irradiación de la antena es satisfactorio dado que no existe ningún obstáculo que pueda intervenir o limitar el rendimiento del radioenlace, finalmente la distancia del radio enlace es de 1.48 km.

Ilustración 33 Resultados de la simulación de radioenlace PTMP entre el punto de acceso ubicado en la finca de Don Benito y la finca de la Sra Constanza.



Fuente: Autores.

○ **Simulación 2.5: entre sectorial LAP 120 a nodo Don Gustavo**

En esta simulación se ubicó el punto de acceso (antena Sectorial Lap120) en las coordenadas (4.30015, -74.3496) pertenecientes al cerro de la finca de don Benito a una

altura de 5 metros relativa al suelo, y la estación (LiteBeam M5) en las coordenadas de la finca de Don Gustavo (4.311028, -74.334056) a una altura relativa al suelo de 6 metros, el resultado emitido por el simulador indica que la viabilidad técnica de este radioenlace es satisfactoria, pues la zona de Fresnel esta libre y el lóbulo de irradiación de la antena no se encuentra obstruido por la topografía del terreno, como se puede apreciar en la siguiente imagen adicionalmente la herramienta indica que la distancia del radioenlace es de 2.15 kilómetros.

Ilustración 34 Resultados de la simulación de radioenlace PTMP entre el punto de acceso ubicado en la finca de Don Benito y la finca de Don Gustavo.



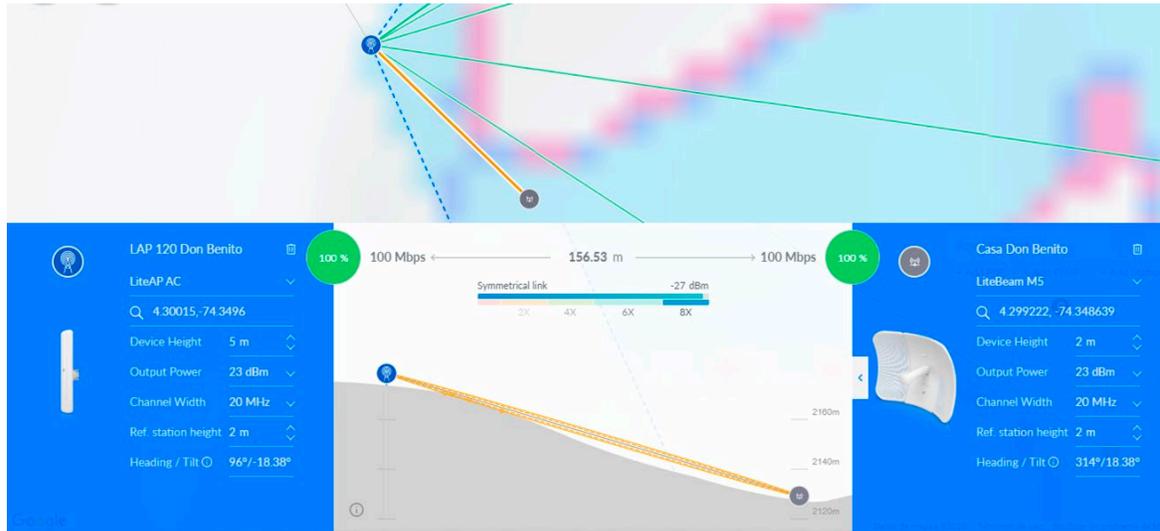
Fuente: Autores.

○ **Simulación 2.6: entre sectorial LAP 120 a la casa de Don Benito**

Para esta simulación se usó una antena sectorial LiteAP AC de 120° como punto de acceso en las coordenadas (4.30015, -74.3496) a una altura de 5 metros relativa al suelo, y una antena LiteBeam M5 como estación en las coordenadas (4.299222, -74.348639) a una altura relativa al suelo de 2 metros; cómo se puede observar en la imagen 35 el resultado del simulador indico que no es factible realizar un despliegue sobre estas coordenadas,

debido que la zona de Fresnel y el lóbulo de irradiación de la antena impactan directamente sobre la falda del cerro, impidiendo así la llegada de señal a la casa de Don Benito.

Ilustración 35 Resultados de la simulación de radioenlace PTMP entre el punto de acceso ubicado en la finca de Don Benito y la casa de Don Benito.



Fuente: Autores

FASE 5: IMPLEMENTACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LA RED

En esta fase se realizó el despliegue de la infraestructura de red acorde a las especificaciones realizadas en las fases anteriores, teniendo en cuenta los tiempos estimados.

Actividad 1: Cronograma de implementación:

Tabla 15 Cronograma de actividades para el despliegue de la red.

N°	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO												
			Septiembre				Octubre				Noviembre				
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2			
1	Instalación de backhaul	Se realiza la instalación de enlace principal (San Pablo a Fusagasugá) con su respectiva configuración.													
2	Instalación de antenas para los enlaces de 5 nodos	Se realiza la instalación de antenas para los enlaces, en los respectivos puntos con su respectiva configuración.													
3	Instalación y construcción de las 6 zonas WiFi	Instalación de los equipos WiFi con sus respectivos parámetros de seguridad.													

4	Implementación del direccionamiento de red y estrategias de seguridad	Configuración de direccionamiento de red y seguridad en la red.																		

Fuente: autores.

Actividad 2: Implementación diseño final de la Red.

Para la creación del nodo principal se necesitaron los siguientes materiales.

Tabla 16 Materiales para el nodo principal.

CANTIDAD	ARTICULO	MARCA	REFERENCIA
1	Antena	LiteBeam	LB-M5-23
1	Antena	LiteBeam AP	LAP-120-5G
1	RouterBoart	Mikrotik	Hap Lite Rb941-2nd-tc
1	Switch	TP-Link	8 puertos Gigabit
1	Multitoma	NewConection	Regulador 2000W
	Cable UTP Exterior		Negro-Categoría 6
	Cable UTP Interior		Azul-Categoría 6
12	Conectores RJ45		Categoría 6

12	Capotas RJ45		Caucho
	Cable eléctrico		Calibre #12
	Clavija eléctrica macho		Polarizada
	Clavija eléctrica hembra		Polarizada
1	Torre	Madera	Casero
1	Mástil	Madera	Casero
1	Rack	Galón plástico	Casero

Fuente. Autores.

Para la creación de los nodos WiFi se necesitaron los siguientes materiales.

Tabla 17 Materiales para la creación de un punto WiFi.

CANTIDAD	ARTICULO	MARCA	REFERENCIA
1	Antena	LiteBeam	LB-M5-23
1	Router AP	TP-Link	CPE 210-2,4GHz.
1	Switch	TP-Link	8 puertos Gigabit
1	Multitoma	NewConnection	Regulador 2000W
	Cable UTP Exterior		Negro-Categoría 6
	Cable UTP Interior		Azul-Categoría 6
8	Conectores RJ45		Categoría 6
8	Capotas RJ45		Caucho

	Cable eléctrico		Calibre #12
1	Clavija eléctrica macho		Polarizada
1	Clavija eléctrica hembra		Polarizada
1	Torre	Madera	Casero
1	Mástil	Madera	Casero

Fuente: autores.

✓ **Actualización de firmware de las antenas.**

LiteBeam M5: Para cumplir con las medidas planteadas en la fase de diseño lógico de la red (fase 2) y en concordancia con la actividad 3 (estrategias de seguridad y administración), se realizó una búsqueda de nuevas versiones de firmware en la página oficial del fabricante, la cual arrojó como resultado la versión 6.2.0 (airOS6 for XW board firmware) del 2019-07-05 con nombre (XW.v6.2.0.33033.190703.11117.bin), como se aprecia a continuación.

Ilustración 36 Actualizaciones oficiales de firmware para la LiteBeam M5.

NAME	TYPE	DATE	FILE
FIRMWARE			
airOS6 for XW board firmware v6.2.0	Firmware	2019-07-05	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.13	Firmware	2019-06-30	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.12	Firmware	2019-05-24	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.11	Firmware	2019-03-29	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.9	Firmware	2019-01-11	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.8	Firmware	2018-09-26	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.7	Firmware	2018-05-25	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.6	Firmware	2018-03-08	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.4	Firmware	2018-01-19	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.3	Firmware	2017-11-17	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.2	Firmware	2017-10-17	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.1	Firmware	2017-10-05	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.0	Firmware	2017-09-29	↓
airOS6 for XW board firmware v6.0.7	Firmware	2017-09-08	↓

Fuente: <https://www.ui.com>

Ilustración 37 Actualización de firmware seleccionada para la LiteBeam M5.

airOS6 for XW board firmware v6.2.0	Firmware	2019-07-05	DOWNLOAD
FILENAME: XW.v6.2.0.33033.190703.1117.bin	VERSION: v6.2.0	SIZE: 9.95MB	
PRODUCTS: AG-HP-5G23, AG-HP-5G27, BM2HP, BM5-Ti, IS-M5, LBE-M5-23, locoM2, locoM5, M2, M5, NBE-M2-13, NBE-M5-16, NBE-M5-19, NSM2, NSM5, PBE-M2-400, PBE-M5-300, PBE-M5-300-ISO, PBE-M5-400, PBE-M5-400-ISO, PBE-M5-620, RM2-Ti, RM5-Ti			
DESCRIPTION: MD5 checksum b3d6eeb91c4aef2f9e7f4d81ab27f0ec Download Release Notes Download SNMP MIB			
Some of the software in the firmware is licensed under the GNU General Public License and other Open Source and Free Software licenses. *Ubiquiti does not provide downloads of some legacy software and firmware, due to regulatory restrictions and security considerations. It is always recommended that you run the latest software to ensure greatest performance and security. If you require older versions of the software, please email support@ui.com .			
airOS6 for XW board firmware v6.1.12	Firmware	2019-05-24	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.11	Firmware	2019-03-29	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.9	Firmware	2019-01-11	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.8	Firmware	2018-09-26	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.7	Firmware	2018-05-25	↓
airOS6 for XW board firmware v6.1.6	Firmware	2018-03-08	↓
https://www.ui.com/download/airmax-m/litebeam-m5/lbe-m5-23/airos6-xw-board-firmware-v620#	Firmware	2018-01-19	↓

Fuente: <https://www.ui.com>

Una vez descargado la última versión del firmware disponible, se realizó una jornada de actualización de las antenas en las instalaciones de la universidad de

Cundinamarca, la cual se contó con la participación y apoyo de manos amigas, las cuales permitieron que el proceso se hiciera de manera más rápida.

Ilustración 38 Instalación de firmware en las antenas LiteBeam M5.



Fuente: Autores.

Ilustración 39 Instalación de firmware en las antenas LiteBeam M5.



Fuente: Autores.

✓ **Implementación del radioenlace PTP principal o bakhaul:**

Mencionar cual es la importancia de este enlace principal para la vereda y toda la red como tal y como se construyen los dos puntos

Punto A: Universidad de Cundinamarca. LiteBeam M5, Estación.

Se realizó una observación hacia la zona montañosa de San Pablo desde la azotea del bloque F de la Universidad para corroborar la información obtenida en la simulación de la línea de vista con el cerro de Don Benito (punto B), punto central para el despliegue local de la red, por lo tanto, se evidencia en las siguientes imágenes que si se puede realizar un enlace con línea de vista perfecto.

Ilustración 40 Línea de vista desde Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá hacia el cerro de Don Benito.



Fuente: Autores.

Ilustración 41 Acercamiento línea de vista desde Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá hacia el cerro de Don Benito



Fuente: Autores.

El punto A del backhaul se ubicó en la azotea del bloque F de la universidad de Cundinamarca, con coordenadas geográficas (4.335194, -74.371056) y altitud promedio de 1700 msnm. En un tubo galvanizado a una altura de 2 metros relativo al suelo y a 6 metros de la torre principal de telecomunicaciones de la Universidad se instaló una antena LiteBeam M5 la cual fue conectada a una caja de inspección eléctrica y a un puerto de red suministrado por la universidad, además con su respectiva configuración.

Ilustración 42 Punto A del backhaul, ubicado en la universidad de Cundinamarca.



Fuente: Autores.

Punto B: Cerro de la finca de Don Benito, LiteBeam M5, Punto de Acceso.

Desde el cerro de Don Benito se realizó una observación hacia la ciudad de Fusagasugá para identificar la ubicación de la Universidad de Cundinamarca y corroborar la información proporcionada por el simulador en cuanto al perfil topográfico, a continuación, se relacionan imágenes posteriores a la observación.

Ilustración 43 Línea de vista desde el cerro de Don Benito hacia Universidad de Cundinamarca Fusagasugá.



Fuente: Autores.

Ilustración 44 Acercamiento de línea de vista desde el cerro de Don Benito hacia Universidad de Cundinamarca Fusagasugá.



Fuente: Autores.

Ubicado a 2.195 msnm, en las coordenadas geográficas (4.30015, -74.3496) en una de las zonas más altas de la vereda, fue construido el punto central de la red a varias manos con la ayuda de la comunidad, se co-creó la torre para el soporte de los mástiles y el tendido eléctrico con un poste de eucalipto de 7 metros aproximadamente, este fue inmunizado con aceite quemado y recubierto con una bolsa plástica en la parte inferior, justo en la parte que quedo enterrado para protegerlo de la degradación natural y hacer que dure más tiempo en servicio.

Ilustración 45 Alistamiento de herramienta.



Fuente: Autores.

Ilustración 46 Preparación del poste.



Fuente: Autores.

Ilustración 47 Inmunizada de la base del poste.



Fuente: Autores.

Ilustración 48 Instalación del poste.



Fuente: Autores.

Una vez fue terminada la adecuación de la torre se realizó la instalación del tendido eléctrico, el cual resultó ser un gran desafío debido a las condiciones montañosas del terreno y la distancia de 175 metros entre la torre “artesanal” y la casa de Don Benito (Coordenadas (4.299222, -74.348639)) ubicada en la parte baja del cerro. La comunidad aportó el cable eléctrico rencauchutado, y ayudo a desplegarlo sobre dos potreros y unos arbustos, este fue sostenido por varas distribuidas a través del trayecto y amarrado con

madejas de alambre dulce recubierto con tiras de acucho para evitar que la fuerza ejercida por el peso del mismo lo trozara al hacer contacto directo con el alambre, garantizando de esta manera que quedara a una altura mínima de dos metros de altura debido que los potreros son usados para la ganadería y al dejarlo al alcance de estos semovientes se pueden generar riesgos eléctricos.

Ilustración 49 Instalación del tendido eléctrico en la casa.



Fuente: Autores.

Ilustración 50 Empalme del tendido eléctrico.



Fuente: Autores.

Con la torre “artesanal” y el tendido eléctrico funcionado en el punto del cerro, se realizó la instalación de los mástiles también co-creado con ideas y material aportado por la misma comunidad, hechos con pequeños trozos de tabla de pino y eucalipto, los cuales se unieron con tornillos para formar una especie de rectángulo. Uno de estos mástiles se sujetó a la torre a aproximadamente 5 metros de altura en dirección media entre la universidad y vereda, con el fin de mantener suficiente holgura para la rotación de la antena en el

momento de instalación y alineación de esta. El segundo fue instalado en dirección contraria al primero, con las mismas características de holgura, pero con una altura de 3 metros.

Ilustración 51 Instalación de mástiles y antenas.



Fuente: Autores.

Ilustración 52 Calibración de la antena.



Fuente: Autores.

Junto a la torre “artesanal” también se instaló un poste de madera de no más de 2.5 metros con una teja de zinc en la parte superior, cubriendo un área aproximada de 120 cm², bajo la cual se sujetó un galón plástico con una abertura lateral del 75% del área más grande, simulando una caja de inspección, dentro se alojó una multitoma con regulación de picos de voltaje conectada directamente al cable eléctrico proveniente de la casa de Don Benito, a esta multitoma se conectó los dos PoE de las antenas, un switch Giga de 8 puertos

una RouterBoard Mikrotik configurada como puente entre el backhaul y la sectorial LAP 120 como base.

Ilustración 53 Instalación de la caja de inspección "artesanal".



Fuente: Autores.

Ilustración 54 Caja de inspección instalada.



Fuente: Autores.

Finalmente quedó constituido el punto central del despliegue local en el cerro de Don Benito, como se muestra a continuación.

Ilustración 55 Culminación del despliegue en el cerro.



Fuente: propia

Ilustración 56 Vista global del cerro Don Benito.



Fuente: Autores.

✓ **Implementación de radioenlaces PTMP locales de la vereda:**

Implementación del nodo Señora Alcira:

En las coordenadas geográficas (4.297694, -74.345806) a una altura de 2115 msnm se instaló el nodo de la Sra. Alcira con la ayuda de manos amigas y la comunidad. En este nodo se usó una vara de guadua de aproximadamente 6,5 metros como torre “artesanal”, en el extremo superior se sujetó el mástil de madera y posteriormente a la antena LiteBeam M5, 2 metros más debajo de la antena se sujetó el AP CPE201 de 2.4GHz el cual genera la zona WiFi para las casas vecinas.

Ilustración 57 Instalación de antena en el mástil.



Fuente: Autores.

Ilustración 58 Instalación de antena en el mástil.



Fuente: Autores.

Para la parte eléctrica se aprovechó una roseta ubicada en el exterior de la casa, cerca de una cercha que sostiene el tejado, allí se conectó un benjamín eléctrico y una extensión hasta una repisa previamente instalada a una altura de 2.20 m que soportaba una multitoma con regulación de voltaje que conectaban el switch, el PoE de la antena y el del AP.

Ilustración 59 Instalación de cables.



Fuente: Autores.

Paralelamente se cavo un hoyo de 75 cm de profundidad y 15 cm de diámetro frente de la casa a una distancia aproximada de 10 metros, en el cual se puso la torre con los dispositivos ya conectados, después se conectó un equipo portátil al switch que ya tenía las conexiones LAN y se accedió a la antena, acto seguido se buscó la antena base central ubicada en el cerro don Benito, para una alineación correcta se tuvo que girar un poco la torre y así hacer un efectivo enlace, luego se pisó la base de la torre con tierra y piedras para darle una firmeza a la torre, proceso evidenciado en las siguientes imágenes.

Ilustración 60 Perforación del hoyo para la guadua.



Fuente: Autores.

Ilustración 61 Calibración de la antena.



Fuente: Autores.

Implementación de nodo de la señora Constanza

Este nodo de red se construyó en la finca de la señora Constanza, exactamente en las coordenadas geográficas (4.306667, -74.338278) a 1912 msnm, el cual para su instalación los integrantes de la comunidad consiguieron un poste de madera de 4 metros de altura el cual fue inmunizado con un aceite quemado como se muestra en las siguientes imágenes.

Ilustración 62 Preparación del poste soporte e soporte de dispositivos.



Fuente: Autores.

Ilustración 63 Inmunizada de la base del poste.



Fuente: Autores.

Posteriormente se cavo un hoyo de aproximadamente 75 centímetros de profundidad y 15 centímetros de diámetro en el cual se instaló el poste de madera. También se realizó un mástil con una varilla reciclada, la cual se anclo al extremo superior.

Ilustración 64 Preparación del hoyo para el poste.



Fuente: Autores.

Ilustración 65 Creación del mástil.



Fuente: Autores.

Una vez se puso el poste en su lugar, se sujetó la antena al mástil y se procedió con la alineación y configuración de la antena.

Ilustración 66 Configuración de la antena.



Ilustración 67 Antena instalada en la finca de la Sra Constanza.



Fuente: Autores.

Fuente: Autores.

Implementación de nodo profe carolina

El nodo de la profe Carolina se ubicó en las coordenadas geográficas (4.302389, -74.342083) a 1982 msnm, este punto no requirió de una torre “artesanal” ya que se buscó un punto alto en la infraestructura de la casa, se instaló en una columna cerca a la cercha a una altura de 5 metros, su mástil es un trozo de tubo pvc que fue anclado a la pared que sujetaba la antena, esto con el fin de que la antena pueda tener una fácil rotación. El CPE 210 de 2,4Ghz que genera la zona WiFi se instaló al otro extremo de la casa para tener una mejor cobertura para las casas más cercanas, ya que en el extremo de la antena no había

quien se beneficiará. Además, se colocó un soporte de madera para colocar el switch y la multitoma.

Ilustración 68 Instalación de mástil plástico en la columna de la casa.



Fuente: Autores.

Ilustración 69 Antena instalada.



Fuente: Autores.

Implementación de nodo Escuela

La instalación del nodo de la escuela era el más importante para la comunidad porque los niños y niñas que allí estudiaban no contaban con acceso a internet y a pesar de que tenían equipos de cómputo en la sala de informática casi no los usaban, la implementación de este nodo permitió conectar a los alumnos. la antena quedó instalada en las coordenadas geográficas (4.298806, -74.344000) a 2063 msnm, aproximadamente a 15 metros de la edificación dado que se buscaba el punto estratégico para realizar el enlace con la antena principal, allí se tomó como torre “artesanal” una vara de guadua de tres metros

de longitud con su respectivo mástil y un AP de 2.4 GHz que genera la zona WiFi direccionado a la escuela para una mayor cobertura, luego se desplego el cable por la parte de atrás de la escuela hasta la sala de informática, donde se puso un switch que interconecta la antena en modo estación y el switch, dejando así 6 puertos libres para que se puedan conectar los computadores que tiene la escuela.

Ilustración 70 Configuración de antena.



Fuente: Autores.

Ilustración 71 Rotación para mejor enlace.



Fuente: Autores.

Implementación de nodo Don gustavo

Este nodo se instaló en la casa de Don Gustavo en las coordenadas (4.311028, -74.334056) a 1889 msnm, se usó materiales naturales como tablas de eucalipto y guaduas. Se comenzó con la construcción del mástil que soporto la antena.

Ilustración 72 Preparación de materiales.



Fuente: Autores.

Ilustración 73 Construcción del mástil artesanal.



Fuente: Autores.

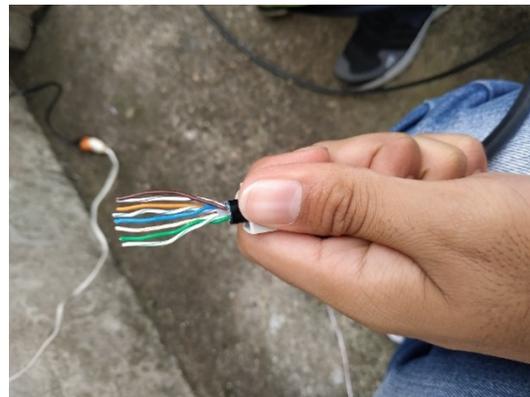
Después se sujetó la antena al mástil ya construido y se realizó la adecuación del cable de red.

Ilustración 74 Instalación de la antena en el mástil.



Fuente: Autores.

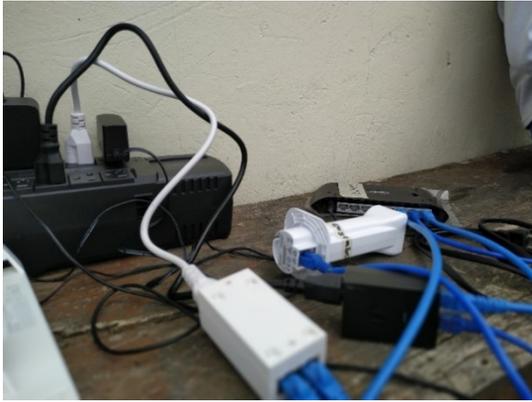
Ilustración 75 Preparación del cable red.



Fuente: Autores.

Finalmente, se desplego la guadua sobre un muro de soporte.

Ilustración 76 Punto eléctrico del nodo.



Fuente: Autores.

Ilustración 77 Despliegue de la torre.



Fuente: Autores.

Implementación del nodo Don Benito

Como se analizó en la simulación de este punto, no fue factible realizar un despliegue de red inalámbrica a través de un radioenlace, por lo cual se tomó la decisión de llevar conectividad hasta la casa de Don Benito a través un cable de red que fue desplegado hasta la casa por el mismo camino donde se encontraba el cable eléctrico del punto principal, una vez el cable alcanzo la casa dentro se instaló un router convencional, el cual permite generar una zona WiFi dentro de la casa.

Ilustración 78 Despliegue del cable de red.



Fuente: Autores.

Ilustración 79 Amarrando el cable a una vara que también sostiene el cable eléctrico.



Fuente: Autores.

Ilustración 80 Despliegue de cable de red en el cerro.



Fuente: Autores.

✓ **Actividad 3: Documentación de la red**

Terminado el proceso de despliegue de la red se realizó la esquematización de la configuración de las Antenas, los AP's y la RouterBoard, quedando de la siguiente manera.

Nota: para ver más detalles de la configuración de los dispositivos de la red, consultar “**Manual_de_Configuración.pdf**”

- ✓ **Fichas de datos de las antenas y AP's instalados en cada uno de los nodos.**

Ficha de datos antena Sra. Alcira

Tabla 18 Datos antena Sra. Alcira.

Antena Sra. Alcira	
Nombre del equipo	Nodo_Alcira
Modelo	LiteBeam M5 23dBi
Ubicación	Finca de la Sra. Alcira
Coordenadas Geográficas	Latitud: 4.297694, Longitud: -74.345806
Altitud	2.115 metros
Altura relativa al suelo	5 metros
Dirección IP	192.168.4.30
Mascara de red	255.255.255.0
Puerta de Enlace	192.168.4.20
Modo Inalámbrico	Estación
SSID	San_Pablo_Sectorial
Contraseña	S4nP4bl0L1br3*
Ancho de Canal	40/20 MHz
Banda de Frecuencia	5525 - 5565 MHz
Intensidad de la Señal	 -63 dBm
Usuario	Administrator
Contraseña	A_S4nP4bl0l1br3_n0d3_2

Fuente: Autores

Ficha de datos AP Sra. Alcira

Tabla 19 Datos AP Sra. Alcira.

AP Sra Alcira	
Nombre del equipo	Nodo_Alcira
Modelo	CPE210 v3.0

Ubicación	Finca de la Sra Alcira
Coordenadas Geográficas	Latitud 4.297694, Longitud -74.345806
Altitud	2115 metros
Altura relativa al suelo	3 metros
Dirección LAN	192.168.30.254
Mascara de red	255.255.255.0
Dirección WAN	172.30.0.30
Mascara de red	255.255.252.0
Puerta de Enlace	172.30.0.1
Modo de Operación	Router AP
SSID	SanPablo-Libre
Modo de Seguridad	Ninguno
Ancho de Canal	20/40 MHz
Banda de Frecuencia	2412 MHz
Usuario	Administrator
Contraseña	R_S4nP4bl0_2

Fuente: Autores

Ficha de datos antena Escuela Rural

Tabla 20 Datos antena Escuela Rural.

Antena Escuela Rural	
Nombre del equipo	Nodo_Escuela
Modelo	LiteBeam M5 23dBi
Ubicación	Escuela Rural, San Pablo
Coordenadas Geográficas	Latitud: 4.298806, Longitud: -74.344000
Altitud	2.063 metros
Altura relativa al suelo	3 metros
Dirección IP	192.168.4.40
Mascara de red	255.255.255.0
Puerta de Enlace	192.168.4.20
Modo Inalámbrico	Estación
SSID	San_Pablo_Sectorial
Contraseña	S4nP4bl0L1br3*
Ancho de Canal	40/20 MHz
Banda de Frecuencia	5525 - 5565 MHz
Intensidad de la Señal	 -68 dBm
Usuario	Administrator
Contraseña	A_S4nP4bl0l1br3_n0d3_3

Fuente: Autores.

Ficha de datos AP Escuela Rural

Tabla 21 Datos AP Escuela Rural.

AP Escuela Rural	
Nombre del equipo	Nodo_Escuela
Modelo	CPE210 v3.0
Ubicación	Escuela Rural de San Pablo
Coordenadas Geográficas	Latitud 4.298806, Longitud -74.344000
Altitud	2063 metros
Altura relativa al suelo	3 metros
Dirección LAN	192.168.40.254
Mascara de red	255.255.255.0
Dirección WAN	172.30.0.40
Mascara de red	255.255.252.0
Puerta de Enlace	172.30.0.1
Modo de Operación	Router AP
SSID	SanPablo-Libre
Modo de Seguridad	Ninguno
Ancho de Canal	20/40 MHz
Banda de Frecuencia	2412 MHz
Usuario	Administrator
Contraseña	R_S4nP4bl0_3

*Fuente: Autores.***Ficha de datos antena Profe Carolina**

Tabla 22 Datos antena Profe Carolina.

Antena Profe Carolina	
Nombre del equipo	Nodo_Carolina
Modelo	LiteBeam M5 23dBi
Ubicación	Finca de la profe Carolina.
Coordenadas Geográficas	Latitud: 4.302389, Longitud: -74.342083
Altitud	1.982 metros
Altura relativa al suelo	5 metros
Dirección IP	192.168.4.50
Mascara de red	255.255.255.0
Puerta de Enlace	192.168.4.20
Modo Inalámbrico	Estación
SSID	San_Pablo_Sectorial
Contraseña	S4nP4bl0L1br3*

Ancho de Canal	40/20 MHz
Banda de Frecuencia	5525 - 5565 MHz
Intensidad de la Señal	 -58 dBm
Usuario	Administrator
Contraseña	A_S4nP4b10l1br3_n0d3_4

Fuente: Autores.

Ficha de datos AP Profe Carolina

Tabla 23 Datos AP Sra. Carolina.

AP Profe Carolina	
Nombre del equipo	Nodo_Carolina
Modelo	CPE210 v3.0
Ubicación	Finca de la Sra Carolina
Coordenadas Geográficas	Latitud 4.302389, Longitud -74.342083
Altitud	1982 metros
Altura relativa al suelo	4 metros
Dirección LAN	192.168.50.254
Mascara de red	255.255.255.0
Dirección WAN	172.30.0.50
Mascara de red	255.255.252.0
Puerta de Enlace	172.30.0.1
Modo de Operación	Router AP
SSID	SanPablo-Libre
Modo de Seguridad	Ninguno
Ancho de Canal	20/40 MHz
Banda de Frecuencia	2412 MHz
Usuario	Administrator
Contraseña	R_S4nP4b10_4

Fuente: Autores.

Ficha de datos antena Constanza

Tabla 24 Datos antena Sra. Constanza.

Antena Constanza	
Nombre del equipo	Nodo_Constanza
Modelo	LiteBeam M5 23dBi
Ubicación	Finca de la Sra. Constanza
Coordenadas Geográficas	Latitud: 4.306667, Longitud: -74.338278

Altitud	1.912 metros
Altura relativa al suelo	4 metros
Dirección IP	192.168.4.60
Mascara de red	255.255.255.0
Puerta de Enlace	192.168.4.20
Modo Inalámbrico	Estación
SSID	San_Pablo_Sectorial
Contraseña	S4nP4bl0L1br3*
Ancho de Canal	40/20 MHz
Banda de Frecuencia	5525 - 5565 MHz
Intensidad de la Señal	 -63 dBm
Usuario	Administrator
Contraseña	A_S4nP4bl0l1br3_n0d3_5

Fuente: Autores

Ficha de datos AP Sra. Constanza

Tabla 25 Datos AP Sra. Constanza.

AP Sra Constanza	
Nombre del equipo	Nodo_Constanza
Modelo	CPE210 v3.0
Ubicación	Finca Sra. Constanza
Coordenadas Geográficas	Latitud 4.306667, Longitud -74.338278
Altitud	1912 metros
Altura relativa al suelo	3 metros
Dirección LAN	192.168.60.254
Mascara de red	255.255.255.0
Dirección WAN	172.30.0.60
Mascara de red	255.255.252.0
Puerta de Enlace	172.30.0.1
Modo de Operación	Router AP
SSID	SanPablo-Libre
Modo de Seguridad	Ninguno
Ancho de Canal	20/40 MHz
Banda de Frecuencia	2412 MHz
Usuario	Administrator
Contraseña	R_S4nP4bl0_5

Fuente: Autores

Ficha de datos antena Gustavo

Tabla 26 Datos antena Don Gustavo.

Antena Gustavo	
Nombre del equipo	Nodo_Gustavo
Modelo	LiteBeam M5 23dBi
Ubicación	Finca de Don Gustavo
Coordenadas Geográficas	Latitud: 4.311028, Longitud: -74.334056
Altitud	1.889 metros
Altura relativa al suelo	6 metros
Dirección IP	192.168.4.70
Mascara de red	255.255.255.0
Puerta de Enlace	192.168.4.20
Modo Inalámbrico	Estación
SSID	San_Pablo_Sectorial
Contraseña	S4nP4bl0L1br3*
Ancho de Canal	40/20 MHz
Banda de Frecuencia	5525 - 5565 MHz
Intensidad de la Señal	 -68 dBm
Usuario	Administrator
Contraseña	A_S4nP4bl0l1br3_n0d3_6

*Fuente: Autores***Ficha de datos AP Gustavo**

Tabla 27 Datos AP Gustavo.

AP Gustavo	
Nombre del equipo	Nodo_Gustavo
Modelo	CPE210 v3.0
Ubicación	Finca de Don Gustavo
Coordenadas Geográficas	Latitud 4.311028, Longitud -74.334056
Altitud	1889 metros
Altura relativa al suelo	3 metros
Dirección LAN	192.168.70.254
Mascara de red	255.255.255.0
Dirección WAN	172.30.0.70
Mascara de red	255.255.252.0
Puerta de Enlace	172.30.0.1
Modo de Operación	Router AP
SSID	SanPablo-Libre
Modo de Seguridad	Ninguno

Ancho de Canal	20/40 MHz
Banda de Frecuencia	2412 MHz
Usuario	Administrator
Contraseña	R_S4nP4bl0_6

Fuente: Autores

Ficha de datos antena punto de acceso Don Benito

Tabla 28 Datos backhaul, punto B.

Antena Cerro Don Benito (Punto B) del Backhaul	
Nombre del equipo	Alto_Don_Benito
Modelo	LiteBeam M5 23dBi
Ubicación	Finca de Don Gustavo
Coordenadas Geográficas	Latitud: 4.30015, Longitud: -74.3496
Altitud	2.168 metros
Altura relativa al suelo	6 metros
Dirección IP	192.168.4.11
Mascara de red	255.255.255.0
Puerta de Enlace	192.168.4.1
Modo Inalámbrico	Punto de Acceso
SSID	Alto_Don_Benito
Contraseña	B4ckh4ul_S4nP4bl0*
Ancho de Canal	40/20 MHz
Banda de Frecuencia	5525 - 5565 MHz
Intensidad de la Señal	 -68 dBm
Usuario	Administrator
Contraseña	S4nP4bl0l1br3_B4ckh4ul

Fuente: Autores.

Ficha de datos antena estación Universidad

Tabla 29 Datos backhaul, punto A.

Universidad	
Nombre del equipo	Universidad
Modelo	LiteBeam M5 23dBi
Ubicación	Universidad de Cundinamarca
Coordenadas Geográficas	Latitud: 4.335194, Longitud: -74.371056
Altitud	1690 metros
Altura relativa al suelo	14 metros
Dirección IP	192.168.4.10

Mascara de red	255.255.255.0
Puerta de Enlace	192.168.4.1
Modo Inalámbrico	Estación
SSID	Alto_Don_Benito
Contraseña	B4ckh4ul_S4nP4bl0*
Ancho de Canal	40/20 MHz
Banda de Frecuencia	5525 - 5565 MHz
Intensidad de la Señal	 -68 dBm
Usuario	Administrator
Contraseña	S4nP4bl011br3_B4ckh4ul

Fuente: Autores.

Ficha de datos antena Sectorial

Tabla 30 Datos Sectorial.

Sectorial Don Benito	
Nombre del equipo	San Pablo Sectorial
Modelo	Sectorial LAP120
Ubicación	Finca de Don Benito
Coordenadas Geográficas	Latitud: 4.30015, Longitud: -74.3496
Altitud	2.168 metros
Altura relativa al suelo	5 metros
Dirección IP	192.168.4.20
Mascara de red	255.255.255.0
Puerta de Enlace	192.168.4.1
Modo Inalámbrico	Punto de Acceso PtMp Mixed
SSID	San_Pablo_Sectorial
Contraseña	S4nP4bl0L1br3*
Ancho de Canal	40/20 MHz
Banda de Frecuencia	5525 - 5565 MHz
Usuario	SanPablo
Contraseña	S4nP4bl011br3_s3ct0r14l

Fuente: Autores

Ficha de datos Router Board MikroTik

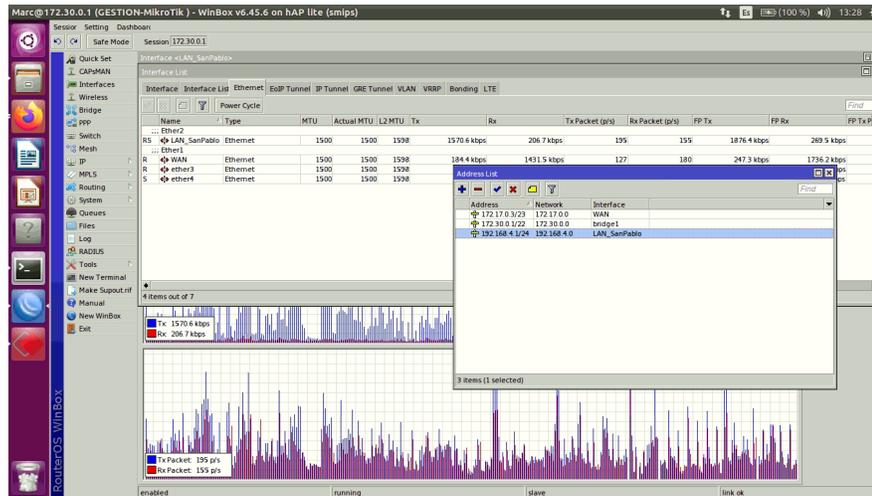
Tabla 31 Datos Router Board Mikrotik.

Router Board MikroTik	
Nombre del equipo	GESTION-MikroTik
Modelo	Hap Lite Rb941-2nd-tc
Ubicación	Cerro de la finca Don Benito
Coordenadas Geográficas	Latitud 4.30015, Longitud -74.3496
Altitud	2168 metros
Altura relativa al suelo	1.5 metros
Dirección LAN	172.30.0.1
Mascara de red	255.255.252.0
Dirección WAN	172.17.0.3
Mascara de red	255.255.254.0
Puerta de Enlace	172.17.0.1
Modo de Operación	Puente
SSID	SanPablo-Libre
Modo de Seguridad	Ninguno
Ancho de Canal	20 MHz
Banda de Frecuencia	2412 MHz
Usuario	Administrator
Contraseña	M1kr0t1k_ADMIN

*Fuente: Autores.***FASE 6: MONITOREO Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED**

El monitoreo de la red se realizó a través de la herramienta grafica de la MikroTik, la cual permite ver información del rendimiento de esta en cuanto uso de la CPU, memoria RAM, Disco Duro e interfaces de red como se puede observar a continuación.

Ilustración 81 Direcccionamiento de las interfaces.



La MikroTik tiene configurada dos interfaces físicas y una virtual: la primera interfaz Ether1 (WAN) se encarga de recibir Internet desde la universidad a través del radioenlace PtP, este pasa al puerto virtual bridge1 el cual se encarga de enmascarar la dirección IP de los equipos de la red interna para que puedan tener salida a Internet, y los pasa a la interfaz Ether2 (LAN_SanPablo), al cual se conecta la antena sectorial para compartir acceso a internet.

Monitoreo de la Interfaz Ether1 (WAN):

Las siguientes imágenes representan el tráfico de red de la interfaz WAN, es decir el tráfico saliente o entrante desde la red interna (LAN) hacia internet, en color verde se representa el tráfico de descarga y el azul el de carga, como se puede observar que la tasa máxima de descarga diaria es de 11.4 Mbps, la cual se usa en horas de la mañana, aproximadamente entre las 11 am y las 1 pm y las horas de la tarde entre las 6 pm y las 8:30 pm, el menor porcentaje de consumo se da entre las 11 pm y las 5 de la mañana, la máxima tasa de carga es de 7.26 Mbps. Esta misma tendencia de tráfico de red se mantienen durante la semana.

Ilustración 82 Monitoreo diario de Ether1 (WAN).

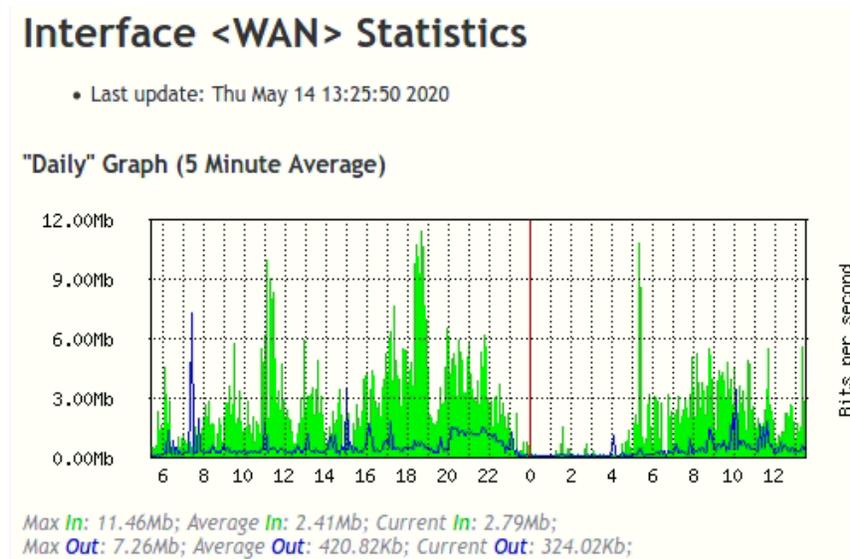
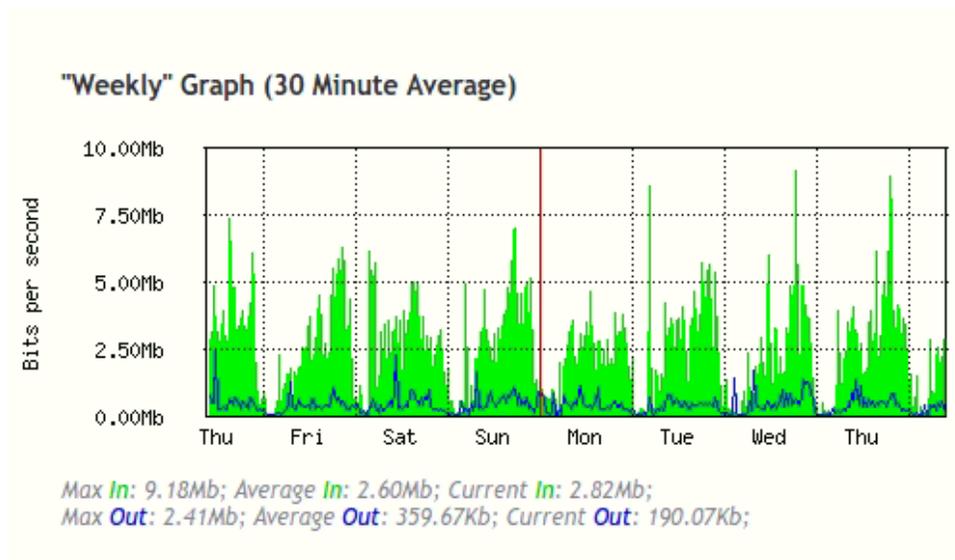


Ilustración 83 Monitoreo semanal de Ether1 (WAN)



APROPIACIÓN SOCIAL DE LA TECNOLOGÍA

En desarrollo del proyecto se realizaron los siguientes talleres comunitarios con el objetivo de lograr la apropiación de las personas de la comunidad al acceso y uso de la tecnología:

Taller 1: Agradecimiento.

En este taller se dio a conocer a la comunidad el trabajo realizado por algunos habitantes de la vereda en cuanto al acompañamiento de la construcción de algunos nodos que ellos estaban realizando, es decir se estaba apropiando de la construcción de la red.

El empoderamiento de la red comunitaria es importante para el sostenimiento de esta, por ello el propósito del taller era determinar los compromisos que se tienen con la red, los aportes que pueden realizar y los sueños en común que pueden realizar.

Ilustración 84 Socialización de ideas para la comunidad.



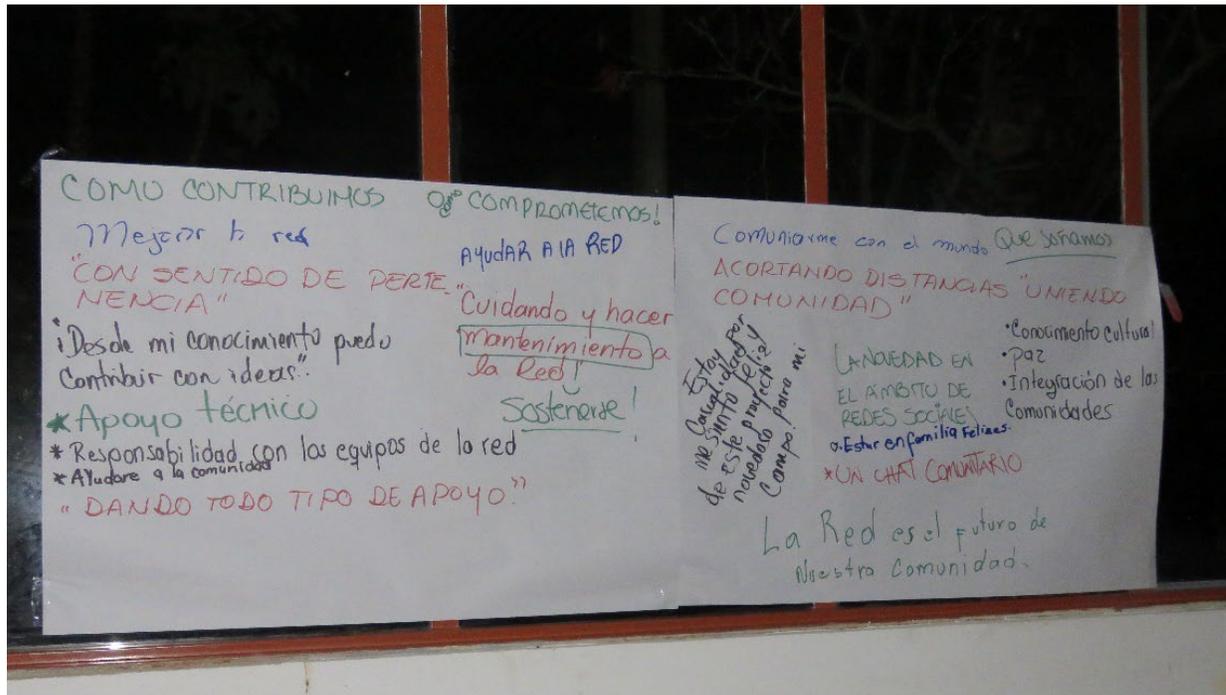
Fuente: Autores.

Ilustración 85 Compartiendo ideas para la construcción de la red.



Fuente: Autores

Ilustración 86 Ideas y aportes para el empoderamiento de la red comunitaria.



Fuente: Autores

Taller 2: Alfabetización digital

El taller de alfabetización digital frente al manejo de dispositivos electrónicos. Para la mayoría de los habitantes de la comunidad el manejo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) es un poco difícil de manipular ya que no están familiarizados con estas nuevas tecnologías y no conocen su funcionamiento.

Ilustración 87 Manejo de computador para acceder al correo.



Fuente: Autores

Ilustración 88 Manejo de computador para acceder a noticias.



Fuente: Autores

Ilustración 89 Uso del celular para compartir información descargada de internet.



Fuente: Autores

Taller 3: Configuración y manejo de central telefónica de telefonía sobre Voz IP (VoIP)

Este taller se realizó pensando en cubrir una de las necesidades mencionadas por la comunidad, en que la recepción telefónica en gran parte de la comunidad es limitada e incluso nula debido a la geografía del terreno en la que se encuentra, por esta razón se realizó el taller de telefonía de voz sobre IP (VoIP); el cual permite realizar llamadas locales sin necesidad de tener contratado un plan de minutos ni recepción móvil de su operador. Con VoIP solamente es necesario estar conectado a la red wifi desde alguno de los diferentes nodos

instalados para realizar llamadas sin restricciones y ningún costo. Allí se explicó cómo crear un nuevo usuario y registrarlo en el servidor de telefonía (Elastix), seguido de esto se explicó cómo se realiza la configuración en sus dispositivos móviles para poder registrarse en la red y realizar llamadas entre sí.

A continuación, se relacionan algunas imágenes del desarrollo de este taller:

Ilustración 90 Socialización de VoIP.



Fuente: Autores

Ilustración 91 Se explica cómo crear un usuario en plataforma de VoIP.



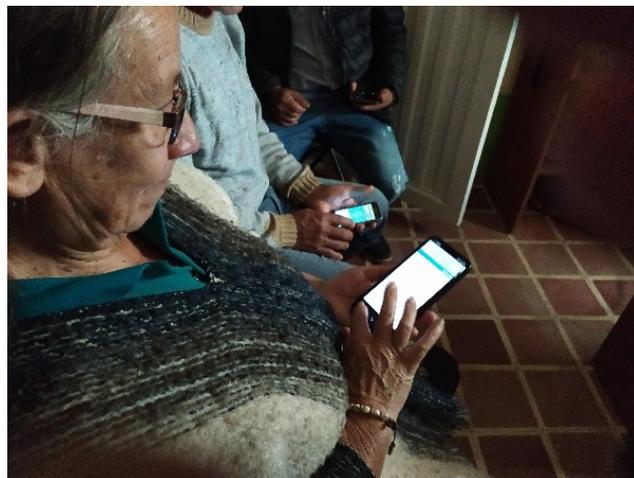
Fuente: Autores

Ilustración 92 Se explica cómo crear usuario de VoIP en el celular.



Fuente: Autores.

Ilustración 93 Como realizar la llamada a contactos VoIP.



Fuente: Autores.

Taller 4: Socialización de usos de Internet.

El taller sobre Internet (funcionamiento, beneficios y peligros). Es importante que la comunidad conozca los usos de Internet, los beneficios que conlleva tener este servicio, pero también los peligros pueden encontrar (las políticas de seguridad son las mismas que se manejan en el campus universitario).

Ilustración 94 Socialización de algunos de los usos del Internet.



Fuente: Autores

Ilustración 95 Uso de navegador.



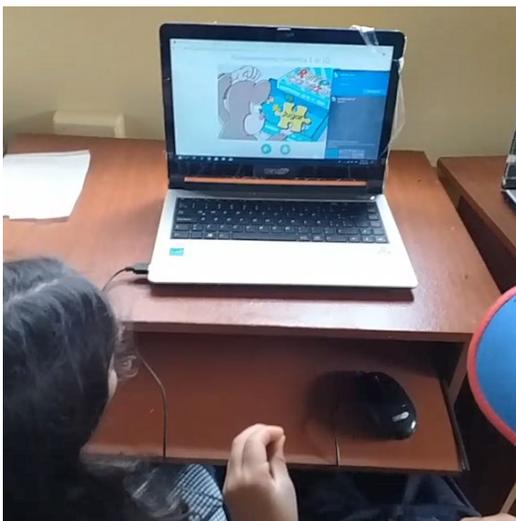
Fuente: Autores.

Taller 5: Contenidos locales y uso de internet escuela.

Los talleres sobre el manejo de los contenidos digitales a los estudiantes de la escuela. El repositorio alojado en el servidor apoya las actividades de reforzar los temas vistos en el aula de clase para los alumnos de 1 a 5 grado de educación básica primaria.

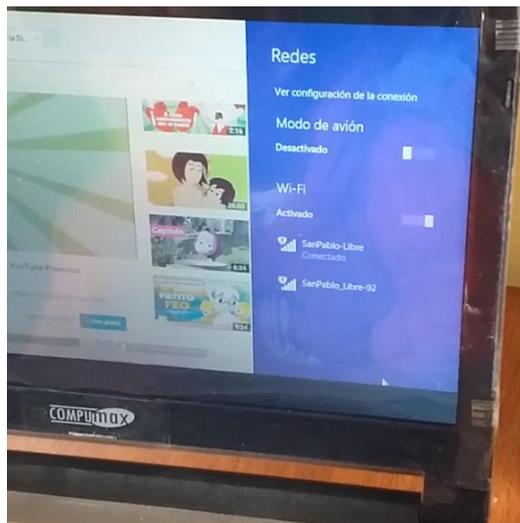
Como acceder a un navegador de Internet y buscar contenidos educativos según tema en clase.

Ilustración 96 Conectarse a la red WiFi para ingresar a los contenidos locales.



Fuente: Autores.

Ilustración 97 Conectarse a la red WiFi para ingresar a Internet.



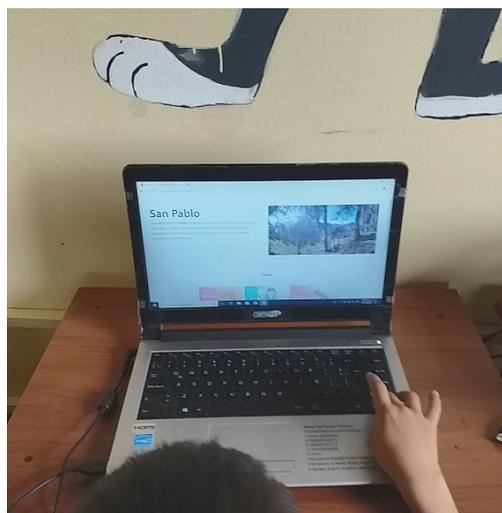
Fuente: Autores.

Ilustración 98 Socialización de como ingresar al contenido local.



Fuente: Autores.

Ilustración 99 Como ingresar al navegar y buscar tema específico.



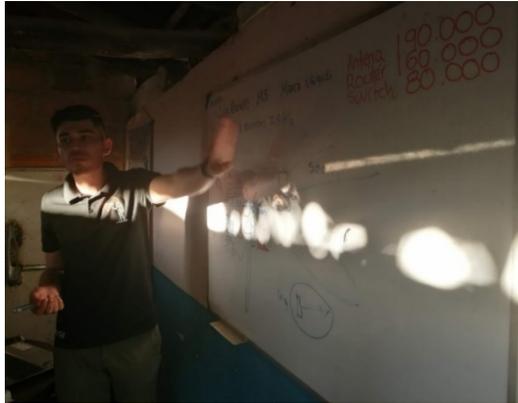
Fuente: Autores.

Taller 6: Socialización tecnología necesaria para la red.

Este taller consistió en mostrar los diferentes dispositivos usados en la construcción de cada nodo de red, con el fin de las personas empiecen a familiarizarse con cada uno de

ellos, se explicó que función cumple y como estos funcionan en conjunto con la otra para poder llevar lo mejores resultados.

Ilustración 100 Socialización de dispositivos necesarios para un nodo WiFi.



. Fuente: Autores.

Ilustración 101 Espectadores de la socialización de equipos.



Fuente: Autores.

Taller 7: Socialización del video chapterthon.

Este taller consistió en socializar el proceso y desarrollo de la primera fase del proyecto y mostrar que el Chapterthon ayudo significativamente en el proyecto. Además de socializar nuevas ideas para aplicar en la red, pero para ello se debía seguir trabajando fuertemente como comunidad.

Ilustración 102 Socialización del video Chapterthon.



Fuente: Autores.

Ilustración 103 Espectadores de la socialización de video



. Fuente: Autores.

Finalmente se logró conectar aproximadamente 368 personas distribuidas en los diferentes nodos, teniendo en cuenta que se conectan habitantes de las comunidades vecinas como la del Diamante y el Rio.

La gráfica y la tabla muestra en promedio cuantas personas se conectan a cada punto, estos valores están determinados por una encuesta realizada en los talleres y en los puntos en los que se implementaron las zonas Wifi, preguntando a algún integrante de la familia cuantas personas son en su familia y cuantas personas se iban a conectar al punto más cercano de donde habitan.

Cifras estimadas de personas conectadas a los nodos de la vereda.

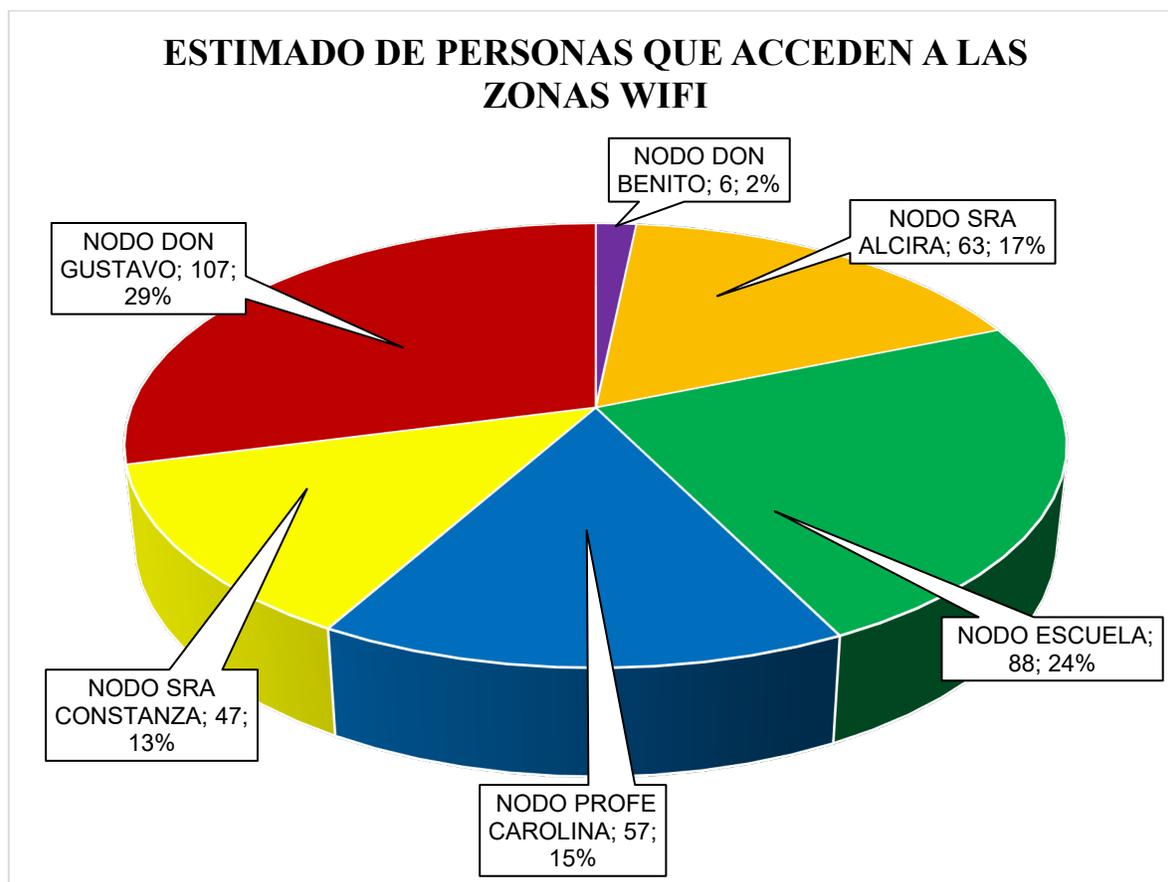
Tabla 32 Estimado de personas que acceden a las zonas WiFi

ZONA WIFI	HABITANTES	%
NODO DON BENITO	6	1,63%
NODO SRA ALCIRA	63	17,12%
NODO ESCUELA	88	23,91%
NODO PROFE CAROLINA	57	15,49%

NODO SRA CONSTANZA	47	12,77%
NODO DON GUSTAVO	107	29,08%

- En el NODO DON BENITO seis personas se conectan, este punto siendo el que menos tiene conexión de clientes finales, nodo crítico en cuanto al difícil acceso.
- En el NODO DON GUSTAVO tiene mayor conexión de clientes ya que es el nodo más lejano del nodo principal pero el que cubre más territorio en la zona baja de la montaña como la comunidad del Rio.

Ilustración 104 Grafico estimado de personas que acceden a las zonas WiFi



12. RECURSOS

12.1. Recursos Físicos

También llamados tangibles. Esta denominación abarca: instalaciones, oficinas, almacenes, terrenos, centros de distribución, maquinaria, equipos y herramientas. Algunos de estos recursos exigen una importante inversión y su vida es prolongada. Mientras, otros significan una inversión inferior, pero su permanencia en el tiempo es menor.

En el desarrollo del proyecto se contó con los diversos espacios físicos en los cuales se instalaron las torres y dispositivos, además de herramientas como serrucho, taladro, pinzas, alicates, entre otros que fueron necesarios para el desarrollo el proyecto.

12.2. Recursos Económicos

Corresponden al capital financiero de la comunidad, es decir, fondos, dinero en efectivo y aquel proveniente de operaciones o eventos.

12.3. Fuentes de financiación

- ✓ **Colecta Comunitaria:** Para la recolección de recursos para apoyar el desarrollo de proyectos se realizó una colecta comunitaria, la cual consistió en un bazar en la escuela Rural de San Pablo, donde se vendieron productos alimenticios y se realizaron dinámicas para la integración y socialización de ideas para el proyecto, como resultado se logró obtener un fondo de \$250.000 mcm.

✓ **Chaterthon 2019 “Conectando a los no conectados”:**

Descripción del concurso: El Chapterthon es una competencia internacional entre los capítulos de Internet Society. En esta competencia, todos los capítulos de Internet Society pueden participar a través del desarrollo de un proyecto que busca alcanzar un objetivo común relacionado con el desarrollo de la educación y de la Internet, con un mismo plazo y presupuesto. Cada proyecto presentará un video de 3 minutos de duración donde se describirán los detalles y beneficios del proyecto para la comunidad. Los proyectos ganadores recibirán un premio.

Para 2019, los proyectos del capítulo ayudarán a Conectar a los no conectados porque inclusive la última persona del planeta está incluida en la consigna de Internet para “todos”, y no descansaremos hasta que cada persona tenga la opción de elegir estar conectada.

Nuestro mundo está conectado digitalmente más que nunca, aunque sigue habiendo barreras para la mitad de la población mundial que todavía no está conectada.

Para hacer frente a este problema, estamos trabajando con comunidades de todo el mundo para lograr que algunos de los lugares a los que es más difícil llegar estén conectados. (Internet Society, 2019).

Para poder participar en el financiamiento del Chapterthon 2019, su proyecto ‘Conectar a los no conectados’ debe estar incluido en una de las siguientes categorías:

- Brindar acceso a zonas rurales, remotas y urbanas desfavorecidas,
- Potenciar las plataformas de las redes comunitarias actuales mediante un mejor acceso a la información y a los servicios,

- Mejorar el desarrollo de las habilidades digitales para una mayor inclusión de toda la comunidad,
- Promover las redes comunitarias que ofrezcan oportunidades para el desarrollo económico y social.
- ¡Innovar! Ayudar a generar nuevas formas de ofrecer conectividad a Internet.

Al conocer este concurso de decidió postular el proyecto de la red comunitaria dado que el proyecto se encontraba alineado con las categorías que exigía para su aplicación, con tal fortuna que fue aprobado, dando así una donación de \$20000 USD, los cuales fueron proyectados de la siguiente manera.

Tabla 33 Proyección de costo de equipos.



Equipos	Cantidad	Pesos Colombianos		Valor USD
		Valor Unidad	Valor Total	
Antena Litebeam M5	8	200.000	1600.000	485
Antena Litebeam Ac Sectorial	1	500.000	500.000	152
Caja Cable UTP Cat 6 Exterior 300 mts	1	230.000	230.000	70
Caja Cable UTP Cat 6 Interior 300 mts	1	140.000	140.000	42
Conectores Rj45 - Caja 50 unidades	1	150.000	150.000	45
Patch Cord Rj 45 Cat 6 certificado	30	7.000	210.000	64
Ponchadora Rj45	1	70.000	70.000	21
Switch Tp-Link 8 puertos 10/100/1000	6	120.000	720.000	218
Regulador de voltaje multitoma	8	60.000	480.000	145
CPE Tp-Link para exteriores	5	220.000	1100.000	333
Routerboard Mikrotik	1	300.000	300.000	91
Combustible apoyo transporte	1	500.000	500.000	152
Costos de video	1	600.000	600.000	182
			6.600.000	2.000

Trm estimada 1 Dollar = COP\$3,300

Fuente: ISOC Colombia Chapter

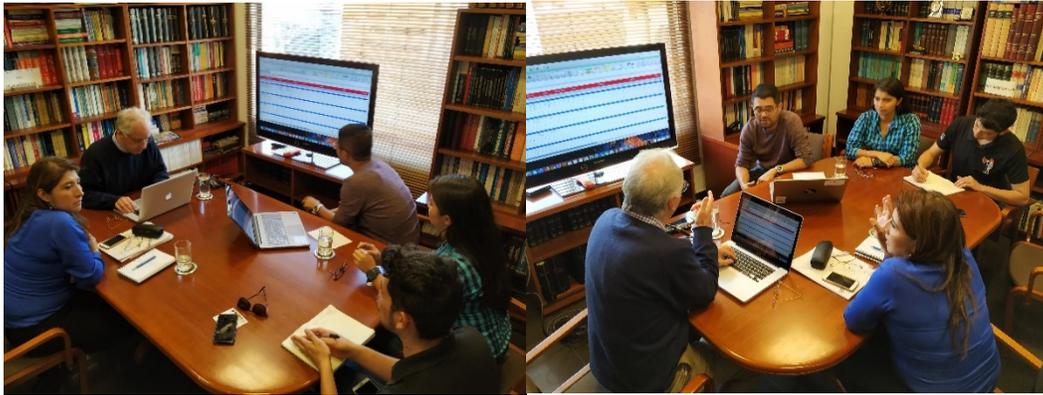
Tabla 34 Descripción de equipos



Equipos	Cantidad	Descripción
Antena Litebeam M5	8	Dos (2) de estas antenas se utilizaran para un radio enlace punto a punto desde la cabecera municipal hasta la vereda que permita la conectividad a internet. Los restantes seis (6) se utilizaran para el enlace punto multipunto con la antena sectorial
Antena Litebeam Ac Sectorial	1	Antena principal que servirá de punto de acceso a las seis (6) estaciones en el enlace punto multipunto
Caja Cable UTP Cat 6 Exterior 300 mts	1	Cable utilizado para las conexiones de exteriores en las antenas estación y dispositivos que estén a la interperie
Caja Cable UTP Cat 6 Interior 300 mts	1	Cable utilizado para las conexiones de interiores en los puntos de usuario final (casas de familia)
Conectores Rj45 - Caja 50 unidades	1	Conectores utilizados para construir los cables de conexión a las antenas y dispositivos de usuario final
Patch Cord Rj 45 Cat 6 certificado	30	Cables de red (patch cord) de longitud corta utilizados para conexiones certificadas de dispositivos de red.
Ponchadora Rj45	1	Herramienta utilizada para prensar los conectores rj45 al cable utp en los patch cord.
Switch Tp-Link 8 puertos 10/100/1000	6	Dispositivo utilizado para conectar por cable utp dispositivos de usuario final (pc de escritorio) y antenas.
Regulador de voltaje multitoma	8	Dispositivo utilizado para regular el voltaje eléctrico en las conexiones de dispositivos.
CPE Tp-Link para exteriores	5	Dispositivo utilizado para generar las zonas wifi de usuario final (zonas wifi de 2.4 Ghz).
Combustible apoyo transporte	1	Requerido para la movilidad en vehículos particulares desde y hacia la vereda (permanenes desplazamientos).
Costos de video	1	Producción audiovisual y recolección de material in situ para la producción y post-producción del video requerido.
Routerboard Mikrotik	1	Dispositivo utilizado para la administración y gestión de la red comunitaria.

Fuente: ISOC Colombia Chapter

Tabla 35 Reunión de socialización del proyecto.



Fuente: autores.

12.4. Recursos Humanos

WILSON DANIEL GORDILLO OCHOA. Ingeniero de Sistemas, Especialista en Docencia Universitaria y en Redes de Telecomunicaciones, Magíster en Educación. Experiencia 12 años en el sector empresarial y 25 años en Docencia Universitaria. Profesor universitario con gran trayectoria en investigación en redes comunitarias y su vinculación a la academia a través de semilleros de investigación en la temática en las facultades de Ingeniería. Docente líder y fundador del colectivo Red Fusa Libre, semillero de investigación en Redes Comunitarias del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cundinamarca. Miembro activo del grupo de trabajo –GT- en Redes Comunitarias de la Internet Society capítulo Colombia y del Grupo de interés en Redes Comunitarias para Latinoamérica y el Caribe (CNSIG-LAC por sus siglas en inglés) de la Internet Society. Único referente académico colombiano invitado a la 1ª Cumbre Latinoamericana de Redes Comunitarias – Argentina 2018. Organizador de la 2ª Cumbre Latinoamericana de Redes Comunitarias – Fusagasugá Colombia 2019. Conferencista nacional e

internacional en la temática de Redes Comunitarias, Coautor del proyecto de redes comunitarias San Pablo Libre.

MARCIA CATALINA PULIDO CÓRDOBA: Ingeniera de sistemas, Especialista en Gerencia de Servicios de Salud, Master en Telemedicina, docente universitaria con más de 13 años de experiencia, coordinadora Institucional de Semilleros de Investigación del 2013 al 2017 de la Universidad de Cundinamarca, Coinvestigadora del semillero de investigación Red Fusa Libre, miembro activo del grupo de trabajo GT de redes comunitarias de la Internet Society capítulo Colombia y del Grupo de interés de Redes Comunitarias, organizadora de la II CUMBRE LATIOAMERICANA DE REDES COMUNITARIAS Colombia 2019, realizada en la Universidad de Cundinamarca con el apoyo del LAC-CNSIG (Community Networks Special Interest Group para Latinoamérica y el Caribe).

JENNIFER PILAR GARCÍA SUSA: Estudiante de último año de Ingeniería de Sistemas. Miembro activo del Semillero de Investigación Red Fusa Libre (semillero de investigación en Redes Comunitarias) semillero adscrito al programa de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá. Coautora del proyecto de red comunitaria San Pablo Libre.

MARCO ANTONIO RODRÍGUEZ ROJAS: Estudiante de último año de Ingeniería de Sistemas. Miembro activo del Semillero de Investigación Red Fusa Libre (semillero de investigación en Redes Comunitarias) semillero adscrito al programa de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad

de Cundinamarca sede Fusagasugá. Coautor del proyecto de red comunitaria San Pablo Libre.

GUSTAVO ADOLFO PAREDES: Habitante y líder comunitario de la vereda San Pablo, acompañó y apoyo a las tareas, mostrando su interés y compromiso por el bien de la comunidad.

CAROLINA VILLALBA: Presidenta Junta de Acción Comunal de la vereda San pablo, su colaboración fue invaluable, debido al conocimientos de las personas y necesidades del lugar.

PAOLA GUTIÉRREZ: Profesora Escuela Rural vereda San Pablo, su aporte fue significativo, ayudo a los estudiantes desde su rol de docente a la apropiación de la tecnología.

Manos amigas y comunidad en general: Se conto con la ayuda de compañeros de la universidad y de la comunidad que aportaron su granito de arena en el proceso de ejecución de este proyecto.

13. CRONOGRAMA

Tabla 36 Cronograma general 2019

N°	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO 2019																											
			Abril				Mayo				Junio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2		
1	Ajustes del proyecto	Refinar actividades y temas del proyecto, en dado caso de ser necesario																												
2	Reconocimiento de la vereda	Se realizaron visitas a la comunidad																												
3	Mapeo de la vereda	Se realiza recorrido en la vereda para determinar posibles nodos																												
4	Reuniones comunitarias	Integraciones para compartir ideas del proyecto																												
5	Investigación de tecnología Espacios Blancos de TV (TVWS)	Respectiva investigación de TVWS para determinar si es viable para la comunidad																												
6	Socialización de posibles tecnologías	Compartir información de las diversas tecnologías para la construcción de la red																												

14. CONCLUSIONES

La Innovación Social, la implementación deliberada, participativa y colaborativa de soluciones a problemáticas sociales, constituyen una posibilidad que está tomando fuerza para crear puentes entre un mundo de problemas y un mundo de soluciones, para el caso, colocar a total disposición de la comunidad rural el conocimiento científico por parte de la academia para que sea la misma comunidad la protagonista de sus propias alternativas de solución, hace de la implementación de Redes Comunitarias en territorios rurales una alternativa probada que garantiza la equidad y la inclusión social, que incluso puede ser impulsada por los gobiernos a través de políticas públicas de estado. Si bien es cierto que Colombia es el primer país latinoamericano en regular el uso de la tecnología TV White Spaces (TVWS), el mercado de productos de esta tecnología aún está muy prematuro en el país lo que hace que la relación costo-beneficio no sea la más esperada, máxime cuando el uso de esta tecnología está pensado para llevar conectividad de internet a zonas remotas, donde precisamente el contexto socioeconómico no es el más favorable. Sin embargo, su viabilidad técnica es un factor preponderante para la implementación de proyectos afines a la problemática de la brecha digital.

En la implementación de la red comunitaria San Pablo Libre se concluyó que se puede establecer un modelo de referencia con la integración de la metodología IAP que permite un acercamiento de primera mano con la comunidad para entender cuáles son sus necesidades, que alternativas de solución se pueden realizar y que la población se apropie socialmente de la tecnología aprendiendo conceptos nuevos en cuanto a redes, procesos y herramientas que les permite administrar su propia Red Comunitaria, un ejemplo de ello son los talleres que se desarrollaron, en donde inicialmente fueron 15 personas, y luego la

misma comunidad gestionaba la realización de otros talleres con el fin de que todos aprendieran algo nuevo, es así como sin planearlo la participación de la comunidad incrementó.

De otro lado, la metodología Top-Down Network Design permitió diseñar una red desde una perspectiva netamente técnica, desde evaluar las condiciones físicas del terreno, hasta analizar las diferentes soluciones tecnológicas en aras de encontrar la más pertinente a las necesidades de la comunidad, es así como todos los aspectos considerados y desarrollados como lo refiere la metodología, posibilitaron la implementación de la Red Comunitaria con las necesidades y características necesarias que señalan cada una de las fases de la metodología en relación con el siempre e incuestionable item costo-beneficio.

La construcción de la Red Comunitaria San Pablo ratifica el camino que propone nuestro Modelo Educativo Digital Transmoderno (MEDIT) al dejar atrás el rol tradicional de una educación para el hacer y el trabajo, para transformarla en una educación para el ser, y precisamente este proyecto encontró esta trascendencia que va más allá de lo instrumental e informativo, el desplegar la Red Comunitaria permitió la conectividad y el uso de servicios locales complementarios que sin duda crean oportunidades para los habitantes de la comunidad, los cuales actúan como agentes transformadores de su entorno; esta transformación personal influye positivamente sobre los demás habitantes, no sólo de esta vereda sino también de las veredas vecinas. Además, a través de la mejora continua, el aprendizaje colaborativo y co-creativo del diálogo, y la apropiación del contexto local que potencia sus ideas, los habitantes podrán dar alternativas propias de solución a sus necesidades emergentes, gracias a la ayuda y el apoyo de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación que ya se encuentran en su cotidianidad y al trabajo

conjunto que viene realizando el Semillero de Investigación Red Fusa Libre del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá.

Por otra parte; en estos tiempos de crisis por la emergencia sanitaria del COVID-19 donde el distanciamiento social ha hecho a las personas quedarse en sus hogares y, por ejemplo, los niños y niñas no pueden regresar presencialmente a sus escuelas, volcando su proceso de educación a nuevas alternativas como las clases virtuales. En este sentido se puede resaltar que gracias a la infraestructura de red creada en la vereda permitió que los niños de la escuela puedan seguir sus clases a través de herramientas como WhatsApp, donde la profesora les envía el material académico y recibe igualmente la solución a las diversas actividades y tareas que les deja por el mismo medio, de no existir la Red Comunitaria, quizá estos estudiantes no podrían continuar con sus clases, pues la mayoría de los padres de familia no cuentan con los recursos suficientes para pagar planes de datos y tampoco existe una buena cobertura de telefonía móvil que permita hacer uso efectivo de este servicio.

Sin importar las limitantes que se presenten en el camino para la creación de una red comunitaria, es supremamente importante el empoderamiento y el compromiso de los habitantes del territorio, esto con el fin de poder superar cualquier adversidad y buscar estrategias para la adquisición de tecnologías que permitan a la comunidad romper su brecha digital y poder ser parte integral de ese gran pulmón de la sociedad del conocimiento, la red de redes: La anhelada Internet.

15. ACTIVIDADES A FUTURO

A continuación, se enlistan algunas ideas de actividades que han surgido después del proceso de despliegue de la red:

- ✓ **Ampliación de la red comunitaria sector el Diamante:** algunas personas de este sector han mostrado interés en la red comunitaria al ver los resultados satisfactorios de cómo se realizó el despliegue de red y los beneficios que está dando a los habitantes de San Pablo, por eso se han acercado para realizar reuniones con los vecinos para empezar a trabajar y realizar la expansión de la red hasta este lugar.
- ✓ **Establecer estrategias de financiación:** los líderes comunitarios están pensando cómo crear un fondo comunitario que a futuro permita tener una base presupuestal para ampliar la red con nuevos nodos o cambiar equipos de red en caso de que sea necesario.
- ✓ **Buscar sostenibilidad energética a través de uso de energías alternativas como paneles solares:** debido a las dificultades tanto de despliegue como de mantenimiento del punto eléctrico en el cerro de Don Benito, la comunidad ha pensado en alternativas energéticas que puedan dar soporte a los equipos conectados en la caja de inspección; la opción que más ha tomado fuerza hasta el momento es usar paneles solares para cubrir dicha necesidad.
- ✓ **Establecer software de monitoreo y gestión de la red:** se ha propuesto la instalación de un equipo de cómputo configurado como servidor de monitoreo y gestión de red que permita en tiempo real detectar fallas o inconvenientes en los diversos nodos de la red, además la idea también en realizar una mejor administración del ancho de banda.

- ✓ **Laboratorio vivo en el ámbito académico de la Universidad:** se pueden desarrollar actividades, proyectos, talleres y afines en la comunidad, relacionadas con casi cualquier tema académico (prácticas de redes, pruebas de laboratorio, etc), través del aprovechamiento de la infraestructura de red comunitaria ya instalada.

16. LOGROS

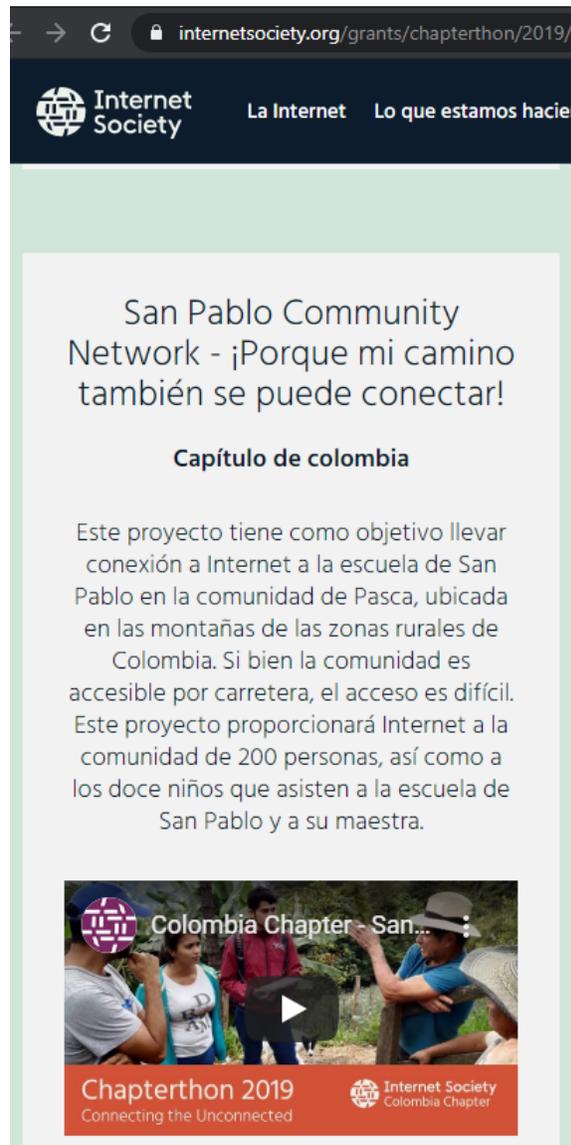
Chaptherton 2019 “Connecting the Unconnected”

Representación del capítulo Colombia de Internet Society en la Maratón Mundial del Chaptherton 2019, con el proyecto de construcción de la red comunitaria “San Pablo Libre” y el semillero de investigación de la Ucundinamarca RED FUSA LIBRE, Fusagasugá 2019.

Enlace del video oficial:

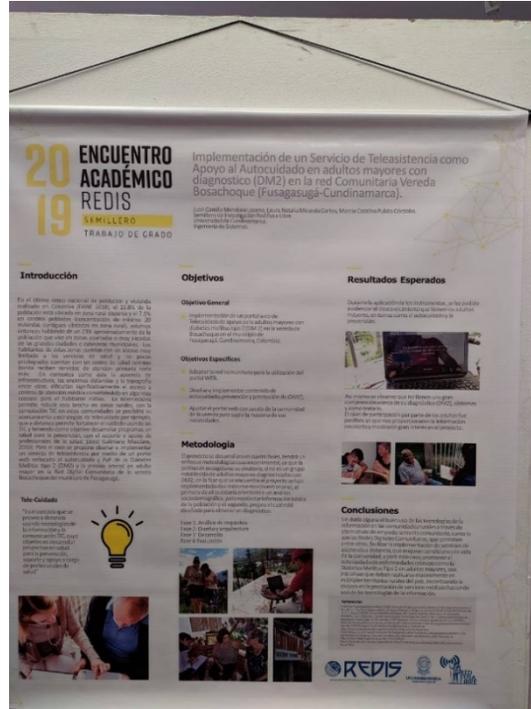
<https://youtu.be/t1o54g7dPV4>

Ilustración 105 Chaptherton 2019



Participación en eventos

- ✓ Ponencia en el Encuentro Académico REDIS con el proyecto: “ESPACIOS BLANCOS DE TELEVISIÓN -TV WHITE SPACES- EN LA



Fuente: Autores

Fuente: Autores

CONSTRUCCIÓN DE LA RED DIGITAL COMUNITARIA, VEREDA SAN PABLO (PASCA CUNDINAMARCA)”, Bogotá 2019.

- ✓ Ponencia en la jornada abierta del VIII Congreso Internacional de Ingeniería - Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá 2019.

Ilustración 108 Ponencia VIII Congreso Internacional de Ingeniería



Fuente: Autores

Ilustración 109 Ponencia VIII Congreso Internacional de Ingeniería



Fuente: Autores

-
- ✓ Ponencia en el IV Congreso Nacional y III Internacional de Ingeniería
Institución de Educación Superior, Instituto Tolimense de Formación Técnica
Profesional, Espinal 2019.

Ilustración 110 IV Congreso Nacional y III Internacional de ingeniería ITFIP.



Fuente: Autores

Ilustración 111 IV Congreso Nacional y III Internacional de ingeniería ITFIP.



Fuente: Autores

-
- ✓ Invitados en la II CUMBRE LATIOAMERICANA DE REDES
COMUNITARIAS Colombia 2019, realizada en la Universidad de

Cundinamarca con el apoyo del LAC-CNSIG (Community Networks Special Interest Group para Latinoamérica y el Caribe).

Enlace del video oficial: <https://youtu.be/Jx4ODEfaBi4>

Ilustración 112 II CUMBRE LATIOAMERICANA DE REDES COMUNITARIAS



Fuente: Autores

Ilustración 113 II CUMBRE LATIOAMERICANA DE REDES COMUNITARIAS.



Fuente: Autores

17. BIBLIOGRAFIA

- Robotics Corporation. (2007). *USRobotics*. Obtenido de <https://support.usr.com/support/5464/5464-es-ug/tutor11.html>
- 6HARMONICS. (2016). *6HARMONICS CONNETICG PEOPLE & THINGS*. Obtenido de <http://www.6harmonics.com/gws-5000-series-tv-white-space-solution/>
- Adaptrum. (2015). *Adaptrum*. Obtenido de <https://www.adaptrum.com/Projects>
- Adaptrum. (2017). Obtenido de <https://www.adaptrum.com/CaseStudy/Virginia-MBC-TVWS-Homework-Network>
- Adaptrum. (Noviembre de 2017). *Adaptrum*. Obtenido de <https://www.adaptrum.com/Projects>
- Agbenonwossi, E. V. (2018). *Global Information Society Watch*. Obtenido de <https://www.giswatch.org/en/country-report/infrastructure/ghana>
- Agencia Nacional del Espectro. (1 de Agosto de 2017). ANE. Bogotá, Colombia. Obtenido de http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_5e006693d58440bbbbabc3a624d211bc
- Andres, R. (20 de Octubre de 2018). *Computer Hoy*. Obtenido de Qué es la dirección MAC de tu ordenador o móvil y para qué sirve: <https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/que-es-direccion-mac-tu-ordenador-movil-que-sirve-317181>
- Arevalo, E., Douglas, F., Bran, C., Alexande, A., Osmin , C., Gracia , C., & De Paz, J. (Enero de 2019). *USAID del Pueblo de los Estados Unidos de America*. Obtenido de https://www.ugb.edu.sv/component/rsfiles/descargar-archivo/archivos.html?path=Investigaciones%2B2018%252FReporteFinal_TVWS.pdf&Itemid=749
- Baig, R., Navarro, L., Roca, R., & Freitag, F. (2018). *Global Information Society Watch*. Obtenido de <https://giswatch.org/en/country-report/infrastructure/catalonia>
- Bembibre, V. (Enero de 2009). *Definición ABC*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/switch.php>
- Bigelow, S. J., Carr, J. J., & Winder, S. (2019). *Comprensión de la electrónica telefónica*. Bostón: Boston: Newnes. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/DBm>
- Cansino, M. (23 de Mayo de 2019). *Qué es un cable UTP*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de Techlandia: https://techlandia.com/cable-utp-sobre_10903/
- CARLSON. (2014). *TV White Space - Tecnología innovadora*. Eureka, California, Estados Unidos.
- Chryssos, V., Voulvouli, A., Papageorgiou, A., Klissiaris, G., & Kourtzis, N. (2018). *Global Information Watch*. Obtenido de <https://giswatch.org/en/country-report/infrastructure/greece>
- Cika. (s.f.). Obtenido de <https://www.cika.com/newsletter/archives/pp1.pdf>

- CISET. (8 de Mayo de 2020). *Centro de Innovación y Soluciones Empresariales y Tecnológicas*. .
Obtenido de Red LAN - Red de Área Local: <https://www.ciset.es/glosario/472-red-lan>
- Colnodo. (19 de Febrero de 2019). *Colnodo*. Obtenido de
<https://colnodo.apc.org/es/novedades/red-comunitaria-redinc-una-red-de-telefoniarural-comunitaria-liderada-por-colnodo>
- Dinero en Imagen*. (24 de Noviembre de 2014). Obtenido de
<https://www.dineroenimagen.com/2014-11-24/46820>
- Dzaleka, T. G. (Agosto de 2019). *News Microsoft*. Obtenido de <https://news.microsoft.com/en-xm/2019/08/05/south-africa-tv-white-space-pilot-project-receives-support-from-ustda/>
- ebay. (5 de Marzo de 2020). Tienda virtual. Griñón, España.
- EcuRed*. (s.f.). Obtenido de https://www.ecured.cu/Redes_punto_a_punto
- Froncek, A. (2018). *Internet Society*. Obtenido de
<https://www.internetsociety.org/es/blog/2018/11/capitulo-honduras-comunidades-inteligentes-para-preservar-la-memoria/>
- Giudice, J. (2018). *Global Information Society Watch*. Obtenido de <https://giswatch.org/node/6058>
- Glosario Telecomunicaciones. (s.f.). *Frecuencia*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de
<https://glosarios.servidor-alicante.com/telecomunicaciones/frecuencia>
- Gordillo Ochoa, W. D. (Noviembre de 2019). *Red Fusa Libre*. Obtenido de www.redfusalibre.org
- Gustavo, N. C. (2010). *EcuRed*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Nodo>
- Haq, H. (2018). *Global Information Society Watch*. Obtenido de https://giswatch.org/en/country-report/infrastructure/pakistan#_ftn1
- IFT. (s.f.). *Instituto Federal de Telecomunicaciones*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de
<http://www.ift.org.mx/node/6327>
- innovacionrural.org*. (25 de Agosto de 2018). Obtenido de <http://www.innovacionrural.org/co-rural-2/>
- Instituto Federal de Telecomunicaciones*. (Octubre de 2018). Obtenido de
<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/inventariodebandasdefrecuenciasdeusolibrev.pdf>
- Internet Society. (2019). *Internet Society*. Obtenido de
<https://www.internetsociety.org/es/grants/chapterthon/2019/>
- ITU. (s.f.). *Términos y definiciones de la UIT*. Obtenido de Normativa: Radiocomunicaciones (UIT-R):
<https://www.itu.int/net/ITU-R/asp/terminology-definition.asp?lang=es&rlink={7B3BCCF3-54AA-4DB7-82D4-E1D5D2739CBE>

- ITU. (s.f.). *Unión Internacional de Telecomunicaciones*. Obtenido de Términos y definiciones de la UIT: <https://www.itu.int/net/ITU-R/asp/terminology-definition.asp?lang=es&rlink={D60FB4E5-942F-4A23-B3EC-1BBF364A5COD}>
- Jaap van de Beek, J. R. (2012). TV espacio en blanco en Europa. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 178 - 188.
- Julián Pérez Porto, M. M. (2011). *Defenicion*. Obtenido de <https://definicion.de/red-inalambrica/>
- Juncosa, M. (s.f.). *Apendederedes*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de Máscara de Red: Qué es y para qué se usa: <https://aprendederedes.com/mascara-de-red/>
- Kemmis, & McTaggart, R. (1988).
- Linksys. (s.f.). Obtenido de <https://www.linksys.com/es/r/qu%C3%A9-es-un-extensor-de-red/qu%C3%A9-es-un-punto-de-acceso/>
- Luca de Tena, S., & Rey Moreno, C. (2018). *Global Information Society Watch*. Obtenido de <https://giswatch.org/en/country-report/infrastructure/south-africa>
- LWorldConnected. (2014). Obtenido de <http://1worldconnected.org/case-study/namibia-tv-white-space-pilot-project/>
- Martínez, J. L. (13 de Julio de 2018). *Prored*. Obtenido de <https://www.prored.es/zonas-de-fresnel-en-un-radioenlace/>
- McKinley. (Noviembre de 2017). *Microsoft*. Obtenido de <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2017/11/20/using-tv-white-space-technology-in-puerto-rico-and-the-us-virgin-islands/>
- Mercadolibre. (Mayo de 2019). Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-561265986-estacion-cliente-cpe-litebeam-ac-gen2-ubiquiti-lbe-5ac-gen2-_JM?matt_tool=98957062&matt_word&gclid=Cj0KCQjwhtT1BRCiARIsAGIY51LZP6euAxxPe8P806bpFAn28orP3YuuuPvGzuOE6Pg3sQExaSLTNmAaAgKIEALw_wcB&quantity=1
- Mercadolibre. (Mayo de 2019). Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-554227443-ubiquiti-lbe-5ac-gen2-us-litebeam-wireless-bridge-100mb-lan-_JM?matt_tool=98957062&matt_word&gclid=Cj0KCQjwhtT1BRCiARIsAGIY51LNC8Zg0G4jxtjJks0tEORS7L37SjJ38Ycnf-JaiXXIT_3GTjV3CdMaAidUEALw_wcB&quantity=1
- MinTIC. (13 de Octubre de 2009). *Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones*. Obtenido de <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/3770:Resolucion-2544-de-2009>
- MinTIC. (13 de Octubre de 2009). *Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones*. Obtenido de <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/3770:Resolucion-2544-de-2009>
- National Institute of Information and Communications Technology. (Julio de 2014). *Nict*. Obtenido de <http://www.nict.go.jp/en/press/2014/07/24-1.html>
- NFON. (2019). Obtenido de <https://www.nfon.com/es/servicio/base-de-conocimiento/base-de-conocimiento-destacar/redes-de-telecomunicaciones>

- Nominet. (Mayo de 2017). *Nominet*. Obtenido de <https://www.nominet.uk/tvws-brings-broadband-to-rural-wales/>
- Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite. (s.f.). *El Sistema de Posicionamiento Global*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de GPS: <https://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php>
- Oppenheimer, P. (2010). *To*. Cisco Press.
- Peña, I. S. (29 de Abril de 2014). *Loyvan*. Obtenido de <https://www.loyvan.com/informatica/que-es-una-red-de-datos/>
- Peñalosa, M. S. (2016). *ANDICOM*. Obtenido de ANE: http://portalanterior.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Espacios_en_Blanco_TV/Presentaciones_Eventos/ANDICOM%202016%20Marta-Liliana-Suarez-2.pdf
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2012). *Definición de distancia*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de <https://definicion.de/distancia/>
- Pérez Porto, J., & María., M. (2012). *Definicion.de: Definición de firmware*.
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (2017). *Definición de ancho de banda*. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de Definicion.de: <https://definicion.de/ancho-de-banda/>
- Raffino, M. E. (6 de Diciembre de 2019). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/canal-de-comunicacion/>
- Raffino, M. E. (31 de Mayo de 2019). *Espectro Electromagnético*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de <https://concepto.de/espectro-electromagnetico/>
- Raffino, M. E. (29 de Agosto de 2019). *Red*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de Concepto de: <https://concepto.de/red-2/>
- Raffino, M. E. (14 de Febrero de 2020). *Base de Datos*. Recuperado el 8 de Mayo de 2020, de Concepto.de: <https://concepto.de/base-de-datos/>
- Riz, J. L. (Mayo de 2017). Espacios blancos de la TV para zonas rurales. *CPRLATAM Conference*, (pág. 10). Cartagena. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/318279621_Espacios_blancos_de_la_TV_para_zonas_rurales
- Ruesca, P. (25 de Septiembre de 2016). *Radio Comunicaciones*. Obtenido de <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/>
- San Jose, C. (Mayo de 2017). *Adaptrum*. Obtenido de <https://www.adaptrum.com/Newsroom/Press/Oman-First-TVWS-Deployment-in-Middle-East>
- Scribd*. (23 de Marzo de 2012). Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/86417437/Definiciones-Back-Haul-xPON-Etc#scribd>

- Sid Roberts, P. G. (2015). Conectando África usando los espacios en blanco de la TV: de la investigación a las implementaciones del mundo real. *IEEE - Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos*.
- Stephen Song, C. R.-M. (Marzo de 2019). *internetsociety.org*. Obtenido de https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2019/04/InnovationsinSpectrumManagement_MAR2019-ES-1.pdf
- Suantak, M. (2018). *Global Information Society Watch*. Obtenido de <https://giswatch.org/en/country-report/infrastructure/nepal>
- SYSTRAIM SAS. (2019). Obtenido de <https://www.systraim.net/>
- Textos Científicos*. (25 de Julio de 2005). Obtenido de <https://www.textoscientificos.com/redes/comunicaciones/velocidades>
- Ubiquiti Network. (2018). *Ubiquiti*. Obtenido de LiteBeam: https://dl.ubnt.com/datasheets/LiteBeam/LiteBeam_ds.pdf
- Universidad Internacional de Valencia. (21 de Marzo de 2018). *Qué es y cómo funciona el protocolo ip*. Obtenido de <https://www.universidadviu.com/funciona-protocolo-ip/>
- Valois, M. A. (22 de Mayo de 2018). *Hostgator*. Obtenido de Qué es internet de las cosas y cómo funciona: <https://www.hostgator.mx/blog/internet-de-las-cosas/>
- Wilke, M. (16 de Septiembre de 2019). *Hostgator*. Obtenido de Direcciones IP: para qué sirven y cómo funcionan: <https://www.hostgator.mx/blog/que-es-una-direccion-ip/>
- WNI. (s.f.). *WNI México*. Obtenido de Soluciones inalámbricas México: https://wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=50:los&catid=31:generales&Itemid=79
- Xiaojun Feng, Q. Z. (Febrero de 2014). *Habilitación de la coexistencia cocanal de 802.22 y Sistemas 802.11af en espacios en blanco de TV*. Obtenido de <https://web.archive.org/web/20140201234637/http://www.cse.ust.hk/~xfeng/doc/xfeng-ws-coexistence-ICC13.pdf>

18. ANEXOS

Ilustración 114 Cotización dispositivos TVWS "6Harmonics"

Quote 3206

6Harmonics Inc.
 Suite 101-21 Concourse 6666
 Ottawa, Ontario K2G 1S4, Canada
 Phone: +1-613-389-1398
 GST #RST No. R25496278

DATE:	April 14, 2020
QUOTE #:	Quote 3206
	Valid until: 31 May 2020
PO#:	Red Rosa Libre Jennifer Garcia Sosa Cundinamarca, Páez Colombia Office: +57 30582888 jennifer19@gmail.com
PO #	
BILL TO:	

Item	Description	Part Number	Quantity	Unit	(US\$)	Amount (US\$)
	Point-to Point Link MIMO downlink-SISO uplink					
	Base Stations					
1	FCC certified TVWS BTS Radio for 6/12/18/24MHz: Ch. 14-51 with N-Type Connector, outdoor enclosure. No database, GPS geolocation, MIMO Tx.	GWS-5002-BTS	1	\$	3,499.00	\$ 3,499.00
2	GWS 500w POE Midspan Input Voltage: 90-264 VAC @ 47-63 Hz, 50V DC @ 1.7A.	Ubiquiti POE-50-80W	1	\$	65.00	\$ 65.00
3	GWS BTS radio outdoor installation kit including mounting brackets, water seal, RF connector	GWS-R5000-BTS	1	\$	68.00	\$ 68.00
4	GWS POE Surge Arrester	GWS-PD-OCUT /SP11	1	\$	160.00	\$ 160.00
5	UHF TVWS Dual polarized LPDA Antenna 9dBi, 50 Ohm with N-type connector	GWS-TM0PLP9	1	\$	180.00	\$ 180.00
6	Co-location filters TBD	GWS-536/537/538/542	2	\$	260.00	\$ 520.00
7	GWS RF Lightning protection	GWS-TUSD-NFM	2	\$	58.00	\$ 116.00
	Client Stations					
8	FCC certified TVWS CPE Radio for 6/12/18/24MHz: Ch. 14-51 with N-Type Connector. No database, GPS geolocation, SISO Tx.	GWS-5003-CPE	1	\$	750.00	\$ 750.00
9	GWS 500w POE Midspan Input Voltage: 90-264 VAC @ 47-63 Hz, 50V DC @ 1.7A.	Ubiquiti POE-50-80W	1	\$	65.00	\$ 65.00
10	GWS BTS radio outdoor installation kit including mounting brackets, water seal, RF connector	GWS-R5000-BTS	1	\$	68.00	\$ 68.00
11	UHF TVWS Dual polarized LPDA Antenna 9dBi, 50 Ohm with N-type connector	GWS-TM0PLP9	1	\$	180.00	\$ 180.00
12	NID grounding unit	GWS-NID	1	\$	25.00	\$ 25.00
						Sub-total Equipment \$ 5,896.00
	Warranty: All equipment purchased from 6harmonics is guaranteed for a period of one year (12months) from the date of shipment from their supplier on a replacement basis for the geographic region to which it was purchased. If a unit is re-installed in a geographic region outside the area for which it was originally purchased the warranty is void even if it is still within the original warranty period. If any GWS radio units are installed without antennas or PoE midspans supplied by 6harmonics, the warranty is void. Any customers that purchase from a reseller or distributor should contact their reseller or distributor for a replacement. Customers that purchase from 6harmonics should contact 6harmonics for a replacement. Before shipping back to either a reseller, distributor or 6harmonics customers must obtain a return authorization (RA) code. Customers are responsible for shipping costs for returns back to 6harmonics. Any warranty repair or replacement units will be shipped to customers from 6harmonics at no additional cost, if within the warranty period. Outside the warranty period, return shipping will be charged at cost.					
	Service and Support: 6harmonics is committed to providing customer service before, during and after equipment sales. For 30 days after equipment purchase 6harmonics will provide unlimited online or phone support to help customers complete an installation. After 30 days phone support is chargeable unless a service agreement is purchased as part of the equipment purchase. Onsite engineering support is available from 6harmonics for design, installation and ongoing maintenance. Onsite service is charged on a daily basis. Travel is charged at cost. Travel time is charged at full rate. Please contact 6harmonics for rates.					
						Terms: Payment due prior to shipment
						Overdue payments will be charged interest at 1.5% per 30 days overdue.
						SHIPPING ESTIMATE \$ 500.00
						SUBTOTAL \$ 6,196.00
						SALES TAX \$ -
						SHIPPING ESTIMATE \$ 500.00
						TOTAL US\$ \$ 6,696.00

Fuente: Autores

Ilustración 115 Cotización dispositivos TVWS "Carlson"

					
PRICE LIST 17 March 2020					
Base Radios	Part Number	Description	Quantity	Rec Retail Price	Subtotal
Base Station / Access Point w/ Three Rad	RC3.1-AP-ODU-US	RuralConnect Gen 3 Basestation TVWS Radio: 470 to	1	\$ 2.810,25	\$ 2.810,25
Base Station / Access Point w/ One Radic	RC3.1-AP-MINI-ODU	RuralConnect Gen 3 Mini Basestation TVWS Radio: 470		\$ 1.336,50	\$ -
Base Antennas	Part Number	Description			
120-Degree Sector Panel Antenna	053-470-786-75-8	4 Bay UHF 470-790 120 Degree Sector Panel Antenna	1	\$ 315,00	\$ 315,00
UHF Log Periodic 10.5 dBi	057-470-862-10.5-F	10.5dB Gain Log Periodic UHF Antenna (CH14-60) 400-		\$ 90,00	\$ -
RG6 Trishield Coax Feed Cable	161-RG6-6	6-ft RG6, Trishield, 77% Braid, Moisture Inhibiting PVC	2	\$ 10,13	\$ 20,25
Base Accessories	Part Number	Description			
RC Pole/Wall Mount	900-7220	RuralConnect ODU Pole or Wall Mount	1	\$ 39,38	\$ 39,38
POE Injector 90-264 VAC 56 VDC	650-1550	56V @ 1AMP POE Injector- 90-264VAC Input - 802.3af	1	\$ 66,38	\$ 66,38
100' Outdoor CAT5E Cable	CAT5E-100	100' Outdoor CAT5E Shielded CMX Cable with RJ45	1	\$ 110,25	\$ 110,25
RC Base Surge Protector (POE)	640-6552	POE Surge Protector - 100W - IP65 Enclosure Rating	1	\$ 124,88	\$ 124,88
RC Surge Protector (RF)	640-6560	RF Surge Protector for RC High-Value Base Station	1	\$ 122,63	\$ 122,63
			Sub Total:		\$ 3.609,00
			Discount	10%	\$ 360,90
			Extended		\$ 3.248,10

Fuente: Autores