



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
PUNTO WISP, PARA LA ATENUACIÓN
DE LA INTERFERENCIA, EN EL AP DE
CONEX TELECOM EN EL CERRO
COPEY EDO. CARABOBO**



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA: TELECOMUNICACIONES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PUNTO *WISP*,
PARA LA ATENUACIÓN DE LA INTERFERENCIA, EN
EL *AP* DE CONEX TELECOM EN EL CERRO COPEY
EDO. CARABOBO

EMPRESA: CORPORACIÓN CONEX TELECOM C.A.

Autora:
Florellys, Decena
C.I.: V-18.470.205

San Diego, Octubre 2019



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA: TELECOMUNICACIONES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PUNTO *WISP*,
PARA LA ATENUACIÓN DE LA INTERFERENCIA, EN
EL *AP* DE CONEX TELECOM EN EL CERRO COPEY
EDO. CARABOBO

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Tutor Académico: Ing. José R. Centeno C.I.: V-10.738.814

Tutor Empresarial: Ing. Yarelys González C.I.: V-18.183.189

Autora:
Florelys, Decena
C.I.: V-18.470.205

San Diego, Octubre 2019



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA: TELECOMUNICACIONES

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, **Ing. José Centeno**, portador de la cédula de identidad N° V-**10.738.814**, en mi carácter de tutor del informe final de pasantías presentado por la ciudadana **Florelys Decena**, portadora de la cédula de identidad N° V-**18.470.205**, titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PUNTO WISP, PARA LA ATENUACIÓN DE LA INTERFERENCIA, EN EL AP DE CONEX TELECOM EN EL CERRO COPEY EDO. CARABOBO**, presentado como requisito parcial para optar al título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los Dos (4) días del mes de Octubre del año dos mil Diecinueve (2019).

Ing. José Rafael Centeno Henríquez
V-10.738.814

DEDICATORIA

A:

Dios, primeramente, por colocarme en el camino correcto y darme la fortaleza necesaria para continuar a pesar de todas las dificultades.

A mi abuela Cristina Velásquez, por ser mi razón para llegar hasta aquí y aunque no está a mi lado físicamente, siempre me acompaña y me guía en cada paso que doy. Este y todos mis logros siempre serán para ti mi viejita.

A mi estimado amigo José F. Cabello, por estar siempre apoyándome y motivándome para continuar cada día sin rendirme.

A mi tutor académico José Centeno, por tener la paciencia y dedicar parte de su tiempo en ayudarme a concluir este proyecto de investigación.

A mi tutor empresarial Yarelys González, a quien agradezco enormemente el haberme dado la oportunidad de aprender y desempeñarme en el área de las telecomunicaciones.

A todas aquellas personas que de una u otra manera han brindado su mano amiga, para colaborar en la realización de este proyecto de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULOS	
I LA EMPRESA	
1.1. Nombre y ubicación de la empresa	14
1.2. Reseña histórica	15
1.3. Misión	15
1.4. Visión	15
1.5. Valores de la empresa	15
1.6. Organigrama	16
II EL PROBLEMA	
2.1. Planteamiento del problema	17
2.2. Formulación del problema	18
2.3. Justificación	18
2.4. Objetivos	18
2.4.1. Objetivo general	18
2.4.2. Objetivos específicos	18
2.5. Alcance del estudio	19
2.6. Limitaciones	19
III MARCO TEÓRICO	
3.1. Antecedentes	20
3.2. Bases teóricas	23
3.2.1. Ondas	23
3.2.2. Redes inalámbricas	34

3.2.3. Sistemas de enlace inalámbrico	37
3.3. Definición de términos básicos	55
IV MARCO METODOLÓGICO	
4.1. Nivel de investigación	60
4.2. Tipo de investigación	60
4.3. Diseño de la investigación	61
4.4. Modalidad de la investigación	62
4.5. Población y muestra	62
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	63
4.7. Fases metodológicas	64
4.7.1. Diagnosticar las condiciones actuales del <i>AP</i> de Conex Telecom en el Cerro Copey	64
4.7.2. Diseñar un punto de control <i>WISP</i> , que permita atenuar la interferencia en el <i>AP</i> bajo estudio, disminuyendo los costos operacionales de la empresa	65
4.7.3. Programar la instalación del arreglo <i>WISP</i> , en el <i>AP</i> de Conex Telecom	65
4.7.4. Evaluar los resultados obtenidos en los indicadores de calidad de los enlaces inalámbricos, luego de la implementación del punto <i>WISP</i> en el <i>AP</i> de Cerro Copey	66
V RESULTADOS	67
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Geográfica de las Sedes de Conex Telecom, C.A.	14
Figura 2: Organigrama Conex Telecom, C.A.	16
Figura 3: Frentes de Ondas Planos	24
Figura 4: Frente de Onda Esférico	25
Figura 5: Estimación de la Zona de Fresnel	26
Figura 6: Niveles De Absorción de Las Ondas Electromagnéticas	29
Figura 7: Absorción Atmosférica de las Ondas Electromagnéticas	30
Figura 8: Proceso de Propagación de Ondas	32
Figura 9: Distribución de Longitud de Onda Estándar de la <i>UIT</i>	38
Figura 10: Equipos de un Sistema <i>WDM</i>	38
Figura 11: Tipos de Antenas	40
Figura 12: Antena Sectorial y su Patrón de Radiación	40
Figura 13: Antena Omnidireccional y su Patrón de Radiación	41
Figura 14: Antena de Panel y su Patrón de Radiación	41
Figura 15: Antena Tipo Plato y su Patrón de Radiación	42
Figura 16: Diagrama de Conexión de un Sistema usando <i>PoE</i>	43
Figura 17: Partes de una torre autoportada	44
Figura 18: Partes de una torre soportada por ganchos	45
Figura 19: Unidad de Procesamiento (<i>SPU</i>)	46
Figura 20: <i>RJ-45</i> con Normativa <i>TIA/EIA-568-B</i>	48
Figura 21: Núcleo de Fibra Óptica Multimodo	50
Figura 22: Núcleo de Fibra Óptica Monomodo	51
Figura 23: Cable de Estructura Holgada	51
Figura 24: Cable de Estructura Ajustada	52
Figura 25: Conectores para Fibra Óptica	53
Figura 26: Enlace Punto a Punto	54
Figura 27: Enlace Punto a Punto con Repetidoras	55

Figura 28: Enlace Punto a Multipunto	56
Figura 29: Zona de cobertura del AP de Conex Telecom en Cerro Copey actualmente	67
Figura 30: <i>Switch Cisco WS-C3750G-24TS-1U</i> con el cual se administra la red de Conex Telecom en Cerro Copey	68
Figura 31: Caseta de comunicación en Cerro Copey	69
Figura 32: Torre venteada de Conex Telecom en Cerro Copey	70
Figura 33: Antena <i>Ubiquiti airFiber5U</i>	70
Figura 34: Antena <i>Ubiquiti airFiber24</i>	72
Figura 35: Antena <i>Ubiquiti airFiber24HD</i>	73
Figura 36: Enrutador <i>Mikrotik CCR1036-12G-4S</i>	75
Figura 37: <i>Ubiquiti EdgePoint EP-S16</i>	76
Figura 38: Zona de cobertura del AP de Conex Telecom en Cerro Copey con el <i>airFiber5U</i>	79
Figura 39: Monitoreo de tráfico de datos entre desde el <i>airFiber24</i> hacia el cliente estudio 1	80
Figura 40: Monitoreo de tráfico de datos entre desde el cliente estudio 1 hacia el <i>airFiber5U</i>	80
Figura 41: Monitoreo de tráfico de datos entre desde el <i>airFiber5U</i> hacia el cliente estudio 2	81
Figura 42: Monitoreo de tráfico de datos entre desde el cliente estudio 2 hacia el <i>airFiber5U</i>	81
Figura 43: Ancho de banda percibido por el cliente final 1, tomado desde uno de sus equipos	82
Figura 44: Ancho de banda percibido por el cliente final 2, tomado desde uno de sus equipos	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Categoría de los Cables <i>UTP</i>	47
Tabla 2: Clasificación de Conectores para Fibra Óptica	53
Tabla 3: Inventario de Antenas ubicadas en la caseta de Conex Telecom, en Cerro Copey	62
Tabla 4: Inventario de Antenas con interconexión de enlaces punto Multipunto	63
Tabla 5: Características <i>Power Beam M5 400</i>	68
Tabla 6: Características <i>Switch CISCO WS-C3750G-24TS-1U</i>	69
Tabla 7: Características <i>airFiber5U</i>	71
Tabla 8: Características <i>airFiber 24</i>	72
Tabla 9: Características <i>airFiber 24HD</i>	74
Tabla 10: Características Enrutador <i>Mikrotik CCR1036-12G-4S</i>	76
Tabla 11: Características <i>Ubiquiti EdgePoint EP-S16</i>	77
Tabla 12: Costos de implementación del punto <i>WISP</i> en Cerro Copey para Conex Telecom	77
Tabla 13: Cronograma de actividades para la implementación del arreglo <i>WISP</i> en Cerro Copey	78



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA: TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PUNTO *WISP*,
PARA LA ATENUACIÓN DE LA INTERFERENCIA, EN
EL AP DE CONEX TELECOM EN EL CERRO COPEY
EDO. CARABOBO**

Autora: Decena, Florelys
Tutor: Ing. Centeno, José.
Fecha: Octubre 2019.

RESUMEN INFORMATIVO

La presente investigación se basa en el diseño e implementación de un punto *WISP* para la adecuación y mejora de los enlaces inalámbricos de la empresa Conex Telecom, específicamente aquellos activos en Cerro Copey, cuyos clientes han reportado con frecuencia averías, producto de vandalismo en la zona, falta de mantenimiento de los equipos y degradación del servicio consecuencia de la interferencia electromagnética presente en la caseta de comunicación. Con la finalidad de lograr el mejor desempeño de dicho sistema, se ha realizado el estudio de las condiciones actuales del *AP*, así como se han analizado diferentes *datasheet* y catálogos de equipos, a fin, de determinar el arreglo *WISP* adecuado para dar respuesta a la problemática planteada. Para la elaboración de las factibilidades técnicas se usó el programa *Link Planner* y *Google Earth*, así como también se hizo uso de la herramienta *Radio Mobile* para el cálculo del presupuesto de potencia y cobertura del enlace. Por último, se analizan los resultados obtenidos luego de la implementación del arreglo *WISP* y se demuestra la factibilidad del proyecto realizado, sugiriéndose la aplicación del mismo en los diferentes *AP's* que conforman la red de Conex Telecom a nivel nacional.

Descriptor: Antenas, arreglo *WISP*, Cerro Copey, Conex Telecom, inalámbrico, interferencia, telecomunicaciones.

INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones se han convertido en parte esencial de la vida de las personas, así como una herramienta de importancia fundamental para todas las esferas de la producción. Los sistemas de comunicación inalámbricos se caracterizan por la facilidad de despliegue de redes y la posibilidad de brindar conectividad confiable y accesible en lugares donde tradicionalmente sería difícil implementar una red cableada. Debido a esto, las conexiones inalámbricas se encuentran actualmente a la vanguardia de las investigaciones de las telecomunicaciones.

En los últimos años los residentes del Estado Carabobo han incrementado el consumo de servicios inalámbricos contratados a través de *ISP's* privados, no solo en las grandes y medianas empresas, sino también en el ámbito residencial debido a las continuas fallas del proveedor de servicios nacional CANTV, esto ha ocasionado que los puntos de acceso de la región se vean colapsados por la gran cantidad de quipos interconectados y que a medida que se incrementa la demanda, se ven sujetos a modificaciones y reemplazos sin considerar las normativas del ente rector CONATEL, ocasionando una gran interferencia electromagnética entre ellos y por supuesto, afectando los servicios de los proveedores vecinos.

Para CONEX TELECOM, C.A., el brindar un buen servicio de conexión inalámbrica es fundamental, sin embargo, el punto de acceso más importante de la empresa está ubicado en el Cerro Copey y en donde actualmente se presentan una cantidad de eventos que ha traído como consecuencia la degradación del servicio, ocasionando la desconexión parcial de este punto de acceso de la red, hasta tanto sea solventada la actual situación.

A razón de lo antes expuesto, este proyecto de investigación se basa en la búsqueda de un arreglo *WISP* que ayude a disminuir la RF presente en Cerro Copey, así mismo que simplifique la interconexión de los equipos, brindando facilidades de administración remota y que se adapte a las nuevas tecnologías, disminuyendo los costos operacionales y que garantice la pronta reactivación de tan importante *AP*.

Con apoyo de la Gerencia de Operaciones y Mesa de Control de Conex Telecom, se da inicio a la implementación del arreglo *WISP* acorde a la realidad evidenciada en Cerro Copey. Para ello hemos seguido una serie de pasos en los cuales se ha documentado cada actividad realizada, estas se han organizado de manera tal que conforman los 4 capítulos de la presente investigación, escritas de manera sencilla y de fácil comprensión para el público en general. A continuación, se describen a groso modo los capítulos que conforman nuestra investigación.

CAPÍTULO I: En este se brinda una vista general del lugar donde se realizaron las pasantías y la estructura organizativa de la Corporación Conex Telecom, haciendo énfasis en su reseña histórica, misión, visión y objetivos.

CAPÍTULO II: Define las razones por la que se efectúa la presente investigación y en donde se delimita el planteamiento del problema, sus objetivos, conjuntamente con la justificación de la misma, su alcance y limitaciones.

CAPÍTULO III: Determina los antecedentes y bases teóricas empleadas para generar una solución factible a la problemática planteada, además incluye la definición de términos básicos, el cual permitirá que personas externas al área comprendan el contenido del presente estudio con facilidad.

CAPÍTULO IV: Detalla la estructura empleada en nuestra investigación para encaminar la misma hasta ubicar la solución a la problemática planteada empleando procesos científicos, así como se delimita la población, muestra y técnicas de recolección de datos que sustentaron nuestro estudio y que tienen como objetivo fundamental probar la efectividad de nuestro proyecto

CAPÍTULO V: Muestra cómo se abordaron cada uno de los objetivos de nuestro informe final de pasantías, detallando el camino recorrido y con el cual se seleccionó el arreglo de antenas más idóneo para la resolución de la problemática planteada, así como el análisis de los resultados obtenidos luego se implementación.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1. NOMBRE Y UBICACIÓN DE LA EMPRESA

CORPORACIÓN CONEX TELECOM C.A.

La sede corporativa de Conex Telecom, se encuentra en la Torre Centro A1, en la Urbanización La Viña de la ciudad de Valencia Estado Carabobo, mientras que su oficina comercial y de atención al público, se ubican en la Avenida Henry Ford, dentro del Centro Comercial Paseo Las Industrias. Por último, tenemos que su sede operativa, funciona en la Zona Industrial El Recreo – vía Flor Amarillo, parcela 77, en el galpón de Cable Hogar.

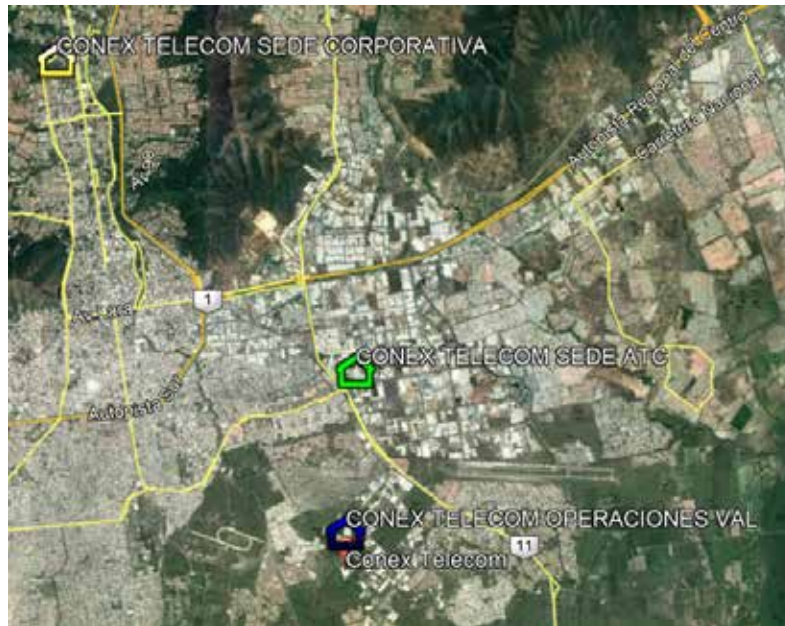


Figura 1: Ubicación Geográfica de las Sedes de Conex Telecom, C.A.
Fuente: Google Earth.

1.2. RESEÑA HISTÓRICA

CONEX TELECOM C.A., es fundada el 14 de Mayo de 2015 por el Ingeniero Edwin Julián Sierra, como un proveedor de servicios de internet dedicado (*ISP*) y transporte de datos en la región centro de Venezuela, destacada por ser una empresa de alta tecnología, orientada a proveer soluciones dinámicas de conectividad empresarial. La firma posee una red de fibra óptica propia con más de 1120 Km y su infraestructura se conecta directamente a los principales cables submarinos, así mismo, dispone de un equipo de trabajo altamente calificado quienes laboran 7x24x365 para monitorear y brindar soporte de manera eficiente a sus clientes. Actualmente se encuentra en miras de expansión de su área de cobertura, hacia la zona este y oeste del país.

1.3. MISIÓN

Ser un grupo reconocido de empresas del sector telecomunicaciones en Venezuela, que ofrezca soluciones y servicios integrales, con estándares mundiales de calidad, creando valor para la sociedad, así como, para sus empleados y accionistas.

1.4. VISIÓN

Transformación y evolución continua para satisfacer las necesidades de servicios de telecomunicaciones, conectividad e interconexión del sector empresarial y residencial, apoyados en una infraestructura tecnológica propia y de vanguardia, bien administrada y mantenida, con el recurso humano idóneo, estableciendo alianzas con socios estratégicos, para garantizar calidad de servicio, contribuyendo con el bienestar de la comunidad y el desarrollo del país.

1.5. VALORES DE LA EMPRESA

La promoción de valores en CONEX TELECOM C.A, es normativa para nuestras acciones y aptitudes en la búsqueda de resultados de excelencia continua. Se encuentran asociados a nuestro progreso integral, que se puede identificar claramente en la gestión de valores manifestados en: Honestidad, respeto y ética, calidad,

compromiso socio-ecológico y económico, dignidad y responsabilidad en el desempeño, honradez y equidad, discreción y lealtad, creatividad e iniciativa, espíritu de servicio y tenacidad, actualización e innovación profesional, productividad y mejora continua, trabajo en equipo.

1.6. ORGANIGRAMA

La Corporación Conex Telecom C.A., posee la siguiente estructura organizativa.

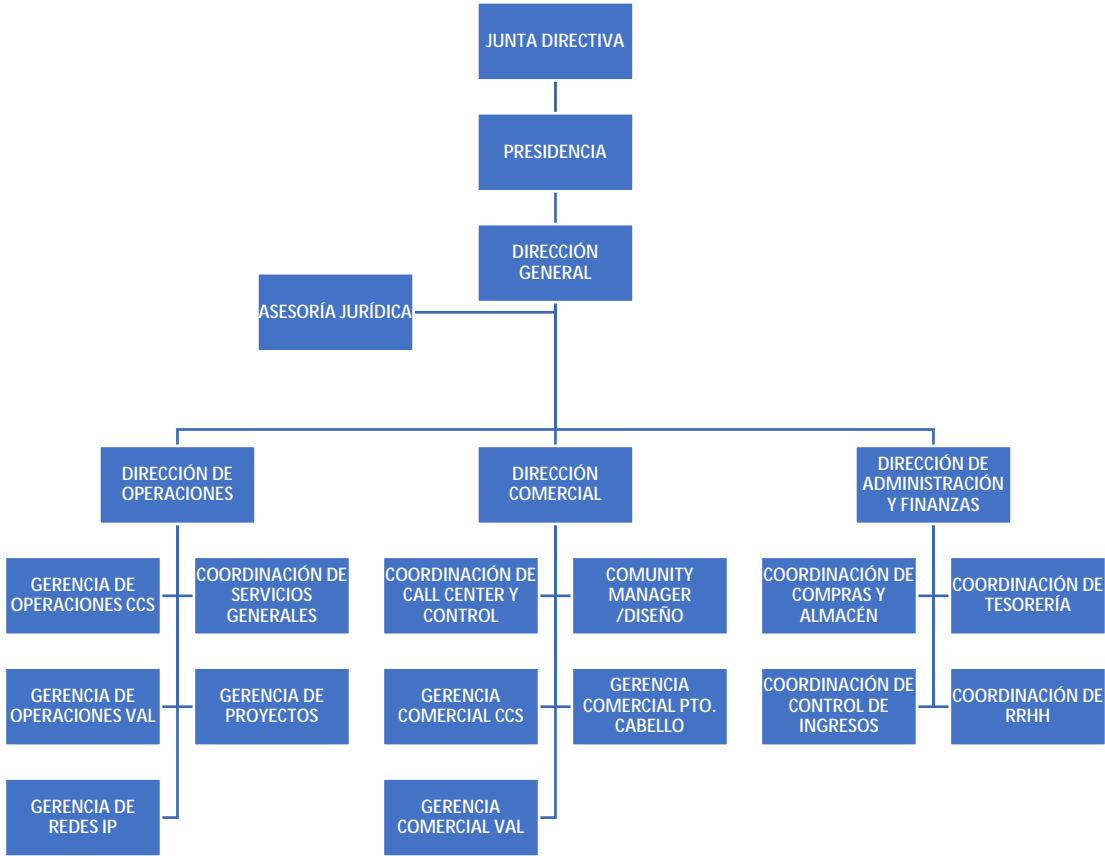


Figura 2: Organigrama Conex Telecom, C.A.
Fuente: Gerencia de Operaciones Conex Telecom, C.A.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Conex Telecom, brinda servicios de conexión a internet a clientes Pymes de la zona Centro de Venezuela, ofreciendo velocidades de navegación que van desde 20Mbps a 10Gbps, así mismo, ofrece transporte de datos conjuntamente con las empresas Dayco Host, Golddatta y Cybersis. Conex Telecom dispone de una gran red de fibra óptica y enlaces inalámbricos en los principales AP del centro del país, garantizando a sus clientes una conexión simétrica y con atención de eventos de manera inmediata.

Actualmente los clientes que poseen servicio de internet y/o transporte de datos a través de enlaces inalámbricos en el AP de Cerro Copey, han reportado continuas caídas en el servicio, esto producto del vandalismo en la zona y también por el alto nivel de interferencia existente, resultado de la cantidad de dispositivos conectados en el lugar. Lo anterior trae como consecuencia la afectación directa de los servicios que percibe el cliente, puesto que la conexión se torna lenta, presenta intermitencia o también ocurren periodos de inoperatividad mayores a 24 horas, debido a la logística que se debe implementar para la atención de la avería en esta zona de difícil acceso.

Por lo antes expuesto, se requiere implementar estrategias y/o herramientas tecnológicas que permitan disminuir los costos por mantenimiento y reposición de equipos, así mismo, que simplifiquen la red de comunicación para emplear el menor espacio posible en la caseta y, por último, que permita atenuar el nivel de interferencia existente en el AP de Cerro Copey garantizando la continuidad y estabilidad del servicio contratado por el cliente.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles estrategias y herramientas pueden aplicarse, para la atenuación de la interferencia, en el *AP* de Conex Telecom en el Cerro Copey Edo. Carabobo?

2.3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto ofrece a la empresa Conex Telecom la disminución de costos operacionales, reducción de la interferencia electromagnética en su cableado ayudando a mejorar el ancho de banda de los enlaces inalámbricos y por último brinda mejoras en los niveles de seguridad y escalabilidad de la red.

Con la implementación del presente estudio, se garantiza a los clientes interconectados al *AP* de Cerro Copey, estabilidad en el servicio contratado garantizando la entrega del ancho de banda de manera simétrica y tomando en cuenta de manera previsiva, la posibilidad de incrementar dichas capacidades que le permitan una mejor experiencia de navegación a futuro. Por último, se han de mostrar los resultados obtenidos luego de la implementación del arreglo *WISP*, con la intención de demostrar la factibilidad del diseño seleccionado y que pueda ser considerado para futuras aplicaciones en los *AP*'s restantes de CONEX TELECOM a nivel nacional.

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. Objetivo General

Implementar un punto *WISP*, que atenúe la interferencia en el *AP* de Conex Telecom en el Cerro Copey Edo. Carabobo.

2.4.2. Objetivos Específicos

Diagnosticar las condiciones actuales del *AP* de Conex Telecom en el Cerro Copey.

Diseñar un punto de control *WISP*, que permita atenuar la interferencia en el *AP* bajo estudio, disminuyendo los costos operacionales de la empresa.

Programar la instalación del arreglo *WISP*, en el *AP* de Conex Telecom.

Evaluar los resultados obtenidos en los indicadores de calidad de los enlaces inalámbricos, luego de la implementación del punto *WISP* en el *AP* de Cerro Copey.

2.5. ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente proyecto analiza los resultados obtenidos luego de la implementación del arreglo *WISP* seleccionado y cuyo diseño se ajusta a la situación geográfica de la ciudad de Valencia Estado Carabobo y en donde se consideran las diferentes distancias a las cuales se puede brindar servicio de internet a través de enlaces inalámbricos con origen en Cerro Copey, para la empresa Conex Telecom.

2.6. LIMITACIONES

La principal y mayor limitación para la ejecución del presente proyecto ha sido de carácter logístico y de transporte, dado que la única vía de acceso a Cerro Copey solo permite el paso a vehículos de doble tracción, adicionalmente para el momento de la elaboración de la investigación de campo, la zona se veía afectada por variaciones climáticas generadas por continuas vaguadas, lo que dificultaba aún más trasladarse al *AP* en cuestión, así como realizar las actividades inherentes en las torres de Cerro Copey.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

El capítulo que a continuación se desarrolla, comprende una revisión de los trabajos de investigación realizados previamente por diferentes autores y que guardan similitud con el problema planteado en nuestro estudio. Así mismo, se presentan los fundamentos teóricos que sustentan nuestro proyecto, conjuntamente con la definición de términos básicos que funcionará como guía para un mejor entendimiento del contenido de nuestro estudio.

3.1. ANTECEDENTES

Primeramente, tenemos a Caisaguano Pérez, Patricio Germánico (2018), quien presentó el trabajo de investigación: “*Diseño y Simulación de un WISP Wireless Internet Service Provider para la Ciudad de Pedernales en Manabí Ecuador*”, donde el autor haciendo uso de programas de simulación realiza el estudio del diseño de un punto WISP, analizando el equipamiento necesario, el área de cobertura y los niveles de señal idóneos para garantizar la calidad del servicio inalámbrico, así como la estimación de los costos relacionados.

Uno de los puntos a considerar para solventar la problemática de nuestro proyecto, es la disminución de costos, no solo por el valor de reposición de los equipos que reposan en la caseta de comunicación de Cerro Copey, sino también, por el costo de mantenimiento y logística inherentes en el traslado del personal hasta el AP y que requiere del contrato de vehículos de doble tracción, así como el pago de horas extras debido a la distancia geográfica entre el AP y la sede de operaciones, ocasionando jornadas laborales extendidas por más de 8 horas, si la avería así lo amerita.

Seguidamente nos encontramos con el trabajo de especialización de Reicino Prieto, Carlos Rafael (2017), titulado: “*Implementación de Arreglos de Antenas Multibanda para la Quinta Generación Móvil*”, en este estudio se evidencia la necesidad de emplear la banda multimétrica como nueva frontera del espectro y el empleo de sistemas de antenas inteligentes motivado a ofrecer una mayor eficiencia, y mejor comportamiento de los elementos que componen los arreglos de antenas, así mismo y como resultado de dicha investigación, se identifican los parámetros fundamentales de antenas y su diseño con características multibandas.

El trabajo de este autor nos brinda una visión de lo que a futuro podemos requerir en nuestro sistema de comunicación inalámbrico y en donde hace énfasis en la implementación de antenas inteligentes, las cuales ofrecen la posibilidad de interactuar en un espectro más amplio y que garantice la disponibilidad de frecuencias limpias.

Con el estudio de este tipo de arreglos y las características de las antenas involucradas, podremos determinar los instrumentos más acordes para la implementación de nuestro punto *WISP* y que adicionalmente nos proporcionará la función de administración y mantenimiento de manera remota, así como también prescindir del uso de otros equipos en la caseta de comunicaciones, puesto que dichas antenas inteligentes disponen de la función de enrutamiento y *backhaul*.

Seguidamente se tiene el trabajo de grado de Soriano y Tomalá (2016), que lleva por nombre: “*Diseño de un Nodo ISP Inalámbrico de Banda Ancha para la Comuna El Azúcar del Cantón Santa Elena*”, en él se realiza un análisis del lugar donde se implementaría el nodo *WISP*, para establecer los puntos estratégicos donde se colocará la estación base y posibles clientes, con estos datos y con las características técnicas de los equipos de transmisión y recepción se realizó la simulación de un enlace punto multipunto y en donde se demuestra que el enlace está libre de obstáculos o factores que afecten la comunicación, adicionalmente se realiza la factibilidad técnica y financiera para demostrar la viabilidad del proyecto.

Este trabajo de grado en líneas generales es muy similar a nuestro proyecto, ya que se realiza el estudio de las condiciones geográficas del AP y el espacio que lo rodea empleando programas de simulación y estimación digital, de manera que se garantice un excelente servicio en su zona de cobertura, así mismo los autores hacen referencia en su estudio a las condiciones robustas que deben tener los equipos involucrados en la operatividad del punto WISP y que deben proveer protección contra las descargas electrostáticas y las interferencias electromagnéticas, las cuales son el segundo factor más importante a intervenir en nuestro proyecto de investigación y que garantizará la factibilidad del mismo.

Por último está la investigación realizada por Vásquez y Corcio (2015), cuyo trabajo se titula: *“Estimación de la Ampliación del Acceso Inalámbrico en Base a Estaciones Punto Multipunto AIRMAX UBIQUITI NETWORKS Pertenecientes a la Red del Proveedor de Servicios Grupo PRIVADO DEL NORTE S.A.C”*, en este estudio se evalúan los *datasheet*, catálogos y folletos de los equipos *AirMax Ubiquiti Networks* y en donde se considera migrar los sistemas de comunicación punto a punto, a un sistema de comunicación punto a multipunto, realizando las estimaciones de la nueva área de acceso, logrando estimar las posibles zonas expuestas a degradación del servicio.

El trabajo anteriormente mencionado guarda relación con nuestro estudio, dado que en él se analizan las características técnicas que poseen los equipos del fabricante *Ubiquiti* y que adicionalmente se considera migrar los enlaces punto a punto, a sistemas de comunicaciones punto a multipunto, lo que sin duda ayuda a la reducción de antenas que se instalarán en la torre de nuestro AP en Cerro Copey.

Por último, este trabajo hace mención al nuevo análisis de las zonas expuestas a degradación del servicio y que con ello podremos determinar el nuevo rango de atención que podrá brindar *Conex Telecom* a sus clientes, cercanos a dicho AP. Al igual que todos los autores anteriormente citados, el uso de software de simulación y estimación digital, serán las herramientas primordiales para determinar la factibilidad de nuestro proyecto antes de su respectiva implementación.

3.2. BASES TEÓRICAS

3.2.1. ONDAS

Propagación De Ondas

La propagación de ondas se refiere a la propagación de ondas electromagnéticas en el espacio libre. Aunque el espacio libre realmente implica en el vacío, con frecuencia la propagación por la atmósfera terrestre se llama propagación por el espacio libre y se puede considerar siempre así. La principal diferencia es que la atmósfera de la tierra introduce pérdidas de la señal que no se encuentran en el vacío.

Las ondas electromagnéticas se propagan a través de cualquier material dieléctrico incluyendo el aire, pero no se propagan bien a través de conductores con pérdidas como el agua de mar ya que los campos eléctricos hacen que fluyan corrientes en el material disipando con rapidez la energía de las ondas. Las ondas de radio se propagan por la atmósfera terrestre con energía transmitida por la fuente, posteriormente la energía se recibe del lado de la antena receptora. La radiación y la captura de esta energía son funciones de las antenas y de la distancia entre ellas.

Frente de Onda

Las ondas electromagnéticas no son visibles al ojo humano y se debe de analizar con métodos indirectos mediante esquemas. Los conceptos de rayos y frentes de onda son auxiliares para ilustrar los efectos de propagación de las ondas electromagnéticas a través del espacio libre. Un rayo se considera como una línea trazada a lo largo de la dirección de propagación de una onda electromagnética. Estos rayos son utilizados para mostrar la dirección relativa de la propagación de la onda electromagnética, pero esto no indica que se refiere a la propagación de una sola onda electromagnética. Un frente de onda representa una superficie de ondas electromagnéticas de fase constante. El frente de onda es formado cuando se unen los puntos de igual fase en rayos que se propagan desde la misma fuente.

Frente de Onda Plano

Un frente de onda plana representa superficies con fase constante, que pueden visualizarse como planos paralelos de amplitud constante normales al vector velocidad de fase. Un frente de onda con una superficie que es perpendicular a la dirección de propagación, cuando una superficie es plana, su frente de onda es perpendicular a la dirección de propagación, en cuanto más cerca está el frente de la fuente, el frente de onda se vuelve más complicado.

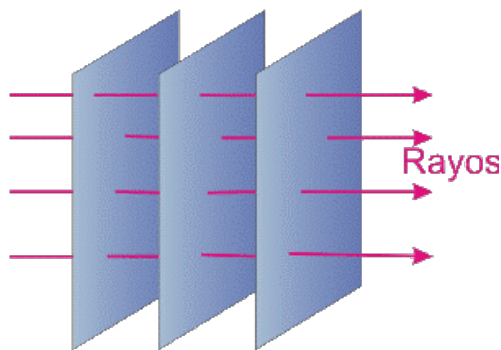


Figura 3: Frentes de Ondas Planos.

Fuente: <http://350davidg.blogspot.com/2010/11/ondas-mecanicas.html>

Frente de Onda Esférico

Para generar un frente de onda esférico, se necesita un radiador isotrópico que irradie en todas direcciones, en la realidad no existen radiadores isotrópicos, pero se puede aproximar al radiador de una antena omnidireccional, el cual es capaz de producir un frente de onda esférico con radio R . Todos los puntos que se encuentran a una distancia R , se encuentran en la superficie de la esfera y cuentan con la misma densidad de potencia. En cualquier otro momento, la potencia irradiada, se encuentra uniformemente distribuida sobre la superficie total de la esfera, donde se considera que el medio de transmisión no tiene pérdidas.

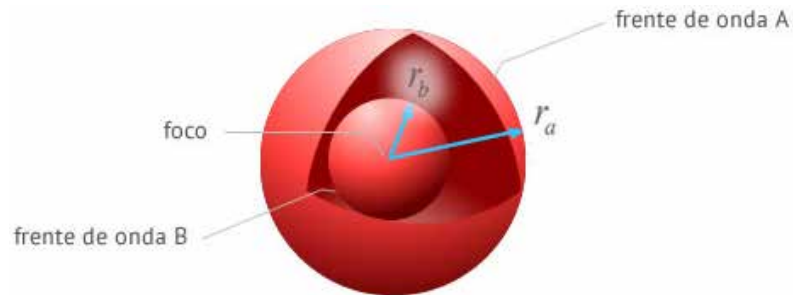


Figura 4: Frente de Onda Esférico.

Fuente: <http://350davidg.blogspot.com/2010/11/ondas-mecanicas.html>

Zona de Fresnel

La zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración además de haber una visibilidad directa entre las dos antenas. Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de intensidad de señal recibido. Debiendo considerar la curvatura de la tierra “K”, que generalmente puede tomar valores de $K=2/3$ y $K=4/3$.

Una zona de Fresnel es uno de los elipsoides de revolución concéntricos teóricamente infinitos que definen volúmenes en el patrón de radiación de la abertura circular. Fresnel divide el resultado en zonas de la difracción por la abertura circular. La sección transversal de la primera zona de Fresnel es circular. Las zonas subsiguientes de Fresnel son anulares en la sección transversal, y concéntricas con las primeras. El concepto de las zonas de Fresnel se puede también utilizar para analizar interferencia por obstáculos cerca de la trayectoria de una antena de radio. Esta zona se debe determinar primero, para mantenerla libre de obstrucciones.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del valor de K (curvatura de la tierra) considerando que para un $K=4/3$ la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con $K=2/3$ se debe tener despejado el 60% de la

primera zona de Fresnel. Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de RF, que es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora. El radio de la sección transversal de la primera zona de Fresnel tiene su máximo en el centro del enlace. En este punto, el radio r se puede calcular como sigue:

$$F_1(m) = 17.32 \sqrt{r_1(km)}$$

Donde

L_{fs} = Pérdida en el espacio libre

r = Distancia entre antenas

f = Frecuencia operacional

G_T = Ganacia de la antena transmisora

G_R = Ganacia de la antena receptora

Margen de Desvanecimiento

Se define como una pérdida adicional que se debe tomar en cuenta en las ya consideradas pérdidas de transmisión. En el margen de desvanecimiento se están considerando las pérdidas intermitentes en la intensidad de la señal provocadas por perturbaciones meteorológicas, como la lluvia, nieve, trayectos múltiples de transmisión y por la superficie irregular de la tierra que afecta la propagación de las ondas electromagnéticas.

El margen de desvanecimiento se incluye en la ecuación de ganancia del sistema para considerar características no ideales y no tan predecibles en la propagación de ondas de radio. Además, el margen de desvanecimiento nos permite tener en cuenta los objetivos de confiabilidad del sistema.

$$Fm = 30\log(d) + 10\log(6 A B f) - 10\log(1 - R) - 70$$

Donde

Fm = Margen de desvanecimiento en dB

$1 - R = 0.0001$ objetivo de confiabilidad del enlace

d = Distancia del transmisor al objetivo en kilómetros

A = Factor de rugosidad

4 Terreno es plano o agua

1 Terreno promedio

0.25 Terreno rugoso

B = Factor climático

0.5 Zonas calientes y húmedas

0.25 Zonas intermedias

0.125 Zonas montañosas o secas

$f = \text{Frecuencia en G z}$

Presupuesto de Potencia

Un presupuesto de potencia define como el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor o fuente de la señal que emite la onda electromagnética, a través de cables, conectores o el espacio libre hacia el receptor. Para elegir el equipamiento adecuado es necesario realizar el presupuesto de potencia

$$P_{RX} = EIRP \quad Al_{TX} \quad Ls + G_{RX} \quad Al_{RX}$$

Donde:

$P_{RX} = \text{Potencia de entrada en el receptor}$

$EIRP = \text{Potencia radiada por la antena transmisora}$

$Al_{TX} = \text{Atenuación del cable de bajada en el transmisor}$

$Ls = \text{Pérdida en el espacio libre}$

$G_{RX} = \text{Ganancia de la antena receptora}$

$Al_{RX} = \text{Atenuación del cable de bajada en el receptor}$

Atenuación

El campo electromagnético continuo se dispersa a medida que el frente de onda se aleja de la fuente, cabe destacar que no se pierde ni se disipa nada de la potencia irradiada por la fuente a medida que el frente de onda se aleja, sino que el frente se extiende cada vez más sobre un área mayor lo que hace una pérdida de potencia que se suele llamar atenuación de la onda. La atenuación de la onda se debe a la dispersión esférica de la onda, a veces se le llama atenuación espacial de la onda.

La atenuación de señal es ocasionada por los componentes de medios pasivos, tales como cables, empalmes de cables y conectores. A pesar de que la atenuación de señal es significativamente menor para la fibra óptica que para otros medios, todavía ocurre tanto en transmisiones de modo múltiple como de modo único.

Absorción

Es el fenómeno por el cual la intensidad de la onda electromagnética disminuye debido a los efectos disipativos del medio de propagación que provocan la reducción de la energía que transporta. A medida que nos alejamos del foco la amplitud de la onda disminuye de forma más pronunciada a lo que predice la atenuación.

En la figura 6 aparece representado en rojo la línea que une los valores de elongación máxima real que alcanza la onda según su distancia al foco. En verde se representa el valor teórico que se alcanzaría si atendiéramos exclusivamente a los efectos de la atenuación. La diferencia entre el valor real y el valor esperado se explica por el fenómeno de la absorción.

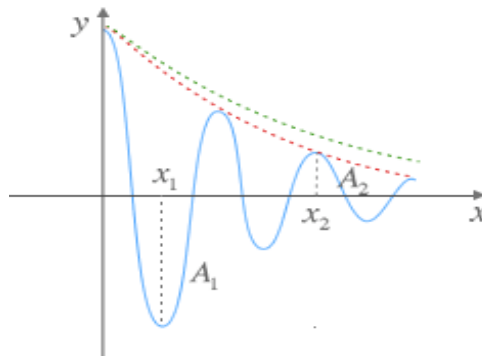


Figura 6: Niveles De Absorción de Las Ondas Electromagnéticas.
Fuente: <https://www.fisicalab.com/apartado/amortiguacion#contenidos>

La medida en que una onda es absorbida en la atmósfera por sus distintas partículas depende de su frecuencia, y es relativamente insignificante a menos de unos 10 GHz. Así también la absorción de una onda depende del medio en el que se propague. Las pérdidas por absorción no dependen de la distancia a la fuente de radiación, sino más bien a la distancia total que la onda se propaga a través de la atmósfera, es decir, cuando la onda se propaga a través de un medio homogéneo y cuyas propiedades son uniformes, las pérdidas por absorción en el primer kilómetro de propagación son las mismas que en el último kilómetro.

En caso de contar con lluvias intensas y neblina densa, las ondas electromagnéticas tienden a ser absorbidas en mayor proporción que cuando se encuentran en una atmósfera normal. En la figura 7 se tiene la absorción en decibeles por kilómetro de una onda electromagnética en frecuencias de los 10 a 200 GHz cuando se propaga en oxígeno y vapor de agua.

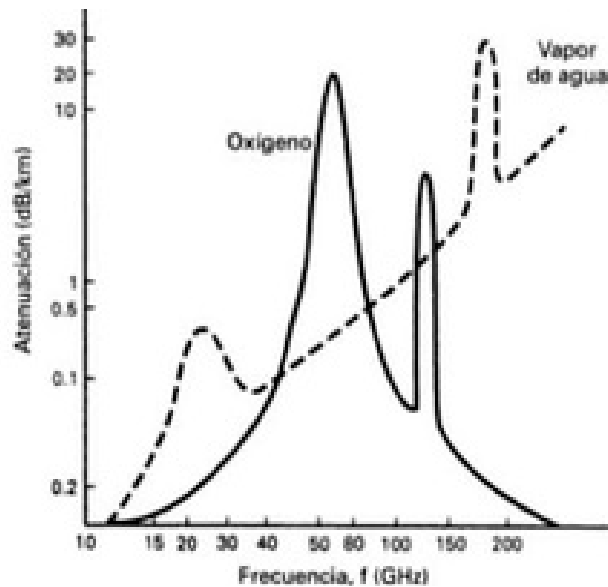


Figura 7: Absorción Atmosférica de las Ondas Electromagnéticas.

Fuente: <http://propagaciondeondascom1.blogspot.com/2012/11/atenuacion-y-absorcion-de-ondas.html>

Propagación Terrestre De Las Ondas Electromagnéticas

Las ondas terrestres son todas las ondas electromagnéticas que viajan dentro de la atmósfera terrestre, así también, las comunicaciones entre dos o más puntos de la tierra son llamadas radiocomunicaciones. Las ondas terrestres se ven influidas por la atmósfera y por la tierra misma. Las radiocomunicaciones terrestres se pueden propagar de distintas formas y estas formas dependen de la clase de sistema y del ambiente, las ondas terrestres tienden a viajar en línea recta, pero tanto la tierra como la atmósfera pueden alterar su trayectoria.

Existen tres formas de propagación de ondas electromagnéticas dentro de la atmósfera que corresponden a las ondas terrestres, ondas espaciales y ondas celestes o ionosféricas. Cuando las ondas viajan directamente del transmisor al receptor se le llama transmisión de línea de vista (LOS-Line of Sight).

Las ondas terrestres son las ondas que viajan por la superficie de la tierra, estas deben de estar polarizadas verticalmente debido a que el campo eléctrico en una onda polarizada horizontalmente sería paralelo a la superficie de la tierra y se pondría en corto por la conductividad del suelo. En las ondas terrestres el campo eléctrico variable induce voltajes en la superficie terrestre que hacen circular corrientes muy parecidas a las de una línea de transmisión. Las ondas espaciales corresponden a la energía irradiada que viaja en los kilómetros inferiores de la atmosfera terrestre. Las ondas espaciales son todas las ondas directas y reflejadas en el suelo.

Las ondas directas viajan esencialmente en línea recta de la antena transmisora a la receptora. Esta transmisión se le llama transmisión de línea de vista. Esta transmisión se encuentra limitada principalmente por la curvatura de la tierra. La curvatura de la tierra presenta un horizonte en la propagación de las ondas espaciales, que se suele llamar el horizonte de radio. Este horizonte se encuentra más lejano que el horizonte óptico para la atmosfera común.

Las ondas celestes son las que se dirigen hacia la Atmósfera y se reflejan en la zona ionizada de la misma (capa Heaviside) volviendo nuevamente a la Tierra, son ondas hectométricas (OC) de 300 KHz. a 30 MHz. y que constituyen las llamadas ondas de alta frecuencia, propagándose por la superficie llegan a unos 644 kilómetros, pero reflejadas a unos 12874,7 kilómetros. Las bajas frecuencias u ondas milimétricas de 3 a 30 KHz. llegan a grandes distancias por reflexión, pero su alcance es muy limitado por propagación directa.

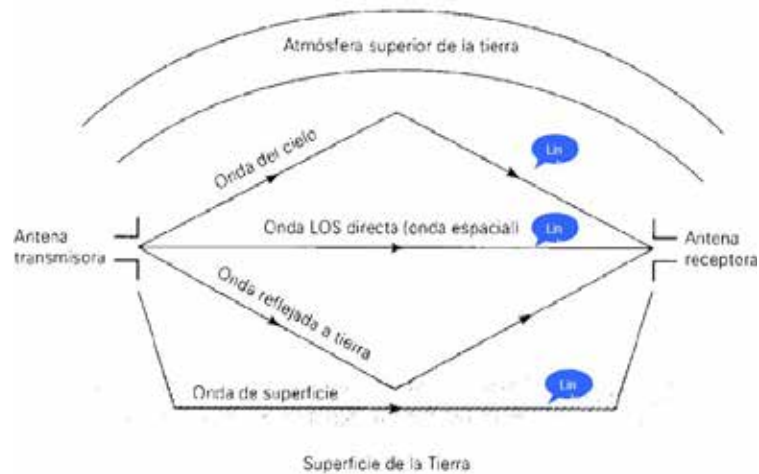


Figura 8: Proceso de Propagación de Ondas.
Fuente: <https://slideplayer.es/slide/138879/>

Propiedades de las Ondas de Radio

Las ondas de radio son conocidas generalmente también como radiación electromagnética, tiene una longitud de onda mayor que la luz visible. En comparación, la luz visible tiene longitudes de onda en el rango de 400 a 700 nanómetros, aproximadamente 5 000 menos que la longitud de onda de las ondas de radio. Oscilan en frecuencias entre unos cuantos kilohertz (kHz) y unos cuantos terahertz (THz).

Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material para propagarse. Así, estas ondas pueden atravesar el espacio interplanetario e interestelar y llegar a la Tierra desde el Sol y las estrellas. Independientemente de su frecuencia y longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a la velocidad de la luz $C=299.792 \text{ km/s}$.

Todas las radiaciones del espectro electromagnético presentan las propiedades típicas del movimiento ondulatorio, como la difracción y la interferencia. Las longitudes de onda van desde billonésimas de metro hasta muchos kilómetros. La longitud de onda “ λ ” y la frecuencia “ f ” de las ondas electromagnéticas, relacionadas

* $f=C/\lambda$ son importantes para determinar su energía, su visibilidad, su poder de penetración y otras características.

Reflexión y Refracción

Si un rayo de luz que se propaga a través de un medio homogéneo incide sobre la superficie de un segundo medio homogéneo, parte de la luz es reflejada y parte entra como rayo refractado en el segundo medio, donde puede o no ser absorbido. La cantidad de luz reflejada depende de la relación entre los índices de refracción de ambos medios. El plano de incidencia se define como el plano formado por el rayo incidente y la normal (es decir, la línea perpendicular a la superficie del medio) en el punto de incidencia. El ángulo de incidencia es el ángulo entre el rayo incidente y la normal. Los ángulos de reflexión y refracción se definen de modo análogo.

Las leyes de la reflexión afirman que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, y que el rayo incidente, el rayo reflejado y la normal en el punto de incidencia se encuentran en un mismo plano. Si la superficie del segundo medio es lisa, puede actuar como un espejo y producir una imagen reflejada.

Difracción

Es el fenómeno del movimiento ondulatorio en el que una onda de cualquier tipo se extiende después de pasar junto al borde de un objeto sólido o atravesar una rendija estrecha, en lugar de seguir avanzando en línea recta. La expansión de la luz por la difracción produce una borrosidad que limita la capacidad de aumento útil de un microscopio o telescopio, por ejemplo, los detalles menores de media milésima de milímetro no pueden verse en la mayoría de los microscopios ópticos. Sólo un microscopio óptico de barrido de campo cercano puede superar el límite de la difracción y visualizar detalles ligeramente menores que la longitud de onda de la luz.

Superposición e Interferencia

Es el efecto que se produce cuando dos o más ondas se solapan o entrecruzan. Cuando las ondas interfieren entre sí, la amplitud (intensidad o tamaño) de la onda resultante depende de las frecuencias, fases relativas (posiciones relativas de crestas y valles) y amplitudes de las ondas iniciales.

Por ejemplo, la interferencia constructiva se produce en los puntos en que dos ondas de la misma frecuencia que se solapan o entrecruzan están en fase, es decir, cuando las crestas y los valles de ambas ondas coinciden. En ese caso, las dos ondas se refuerzan mutuamente y forman una onda cuya amplitud es igual a la suma de las amplitudes individuales de las ondas originales. La interferencia destructiva se produce cuando dos ondas de la misma frecuencia están completamente desfasadas una respecto a la otra, es decir, cuando la cresta de una onda coincide con el valle de otra.

3.2.2. REDES INALÁMBRICAS

Para Salazar, Jordi (2016), “son redes que utilizan ondas de radio para conectar los dispositivos, sin la necesidad de utilizar cables de ningún tipo.” (p.6). La infraestructura inalámbrica puede ser construida a muy bajo costo en comparación con las alternativas cableadas, permitiendo a los dispositivos conectarse de manera remota y sin dificultad, independientemente de la distancia que los separa.

Clasificación De Las Redes Inalámbricas

Redes Inalámbricas De Área Personal (WPAN)

Las redes inalámbricas de área personal se basan en el estándar *IEEE 802.15*. Las redes inalámbricas permiten la comunicación en un rango de distancias muy corto, unos 10 metros. A diferencia de otras redes inalámbricas, una conexión realizada a través de una WPAN implica, por lo general, poca o ninguna infraestructura o conectividad directa fuera del enlace establecido.

Esto permite soluciones pequeñas, eficientes en energía y de bajo coste que pueden ser implementadas en una amplia gama de dispositivos, como por ejemplo teléfonos inteligentes, entre otros. Este tipo de redes se caracterizan por su bajo consumo de energía y también una baja velocidad de transmisión. Se basan en tecnologías como *Bluetooth*, *IrDA*, *ZigBee* o *UWB*.

Redes Inalámbricas De Área Local (WLAN)

Las redes inalámbricas de área local (*WLAN*) están diseñadas para proporcionar acceso inalámbrico en zonas con un rango típico de hasta 100 metros y se utilizan sobre todo en el hogar, la escuela, una sala de ordenadores, o entornos de oficina. Esto proporciona a los usuarios la capacidad de moverse dentro de un área de cobertura local y permanecer conectado a la red. Las *WLAN* se basan en el estándar 802.11 del *IEEE* y son comercializadas bajo la marca *Wi-Fi*.

Redes Inalámbricas De Área Metropolitana (WMAN)

Las redes inalámbricas de área metropolitana (*WMAN*) forman el tercer grupo de redes inalámbricas. Las *WMAN* se basan en el estándar *IEEE* 802.16, a menudo denominado *WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)*. *WiMAX* es una tecnología de comunicaciones con arquitectura punto a multipunto orientada a proporcionar una alta velocidad de transmisión de datos a través de redes inalámbricas de área metropolitana. Esto permite que las redes inalámbricas *LAN* más pequeñas puedan ser interconectadas por *WiMAX* creando una gran *WMAN*.

WiMAX es similar a *Wi-Fi*, pero proporciona cobertura a distancias mayores. Mientras que *Wi-Fi* está destinado a proporcionar cobertura en áreas relativamente pequeñas, como en oficinas, *WiMAX* opera en dos bandas de frecuencia, una mezcla de banda con licencia y banda sin licencia, de 2 GHz a 11 GHz y de 10 GHz a 66 GHz, pudiendo alcanzar velocidades de transmisión próximas a 70 Mbps en una distancia de 50 km a miles de usuarios desde una única estación base.

Al poder operar en dos bandas de frecuencia, *WiMAX* puede trabajar con y sin línea de visión directa. En el rango de frecuencias de 2 a 11GHz se trabaja sin línea de visión directa, donde un equipo dentro de un edificio se comunica con una antena exterior del edificio. Las transmisiones a baja frecuencia no son fácilmente perturbadas por obstáculos físicos. Por el contrario, las transmisiones a mayor frecuencia se utilizan en aplicaciones con línea de visión directa. Esto permite a las antenas poder comunicarse entre sí en distancias mayores.

Redes Inalámbricas De Área Amplia (WWAN)

Las redes inalámbricas de área amplia se extienden más allá de los 50 kilómetros y suelen utilizar frecuencias con licencia. Este tipo de redes se pueden mantener en grandes áreas, tales como ciudades o países, a través de los múltiples sistemas de satélites o ubicaciones con antena atendidos por un proveedor de servicios de Internet. Existen principalmente dos tecnologías disponibles: la telefonía móvil y los satélites.

Topología De Las Redes Inalámbricas

Existen dos modos para configurar la arquitectura de una red inalámbrica: En el modo Ad Hoc, los dispositivos transmiten directamente punto a punto, mientras que en el modo infraestructura, los dispositivos se comunican a través de un punto de acceso que sirve de puente a otras redes.

Ad Hoc

En el modo Ad Hoc todos los dispositivos de la red inalámbrica se comunican entre sí, en el modo de comunicación punto a punto. La red no tiene ninguna estructura o puntos fijos. No se requiere ningún punto de acceso para la comunicación entre dispositivos. Es el más adecuado para un pequeño grupo de dispositivos que se encuentren presentes físicamente en estrecha proximidad. El rendimiento de la red sufre si el número de dispositivos aumenta. En este modo, las desconexiones al azar de dispositivos pueden ocurrir con frecuencia. Sin embargo, funciona bien en un entorno pequeño siendo la forma más fácil y menos costosa de configurar una red inalámbrica.

Infraestructura

En este modo, todos los dispositivos están conectados a la red inalámbrica con la ayuda de un punto de acceso (AP). Los puntos de acceso inalámbricos son generalmente *routers* o *switches* que pasan los datos de la red inalámbrica a datos en una *Ethernet* cableada, actuando como un puente entre la *LAN* cableada y los dispositivos inalámbricos.

La conexión de varios puntos de acceso a través de una red troncal *Ethernet* por cable puede extender aún más la cobertura de la red inalámbrica permitiendo que un dispositivo móvil se salga fuera del rango de cobertura de un punto de acceso y entre en el rango de otro. Consecuentemente, los clientes inalámbricos pueden moverse libremente del dominio de un punto de acceso a otro y seguir manteniendo la conexión de red sin cortes.

3.2.3. SISTEMAS DE ENLACE INALÁMBRICO

Multiplexación Por División De Longitud De Onda (*WDM*)

Esta técnica de Multiplexación *WDM* permite aumentar de una forma económica la capacidad de transporte de información de las redes ópticas existentes mediante el envío simultáneo de diferentes longitudes de onda a través de una única fibra dentro de la banda espectral que abarca desde los 1300nm a 1600nm.

De manera similar a otras formas de multicanalización, *WDM* requiere que cada longitud de onda sea debidamente espaciada de las demás, con el objeto de evitar la interferencia intercanal. Mediante esta técnica, se pueden transmitir señales de diferentes velocidades y formatos. Una de las principales ventajas de los sistemas *WDM* es su modularidad, que permite añadir nuevos canales ópticos al sistema de forma flexible en función de la demanda de los usuarios.

Adicionalmente, las labores de gestión y enrutamiento de la red tienden a realizarse completamente en el dominio óptico, lo que les proporcionará mayores velocidades y gran flexibilidad. El estándar de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (*UIT*) define la distribución de longitudes de onda permitidas dentro de la ventana que va desde los 1525nm hasta los 1565nm tal y como se muestra en la figura 9. Así, el espaciado entre dos de estas longitudes de onda permitidas puede ser de 200GHz (1,6nm), 100GHz (0,8nm), o incluso menos. La técnica *WDM* se considera "densa" (*DWDM*) cuando este espaciado es de 100GHz o inferior.

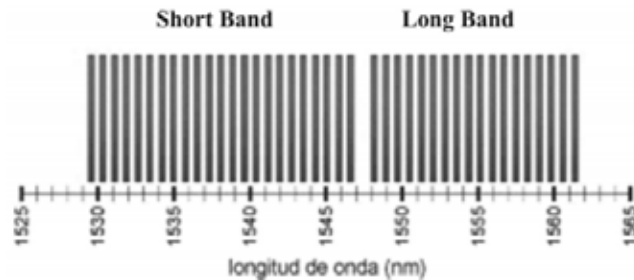


Figura 9: Distribución de Longitud de Onda Estándar de la UIT.

Fuente: http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigaciones/adjuntos/pdf/eb75_n1806.pdf

Equipos en un Sistema WDM

Un sistema WDM como el de la figura 10, igual que todos los sistemas de comunicación, se compone de transmisor, receptor, medio de transmisión, y equipos de amplificación, los cuales para este caso en particular son el Láser, el fotodetector, la fibra óptica y el amplificador óptico respectivamente, además, cuenta con multiplexor y demultiplexor, que son los elementos característicos de este tipo de sistemas. A continuación, se describen cada uno de estos elementos.

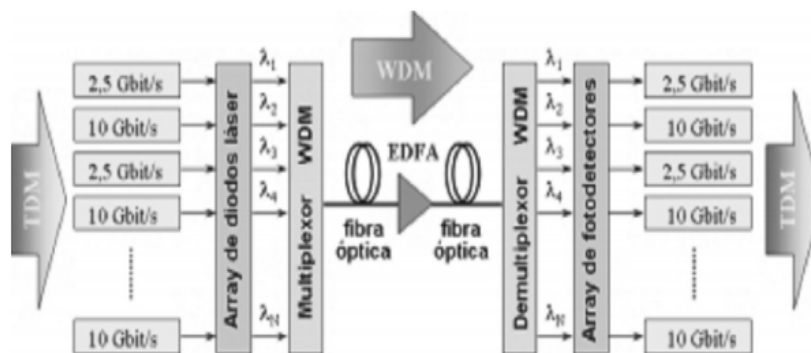


Figura 10: Equipos de un Sistema WDM.

Fuente: http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigaciones/adjuntos/pdf/eb75_n1806.pdf

Láser: Un láser es esencialmente, un amplificador óptico encerrado en una cavidad, que produce oscilación por realimentación reflectiva. El láser semiconductor usa semiconductores como medio de ganancia, mientras que los láseres de fibra usan fibras ópticas dopadas con Erblio (*EDFA*) como medio de ganancia. Ambos tipos de láser pueden alcanzar altas potencias de salida de entre 0 y 10dBm.

Fotodetector: El fotodetector es un dispositivo que genera una corriente eléctrica proporcional a la potencia óptica incidente. Los fotodetectores usados típicamente en comunicaciones ópticas son los fotodiodos, los cuales pueden ser fotodiodos PIN (tipo p-tipo n-intrínseco) o Fotodiodos de avalancha (APD). Actualmente se desarrollan investigaciones en la aplicación del fototransistor para este tipo de desarrollos.

Multiplexor y Demultiplexor: Los multiplexores son elementos capaces de unir las diferentes señales que llegan a un determinado punto para transmitir las a través de una única fibra, los demultiplexores las separan, lo anterior permite que todas ellas circulen por un mismo soporte físico (filamento de fibra), donde cada una recorre trayectorias diferentes.

Antenas

Según los autores Carrasco, Chaile, Frenzel, Monachesi y Gómez (2011), “Una antena es un dispositivo metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas del espacio. En los circuitos transmisores y receptores de radio, se producen corrientes y tensiones eléctricas de altas frecuencias y asociadas a ellas se encuentran las ondas electromagnéticas. Para viajar por el espacio esas señales eléctricas deben acoplarse primero al mismo. Esta es la función de la antena: adaptar campos electromagnéticos entre distintos medios de conducción. Por ello concebimos una antena, como un dispositivo encargado de convertir ondas electromagnéticas "conducidas" por una línea de transmisión o guía de ondas, en ondas que pueden propagarse libremente en el espacio”. (p.1).

Las antenas son distintas dependiendo la frecuencia en la cual se transita, la longitud de onda es diferente al variar la frecuencia, por lo tanto, las antenas deben variar en tamaño para radiar señales a la correcta longitud de onda. En este caso estamos particularmente interesados en las antenas que trabajan en el rango de microondas, especialmente en las frecuencias de los 2.4GHz y 5GHz. A los 2.4GHz la longitud de onda es 12,5 cm, mientras que a los 5GHz es de 6 cm. Las antenas se pueden clasificar de la siguiente manera, teniendo en cuenta los tipos más usados.

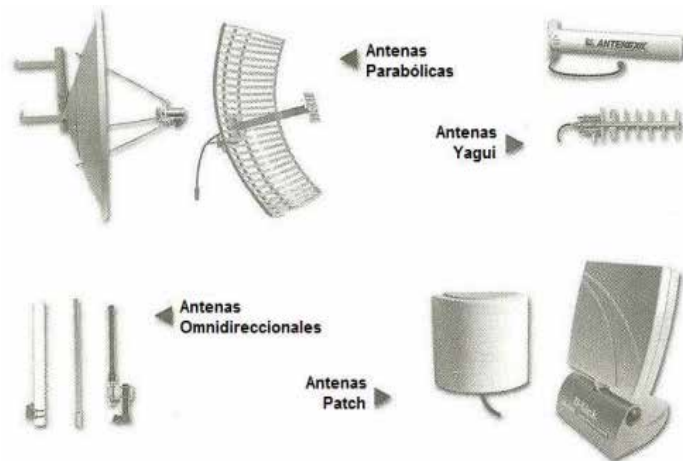


Figura 11: Tipos de Antenas.
Fuente: <http://antenasticescu2.blogspot.com/2012/08/>

Sectoriales: Son antenas direccionales que se utilizan para conexiones punto a multipunto, con este tipo de antenas se consigue mejorar la ganancia de las omnidireccionales. Estas emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional, la intensidad o alcance de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional. Para tener una cobertura de 360° como una antena omnidireccional y un largo alcance como una antena direccional se deben instalar tres antenas sectoriales de 120° o 4 antenas sectoriales de 80°. Son muy utilizadas para enlaces multipunto del lado del transmisor por su amplio sector de radiación.

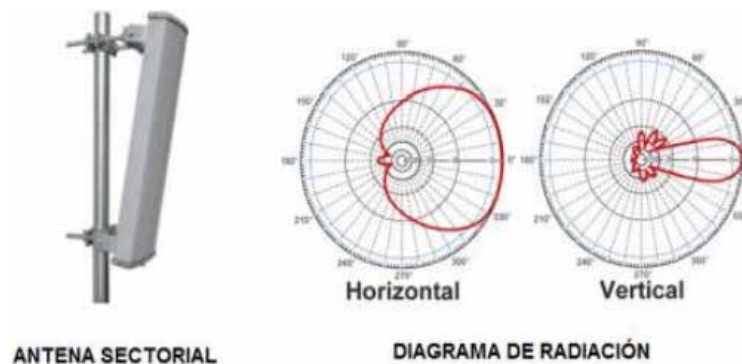


Figura 12: Antena Sectorial y su Patrón de Radiación.
Fuente: <http://antenasticescu2.blogspot.com/2012/08/>

Omnidireccionales: Las antenas omnidireccionales son aquellas que irradian en todas direcciones y también pueden captar la señal procedente de todas direcciones. Tienen un ángulo de 360° en el plano horizontal, tienen menor alcance y también son utilizados para enlaces multipunto del lado del transmisor. Cuando se requieran enlaces cortos.

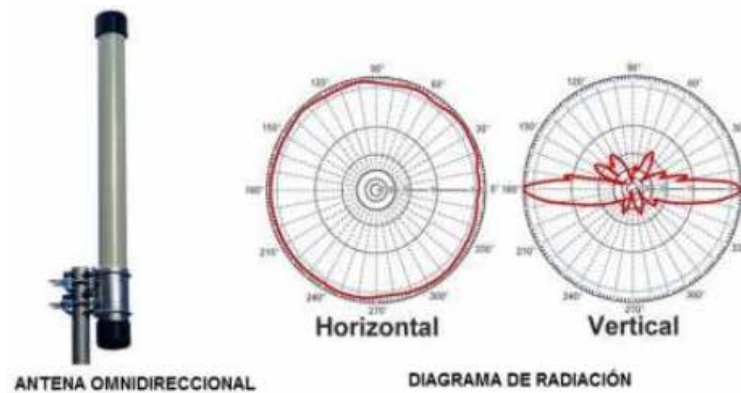


Figura 13: Antena Omnidireccional y su Patrón de Radiación.
Fuente: <http://antenasticescu2.blogspot.com/2012/08/>

Panel: Son aquellas antenas que internamente poseen una placa de circuito impresa de cobre u otro material conductor, con un diseño que hace las funciones de elemento activo de la antena.

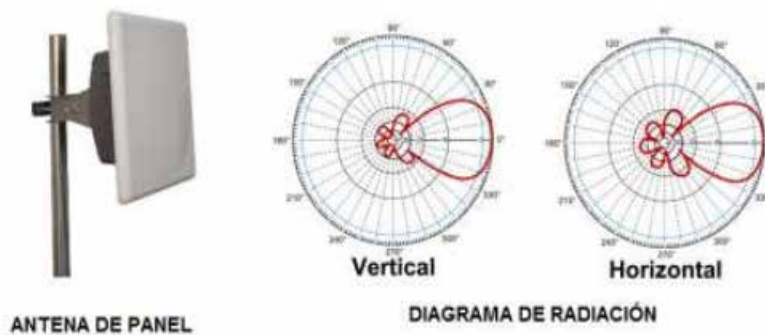


Figura 14: Antena de Panel y su Patrón de Radiación.
Fuente: <http://antenasticescu2.blogspot.com/2012/08/>

Tipo Plato: Las antenas basadas en reflectores parabólicos son el tipo más común de antenas directivas donde se requiere una gran ganancia. La ventaja principal es que se pueden construir para tener una ganancia y una directividad tan grande como sea necesario, por lo que son los más usados en radio enlaces punto a punto. Por su haz direccional le permite llegar a grandes distancias.

La desventaja principal es que los platos grandes son difíciles de montar y podrían sufrir los efectos del viento. Las antenas de plato tienen una cubierta de material dieléctrico para proteger la antena pueden usarse para reducir los efectos del viento y para protección de la intemperie. El efecto del viento se incrementa rápidamente con el tamaño del plato y se convierte en un problema severo.

A menudo se utilizan platos que tienen una superficie reflectora constituida por una malla abierta. Éstos tienen una relación de ganancia adelante/atrás más pobre, pero son seguros de utilizar y sencillos de construir con materiales como el cobre, aluminio, bronce o latón, acero galvanizado y hierro son apropiados para una malla.

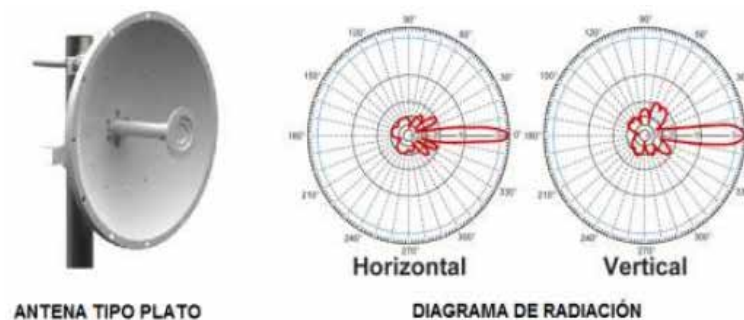


Figura 15: Antena Tipo Plato y su Patrón de Radiación.
Fuente: <http://antenasticescu2.blogspot.com/2012/08/>

Power Over Ethernet (PoE)

Mediante este adaptador algunos equipos inalámbricos pueden recibir energía eléctrica a través del cable *UTP*, además de los datos mediante el sistema *PoE*. Se debe tener mucho cuidado a la hora de implementar este sistema de configuración en una red inalámbrica, ya que no todos los equipos soportan *PoE*.

Permite más flexibilidad cuando se usan puntos de acceso inalámbricos y teléfonos *IP*, ya que se pueden instalar en cualquier sitio por donde discurra un cable *UTP*. De este modo, solo se debe comprar un *switch* que soporte *PoE* en el caso de que se vaya a utilizar esta característica.

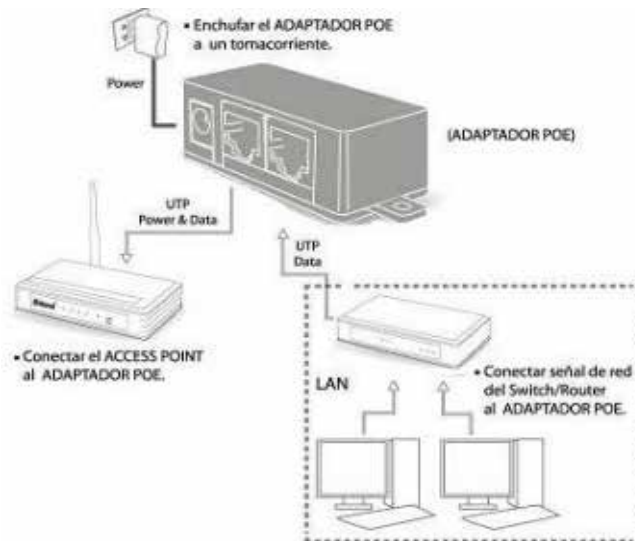


Figura 16: Diagrama de Conexión de un Sistema usando *PoE*.

Fuente: <https://www.comprawifi.com/blog/manuales/manual-de-configuracion-para-el-tp-link-tl-wa5210g-modorepetidor-universal/>

Punto *WISP*

Un *WISP* (*Wireless Internet Service Provider*) o proveedor de servicio de Internet inalámbrico no necesita instalar un cableado en una zona para prestar servicio, lo que lo convierte en una buena solución para particulares y empresas situadas en zonas rurales o aisladas. Los *WISP* tienen la oportunidad añadida de tener una cobertura del 100% de la zona sin llegar a disponer de una infraestructura para el 100% de la zona en la que se está prestando servicio.

La inversión en infraestructura puede realizarse de forma escalable, conforme aumenta el nivel de demanda de abonados, con la ventaja de disponer de cobertura del servicio en toda la zona o población en la que se encuentra. El *EdgePoint*, es un punto de control *WISP* que proporciona potentes opciones de configuración como, por

ejemplo, auto-balanceo de enlace de radio para carga, o fiabilidad avanzada para implementaciones de fibra óptica. Utiliza la tecnología *FiberProtect*, lo que le permite reducir significativamente los fallos por descargas electroestáticas (ESD), así como las interferencias electromagnéticas (EMI), mejorando en gran medida la integridad de la señal de datos y consolidando el *backhaul* de datos cableado a un solo cable de fibra para conectividad a gran distancia.

Torres

Existen tres tipos de torres utilizadas en el área de las telecomunicaciones y estas son: torres autoportadas de sección cuadrada, torres autoportadas de sección triangular y las torres venteadas. El tipo y dimensión de las torres de telecomunicaciones va ligado fundamentalmente al sistema de comunicación a instalar, el terreno disponible, el tipo y cantidad de antenas a instalar y por último a las restricciones en la desplazabilidad de dichas antenas en función del sistema de comunicación instalado.

Torres autoportadas: Este tipo de torre se instala fundamentalmente cuando existen limitaciones del terreno y cuando la cantidad y las dimensiones de las antenas así lo requieran. Estas torres pueden ser de base triangular o base cuadrada.

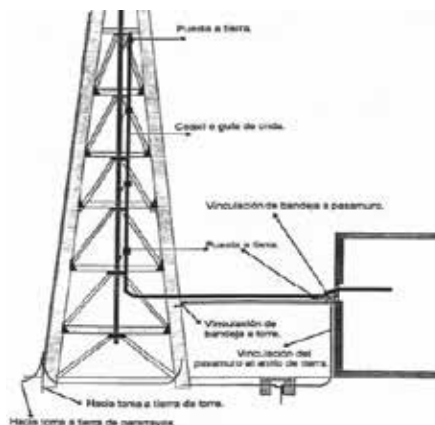


Figura 17: Partes de una torre autoportada
Fuente: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10776>

Torres venteadas o soportadas por tirantes: Las torres venteadas son más económicas que las autoportadas de la misma altura y se instalan cuando no hay limitaciones en el terreno, en general se necesita un área que permita inscribir una circunferencia de radio aproximadamente igual a la mitad de la altura de la torre. La base de anclaje se ubica a 120° una de otra, con el fin de distribuir la carga generada por viento, de forma balanceada. Los cables se ubican en grupos de tres uniéndose cada grupo con su base de anclaje correspondiente.



Figura 18: Partes de una torre soportada por ganchos
Fuente: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10776>

Unidad de Procesamiento de Señal (SPU)

Se encarga del debido procesamiento de las señales a enviar y recibir según el tráfico de los usuarios. Tiene módulos internos o conectables los que son: *Modem*, Multiplexor, un Controlador, y submódulos opcionales como son Relés y Alarmas. La *SPU* contiene los puertos y conectores del cliente, realiza también la gestión de la red interna, conexión a las baterías, etc.



Figura 19: Unidad de Procesamiento (*SPU*).
Fuente: <https://www.ubnt.com/unifi-routing/usg/>

Cableado

Unshielded Twisted Pair. UTP (Par Tranzado No Apantallado): Es el más utilizado en redes de área local, las mayores ventajas de este tipo de cable son su bajo costo y su facilidad de manejo. Sus mayores desventajas son su mayor tasa de error respecto a otros tipos de cable, así como sus limitaciones para trabajar a grandes
a. Puede

Al ser un cable ligero, flexible y de pequeño diámetro (0.52 cm), su instalación es sencilla, tanto para una utilización eficiente de canalizadores y armarios de distribución, como para la conexión de regletas. La Asociación de Industrias Electrónicas e Industrias de las Telecomunicaciones (*EIA/TIA*) especifica el tipo de cable *UTP* que se utilizará en cada situación y construcción, dependiendo de la velocidad de transmisión, ha sido dividida en diferentes categorías de acuerdo a la tabla 1.

Categoría	Ancho de banda (MHz)	Aplicaciones	Notas
Categoría 1	0,4 MHz	Líneas telefónicas y módem de banda ancha.	No descrito en las recomendaciones del EIA/TIA. No es adecuado para sistemas modernos.
Categoría 2	4 MHz	Cable para conexión de antiguos terminales como el IBM 3270.	No descrito en las recomendaciones del EIA/TIA. No es adecuado para sistemas modernos.
Categoría 3	16 MHz	10BASE-T and 100BASE-T4 Ethernet	Descrito en la norma EIA/TIA-568. No es adecuado para transmisión de datos mayor a 16 Mbit/s.
Categoría 4	20 MHz	16 Mbit/s Token Ring	
Categoría 5	100 MHz	100BASE-TX y 1000BASE-T Ethernet	
Categoría 5e	100 MHz	100BASE-TX y 1000BASE-T Ethernet	Mejora del cable de Categoría 5. En la práctica es como la categoría anterior pero con mejores normas de prueba. Es adecuado para Gigabit Ethernet
Categoría 6	250 MHz	1000BASE-T Ethernet	Cable más comúnmente instalado en Finlandia según la norma SFS-EN 50173-1.
Categoría 6e	250 MHz (500MHz según otras fuentes)	10GBASE-T Ethernet (en desarrollo)	No es estandarizado. Lleva el sello del fabricante.

Categoría	600 MHz	En desarrollo. Aún sin	Cable U/FTP (sin blindaje) de 4
7		aplicaciones.	pares.
Categoría 7a	1200 MHz	Para servicios de telefonía, Televisión por cable y Ethernet 1000BASE-T en el mismo cable.	Cable S/FTP (pares blindados, cable blindado trenzado) de 4 pares. Norma en desarrollo.
Categoría 8	1200 MHz	Norma en desarrollo. Aún sin aplicaciones.	Cable S/FTP (pares blindados, cable blindado trenzado) de 4 pares.

Tabla 1: Categoría de los Cables *UTP*.

Fuente: <http://tallerestructurado.blogspot.com/2012/09/taller.html>

Conector *RJ-45*: El (*Registered Jack 45*) es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurado. Es parte del Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos, posee ocho pines o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado. Es usado comúnmente con el estándar *TIA/EIA-568-B*, que define la disposición de los pines. Una aplicación común es su uso en cables de red *Ethernet*, donde suelen usarse 8 pines (4 pares).



Figura 20: *RJ-45* con Normativa *TIA/EIA-568-B*.

Fuente: <https://twitter.com/fibrop2020/status/964155600107171840>

Fibra Óptica: La fibra óptica es una línea de transmisión compuesta por filamentos de vidrio (cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un cabello humano (entre 10 y 300 micrones). Transporta información en forma de haces de luz que pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.

El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total, la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces.

Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor, las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento.

Componentes de la Fibra Óptica

Núcleo: Es el centro de la fibra formada por un fino vidrio, que es en donde se propaga los rayos de luz. El diámetro del núcleo puede variar dependiendo del tipo de fibra.

Revestimiento: Es el material óptico que rodea al núcleo, está compuesto por un material cuyo índice de refracción es menor que el del núcleo, de manera que pueda limitar la propagación de los rayos de luz.

Cubierta protectora: Es la cubierta de plástico que protege al revestimiento de fibra óptica contra el deterioro físico.

Tipos de Fibra Óptica

Fibra Multimodo: Una fibra multimodo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Esto supone que no llegan todos a la vez. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 1 km, es simple de diseñar y económico.

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión. Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, tenemos dos tipos de fibra multimodo:

Índice escalonado: El núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica, tiene alta dispersión modal.

Índice gradual: El índice de refracción no es constante, tiene menor dispersión modal y el núcleo se constituye de distintos materiales.

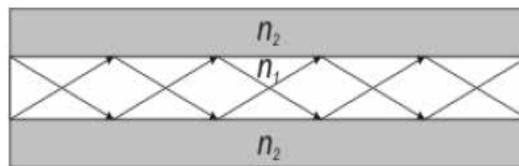


Figura 21: Núcleo de Fibra Óptica Multimodo.

Fuente: <http://www.definicionabc.com/tecnologia/fibra-optica.php>

Fibra Monomodo: Es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 400 km máximo, mediante un láser de alta intensidad) y transmitir elevadas tasas de información (decenas de Gb/s).

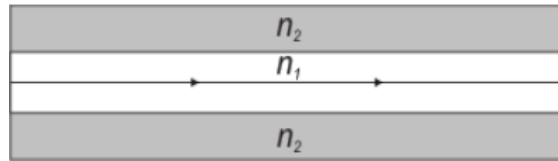


Figura 22: Núcleo de Fibra Óptica Monomodo.
Fuente: <http://www.definicionabc.com/tecnologia/fibra-optica.php>

Cable De Estructura Holgada: Es un cable empleado tanto para exteriores como para interiores que consta de varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo y provisto de una cubierta protectora. Cada tubo de fibra, de dos a tres milímetros de diámetro, lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él. Los tubos pueden ser huecos o estar llenos de un gel hidrófugo que actúa como protector antihumedad impidiendo que el agua entre en la fibra. El tubo holgado aísla la fibra de las fuerzas mecánicas exteriores que se ejerzan sobre el cable. Su núcleo se complementa con un elemento que le brinda resistencia a la tracción que bien puede ser de varilla flexible metálica o dieléctrica como elemento central o de hilaturas de aramida o fibra de vidrio situadas periféricamente.

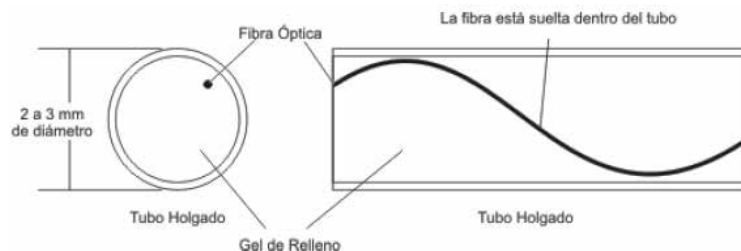


Figura 23: Cable de Estructura Holgada.
Fuente: <http://www.definicionabc.com/tecnologia/fibra-optica.php>

Cable De Estructura Ajustada: Es un cable diseñado para instalaciones en el interior de los edificios, es más flexible y con un radio de curvatura más pequeño que el que tienen los cables de estructura holgada. Contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, todo ello cubierto de una protección exterior.

Cada fibra tiene una protección plástica extrusionada directamente sobre ella, hasta alcanzar un diámetro de la fibra óptica. Esta protección plástica además de servir como protección adicional frente al entorno, también provee un soporte físico que serviría para reducir su coste de instalación al permitir reducir las bandejas de empalmes.

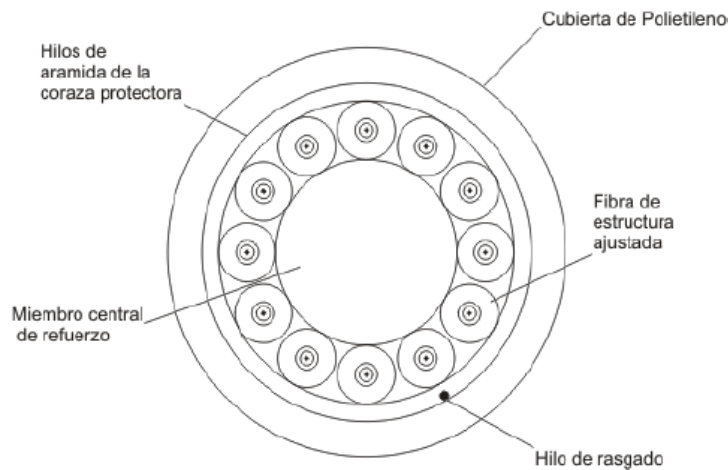


Figura 24: Cable de Estructura Ajustada.

Fuente: <http://www.definicionabc.com/tecnologia/fibra-optica.php>

Tipos De Conectores Para Fibra Óptica

Los conectores ópticos constituyen, quizás, uno de los elementos más importantes dentro de la gran gama de dispositivos pasivos necesarios para establecer un enlace óptico, siendo su misión, junto con el adaptador, la de permitir el alineamiento y unión temporal y repetitivo, de dos o más fibras ópticas entre sí y en las mejores condiciones ópticas posibles. Entre los conectores más frecuentes y comunes están los que se muestran en la tabla 2 y además se muestra para que tipo de fibra se es utilizado.

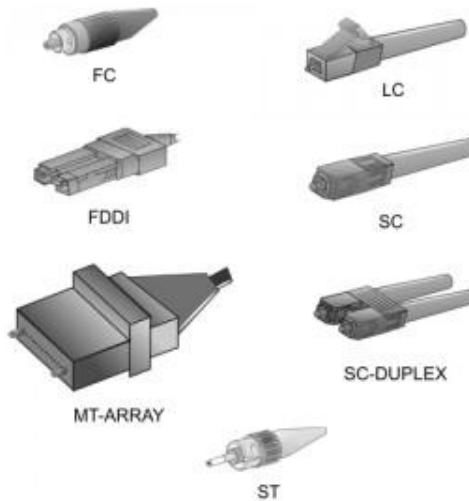


Figura 25: Conectores para Fibra Óptica.
Fuente: <http://www.definicionabc.com/tecnologia/fibra-optica.php>

CONECTORES	ACOPLAMIENTO	TIPO DE F.O	PÉRDIDA
ST	Bayoneta	SM Y MM	0.30 SM – 0.40 MM
SMA	Rosca	MM	0.60 MM
FC/PC	Guía con Rosca	SM Y MM	0.20 SM – 0.15 MM
SC	Push Pull	SM Y MM	0.20 SM – 0.15 MM
LC Y MT-ARRAY	Push Pull	SM Y MM	0.10 SM – 0.10 MM

Tabla 2: Clasificación de Conectores para Fibra Óptica.
Fuente: <http://www.definicionabc.com/tecnologia/fibra-optica.php>

Sistemas de Enlaces

Enlaces Punto a Punto

Consiste en tres componentes fundamentales: Transmisor, Receptor y Canal Aéreo. El transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, el canal aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

El factor limitante de la propagación de la señal enlaces microondas es la distancia que se debe cubrir ente el transmisor y el receptor, además esta distancia debe estar libre de obstáculos. Otro aspecto que se debe señalar es que, en estos enlaces, la línea de vista entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas.

La figura 26 se muestra como es un enlace Punto a Punto entre dos estaciones donde se pone el caso de que en uno de ellos disponemos de conexión a internet y queremos unirlo con otro punto remoto para poder compartir los recursos del primero y poder navegar por internet. También se señala los factores externos e internos que intervienen dentro de este tipo de enlaces.

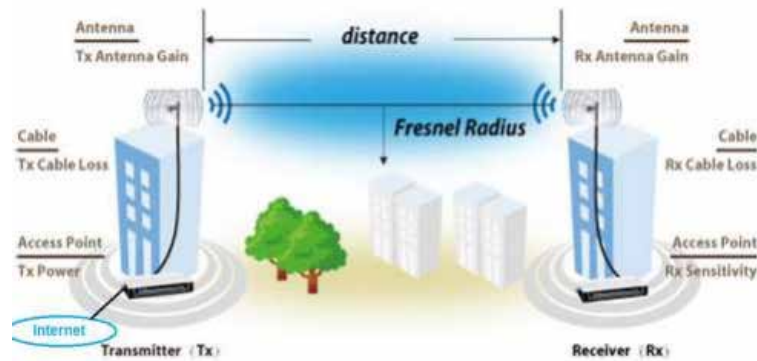


Figura 26: Enlace Punto a Punto.

Fuente: <http://xiboard.com.ve/enlaces-inalambricos-punto-a-punto-y-punto-multipunto/>

Los valores que intervienen dentro de estos enlaces como Potencia o Ganancia son dependientes según los tipos de equipos que se utilice en el enlace, interviene la variedad de marcas hasta los tipos de equipamiento lo que es primordial para obtener una buena comunicación entre las estaciones. En la figura 27 se muestra una topología distinta de enlaces con repetidoras, este tipo de enlace permite la comunicación entre estaciones, donde no se pueda tener una visibilidad directamente, por lo cual se ayuda de una repetidora donde ambas estaciones tengan un haz de visibilidad.

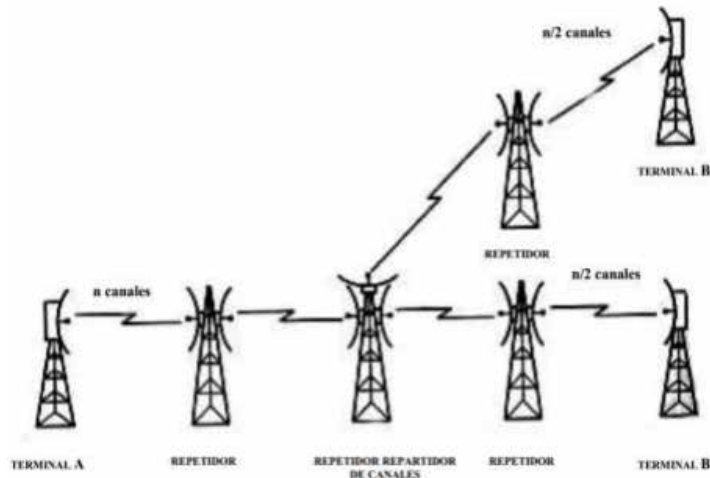


Figura 27: Enlace Punto a Punto con Repetidoras.

Fuente: <http://xiboard.com.ve/enlaces-inalambricos-punto-a-punto-y-punto-multipunto/>

Enlaces Punto a Multipunto

El diseño de red punto multipunto, se está usando con mayor continuidad, por la capacidad de estaciones receptoras que logran estar dentro de la red principal. Cada vez que tenemos varios nodos comunicados con un punto de acceso central estamos en presencia de una aplicación punto a multipunto. El ejemplo típico de un trazado punto a multipunto es el uso de un punto de acceso inalámbrico que le da conexión a varias computadoras portátiles.

Las computadoras portátiles no se comunican directamente unas con otras, pero deben estar dentro del alcance del punto de acceso para poder utilizar la red. En la figura se muestra como está estructurado un Enlace Punto Multipunto y donde se pueden captar varios usuarios a la vez, desde una base estación principal a distintos puntos de accesos.

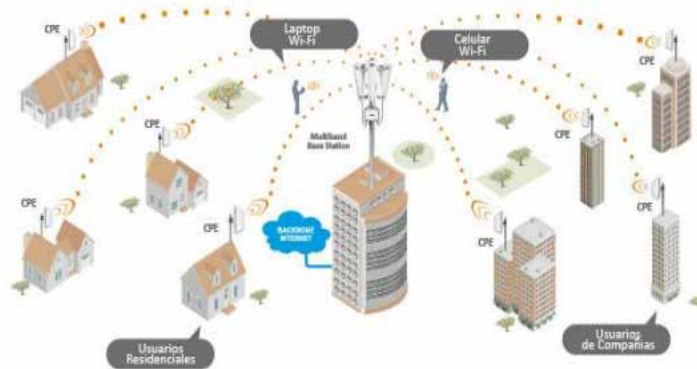


Figura 28: Enlace Punto a Multipunto.

Fuente: <http://xiboard.com.ve/enlaces-inalambricos-punto-a-punto-y-punto-multipunto/>

El beneficio de este diseño de red es que cualquier acceso ya sea móvil o fijo podría conectarse cuando esté dentro de la cobertura de la red de acceso, pudiendo ampliarse ya que cada usuario podría funcionar a la vez como un distribuidor local de su área. Dependiendo de la capacidad de su equipamiento, hay algunas limitaciones con el uso de enlaces punto a multipunto en lo referente a distancias muy grandes, ante este obstáculo de distancia es preferente un enlace Punto a Punto ya que tiene una dedicación mayor a un respectivo usuario.

En lugar de tener varios enlaces punto a punto a una estación central se puede migrar a una estación punto a multipunto, logrando captar los mismos usuarios, pero con un recorte en equipamiento Emisor, y a la vez brindar un área de cobertura para el acceso a los servicios del Operador.

3.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

AP (Punto de Acceso): Es un dispositivo de red que interconecta equipos de comunicación inalámbricos, para formar una red inalámbrica.

Backhaul (Red de Retorno): Es la porción de una red jerárquica que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo y las subredes en sus bordes.

Banda Ancha: Es la transmisión de datos simétricos por la cual se envían simultáneamente varias piezas de información.

Bluetooth: Es una especificación tecnológica para redes inalámbricas que permite la transmisión de voz y datos entre distintos dispositivos mediante una radiofrecuencia segura (2,4 GHz).

CONATEL (Comisión Nacional de Telecomunicaciones): Es un organismo regulador independiente venezolano que tiene la función de velar por la calidad de los servicios prestados en el país y elaborar planes y políticas nacionales de telecomunicaciones.

Datasheet (Ficha Técnica): Es un documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente (por ejemplo, un componente electrónico).

EIA/TIA (Asociación de Industrias Electrónicas EIA y Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones TIA): Son asociaciones de comercio que desarrollan y publican juntas una serie de estándares que abarcan el cableado estructurado de voz y datos para las LAN.

Ethernet: Es un estándar de redes de área local para computadores.

Factibilidad Técnica: Indica si se dispone del equipo y herramientas para llevar a cabo un proyecto, y de no ser así, si existe la posibilidad de generarlos o crearlos en el tiempo requerido.

IEEE (Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica): Es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la normalización y el desarrollo en áreas técnicas.

IEEE 802.11: Define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura o modelo OSI (capa física y capa de enlace de datos), especificando las normas de funcionamiento de una red de área local inalámbrica (WLAN).

IEEE 802.15: Se enfoca básicamente en el desarrollo de estándares para redes tipo WPAN o redes inalámbricas de corta distancia.

IEEE 802.16: Se trata de una especificación para las redes de acceso metropolitanas inalámbricas de banda ancha fijas (no móvil).

IrDA (Asociación de Datos Infra-rojos): Define un estándar físico en la forma de transmisión y recepción de datos por rayos infrarrojos.

ISP (Proveedor de Servicios de Internet): Es la empresa que brinda conexión a Internet a sus clientes.

Línea de Vista: Se refiere a un camino limpio, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras.

Modem (Modulador/Demodulador): Es un dispositivo que convierte las señales digitales en analógicas (modulación) y viceversa (desmodulación), y permite así la comunicación entre computadoras a través de la línea telefónica o del cablemódem.

Nodo: Es un punto de intersección, conexión o unión de varios elementos que confluyen en el mismo lugar.

OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos): Se trata de un modelo de comunicaciones estándar entre los diferentes terminales para sistemas abiertos.

Push Pull (Empujar Halar): Hace referencia a la manipulación que se ha de brindar al conector para colocarlo en el puerto correspondiente.

Radiador Isotrópico: Es un dispositivo hecho para transmitir (radiar) y recibir ondas de radio (electromagnéticas).

Relé: Significa repetidor, lo cual nos da ya una pista sobre esta sub-técnica.

Repetidora: Dispositivo analógico que amplifica una señal de entrada, independientemente de su naturaleza (analógica o digital).

RF (Radio Frecuencia): Se emplea para nombrar a las frecuencias del espectro electromagnético que se utilizan en las radiocomunicaciones.

Router (Enrutador): Permite que varias redes u ordenadores se conecten entre sí y, por ejemplo, compartan una misma conexión de Internet.

SFP (Transceptor): Es un transceptor compacto y conectable en caliente utilizado para las aplicaciones de comunicaciones de datos y telecomunicaciones.

Switch (Conmutador): Es el dispositivo analógico que permite interconectar redes operando en el nivel de enlace de datos.

UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones): Es el organismo especializado en telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas

(*ONU*), encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

UWB (Ultra Banda Ancha): Es una tecnología en el rango de las *PAN* (Red de área Personal). Permite paquetes de información muy grandes (480 Mbits/s) conseguidos en distancias cortas, de unos pocos metros.

WISP (Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico): Es un proveedor de servicios de Internet con una red basada en conexiones inalámbricas.

ZigBee: Es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15 de redes inalámbricas de área personal *WPAN*.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se explican los aspectos metodológicos empleados en nuestro proyecto de investigación y que, en concordancia con nuestros objetivos, buscan resolver la problemática en estudio, tomando en consideración todos aquellos elementos que se usaron para llevar a cabo el mismo.

4.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación realizada es de carácter descriptivo, puesto que se ha seguido un proceso sistemático dirigido a la solución del problema en cuestión, para luego analizar minuciosamente los resultados y brindar las conclusiones más relevantes del caso. Este nivel de investigación para Arias, Fidias (2006), se describe como aquellos que “miden de forma independiente las variables y aun cuando no se formulen hipótesis, tales variables aparecen enunciados en los objetivos de investigación.” (p.25). Respondiendo al planteamiento realizado por el autor, el esquema a seguir se enlista en los objetivos que fundamentan nuestra investigación y los cuales se desarrollan en las fases metodológicas del presente informe.

4.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio y que, en nuestro caso, procederemos a realizarlo siguiendo los lineamientos de las investigaciones de tipo descriptiva, basándonos en los conocimientos previos que se tienen sobre enlaces inalámbricos alcanzados a través de la formación académica

y a su vez fundamentándolo en lo expuesto por Arias, Fidias (2006), quien define la investigación de tipo descriptiva de la siguiente manera:

“La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. (p.24).

4.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para Arias, Fidias (2006), “es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En nuestro caso, se define como tipo documental y de campo, dado que los datos fueron tomados directamente del lugar de los hechos y haciendo uso de un diario de eventos con el cual se documentó las actividades realizadas durante la experiencia profesional. Así mismo, se consultaron diversos *datasheet* con los cuales se evaluaron las alternativas disponibles para dar respuesta al problema planteado. Por último, Arias, Fidias (2006), plantea la investigación documental y de campo de la siguiente forma:

Documental: "La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos". (p. 31).

De Campo: "La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad de donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental". (p. 31).

4.4. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Dadas las necesidades planteadas por Conex Telecom, se establece como prioridad ubicar un proyecto factible, que pueda ser implementado y que ayude a disminuir los costos operacionales en su AP de Cerro Copey. Para sustentar lo antes expuesto, tomamos en consideración lo planteado por los autores Hernández, Sampieri; Fernández, Roberto y Baptista, Pilar (2006):

Factibilidad: "para ello, debemos tomar en cuenta la disponibilidad de recursos financieros, humanos y materiales que determinarán, en última instancia, los alcances de la investigación". (p. 52).

4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

Cuando se ha de llevar a cabo una investigación, debe tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse la población bajo estudio, en esta oportunidad manejaremos todas las antenas del proveedor *Ubiquiti* que reposan en la torre ventada de Conex Telecom en su AP de Cerro Copey.

Población: Arias, Fidas (2006), "La población o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio." (p.81).

SSID	Puerto SW	TIPO	IP	ANCHO	FRECUENCIA	MODELO
AP-CONEXTELECOM-COPEY-04	Gi1/0/6	AP	10.0.30.3	20 MHz	5825 Mhz	PowerBeam M5 400/Ubiquiti
AP-CONEXTELECOM-COPEY-07	Gi1/0/7	AP	10.0.30.7	20 MHz	5490 MHz	PowerBeam M5 400/Ubiquiti
AP-CONEXTELECOM-COPEY-10	Gi1/0/5	AP	10.0.30.8	20 Mhz	5380 Mhz	PowerBeam M5 400/Ubiquiti
AP-CONEXTELECOM-COPEY-09	Gi1/0/1	AP	10.0.30.9	20 MHz	5620 MHz	PowerBeam M5 400/Ubiquiti
AP-CONEXTELECOM-COPEY-11	Gi1/0/8	AP	10.0.30.11	10 Mhz	5660 MHz	PowerBeam M5 400/Ubiquiti
AP-CONEXTELECOM-COPEY-12	Gi1/0/12	AP	10.0.30.12	20 Mhz	5730 MHz	PowerBeam M5 400/Ubiquiti
AP-COPEY-SECORIAL-01	Gi1/0/10	AP	10.0.30.13	20 MHz	5405 MHz	NetMetal 5/Mikrotik (mipsbe)
AP-SECTORIAL-COPEY-02	Gi1/0/11	AP	10.0.30.14	20Mhz	5165 Mhz	NetMetal 5/Mikrotik (mipsbe)
AP-CONEXTELECOM-COPEY-18	Gi1/0/14	AP PtMP	10.0.30.18	20Mhz	5440Mhz	LITEBEAM 5AC 23/Ubiquiti
AP-CONEXTELECOM-COPEY-20	Gi1/0/13	AP PtMP	10.0.30.20	20Mhz	5580Mhz	POWERBEAM 5AC 300/Ubiquiti
AP-CONEXTELECOM-COPEY-50-AEEC-AC	Gi1/0/21	AP PtMP	10.0.30.50	20Mhz	5040Mhz	POWERBEAM 5AC 300/Ubiquiti

Tabla 3: Inventario de Antenas ubicadas en la caseta de Conex Telecom, en Cerro Copey

Fuente:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ZwjhFCclNaQPpHGATKAumxk2yZ7hvA6pcYNG1YaMClk/edit#gid=0>

La muestra, sin embargo, es quien puede determinar la problemática, ya que esta es capaz de generar los datos con los cuales podremos detectar las fallas dentro del proceso. Para Arias, Fidias (2006), “la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible.” (p.83). Para nuestro caso de estudio, utilizaremos como muestra, los usuarios finales interconectados a las antenas de interés en el AP de Cerro Copey, los cuales serán seleccionados de manera aleatoria simple.

SSID	Puerto SW	TIPO	IP	ANCHO	FRECUENCIA	MODELO
AP-CONEXTELECOM-COPEY-04	Gi1/0/6	AP	10.0.30.3	20 MHz	5825 Mhz	PowerBeam M5 400/Ubiquiti
AP-CONEXTELECOM-COPEY-07	Gi1/0/7	AP	10.0.30.7	20 MHz	5490 MHz	PowerBeam M5 400/Ubiquiti
AP-CONEXTELECOM-COPEY-10	Gi1/0/5	AP	10.0.30.8	20 Mhz	5380 MHz	PowerBeam M5 400/Ubiquiti
AP-CONEXTELECOM-COPEY-09	Gi1/0/1	AP	10.0.30.9	20 MHz	5620 MHz	PowerBeam M5 400/Ubiquiti
AP-CONEXTELECOM-COPEY-11	Gi1/0/8	AP	10.0.30.11	10 Mhz	5660 MHz	PowerBeam M5 400/Ubiquiti
AP-CONEXTELECOM-COPEY-12	Gi1/0/12	AP	10.0.30.12	20 Mhz	5730 MHz	PowerBeam M5 400/Ubiquiti

Tabla 4: Inventario de Antenas con interconexión de enlaces punto Multipunto

Fuente:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ZwjhFCclNaQPpHGATKAumxk2yZ7hvA6pcYNG1YaMClk/edit#gid=0>

4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Según Arias, Fidias (2006), “Se entenderá por técnica de investigación el procedimiento o forma particular de obtener datos de información.” (p.67). Por otro lado, Arias, Fidias (2006), define los instrumentos de recolección de datos como “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.” (p.68).

Dada la naturaleza de nuestra investigación, utilizaremos como técnica de estudio la observación directa, con la cual nos apoyamos para evidenciar la realidad de los eventos en estudio. Así mismo y en conjunto con lo anterior, se consideró la entrevista y la lista de cotejo como los instrumentos de recolección de datos, para la obtención de información de primera mano de los protagonistas de nuestro proyecto.

En el caso de la lista de cotejo, la misma ha sido suministrada por el sistema de seguimiento de eventos de la empresa Conex Telecom, llamado OSticket y la cual ha sido filtrada para visualizar los casos relacionados con el AP de Cerro Copey, actualmente se disponen de más 242 casos enlistados.

Número de Ticket	Fecha	Asunto	Fuente	Asignado a
99986016	16/6/2018 21:34	Alarmado Celda Copey AP Zona Los Colorados	Phone	Rivero Levy Rivero
98688094	20/12/2016 1:34	cliente goldata presenta inconvenientes	Phone	Gonzalez Yarelys
98176591	2/11/2016 10:58	Falla GOLDATA Guayos-Planta GM nuevamente	Email	Gonzalez Yarelys
97927472	25/5/2018 14:34	Alarmado Equipo Copey Zona Moñongo	Phone	Rivero Levy Rivero
96892085	1/12/2017 11:24	Alarmado Cerro Copey	Other	Soporte de Nivel 1 - NOC Ccs
95860934	23/9/2016 10:22	Sw Core Cerro Copey inhibido	Phone	
95347005	26/5/2017 0:54	alarmado Celda Copey zona Av.Bolivar	Other	Soporte de Nivel 1 - NOC Ccs
94514261	17/2/2019 4:15	Alarmado cerro Copey	Other	Rivero Levy Rivero
93753178	22/11/2017 11:47	Inconvenientes Servicio Internet	Email	Rivero Levy Rivero
92795514	19/5/2016 11:06	Corte de FO Cerro Copey	Phone	Reyes Albeiro
91077145	20/9/2019 16:32	NERVICOM Caida Copey 6/9/19	Email	Rivero Levy Rivero
90961382	14/8/2016 21:03	Alarmado Equipo Celda Copey Zona Tocuyito	Other	
90444894	22/11/2017 11:52	RE: Inconvenientes Servicio Internet	Email	Rivero Levy Rivero
90133889	6/8/2017 11:52	Intermitencia Switch Acceso Copey	Other	Soporte de Nivel 1 - NOC Ccs
89459938	22/6/2017 15:23	Alarmado Celda Copey Zona El Trigal	Phone	Soporte de Nivel 1 - NOC Ccs
89417199	31/8/2016 10:45	Problemas F.O en el cerro Copey	Email	Soporte de Nivel 1 - NOC Ccs
88896724	28/5/2018 10:58	Intermitencia en la conexión Nodo Copey	Phone	Rivero Levy Rivero
88737230	6/10/2017 12:03	Switch Copey intermitencia	Phone	Reyes Albeiro
88348187	10/4/2019 8:48	Verificación del enlace Nericom Copey	Email	Soporte de Nivel 1 - NOC Ccs
87442475	24/8/2019 14:29	Switch paseo-Copey caído 24-8-19 14:56	Phone	Chirinos Naudy
87136673	5/9/2019 13:57	Soporte Falla de enlace de transporte MODABALY	Email	Vera Rosa

Tabla 5: Listado de casos de fallas de servicio inalámbrico asociados a Cerro Copey de Conex Telecom
Fuente: <http://172.16.22.30/scp/tickets.php?advsid=abb513c515634adb3824505832a0dfb1>

4.7. FASES METODOLÓGICAS

4.7.1. Diagnosticar las condiciones actuales del AP de Conex Telecom en el Cerro Copey

A través de la visita programada a la caseta de comunicación ubicada en Cerro Copey, se realizó el diagnóstico de las condiciones actuales del sistema, con la intención de obtener información presencial del estado y distribución de los equipos, conjuntamente con su modo de interconexión, así mismo, se identifican los factores que ocasionan las diferentes perturbaciones en los enlaces inalámbricos de Conex Telecom y el área de cobertura que actualmente ofrece.

4.7.2. Diseñar un punto de control *WISP*, que permita atenuar la interferencia en el *AP* bajo estudio, disminuyendo los costos operacionales de la empresa

Se inicia analizando el contenido de las obras de otros autores que guardan similitud con nuestra investigación y en forma simultánea se estudian los *datasheet* de los fabricantes que ofrecen soluciones para las conexiones inalámbricas, teniendo presente lo encontrado en el *AP* de Cerro copey y que se amolde a las necesidades plateadas.

A continuación, se procede con las simulaciones y estimación de cálculos para evaluar la factibilidad de la propuesta. Por último, se evalúan los costos, tiempo de ejecución del proyecto y capital humano disponible para la puesta en marcha del proyecto, una vez se cuente con la aprobación del mismo

4.7.3. Programar la instalación del arreglo *WISP*, en el *AP* de Conex Telecom

Dado que el acceso al *AP* de Cerro Copey se ve condicionado por diversos factores, tales como, solicitud de permiso para acceder a la caseta de comunicación, notificación a los clientes de la ventana de servicio a realizar, disponibilidad de vehículo, disponibilidad de técnico especializado en trabajos de altura y condiciones climáticas.

La instalación del arreglo *WISP* seleccionado, debe efectuarse una vez culminadas todas las pruebas y simulaciones posibles, así mismo los equipos a instalar deben contar con la configuración previa, de manera que el proceso de instalación sea breve y se pueda garantizar la puesta en marcha del mismo, una vez se disponga de las condiciones óptimas para la instalación.

4.7.4. Evaluar los resultados obtenidos en los indicadores de calidad de los enlaces inalámbricos, luego de la implementación del punto *WISP* en el *AP* de Cerro Copey

Luego de la implementación del arreglo *WISP*, se verificó en tiempo real y conjuntamente con el personal de Mesa de Control de Conex Telecom, el desempeño de los enlaces inalámbricos enganchados a nuestro *AP* en estudio, tomando como referencia la cobertura del enlace, nivel de ruido, tráfico de datos, gestión administrativa remota y calidad de servicio para cada cliente.

El estudio antes mencionado se efectuó, considerando que la antena que distribuye el servicio en la modalidad punto multipunto es una *Ubiquiti PowerBeam M5 400* omnidireccional, sin radomo y sin base de separación de la torre, ubicada a una altura aproximada de 14mts sobre el nivel del suelo. Es oportuno mencionar que no se poseen registros del último mantenimiento preventivo realizado para este dispositivo.

Características <i>Power Beam M5 400</i>	
Max. Consumo de energía	8.5W
Frecuencia de operación	5150 - 5875 MHz
Potencia de salida	25 dBm
Ganancia	25 dBi

Tabla 5: Características Power Beam M5 400

Fuente:

Dentro de la caseta de comunicaciones, la unidad de procesamiento de señal es un *Switch Cisco* modelo *WS-C3750G-24TS-1U*, el cual cuenta con 4 puertos *SFP* para entregar capacidades superiores a 1Gb a través de fibra óptica los cuales ya se encuentran en uso, dificultando la interconexión de nuevos usuarios a este nodo, si los mismos superan los 1000Mb de ancho de banda. El resto de las antenas transmisoras y entre ellas la que ofrece interconexión de forma multipunto, se comunica desde la torre con este *SPU* por medio de cable *UTP*, lo cual genera grandes niveles de interferencia en el sistema.



Figura 30: *Switch Cisco WS-C3750G-24TS-1U* con el cual se administra la red de Conex Telecom en Cerro Copey

Fuente: El Autor

Características Switch CISCO WS-C3750G-24TS-1U	
Densidad del puerto del conmutador: enlaces ascendentes	24 x 10/100/1000 Ethernet Ports + 4 x SFP
Performance	Capacidad de conmutación: 32 Gbps Reenvío de rendimiento: 38.7 mpps
Memoria DRAM	128 MB
Memoria flash	32 MB Flash
Interfaces	24 x 10Base-T/100Base-TX/1000Base-T - RJ-45 1 x console - RJ-45 - management Network stack device : 1 x x 2 4 x SFP (mini-GBIC)

Tabla 6: Características Switch CISCO WS-C3750G-24TS-1U

Fuente: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/catalyst-3750g-24ts-1u-switch/model.html>

Con respecto a la línea de transmisión que se emplea en el AP de Cerro Copey, tenemos conexiones con cableado *UTP CAT5E* que soporta una velocidad de 1000Mbps y *patch cord* de fibra óptica monomodo con conectores *SC* de un hilo, los cuales ofrecen una pérdida de 0.15dB y velocidades superiores a 1Gb.

Por último y en lo concerniente a las condiciones físicas de la caseta de comunicación y la base de transmisión, tenemos que el recinto carece de sistemas de refrigeración para los equipos, generando recalentamiento de los mismos. Con respecto a la base de transmisión, esta no dispone de una buena altura para ampliar el perímetro de cobertura de este AP, ya que la misma mide 16 mts sobre el nivel del suelo.



Figura 31: Caseta de comunicación en Cerro Copey

Fuente: El Autor.



Figura 32: Torre venteada de Conex Telecom en Cerro Copey
Fuente: El Autor

4.5.2. Diseño del punto de control *WISP*, para atenuar la interferencia en el *AP* bajo estudio, disminuyendo los costos operacionales de la empresa

Se estudian los *datasheet* del fabricante *Ubiquiti* a petición de la Gerencia de Conex Telecom, haciendo énfasis en aquellas de segunda generación y se procede con los cálculos inherentes para determinar cuál es la antena que mejor se adapta a las necesidades planteadas.



Figura 33: Antena *Ubiquiti airFiber5U*
Fuente: https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_DS.pdf

Características airFiber 5U	
Max. El consumo de energía	40W
Frecuencia de operación	5725 - 6200 MHz
Máx. Sugerido Poder TX	47 dBm
EIRP	50 dBm
Ganancia TX	23 dBi
Ganancia RX	23 dBi

Tabla 7: Características airFiber 5U
Fuente: <https://www.ui.com/airfiber/airfiber5/>

Línea de vista

$$r_1(km) = \sqrt{17 \cdot 1(m)} = \sqrt{17 \cdot 60m} = 31.9374km$$

$$r_2(km) = \sqrt{17 \cdot 2(m)} = \sqrt{17 \cdot 15m} = 15.9687km$$

$$r(km) = \sqrt{17 \cdot 1(m)} + \sqrt{17 \cdot 2(m)} = \sqrt{17 \cdot 60m} + \sqrt{17 \cdot 15m} = 47.9061km$$

Primera zona de Fresnel

$$f_c = \frac{5725M \cdot z + 6200M \cdot z}{2} = 5962.5M \cdot z \sim 6G \cdot z$$

$$F_1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{r_1(km) \cdot r_2(km)}{r(km) \cdot f(G \cdot z)}} = 17,32 \sqrt{\frac{31.9374km \cdot 15.9687km}{47.9061km \cdot 6G \cdot z}}$$

$$= 23.0707m$$

Pérdida de espacio Libre

$$L_{fs}(dB) = 92.44 + 20 \log r(km) + 20 \log f(G \cdot z) - G_T(dBi) - G_R(dBi)$$

$$L_{fs}(dB) = 92.44 + 20 \log(47.9061km) + 20 \log(6G \cdot z) - 23dBi - 23dBi$$

$$= 95.6108dB$$

Margen de desvanecimiento

$$Fm = 30 \log(d) + 10 \log(6 \cdot A \cdot B \cdot f) - 10 \log(1 \cdot R) - 70$$

$$Fm = 30 \log(47.9061km) + 10 \log(6 \cdot 1 \cdot 0.25 \cdot 6G \cdot z) - 10 \log(0.0001) - 70$$

$$Fm = 29.9541dB$$

Presupuesto de potencia

$$P_{RX} = EIRP - Al_{TX} - L_{fs} + G_{RX} - Al_{RX}$$
$$P_{RX} = 50dBm - 0.15dB - 95.6108dB + 23dBi - 3dB = 25.7608dBm$$



Figura 34: Antena Ubiquiti airFiber24

Fuente: https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_DS.pdf

Características airFiber 24	
Max. El consumo de energía	50W
Frecuencia de operación	24.05 – 24.25 Ghz
EIRP	40 dBm
Ganancia TX	33 dBi
Ganancia RX	38 dBi

Tabla 8: Características airFiber 24

Fuente: <https://www.ui.com/airfiber/airfiber24/>

Línea de vista

$$r_1(km) = \sqrt{17 \cdot 1(m)} = \sqrt{17 \cdot 60m} = 31.9374km$$
$$r_2(km) = \sqrt{17 \cdot 2(m)} = \sqrt{17 \cdot 15m} = 15.9687km$$
$$r(km) = \sqrt{17 \cdot 1(m)} + \sqrt{17 \cdot 2(m)} = \sqrt{17 \cdot 60m} + \sqrt{17 \cdot 15m} = 47.9061km$$

Primera zona de Fresnel

$$f_c = \frac{24.05G \cdot z + 24.25G \cdot z}{2} = 24.15G \cdot z$$

$$F_1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{r_1(km) \cdot r_2(km)}{r(km) \cdot f(Gz)}} = 17,32 \sqrt{\frac{31.9374km \cdot 15.9687km}{47.9061km \cdot 24.15Gz}}$$

$$= 11.4994m$$

Pérdida de espacio Libre

$$L_{fs}(dB) = 92.44 + 20 \log r(km) + 20 \log f(Gz) - G_T(dBi) - G_R(dBi)$$

$$L_{fs}(dB) = 92.44 + 20 \log(47.9061km) + 20 \log(24.15Gz) - 33dBi - 38dBi$$

$$= 82.7061dB$$

Margen de desvanecimiento

$$Fm = 30 \log(d) + 10 \log(6 A B f) - 10 \log(1 R) - 70$$

$$Fm = 30 \log(47.9061km) + 10 \log(6 \cdot 1 \cdot 0.25 \cdot 24.15Gz) - 10 \log(0.0001)$$

$$70$$

$$Fm = 36.0018 dB$$

Presupuesto de potencia

$$P_{RX} = EIRP - A_{TX} - L_{fs} + G_{RX} - A_{RX}$$

$$P_{RX} = 40dBm - 0.15dB - 82.7061dB + 38dBi - 3dB = 7.8561dBm$$



Figura 35: Antena Ubiquiti airFiber24HD
Fuente: https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_DS.pdf

Características airFiber 24HD	
Max. El consumo de energía	50W
Frecuencia de operación	24.05 – 24.25 Ghz
EIRP	40 dBm
Ganancia TX	33 dBi
Ganancia RX	40 dBi

Tabla 9: Características airFiber 24HD
Fuente: <https://www.ui.com/airfiber/airfiber24-hd/>

Línea de vista

$$r_1(km) = \sqrt{17 \cdot 1(m)} = \sqrt{17 \cdot 60m} = 31.9374km$$

$$r_2(km) = \sqrt{17 \cdot 2(m)} = \sqrt{17 \cdot 15m} = 15.9687km$$

$$r(km) = \sqrt{17 \cdot 1(m)} + \sqrt{17 \cdot 2(m)} = \sqrt{17 \cdot 60m} + \sqrt{17 \cdot 15m} = 47.9061km$$

Primera zona de Fresnel

$$f_c = \frac{24.05G \cdot z + 24.25G \cdot z}{2} = 24.15G \cdot z$$

$$F_1(m) = 17,32 \sqrt{\frac{r_1(km) \cdot r_2(km)}{r(km) \cdot f(G \cdot z)}} = 17,32 \sqrt{\frac{31.9374km \cdot 15.9687km}{47.9061km \cdot 24.15G \cdot z}}$$

$$= 11.4994m$$

Pérdida de espacio Libre

$$L_{fs}(dB) = 92.44 + 20 \log r(km) + 20 \log f(G \cdot z) - G_T(dBi) - G_R(dBi)$$

$$L_{fs}(dB) = 92.44 + 20 \log(47.9061km) + 20 \log(24.15G \cdot z) - 33dBi - 40dBi$$

$$= 80.7061dB$$

Margen de desvanecimiento

$$Fm = 30 \log(d) + 10 \log(6 \cdot A \cdot B \cdot f) - 10 \log(1 \cdot R) - 70$$

$$Fm = 30 \log(47.9061km) + 10 \log(6 \cdot 1 \cdot 0.25 \cdot 24.15G \cdot z) - 10 \log(0.0001) - 70$$

$$Fm = 36.0018 dB$$

Presupuesto de potencia

$$P_{RX} = EIRP - Al_{TX} - L_{fs} + G_{RX} - Al_{RX}$$
$$P_{RX} = 40dBm - 0.15dB - 80.7061dB + 40dBi - 3dB = 3.8561dBm$$

En esta oportunidad haremos uso del equipo que mayor potencia nos ofrece, la antena *Ubiquiti airFiber5U*, teniendo en consideración que el mismo está dentro del rango de frecuencias con el cual opera Conex Telecom. Las antenas *Ubiquiti airFiber24* y *airFiber24HD* serían una excelente opción para realizar enlaces punto multipunto, sin embargo, estas operan en la frecuencia de banda libre y no es lo recomendable para un *ISP* por no cumplir con los lineamientos del ente rector CONATEL.

4.5.2.1. Materiales adicionales para el funcionamiento del sistema

Dado el vertiginoso crecimiento de Conex Telecom, su red debe contar con escalabilidad y por tal motivo se considera el cambio de su unidad de procesamiento en Cerro Copey, a fin de poder conectar este *AP* con la nueva red de *FTTH* próxima a iniciar actividades. Para ello se ha estudiado el *datasheet* del equipo marca *Mikrotik* modelo *CCR1036-12G-4S*, y el cual es la mejor opción en el mercado para manejar altas tasas de tráfico de datos.



Figura 36: Enrutador *Mikrotik CCR1036-12G-4S*

Fuente: <https://mikrotik.com/product/CCR1036-12G-4S-EM#fndtn-gallery>

Características Enrutador Mikrotik CCR1036-12G-4S	
CPU	<i>Tile-Gx36 CPU (36-cores, 1.2Ghz per core)</i>
Densidad del puerto del conmutador: enlaces ascendentes	<i>12 x 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet with Auto-MDI/X + 4 x 1.25G Ethernet mini-GBIC</i>
Performance	Switching capacity : 32 Gbps Forwarding performance : 38.7 mpps
Memoria DRAM	4 GB
Memoria flash	512 KB

Tabla 10: Características Enrutador Mikrotik CCR1036-12G-4S

Fuente: <https://mikrotik.com/product/CCR1036-12G-4S-EM>

Se incluye de igual manera un dispositivo *EdgePoint* marca *Ubiquiti*, modelo *EP-S16*, con el cual se corrigen los inconvenientes de interferencia que se presenta en las líneas de transmisión y siendo este hasta los momentos el único equipo existente que garantiza entre sus funciones la atenuación de *RF* en el cableado ofreciendo también alternativas de seguridad y mantenimiento remoto de los equipos interconectados.



Figura 37: Ubiquiti EdgePoint EP-S16

Fuente: https://dl.ubnt.com/datasheets/edgemax/EdgePoint_DS.pdf

Características Ubiquiti EdgePoint EP-S16	
CPU	<i>Tile-Gx36 CPU (36-cores, 1.2Ghz per core)</i>
Densidad del puerto del conmutador: enlaces ascendentes	<i>12 x 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet with Auto-MDI/X + 4 x 1.25G Ethernet mini-GBIC</i>
Performance	Switching capacity : 32 Gbps Forwarding performance : 38.7 mpps
Memoria DRAM	4 GB
Memoria flash	512 KB

Tabla 11: Características Ubiquiti EdgePoint EP-S16
Fuente: <https://www.ui.com/edgemax/edgepoint/>

Continuando con los procesos de mejora, se concreta la migración de las antenas de Conex Telecom a una nueva torre autosoportada de 62mts de altura sobre el nivel del suelo, ubicada en la caseta de Ecovisiónn en Cerro Copey, esto con la intención de ampliar la zona de cobertura que ofrecerá el AP, una vez implementado el presente proyecto de investigación. Dicha migración resulta de un convenio comercial previamente establecido entre la empresa y la televisora

Por último, se enlistan los costos de todos los materiales requeridos para llevar acabo la implementación del diseño seleccionado y con el cuál, dado los cálculos realizados, se otorgará a los clientes interconectados mejoras considerables en la calidad del servicio percibido.

CANTIDAD	MARCA	TIPO	COSTO
1	<i>Ubiquiti</i>	<i>AirFiber5U</i>	\$ 1,397.50
1		<i>EdgePoint EP-S16</i>	\$ 528.85
1	<i>Mikrotik</i>	<i>CCR1036-12G-4S</i>	\$ 853.64
200 mts	<i>Slampro</i>	<i>Cable UTP CAT6E outdoor</i>	\$ 162.84
100		<i>Conector RJ-45 CAT 6E</i>	\$ 7.49
2		<i>Patch cord fibra SC - SC</i>	\$ 9.99
100		<i>Tie Wrap 10 cm color negro</i>	\$ 5.26
COSTO TOTAL DEL PROYECTO			\$ 2965,57

Tabla 12: Costos de implementación del punto WISP en Cerro Copey para Conex Telecom.
Fuente: El Autor

4.5.3. Instalación del arreglo *WISP*, en el *AP* de Conex Telecom

Luego de analizados los resultados obtenidos en la estimación del enlace y evaluada la matriz de costos por la implementación del proyecto, la Gerencia de Operaciones de Conex Telecom, da visto bueno a la activación del mismo y se da inicio al proceso logístico para llevar a cabo la instalación del arreglo en el *AP* de Cerro Copey, para ello se programan las actividades a realizar, según el cronograma detallado en la siguiente tabla.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES			
SEM	EJECUCIÓN	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
1	2 días	Desmantelamiento del punto inalámbrico actual en Cerro Copey	Se retiran antenas, cableado y <i>switch</i>
	3 días	Configuración del enrutador <i>Mikrotik</i> , el <i>EdgePoint</i> y el <i>airFiber5U</i>	Se realizan pruebas de comunicación entre los equipos nuevos y la red de Conex Telecom
2	2 días	Colocación del nuevo cableado, ubicación del <i>EdgePoint</i> y el <i>airFiber5U</i> , en la torre autosoportada de ECOVISION. Colocación del nuevo <i>SPU</i> en el rack de Conex Telecom	
	1 día	Pruebas de alineación del <i>airFiber5U</i> y ancho de banda recibido. Prueba remota de comunicación y acceso a los nuevos equipos en Cerro Copey	Las pruebas de administración y gestión de los equipos, se realiza desde la sede del Recreo
	1 día	Prueba de alineación y ancho de banda percibido, con los clientes estudio	
3	4 días	Análisis de resultados obtenidos y monitoreo de la estabilidad del nuevo arreglo <i>WISP</i>	Se deja el ancho de banda del cliente estudio sin regulación y se monitorea el consumo del mismo

4	1 día	Entrega de informe técnico luego de la implementación del arreglo <i>WISP</i> a la Gerencia de Operaciones de Conex Telecom	
---	-------	---	--

Tabla 13: Cronograma de actividades para la implementación del arreglo *WISP* en Cerro Copey.
Fuente: El Autor

4.5.4. Evaluación de los resultados obtenidos en los indicadores de calidad de los enlaces inalámbricos, luego de la implementación del punto *WISP* en el AP de Cerro Copey

Lo primero a evaluar luego de la implementación del arreglo *WISP*, es la nueva área de cobertura que posee el AP, luego de migrar el enlace punto multipunto a la torre autoportada, para ello recurriremos nuevamente al software *Radio Mobile* para la obtención de la gráfica correspondiente.

En ella podemos visualizar que se ha ampliado considerablemente el radio de acción de nuestra cobertura, garantizado valores óptimos de transmisión para una población de 1687 habitantes a la redonda y que con ello podemos garantizar que los planes contratados por los clientes serán percibidos de manera simétrica y de capacidades próximas a los 100Mb.

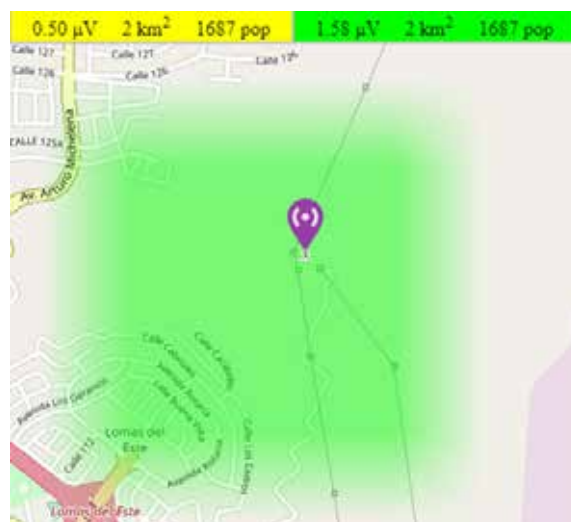


Figura 38: Zona de cobertura del AP de Conex Telecom en Cerro Copey con el *airFiber24*
Fuente: https://www.ve2dbe.com/rmonline_s.asp

Posteriormente visualizamos el tráfico de datos que presenta el enlace de nuestro cliente en estudio, para ello mostramos la gráfica de alineación y ancho de banda que este percibe visto desde la administración remota de su servicio. Así mismo y haciendo uso de la evidencia obtenida en sitio, al momento de validar que el enlace se encontraba operativo y alimentando el enlace inalámbrico.

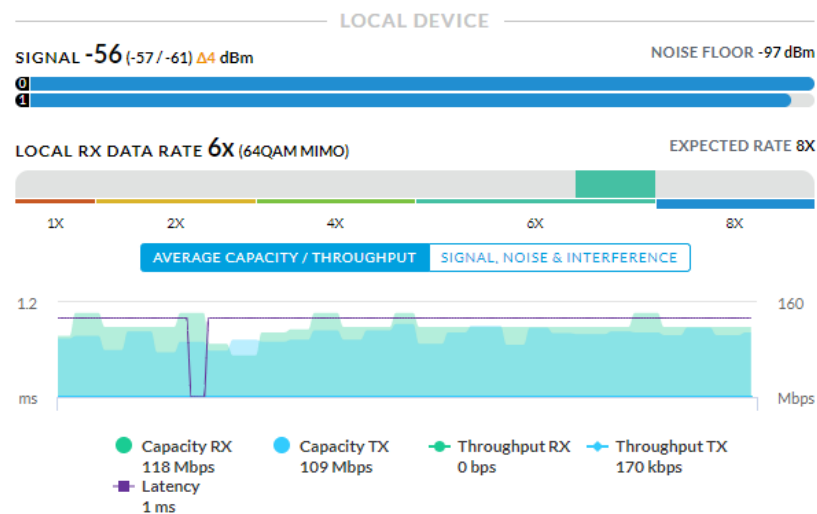


Figura 39: Monitoreo de tráfico de datos entre desde el *airFiber 5U* hacia el cliente estudio 1
Fuente: <https://10.128.33.27/#dashboard>

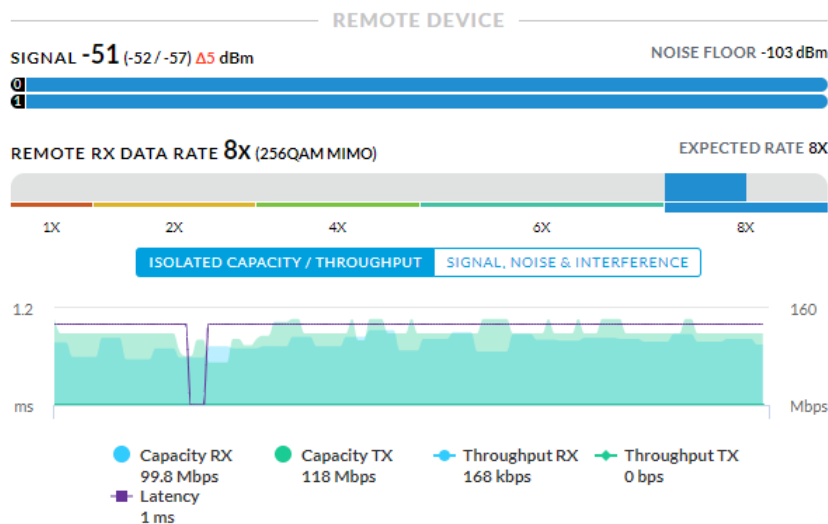


Figura 40: Monitoreo de tráfico de datos entre desde el cliente estudio 1 hacia el *airFiber 5U*
Fuente: <https://10.128.33.28/#dashboard>

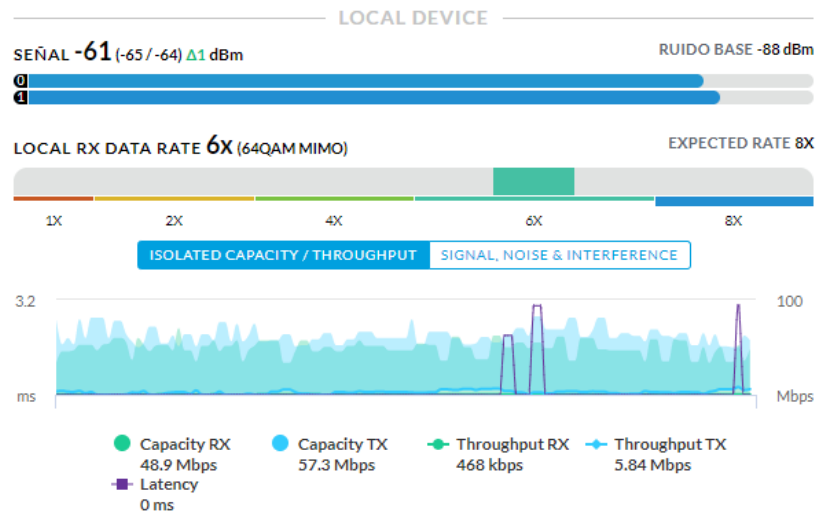


Figura 41: Monitoreo de tráfico de datos entre desde el *airFiber 5U* hacia el cliente estudio 2
Fuente: <https://10.128.33.27/#dashboard>

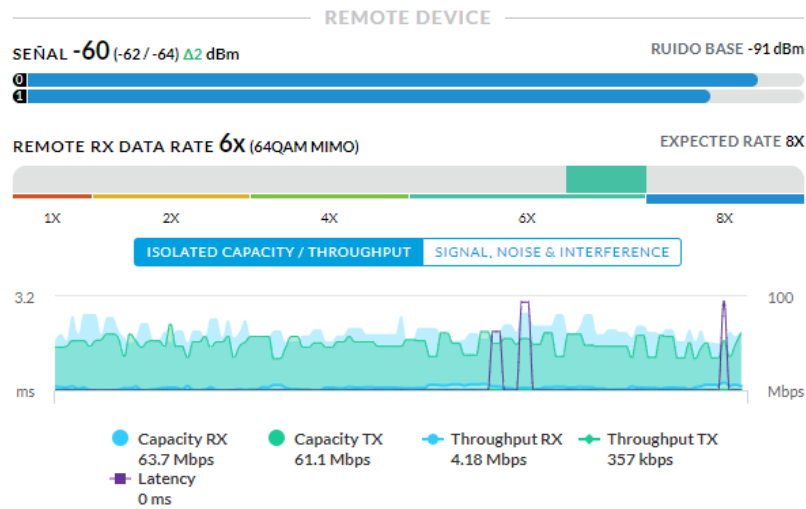


Figura 42: Monitoreo de tráfico de datos entre desde el cliente estudio 2 hacia el *airFiber 5U*
Fuente: <https://10.128.34.34/#dashboard>

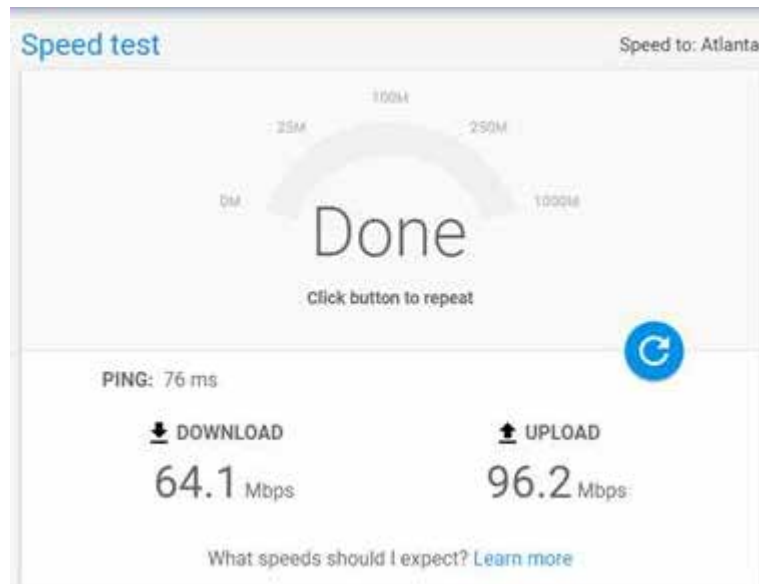


Figura 43: Ancho de banda percibido por el cliente final 1, tomado desde uno de sus equipos.
Fuente: <http://speedtest.googlefiber.net/>

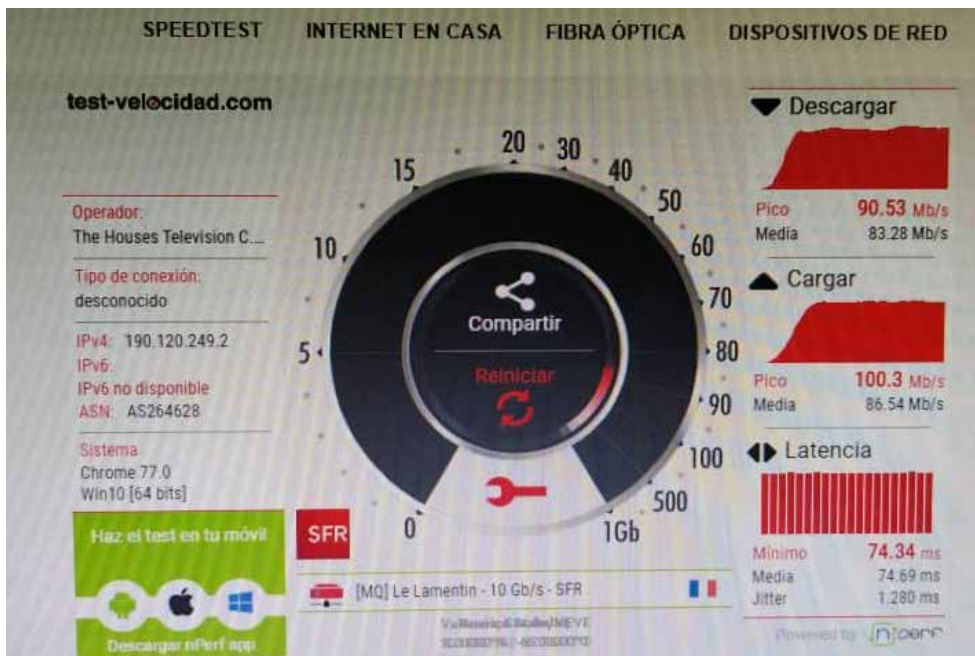


Figura 44: Ancho de banda percibido por el cliente final 2, tomado desde uno de sus equipos.
Fuente: <http://www.test-velocidad.com/>

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Un *ISP* del nivel de Conex Telecom debe mejorar su calidad de respaldo eléctrico en los *AP* como Cerro Copey, ya que actualmente las frecuentes interrupciones en el servicio eléctrico en el país degradan la vida útil de las baterías e inversores instalados en sus nodos y que, aunque el arreglo *WISP* implementado en nuestro proyecto no genera un gran consumo de energía, de igual manera debe considerarse como una mejora a realizar en un futuro próximo.

Así mismo y aunque no depende directamente de la empresa, se sugiere implementar un sistema de refrigeración para la caseta de comunicación donde están ubicados los equipos, pues los niveles de temperatura que alcanza el cuarto de datos son realmente altos y esto genera daño en los componentes electrónicos de los dispositivos de comunicación.

Se recomienda realizar mantenimiento por lo menos una vez al año a las antenas de los clientes, a fin de mantener actualizados el firmware, verificar las alineaciones y garantizar que los niveles de seguridad de los equipos se mantienen, para así evitar ataques a las redes de los clientes y que puedan afectar la red de la empresa.

REFERENCIAS

- Arias, Fidias (2006). **El Proyecto de Investigación**. Introducción a la metodología científica. (5ª. ed.). Caracas, Venezuela: Episteme.
- Bava, J. (2013). *Antenas reflectoras en microondas*. [Documento en línea]. Disponible: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf [Consulta: Diciembre 2018, 24].
- Bermúdez, H. y Jiménez, W. (2008). *Multiplexación por División de Longitud de Onda – WDM una Nueva Alternativa para Comunicaciones Ópticas*. [Documento en línea]. Disponible: http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigaciones/adjuntos/pdf/eb75_n1806.pdf [Consulta: Junio 2008, 26].
- Caisaguano, Patricio. (2018). *Diseño y simulación de un WISP Wireless Internet Service Provider para la ciudad de Pedernales en Manabí Ecuador*. Trabajo de Grado. Publicado. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador.
- Carrasco, A. Chaille, G. Frenzel, M. Monachesi, E. y Gómez, F. (2011). Efecto de la Foresta en las Transmisiones electromagnéticas dentro de una WLAN (LAN inalámbrica). Proyecto de Investigación. Publicado. Universidad Tecnológica Nacional. Tucumán, Ecuador.
- Corcio, C. y Vásquez, R. (2015). *Estimación de la Ampliación del acceso inalámbrico en base a estaciones punto multipunto AIRMAX UBIQUITI NETWORKS pertenecientes a la red del proveedor de servicios grupo PRIVADO DEL NORTE S.A.C*. Trabajo de Grado. Publicado. Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO). Trujillo, Perú.
- Hernández, Sampieri; Fernández, Roberto y Baptista, Pilar (2006). **Metodología de la Investigación**. (4ª. ed.). Editorial Ultra S.A.
- León, M. (2004). *Diccionario de Informática, Telecomunicaciones y Ciencias Afines*. [Documento en línea]. Disponible: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=31cagl0wNzEC&oi=fnd&pg=PA3&dq=diccionario+para+telecomunicaciones&ots=5JF1snHYR8&sig=Fj6Z1OPF1qoPNdMIBDI7ZSsO93U#v=onepage&q=diccionario%20para%20telecomunicaciones&f=false> [Consulta: Diciembre 2018, 31].
- Mijares, Héctor y García, Luis (2007). **Normas Para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado**. Universidad José Antonio Páez. Valencia.

- Patiño, Miguel. (2012). Características de Cables de Cobre y Accesorios de Conexión para Redes de Área Local. Trabajo de Grado. Publicado. Instituto Politécnico Nacional. Culhuacan, México.
- Reicino, Carlos. (2017). *Implementación de arreglos de antenas multibanda para la Quinta Generación Móvil*. Trabajo de Especialización. Publicado. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Salazar, J. (2016). *Redes Inalámbricas*. [Documento en línea]. Disponible: <https://core.ac.uk/download/pdf/81581109.pdf> [Consulta: Diciembre 2018, 24].
- Soriano, F. y Tomalá, J. (2016). *Diseño de un Nodo ISP inalámbrico de banda ancha para la comuna El Azúcar del cantón Santa Elena*. Trabajo de Grado. Publicado. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador.
- Textos Científicos.com. (2005). *Tipos de Fibras Ópticas*. [Documento en línea]. Disponible: <https://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra> [Consulta: Noviembre 2005, 20].