



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE DISEÑO Y MEJORAS DE RADIOENLACES  
PUNTO-MULTIPUNTO (PtMP) EN EL CAMPO DE LA  
POTENCIA Y FRECUENCIA DE LOS DIFERENTES  
SECTORES DE LA CELDA LOS GUAYOS PERTENECIENTE  
A LA EMPRESA GANDALF COMUNICACIONES C.A.**

Autor:

Paredes Sánchez, César Alejandro.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**

**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**PROPUESTA DE DISEÑO Y MEJORAS DE RADIOENLACES PUNTO-  
MULTIPUNTO (PtMP) EN EL CAMPO DE LA POTENCIA Y FRECUENCIA  
DE LOS DIFERENTES SECTORES DE LA CELDA LOS GUAYOS  
PERTENECIENTE A LA EMPRESA GANDALF COMUNICACIONES C.A.**

Proyecto del Informe de Pasantías para optar al título de  
**INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**Autor:** Paredes Sánchez, César Alejandro.

C.I.: V-27.782.918

**Tutor:** Ing. Virgüez, Gilberto.

C.I.: V-26.116.379

San Diego, septiembre de 2022



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

**ACTA DE APROBACIÓN**

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: "Propuesta de diseño y mejoras de redes locales Punto-Multipunto (PTMP) en el campo de la potencia y frecuencia de los diferentes sectores de la celda los Guayos perteneciente a la empresa Guanditf Comunicaciones C.A"

Realizado por el (la) Br. Cesar Porcedas

C.I. N° 27.782.918 cursante de la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral,

considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

[Signature]  
Tutor Académico (Coordinador)  
Nombre: Gilberto Jigüez  
C.I.: 26.116.374

[Signature]  
Jurado  
Nombre: Jose R CENARO  
C.I.: 10738841

[Signature]  
Jurado  
Nombre: Arde Jarama  
C.I.: 8.667.372

Fecha: 10/10/2022






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

### CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Mediante la presente hacemos constar que hemos leído el Informe de Pasantía, elaborado por el ciudadano Paredes Sánchez, César Alejandro, titular de la cédula de identidad N° 27.782.918, para optar al grado académico de Ingeniero de Telecomunicaciones, cuyo título es **“PROPUESTA DE DISEÑO Y MEJORAS DE RADIOENLACES PUNTO-MULTIPUNTO (PtMP) EN EL CAMPO DE LA POTENCIA Y FRECUENCIA DE LOS DIFERENTES SECTORES DE LA CELDA LOS GUAYOS PERTENECIENTE A LA EMPRESA GANDALF COMUNICACIONES C.A.”**, adscrito a la línea de investigación: Ciencias Cognitivas y Aplicadas, y declaramos que aceptamos la tutoría del mencionado Proyecto del Informe de Pasantías durante su etapa de desarrollo hasta su presentación y evaluación por el jurado evaluador que se designe; según las condiciones del Reglamento de Estudios de la Universidad José Antonio Páez.

En San Diego a los seis días del mes de Septiembre del año dos mil veintidós.

Ing. Gilberto Virgüez  
Tutor Académico

  
Firma

06-09-2022  
Fecha

Ing. Javier Clavo  
Tutor Empresarial

  
Firma

06-09-2022  
Fecha

Sello de la Industria

**Gandalf**  
COMUNICACIONES  
**DEPTO. DE OPERACIONES**  
RIF: J-312820659



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

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL  
TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Ing. Gilberto Virgüez, portador de la cédula de identidad N°26.116.379, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano César A. Paredes S., portador de la cédula de identidad N°27.782.918, titulado **“PROPUESTA DE DISEÑO Y MEJORAS DE RADIOENLACES PUNTO-MULTIPUNTO (PtMP) EN EL CAMPO DE LA POTENCIA Y FRECUENCIA DE LOS DIFERENTES SECTORES DE LA CELDA LOS GUAYOS PERTENECIENTE A LA EMPRESA GANDALF COMUNICACIONES C.A.”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de Telecomunicaciones, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los seis días del mes de Septiembre del año dos mil veintidós.

---

Ing. Gilberto Virgüez

C.I.: 26.116.379

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DECANATO DE INGENIERÍA



FI T 002 2022-ICR IP

Valencia, 10 de junio de 2022

Ciudadano:  
PAREDES SANCHEZ, CESAR ALEJANDRO  
27.782.918  
Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 7-2022 de fecha 13/05/2022 aprobó el proyecto de grado titulado:

**Propuesta de diseño y mejoras de radio enlaces Punto-Multipunto (PtMP) en el campo de la potencia y frecuencia de los diferentes sectores de la celda Los Guayos pertenecientes a la empresa GANDALF COMUNICACIONES C.A.**

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:  
Ing. Gilberto Rafael Virgüez Arroyo, titular de la cédula de identidad V-26.116.379



Atentamente

**Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.**  
Decano de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado

## AGRADECIMIENTOS

A mi madre, Linley Sánchez por haberme guiado cada día y en todos mis procesos; educación, valores, ética y modales que requiere un excelente hijo. Siempre impulsándome a ser mejor y apoyarme con todo en mi vida. Te amo.

A mi hermano, David Alejandro por estar siempre a mi lado, por su incondicional apoyo, por ser mi escape y cómplice en situaciones complicadas y divertidas. Este logro te sirva de ejemplo y los sueños sí se cumplen. Te amo y sueña en grande.

A mi tía Aura Patiño, mi agradecimiento por siempre y dónde quiera que estés gracias por el cariño y el soporte. Te amo y extraño muchísimo. Este logro es el ejemplo que me diste de superación y fortaleza para ser lo que soy ahora. Me hubiese gustado que me vieras durante el final de mis estudios. Dedicado a tu memoria.

A mi prima Daniela Niño, pilar fundamental en esta etapa de mi vida, gracias por darme la oportunidad de lograr una meta tan importante como lo es un Título Universitario. Te dedico este triunfo. Me quedo corto en palabras de agradecimiento para ti y tu esposo Elvys, por guiarme y apoyarme, los quiero mucho, este triunfo es también de ustedes.

A mis tíos, Ruy, Luis, Leslie, Layrissé y Rahl, a mis primos y tíos políticos, gracias por su apoyo y confianza siempre en cada paso de mi vida. Este triunfo también es parte de ustedes. Los quiero mucho.

A mis abuelos maternos Luis y Bárbara a quienes les agradezco bastante por su dedicación y cariño, los tendré siempre en mis recuerdos, y mis abuelos paternos César y María por siempre impulsarme hacia adelante. Los amo.

A toda mi familia, quienes me han ayudado a seguir adelante, gracias por su apoyo. Los quiero mucho.

A mi tutor académico Gilberto V. y mi tutor empresarial Javier C., gracias por sus conocimientos y apoyo en todos los momentos. Les agradezco sinceramente por todo lo que me han ayudado.

A la empresa Gandalf Comunicaciones C.A., por confiar en mí desde el primer momento, por la confianza y el cariño que me han dado. Muchísimas gracias.

A mis compañeros de estudio Alejandro Ferrer, José Rodríguez, y Luis Rodríguez, gracias por todo muchachos.

A todos mis amigos que hice en el edificio, gracias por su apoyo y cariño, ustedes son mis hermanos: Andrés, Ernesto, Jesús, Juan Daniel, Juan Pablo, María, Miranda, Scret, Sofía y Susana. Los quiero mucho a todos.

## **DEDICATORIA**

A mi madre, soy quien soy ahora gracias a ti, te amo muchísimo, te dedico este logro con todo el amor del mundo.

A mi hermano, este trabajo es para ti.

A Daniela Niño y Elvys Tovar, este triunfo es fruto de su apoyo absoluto en mi vida y mi carrera.

A mis tíos Aura Patiño y Germán Niño, por haberme dado el apoyo incondicional, les dedico este sueño cumplido.

A mi familia, por haberme apoyado diariamente, gracias por el cariño y amor. Este trabajo es para ustedes.

Al departamento de Operaciones y Proyectos de Gandalf Comunicaciones C.A., por haberme dado la confianza y apoyo desde que llegué, les aprecio mucho y este trabajo no pudo haber sido sin ustedes. Gracias.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>pp.</b>
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABLAS.....	xv
RESUMEN INFORMATIVO.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I LA EMPRESA</b>	
1.1 Descripción de la Empresa.....	3
1.1.1 Ubicación de la Empresa.....	3
1.1.2 Razón Social.....	3
1.1.3 Reseña histórica.....	3
1.1.4 Estructura Organizativa.....	3
1.2 Misión, Visión, Objetivos y Valores de la Empresa.....	4
1.2.1 Misión.....	4
1.2.2 Visión.....	4
1.2.3 Objetivos.....	4
1.2.4 Valores.....	5
1.3 Descripción del Departamento donde se desarrolla la Pasantía.....	5
1.3.1 Estructura Organizativa del Departamento de Operaciones.....	5
<b>II EL PROBLEMA</b>	
2.1 Planteamiento del Problema.....	6
2.2 Formulación del Problema.....	7
2.3 Objetivos de la Investigación.....	7
2.3.1 Objetivo General.....	7
2.3.2 Objetivos Específicos.....	7
2.4 Justificación.....	8
2.5 Alcance.....	8

### **III MARCO TEÓRICO**

3.1 Antecedentes.....	9
3.2 Bases Teóricas.....	11
3.2.1 Radioenlace.....	11
3.2.2 Punto-Multipunto (PtMP).....	12
3.2.3 Espectro Radioeléctrico.....	13
3.2.4 Antena.....	14
3.2.5 Celda.....	16
3.2.6 Nodo.....	18
3.2.7 Router.....	19
3.2.8 Switch.....	20
3.2.9 Cable de Par Trenzado.....	22
3.3 Bases Legales.....	25
3.3.1 Ley de Ejercicio de la Ingeniería, Arquitectura y Profesionales Afines.....	26
3.3.2 Ley Orgánica de Telecomunicaciones.....	26
3.3.3 Reglamento de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones sobre Habilitaciones Administrativas y Concesiones de Uso y Explotación del Espectro Radioeléctrico.....	26
3.3.4 Ley de Protección al Consumidor y al Usuario.....	26
3.4 Definición de Términos.....	26

### **IV MARCO METODOLÓGICO**

4.1 Enfoque de la Investigación.....	30
4.2 Tipo de Investigación.....	30
4.3 Diseño de la Investigación.....	31
4.4 Nivel de la Investigación.....	32
4.5 Población y Muestra.....	32
4.5.1 Población.....	32
4.5.2 Muestra.....	32
4.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	33
4.6.1 Técnicas de Recolección de Datos.....	33

4.6.1.1 Revisión Documental.....	33
4.6.1.2 Observación Directa.....	33
4.6.2 Instrumentos de Recolección de Datos.....	33
4.6.2.1 Teléfono Celular.....	33
4.6.2.2 Lista de Cotejo.....	33
4.7 Métodos de Análisis de Recolección de Datos.....	34
4.7.1 Diagramas.....	34
4.8 Fases metodológicas.....	34
<b>V RECURSOS</b>	
5.1 Fase I: Diagnóstico sobre la situación actual de los radioenlaces PtMP de la celda Los Guayos.....	36
5.2 Fase II: Especificación de los requerimientos funcionales del punto-multipunto para la elaboración de las mejoras.....	46
5.3 Fase III: Diseño de la red mejorada de los punto-multipuntos para el servicio hacia los clientes.....	77
5.4 Fase IV: Ejecución de un estudio de factibilidades técnicas, operativas, sociales, ambientales y estimación de costos.....	84
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES.....	89
REFERENCIAS.....	90

## LISTA DE FIGURAS

### DESCRIPCIÓN

FIGURA		pp.
1	Estructura organizativa de Gandalf Comunicaciones C.A....	4
2	Estructura organizativa del Departamento de Operaciones de Gandalf Comunicaciones C.A.....	5
3	Evidencia fotográfica del estado actual de la celda Los Guayos.....	7
4	Esquema de un radioenlace.....	12
5	Diagrama de un radioenlace punto-multipunto.....	13
6	Espectro Radioeléctrico Venezolano.....	14
7	Forma de la antena sectorial junto con su patrón de radiación.....	15
8	Forma de la antena omnidireccional junto con su patrón de radiación.....	16
9	Forma de la antena direccional junto con su patrón de radiación.....	16
10	Fotografía de una celda.....	17
11	Ejemplo de nodos en una red.....	19
12	Fotografía de un switch, mostrando los puertos RJ-45 y SC...	21
13	Ilustración del conector RJ-45 con la Norma T568A.....	23
14	Ilustración del conector RJ-45 con la Norma T568B.....	23
15	Foto de un cable UTP.....	24
16	Foto de un cable FTP.....	24
17	Foto de un cable STP.....	25
18	Foto de un cable SFTP.....	25
19	Router de la celda, marca Mikrotik, modelo CCR2004-1G-12S+2XS.....	36
20	Switch de la celda, marca Mikrotik, modelo CRS326-24G-2S+RM.....	36

21	Torre de la celda, donde se aprecian las antenas sectoriales y las troncales de la empresa.....	37
22	Enlace del cliente 5 con el sector #1.....	48
23	Interfaz privada del cliente 5 del sector #1.....	48
24	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 5 con el sector #1.....	49
25	Scan de la antena del cliente 5 del sector #1.....	50
26	Enlace del cliente 15 con el sector #1.....	50
27	Interfaz privada del cliente 15 del sector #1.....	51
28	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 15 con el sector #1.....	51
29	Scan de la antena del cliente 15 del sector #1.....	51
30	Enlace del cliente 3 con el sector #3.....	52
31	Interfaz privada del cliente 3 del sector #3.....	53
32	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 3 con el sector #3.....	53
33	Scan de la antena del cliente 3 del sector #3.....	54
34	Enlace del cliente 4 con el sector #3.....	54
35	Interfaz privada del cliente 4 del sector #3.....	55
36	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 4 con el sector #3.....	55
37	Scan de la antena del cliente 4 del sector #3.....	56
38	Enlace del cliente 5 con el sector #3.....	56
39	Interfaz privada del cliente 5 con el sector #3.....	56
40	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 5 con el sector #3.....	57
41	Scan de la antena del cliente 5 del sector #3.....	57
42	Enlace del cliente 6 con el sector #3.....	58
43	Interfaz privada del cliente 6 con el sector #3.....	58
44	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 6 con el sector #3.....	59
45	Scan de la antena del cliente 6 del sector #3.....	59
46	Enlace del cliente 8 con el sector #3.....	60

<b>47</b>	Interfaz privada del cliente 8 con el sector #3.....	60
<b>48</b>	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 8 con el sector #3.....	61
<b>49</b>	Scan de la antena del cliente 8 del sector #3.....	61
<b>50</b>	Enlace del cliente 11 con el sector #3.....	62
<b>51</b>	Interfaz privada del cliente 11 con el sector #3.....	62
<b>52</b>	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 11 con el sector #3.....	63
<b>53</b>	Scan de la antena del cliente 11 del sector #3.....	63
<b>54</b>	Enlace del cliente 2 con el sector #5.....	64
<b>55</b>	Interfaz privada del cliente 2 con el sector #5.....	64
<b>56</b>	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 2 con el sector #5.....	65
<b>57</b>	Scan de la antena del cliente 2 del sector #5.....	65
<b>58</b>	Enlace del cliente 4 con el sector #5.....	66
<b>59</b>	Interfaz privada del cliente 4 con el sector #5.....	66
<b>60</b>	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 4 con el sector #5.....	67
<b>61</b>	Scan de la antena del cliente 4 del sector #5.....	67
<b>62</b>	Enlace del cliente 9 con el sector #5.....	68
<b>63</b>	Interfaz privada del cliente 9 con el sector #5.....	68
<b>64</b>	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 9 con el sector #5.....	69
<b>65</b>	Enlace del cliente 6 con el sector #6.....	69
<b>66</b>	Interfaz privada del cliente 6 con el sector #6.....	70
<b>67</b>	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 6 con el sector #6.....	70
<b>68</b>	Scan de la antena del cliente 6 del sector #6.....	71
<b>69</b>	Enlace del cliente 7 con el sector #8.....	71
<b>70</b>	Interfaz privada del cliente 7 con el sector #8.....	72
<b>71</b>	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 7 con el sector #8.....	72
<b>72</b>	Scan de la antena del cliente 7 del sector #8.....	73

73	Enlace del cliente 5 con el sector #15.....	73
74	Interfaz privada del cliente 5 con el sector #15.....	74
75	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 5 con el sector #15.....	74
76	Scan de la antena del cliente 5 del sector #15.....	75
77	Enlace del cliente 5 con el sector #16.....	75
78	Interfaz privada del cliente 5 con el sector #16.....	76
79	Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 5 con el sector #16.....	76
80	Scan de la antena del cliente 5 del sector #16.....	77
81	Potencia reciente del cliente 5 del sector #1, monitoreado con AirControl.....	78
82	Potencia reciente del cliente 15 del sector #1, monitoreado con AirControl.....	78
83	Potencia reciente del cliente 4 del sector #3, monitoreado con AirControl.....	79
84	Potencia reciente del cliente 6 del sector #3, monitoreado con AirControl.....	80
85	Potencia reciente del cliente 9 del sector #5, monitoreado con AirControl.....	82
86	Potencia reciente del cliente 7 del sector #8, monitoreado con AirControl.....	83

## LISTA DE TABLAS

### DESCRIPCIÓN

TABLA		pp.
1	Especificaciones de la distancia para los modelos de antenas que poseen los clientes.....	38
2	Cantidad de clientes conectados al sector #1 de Los Guayos con sus especificaciones.....	39
3	Cantidad de clientes conectados al sector #3 de Los Guayos con sus especificaciones.....	40
4	Cantidad de clientes conectados al sector #4 de Los Guayos con sus especificaciones.....	41
5	Cantidad de clientes conectados al sector #5 de Los Guayos con sus especificaciones.....	41
6	Cantidad de clientes conectados al sector #6 de Los Guayos con sus especificaciones.....	42
7	Cantidad de clientes conectados al sector #7 de Los Guayos con sus especificaciones.....	43
8	Cantidad de clientes conectados al sector #8 de Los Guayos con sus especificaciones.....	44
9	Cantidad de clientes conectados al sector #13 de Los Guayos con sus especificaciones.....	44
10	Cantidad de clientes conectados al sector #15 de Los Guayos con sus especificaciones.....	45
11	Cantidad de clientes conectados al sector #16 de Los Guayos con sus especificaciones.....	46
12	Costos de alineación de las antenas de los clientes.....	86
13	Costos por cambio de sector para los clientes.....	86
14	Costos por bajar el ancho del canal de las antenas de los clientes.....	86
15	Costos de la instalación del nuevo sector en la celda Los Guayos.....	87
16	Costos totales de la propuesta.....	87



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

**PROPUESTA DE DISEÑO Y MEJORAS DE RADIOENLACES PUNTO-  
MULTIPUNTO (PtMP) EN EL CAMPO DE LA POTENCIA Y FRECUENCIA DE  
LOS DIFERENTES SECTORES DE LA CELDA LOS GUAYOS PERTENECIENTE  
A LA EMPRESA GANDALF COMUNICACIONES C.A.**

Autor: César Alejandro Paredes Sánchez.

Tutor: Ing. Gilberto Virgüez.

Fecha: Mayo 2022

**RESUMEN INFORMATIVO**

El presente informe tiene como objetivo general, la propuesta sobre el diseño y mejoras de los radioenlaces punto-multipunto de los diferentes sectores de la celda Los Guayos, de Gandalf Comunicaciones C.A., en su sede del Estado Carabobo. Esta propuesta es requerida, con el fin de que este diseño y mejoras van a corregir los valores de los usuarios conectados de esta celda, con el propósito para que los mismos posean un servicio óptimo de internet, sin intermitencias ni lentitud. Esto se logrará con la mejora de los niveles de potencia de los radioenlaces; así como también, se hará el análisis para que ellos no se interfieran entre sí, es decir, cada uno de los radioenlaces posea un espectro de frecuencias ideal. El tipo de investigación de este informe es de campo y proyectista, debido a que los datos serán obtenidos directamente de la realidad y el desarrollo de la propuesta va de la mano con esos datos. Aunado a ello, el nivel de investigación es de carácter descriptivo, debido a que la misma describe la situación y posteriores características, propiedades y elementos que conforman a los radioenlaces PtMP, por lo tanto, la propuesta apunta a la evaluación del éxito de las mejoras en cuanto al proceso, resultados e impacto. Por ende, la línea de investigación de este informe es de ciencias cognitivas y aplicadas.

**Descriptor:** Diseño, Mejoras, Potencia, Frecuencia.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de telecomunicaciones son fundamentales en cualquier sociedad, permitiendo comunicar a cualquier persona con todo el mundo sin salir de casa. Actualmente, existen en el mercado una serie de sistemas, aparatos y dispositivos que facilitan el trabajo diario. El mundo ha cambiado desde el arribo de los primeros sistemas de telecomunicaciones, la aparición del telégrafo, el teléfono, el sistema de conexión alámbrica y la comunicación inalámbrica que permitieron la reducción de costos por ser sistemas flexibles y portátiles. El sistema de radiocomunicaciones brinda un servicio eficiente capaz de alimentar a todo un sector de una ciudad.

Gandalf Comunicaciones C.A. es una empresa proveedora de servicios de internet, la cual posee varias celdas en el Estado Carabobo, es por ello que posee un control y gestión de las antenas sectoriales a las cuales están conectados los suscriptores de la empresa. Ella ve todos los valores de potencia, ancho de banda, frecuencia y tipos de antenas de los clientes, por lo tanto, manejan distintos tipos de datos que se recopilan para tener la información necesaria sobre el estado de sus celdas y de cada uno de los clientes.

Como toda empresa proveedora de servicios de internet, puede tener una demanda más alta de consumo de internet por parte de los usuarios o un aumento de nuevos clientes en algunas celdas. Aquí es donde entran los radioenlaces, los cuales permiten la comunicación inalámbrica entre las celdas (antenas sectoriales) hacia los clientes. Para que se logre una comunicación de manera positiva, las antenas de los clientes tienen que estar alineadas de manera correcta con respecto a la celda de la empresa más cercana que haya en el sector.

En algunos casos, estos radioenlaces no son óptimos para prestar sus servicios. Por ende, en el presente informe se describirá la metodología y planificación de la propuesta de diseño y mejoras de los radioenlaces punto-multipunto de la celda Los Guayos de Gandalf Comunicaciones C.A., debido a la problemática presentada y explicada al autor de la propuesta (marzo, 2022), por lo que la empresa necesita nuevos diseños de radioenlaces y mejoras de los que ya están establecidos para poder brindar un servicio óptimo hacia los clientes conectado a la celda anteriormente mencionada y además llevar una evaluación del estado de estos clientes, junto con el alivio del consumo elevado de internet en horas pico de la celda.

La propuesta a ejecutar posee distintos desafíos a los cuales el autor debe enfrentarse, para alcanzar no solo una posible factibilidad de la propuesta; sino que también pueda ser de realizable en las demás celdas de la empresa, logrando que todo el personal de los departamentos de operaciones, soporte avanzado de la red, ingeniería y sus respectivas

autoridades puedan usar estos diseños y modelos de mejoras, para perfeccionar el servicio entregado a los usuarios. Además, el autor tiene la capacidad de conectarse con el entorno laboral para apoyarse mutuamente e impactar positivamente en la empresa y los proyectos realizados.

Sin embargo, esta gestión de la propuesta se basa no solo en una persona sino en un grupo de trabajo, el cual propone ideas para resolver el problema en primer lugar y también durante el proceso de dicha propuesta. Este grupo de personas son de los departamentos de operaciones, soporte avanzado de la red, ingeniería, infraestructura y proyectos, los cuales aportaron sus valiosas opiniones basadas en sus distintas experiencias en este ámbito laboral, y sirvieron para la elaboración de esta propuesta de diseño y mejoras de los radioenlaces punto-multipunto de la celda Los Guayos.

El presente informe de pasantías está constituido por cinco (05) capítulos, los cuales son especificados aquí:

**Capítulo I:** posee la descripción de la empresa, ubicación, reseña histórica, estructura organizativa, misión, visión, objetivos y valores, además de la descripción y estructura organizativa del departamento donde se desarrollan las pasantías.

**Capítulo II:** comprende el planteamiento del problema, formulación de la problemática, fijación del objetivo general y objetivos específicos de la investigación, junto con la justificación y alcance de la propuesta.

**Capítulo III:** contiene el marco teórico, desglosando los antecedentes del estudio, bases teóricas y bases legales que tienen una estrecha relación con la propuesta a desarrollar, además de las definiciones de términos importantes para la comprensión de la investigación.

**Capítulo IV:** está comprendido por el marco metodológico, explicando el tipo, diseño y nivel de la investigación, la población, muestra, explicación de las técnicas e instrumentos de recolección de datos, desarrollo de las fases metodológicas y planteamiento del cronograma de actividades.

**Capítulo V:** presentación de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la propuesta.

Y finalmente, estarán las referencias bibliográficas, las cuales sirvieron de apoyo y mucha ayuda para la realización de este informe de pasantías.

## **CAPÍTULO I**

### **LA EMPRESA**

#### **1.1 Descripción de la Empresa.**

##### **1.1.1 Ubicación de la Empresa.**

La dirección fiscal y principal de la empresa es la calle 64, entre avenidas 9 y 9B, casa número 9-125, sector Tierra Negra, en la ciudad de Maracaibo del Estado Zulia. También posee sedes en Caracas, el Estado Carabobo, Estado Falcón, Estado Lara y en el Estado Aragua.

##### **1.1.2 Razón Social.**

La empresa Gandalf Comunicaciones C.A. es de carácter privado y su tipo de compañía es de tipo Compañía Anónima.

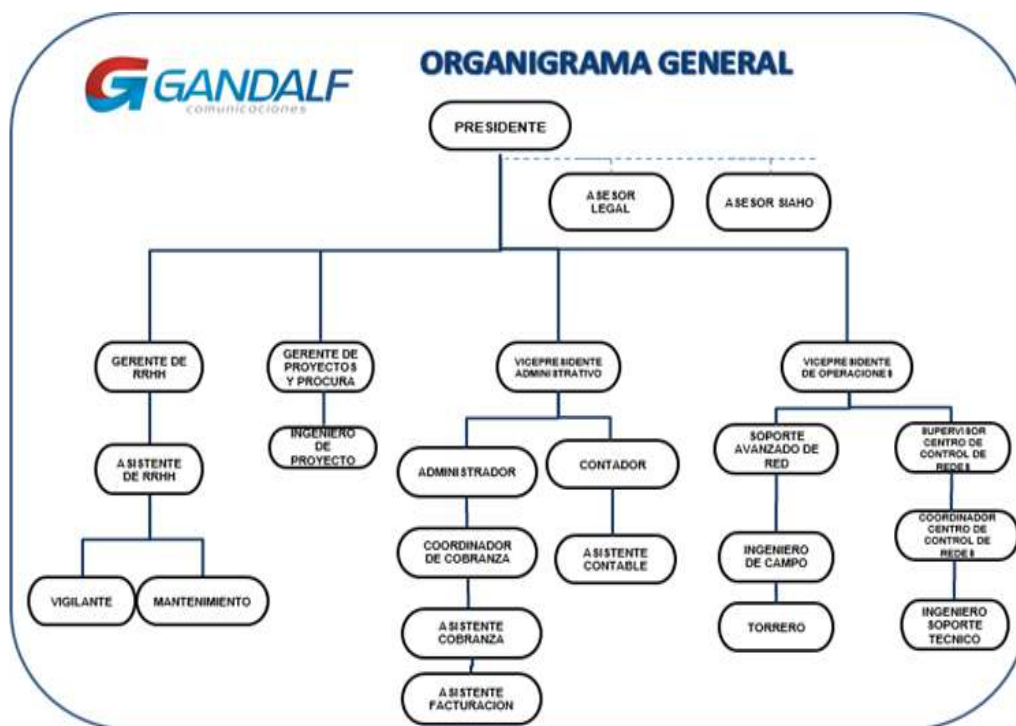
##### **1.1.3 Reseña Histórica.**

La empresa Gandalf Comunicaciones C.A, fue fundada un 18 de febrero del año 2005 en el Estado Mérida por la señora Yajaira Coromoto La Torre de Angulo y su hija Rocío Yajaira Angulo La Torre. En sus inicios, tuvo como sede principal la ciudad de Mérida, específicamente El Carrizal A, Calle los Bucares, N° 48, La Parroquia, Parroquia Juan Rodríguez Suárez, Municipio Libertador.

Para el año 2006, la empresa tuvo como objetivo principal expandirse y fue posteriormente trasladada al occidente del país, estableciendo nueva sede en Maracaibo donde actualmente se encuentra ubicada en el sector La Estrella, Calle 64 entre 9 y 9b, cerca de la Iglesia Perpetuo Socorro.

##### **1.1.4 Estructura Organizativa.**

A continuación en la Figura 1, se observa la estructura organizativa de Gandalf Comunicaciones C.A.



**Figura 1.** Estructura organizativa de Gandalf Comunicaciones C.A.

**Fuente:** Departamento de Recursos Humanos de Gandalf Comunicaciones C.A.

## 1.2 Misión, Visión, Objetivos y Valores de la Empresa.

### 1.2.1 Misión.

Ser la empresa más confiable apoyados en la excelencia, calidad, productividad y eficiencia de las soluciones integrales que proveemos a nuestros clientes; tanto en el suministro, instalación y manteniendo de sistema de comunicaciones.

### 1.2.2 Visión.

“Consolidarnos en el área de las telecomunicaciones como proveedores de servicios y equipos inalámbricos a nivel nacional; de la más alta calidad profesional, bajo un sistema de política de calidad basada en la norma COVENIN ISO-9000, ofreciendo solución integral adaptada a las necesidades los clientes, además de garantía y soporte técnico necesario.”

### 1.2.3 Objetivos.

- Proveer servicios de telecomunicaciones como lo son el Internet Inalámbrico, Redes Privadas/Intranet, Canales de Voz (VoIP) con total garantía y seguridad, respaldo con tecnología de vanguardia y calidad mundial.
- Mantenerse a la par con los avances tecnológicos ofreciendo servicios actualizados.
- Ofrecer una conexión con cero fallas al mejor precio del mercado.

### 1.2.4 Valores.

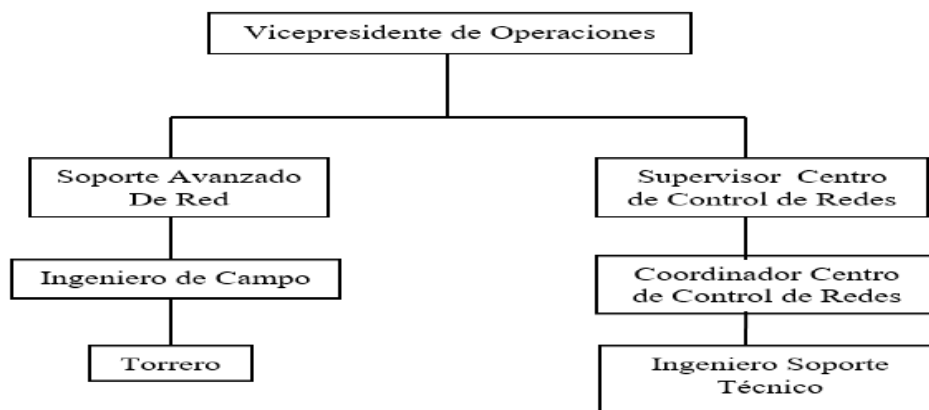
- Responsabilidad.
- Honestidad.
- Innovación.
- Compromiso.
- Credibilidad.
- Desarrollo.

### 1.3 Descripción del Departamento donde se Desarrolla la Pasantía.

El Departamento de Operaciones de Gandalf Comunicaciones C.A., se encarga del manejo de todos los elementos que hacen vida en la red de comunicaciones y en la prestación de servicio de internet. Entre sus funciones se pueden nombrar soporte y atención de fallas ya sea en sitio de forma presencial como vía remota a través de los diferentes canales de atención, mantenimiento, actualización y reemplazo en caso de ser necesario, de los diferentes equipos de la red, para garantizar el correcto funcionamiento de la misma, atención de tickets de falla reportados por lo clientes finales a través de los diferentes canales de comunicación que se mantienen para tal fin. En líneas generales el Departamento de Operaciones se encarga de realizar y planificar todos los trabajos que permiten el óptimo funcionamiento de la red que presta servicio a sus clientes desde el Core de la red hasta el cliente final.

#### 1.3.1 Estructura Organizativa del Departamento de Operaciones.

La estructura organizativa del Departamento de Operaciones es:



**Figura 2.** Estructura organizativa del Departamento de Operaciones de Gandalf Comunicaciones C.A.  
**Fuente:** Departamento de Recursos Humanos de Gandalf Comunicaciones C.A.

## **CAPÍTULO II**

### **EL PROBLEMA**

#### **2.1 Planteamiento del Problema.**

Desde la pandemia de COVID-19, la demanda de internet se ha incrementado a nivel mundial a niveles elevados, debido a que las personas tuvieron que entrar en cuarentena, adquiriendo así una dirección hacia el mundo del teletrabajo, clases virtuales y compras por internet. Por consiguiente, Venezuela no escapa a esta situación y se ha suscitado que las empresas proveedoras de servicios de internet (ISP) han detectado que su demanda de este servicio ha aumentado. Por ello, la empresa Gandalf Comunicaciones C.A. quienes con más de 16 años de experiencia, ha llegado a considerarse como una mejor alternativa para la conexión, comunicación y acceso a internet.

En relación a lo anterior, la empresa empezó a tener un gran flujo de tráfico en sus redes de comunicación, saturándolas a tal nivel que la empresa se ha visto en la necesidad de buscar nuevas alternativas, con el fin de mejorar la capacidad de transmisión de datos, para satisfacer a los usuarios. Con base a ello, la propuesta es el diseño y mejoras de los radioenlaces punto-multipunto de los distintos sectores de la celda Los Guayos, la cual en la actualidad presenta un nivel de tráfico de internet muy elevado, trayendo como consecuencia intermitencia y lentitud en el servicio para los usuarios del municipio Los Guayos del Estado Carabobo que están conectados a esta celda.

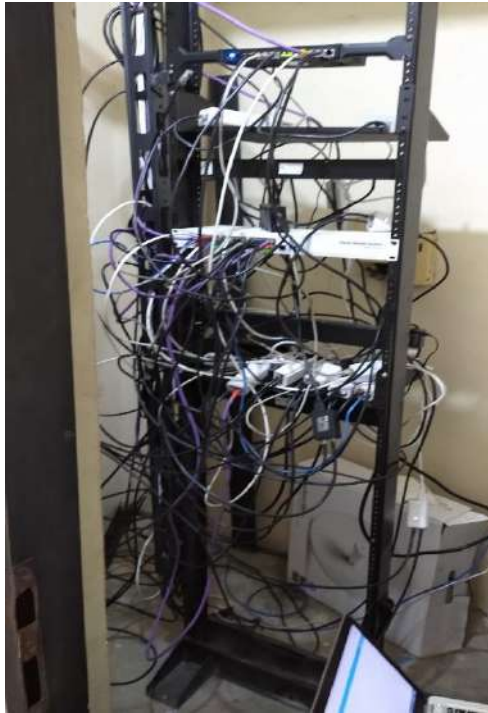
Según Ramos, F. (2009):

El diseño de radioenlaces es una disciplina que involucra toda una serie de cuestiones tales como la elección de la banda de frecuencias, el tipo de antenas y los equipos de radiocomunicación, el cálculo del balance de potencias, la estimación de los niveles de ruido e interferencia o el conocimiento de las distintas modalidades y fenómenos de propagación radioeléctrica, entre otras.

La empresa pasó de vender planes de 1, 2, 5, y 10MB a ofrecer planes de 10, 20, 30MB como consecuencia, implica que se debe tener valores óptimos en los radioenlaces entre clientes y sectores para así entregar el ancho de banda contratado.

En síntesis, la empresa tiene la necesidad de tener unas mejoras de la celda, la cual debe ser adecuada y compatible con los radioenlaces de la celda ya mencionada, todo ellos para garantizar un servicio óptimo a los usuarios de dicha celda. Además, se usarían distintos tipos de antenas y diferentes bandas de frecuencia para ellos; lo que hace que este proyecto tenga la oportunidad de ser estudiado, analizado, planificado y posiblemente ejecutado para dar

cumplimiento con los requisitos pertinentes del proceso de pasantías. Todo ello en un plazo de treinta y dos (32) semanas, lo cual es la estadía del investigador en la empresa.



**Figura 3.** Evidencia fotográfica del estado actual de la celda Los Guayos.

**Fuente:** Paredes (2022).

## **2.2 Formulación del Problema.**

¿Cómo corregir los errores de potencia y frecuencia de los Punto-Multipunto (PtMP) en los distintos sectores de la celda Los Guayos perteneciente a la empresa Gandalf Comunicaciones C.A.?

## **2.3 Objetivos de la Investigación.**

### **2.3.1 Objetivo General.**

Proponer el diseño de los radioenlaces Punto-Multipunto y mejoras para los campos de potencia y frecuencia de los distintos sectores de la celda Los Guayos.

### **2.3.2 Objetivos Específicos.**

- Diagnosticar la situación actual de los radioenlaces Punto-Multipunto (PtMP).
- Especificar los requerimientos funcionales del punto-multipunto para realizar las mejoras.
- Diseñar una red del punto-multipunto mejorada para el servicio hacia los clientes.

- Realizar un estudio de factibilidades técnicas, operativas, sociales, ambientales y estimación de costos.

#### **2.4 Justificación de la Investigación.**

Ante la necesidad expuesta anteriormente, en el ámbito social la propuesta es con el fin de satisfacer la demanda de los usuarios del municipio Los Guayos; en la parte técnica, es tanto para el investigador, la empresa Gandalf y la Universidad es un aporte importantísimo ya que va a permitir la resolución de problemas al momento de conexión o intermitencia del servicio a los usuarios.

En el sector comercial, es necesario poseer un excelente servicio de internet para así resaltar sobre la competencia de los proveedores de servicios de internet (ISP), también poder llegar a la mayor cantidad de usuarios posibles a la empresa Gandalf Comunicaciones.

#### **2.5 Alcance.**

La propuesta está dirigida al diseño y mejoras de los radioenlaces en las antenas que posean conexiones punto-multipunto de la celda Los Guayos de Gandalf Comunicaciones C.A. en el Estado Carabobo, todo ello haciendo la evaluación relacionada con la cantidad de usuarios conectados a las distintas frecuencias disponibles que posean radioenlaces punto-multipunto, junto con el nivel de potencia (en dBm) de cada uno de estos radioenlaces. Así limitándose esta propuesta solamente al diseño y mejoras, en un plazo de treinta y dos (32) semanas, y que posteriormente se hará un estudio de las factibilidades y estimación de costos, cumpliendo así con el último objetivo específico de este informe, logrando una meta a largo plazo de mejoras en el servicio hacia los usuarios de la celda antes mencionada.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

Sánchez y Reyes (2006) refieren que el marco teórico está conformado por la estructura o soporte teórico que sustenta científicamente al problema de la investigación. Ello requiere que toda investigación tenga cierto dominio sobre la teoría o modelo teórico específico dentro de una disciplina científica, que de fundamento al trabajo que se pretende realizar. Dicha estructura comprende: principios, conceptos, leyes, pre-supuestos científicos, definiciones, entre otros.

#### **3.1 Antecedentes.**

Un primer trabajo correspondiente a los aspirantes al título de Ingeniero de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, ubicada en Cuenca, Ecuador, Otavalo y Vásquez (2022), titulado: **Diseño e Implementación de Tres Radioenlaces Punto a Punto para el Laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca**. En mencionada investigación se hace referencia a la ubicación de los nodos para que el radioenlace Punto-Punto (PtP) deba tener una línea de vista de al menos 80% de la primera zona de Fresnel, permitiendo una obstrucción de valor máximo del 20% de la señal para así reunir las condiciones requeridas, obteniendo un excelente radioenlace.

Al igual que la investigación parte de Otavalo y Vásquez, el informe sobre el diseño y mejoras de los PtMP, tiene como uno de los objetivos la probable ubicación de las antenas de los Punto-Multipunto, para ellos, el procedimiento es todavía más complejo, pues la posición exacta de las antenas de los usuarios no suele estar todavía determinada, y la comprobación de visión directa debe ser mucho más general. Conviene colocar la antena de la estación base en un lugar con buena visibilidad y realizar una inspección visual de los alrededores en busca de posibles obstáculos o edificios altos que puedan enmascarar a potenciales usuarios.

Como segundo antecedente, está el del aspirante a Especialista Técnico en Telecomunicaciones, de la Universidad Católica Andrés Bello de Caracas, Venezuela, Rodríguez (2018) titulado: **Propuesta para el Respaldo del Transporte de las Señales de Audio de Radio Nacional de Venezuela entre las Sedes de RNV-VOLCÁN-VTV**. En donde hace mención a los elementos que constituyen un radioenlace y su importancia en el mundo de las telecomunicaciones, dándole al investigador del presente informe los conocimientos de nivel superior necesarios para el desarrollo del informe.

Un tercer trabajo de autoría de Concha (2017), aspirante al título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur en Lima, Perú, con el título de: **Diseño e Implementación de Enlaces Microondas y Un Nodo como Solución a un Problema de Línea de Vista para la Planta Agroindustrial de Jayanca, Provincia de Chiclayo**. El cual plasma la problemática de determinar la ubicación en la que se colocarán las antenas y repetidoras. El método de solución a este problema es importante porque podría permitir proponer un arreglo de antenas (enlaces) ante un cambio de infraestructura o reubicación del sitio del cliente. Es por esto que, es indispensable para el investigador del trabajo antes mencionado y el investigador del presente informe, la evaluación y estudio del lugar donde serán ubicadas las antenas sectoriales para obtener un radioenlace punto-multipunto de buena potencia, el cual tiene que ser igual o parecido al que va a ser diseñado teóricamente. De igual manera, el indagar profundamente sobre las tecnologías a usar en este diseño y mejoras descritas en la propuesta de este informe.

La próxima mención realizada por Ortiz (2017), de la Universidad Central de Venezuela, en Caracas, Venezuela, el cual es aspirante al título de Ingeniero Electricista. Se empleó como base en relación al tema de conexiones de un sistema de radiocomunicaciones, el cual tiene como título: **Diseño de un Sistema de Radiocomunicaciones que Opera en las Bandas UHF y VHF de una Planta de Televisión Nacional en las Ciudades: Caracas, Puerto La Cruz y Puerto Ordaz**. Donde señala cómo funciona un sistema de radiocomunicaciones, además de cómo van las conexiones de este sistema para el procesamiento y manipulación de las señales de microondas por parte de la antena de este sistema. Aunado a ello, el estudio de las características de la tecnología de los distintos sistemas de radiocomunicaciones que operan en las bandas UHF y VHF, junto con las recomendaciones internacionales establecidas por la UIT-R para estas tecnologías. Por lo tanto, sus aportes al investigador del presente informe son: la importancia de las conexiones de un sistema transmisor de señales de microondas para su óptimo funcionamiento, así como también, el alto valor que poseen las normas internacionales a la hora de transmitir en las bandas UHF y VHF.

Por último antecedente fue hecho por parte de Castillo (2017), quien optó por el grado académico de Magíster Scientiarum en Ciencias Aplicadas, Área: Física, de la Universidad del Zulia, en Maracaibo, Venezuela, de título: **Modelos de Propagación Electromagnética para la Pérdida de Potencia por Altura en Enlaces de Telefonía Móvil de Zonas Urbanas de Maracaibo**. En el cual estipula la identificación de los modelos de propagación electromagnética contemplando las pérdidas por altura de las antenas receptoras, además de ello, el análisis de la pérdida de potencia de la señal transmitida. Su aporte al presente informe

de pasantías, es que se ha de tener noción de alturas de las antenas receptoras del punto-multipunto para obtener así toda la potencia estimada de la señal con las mínimas pérdidas por propagación posibles.

### **3.2 Bases Teóricas.**

Según Pérez, (2006) las bases teóricas son “el conjunto actualizado de conceptos, definiciones, nociones, principios que explican las teorías principales del tópico a investigar” (p. 69). De acuerdo con ello, se presenta a continuación los soportes teóricos necesarios de la presente investigación.

#### **3.2.1 Radioenlace.**

Un radioenlace es la interconexión entre terminales de telecomunicaciones, que utiliza el aire como canal de transmisión, es decir, mediante la propagación de las ondas electromagnéticas por el aire permiten la comunicación entre dos o más puntos (ver Figura 4). Para obtener esta propagación de ondas electromagnéticas por el aire, se usa una frecuencia portadora, la cual es la encargada de transmitir la información de un punto a otro. Hay distintos tipos de radioenlaces como los enlaces punto-punto, punto-multipunto, enlaces fijos móviles, entre otros. Por consiguiente, se deben usar dos ondas portadoras moduladas, una de ellas realiza la transmisión y la otra onda ejecuta la recepción. A este par de frecuencias portadoras se le conoce como canal de radio.

Andrew (1988) especifica a los radioenlaces de microondas “como la interconexión de dos sitios geográficos a través de radios con unidades de transmisión (Tx) y recepción (Rx) y un número indeterminado de estaciones repetidoras que dependen de la distancia y la topografía de la ruta que los une”. (p. 76).

Es notable recalcar, el conocimiento de que las microondas no atraviesan a la mayoría de los materiales y obstáculos ambientales, por ende, las antenas de transmisión y recepción deben poseer líneas de vista (verse una a la otra), esto es para evitar la desviación sufrida de las microondas cuando se propagan y chocan con un objeto macizo y opaco.

Una de las ventajas de un radioenlace es que permite una transmisión de datos digitales entre dos antenas que se tengan visibilidad, más precisamente, sin obstáculos que impidan una línea de visión directa entre ellas. Superado este requerimiento, la instalación es rápida y sencilla y las necesidades de mantenimiento muy bajas, al contrario que en las conexiones por cable, donde se necesita realizar obras y en algunos casos permisos administrativos para ejecutarlas, en la conexión por radioenlaces solo es necesario instalar las antenas en la localización idónea y un router Wi-Fi para acceder a la señal. Aunado a ello, por seguridad la información es encriptada antes de ser transmitida, de manera que aunque la señal viaja por el

espacio público, esta es muy segura porque nadie la puede descifrar sin la llave correspondiente.

Otra ventaja es que gracias a las altas frecuencias de las antenas y el uso de repetidores, los proveedores de servicios de internet son capaces de ofrecer un gran ancho de banda de forma continua, sin cortes ni pérdidas de rendimiento, permitiéndole al usuario disfrutar de una conexión de alta calidad aunque su localización no sea la mejor.

Su principal desventaja es cuando la distancia es grande, el rendimiento de este enlace puede ser afectado por las condiciones climáticas, por lo que no es recomendado, en este caso, que sea el único medio de conexión si es que ella resulta ser indispensable o de vital importancia.



**Figura 4.** Esquema de un radioenlace.

**Fuente:** <https://www.twintelcom.com/internet-por-radio-enlace-wifi-que-es-como-funciona/>

### 3.2.2 Punto-Multipunto (PtMP).

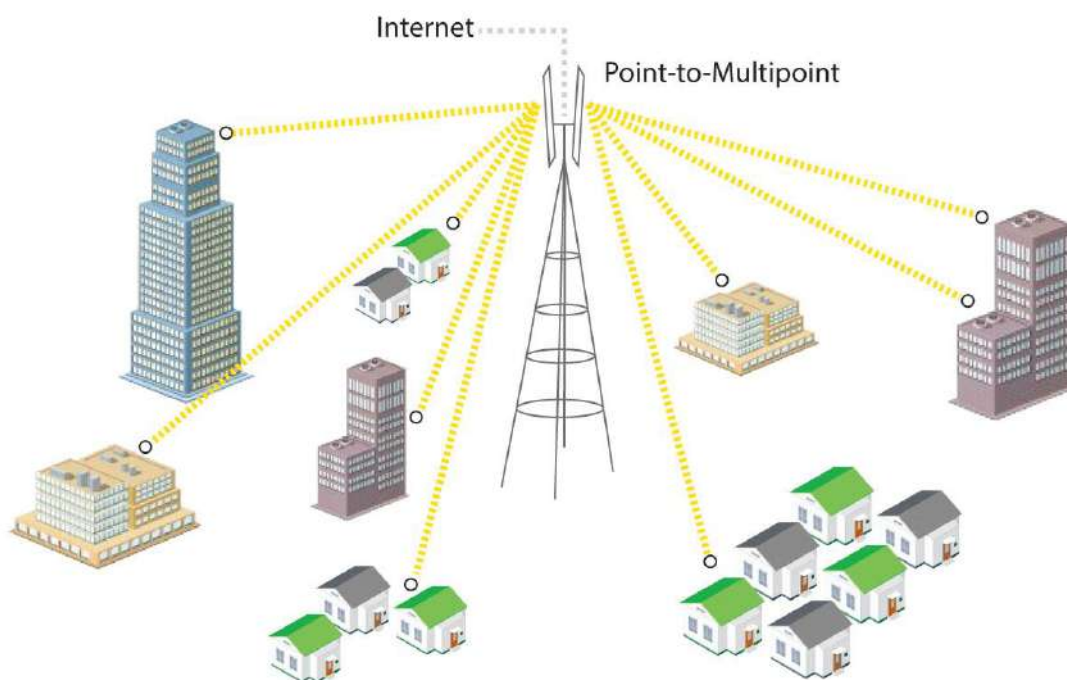
Los sistemas punto-multipunto, conectan a una estación central a un gran número de posibles receptores remotos. Generalmente, esto implica que la comunicación es solamente entre el punto central y los remotos, y de estos hacia el central. No existe comunicación entre los puntos remotos. (Ver Figura 5).

Según Galeano (2012), las conexiones punto-multipunto son usadas “para compartir una conexión a varios nodos desde un punto central. Un ejemplo, serían las redes Wi-Fi, donde varias computadoras se conectan a un solo Access Point”.

Entre las distintas características de un PtMP está que sólo existe una línea de comunicación cuyo uso está compartido por todas las terminales de la red, también la información fluye de forma bidireccional y ella es discernible para todas las terminales de la red, cada terminal debe poder detectar si el mensaje que envía el host le afecta o no, para ello, cada mensaje llevará la dirección del terminal al que va dirigido. Estos terminales no tienen que estar necesariamente próximos geográficamente.

Del mismo modo, los PtMP poseen un acceso común al ordenador central por medio de una línea a la que están conectados, y por tanto soporta todo el tráfico de la información.

Igualmente, otro de los beneficios que aportan los radioenlaces PtMP es la flexibilidad de configuración. Los radioenlaces se adaptan para satisfacer las necesidades y expectativas de entorno de diferentes clientes que incluyen, por ejemplo, redes gubernamentales, comunitarias, empresariales y escolares. También es muy útil y accesible para municipalidades, pequeños negocios y otras empresas. Además está la solución de que el acceso de banda ancha inalámbrica se ofrece en una alta gama de espectros, lo que garantiza el rendimiento excepcional. Además, los radioenlaces PtMP suelen tener un coste asequible y su mantenimiento es mínimo.



**Figura 5.** Diagrama de un radioenlace punto-multipunto.

**Fuente:** <https://finalpartings.com/jasa-instalasi-kabel/>

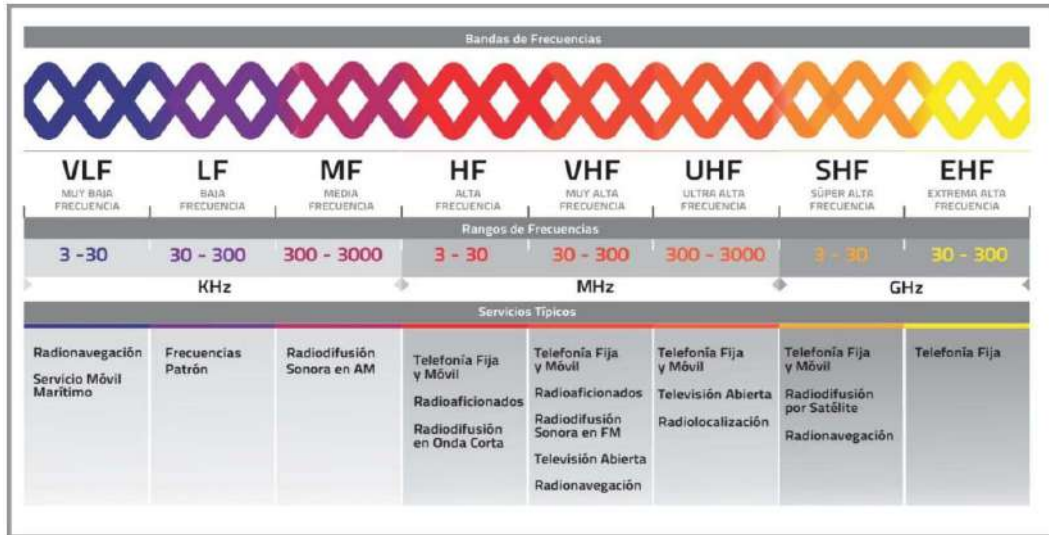
### 3.2.3 Espectro Radioeléctrico.

La Comisión Nacional de Telecomunicaciones (2017), CONATEL, se refiere al espectro radioeléctrico (ver Figura 6) como:

El espectro radioeléctrico, de conformidad con lo establecido en el artículo 4 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, es el conjunto de ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de los 3000 Gigahercios (GHz) y que se propagan por el espacio sin guía artificial. El espectro se divide en bandas de frecuencias que se designan por números enteros, en orden creciente. Las bandas de frecuencias constituyen el agrupamiento o conjunto de ondas

radioeléctricas con límite superior e inferior definidos convencionalmente. Estas a su vez podrán estar divididas en sub-bandas.

El espectro radioeléctrico venezolano es un bien del dominio público de la Nación, para cuyo uso y explotación se debe contar con la respectiva concesión de uso asociada a una habilitación administrativa, la cual es otorgada por CONATEL.



**Figura 6.** Espectro Radioeléctrico Venezolano.

Fuente: CONATEL (2017).

### 3.2.4 Antena.

Para Rodríguez (2018), una antena es:

Un transductor de energía eléctrica a electromagnética en su modo de transmisión, y viceversa, en su modo de recepción. Se puede visualizar como el acople del sistema de transmisión/recepción con el canal de transporte o difusión, que en el caso de las radiocomunicaciones, es el espacio libre.

El gran avance en internet, permite el acceso a diferentes formas de comunicación, pero este se vería limitado si sólo pudiera construirse por cables. La conectividad que se logra de manera inalámbrica, permite estar conectado un usuario a cualquier servicio o red. Esto se obtiene gracias a las antenas, que si tuvieran las grandes dimensiones que en los inicios de los sistemas inalámbricos de comunicación, también harían difícil la dinámica de estar conectados. Para esto se aprovecha un fenómeno de la física llamado propagación, al ser mayor la frecuencia su longitud de onda es menor, es decir, a mayor frecuencia las antenas reducen su tamaño. En pocas palabras, las antenas forman parte importante de conectividad inalámbrica, su evolución y desarrollo están estrechamente vinculados al crecimiento de las redes.

Un parámetro importante de cualquier antena es su ganancia, esta se expresa en dBi e indica el valor en decibelios del cual la ganancia de la antena es mayor que la de una antena isotrópica hipotética, suponiendo que a ambas antenas se suministra una potencia idéntica. También

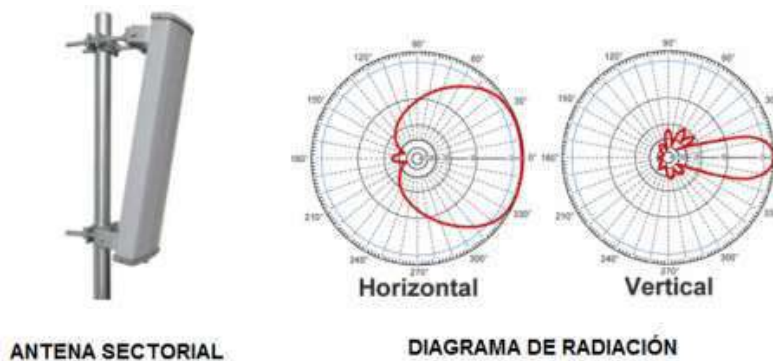
puede ser definida así, como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que radiaría una antena isotrópica, a igualdad de distancias y potencias entregadas a la antena.

Por otro lado, las antenas se clasifican en tres grandes grupos, siendo estos los más utilizados en el área de telecomunicaciones:

- Sectoriales: para Gómez (2008), estas son: “antenas direccionales que se utilizan para conexiones punto a multipunto. Con este tipo de antenas se consigue mejorar la ganancia de las antenas omnidireccionales”. (p. 59).

Para obtener una abertura de  $360^\circ$  (como una omnidireccional) y un largo alcance (como una direccional), se deben instalar tres sectoriales de  $120^\circ$  o cuatro sectoriales de  $80^\circ$ .

Las sectoriales son muy usadas para los radioenlaces punto-multipunto, debido a que del lado del transmisor, el patrón de radiación ocupa un amplio sector, como se ve a continuación en la Figura 7.

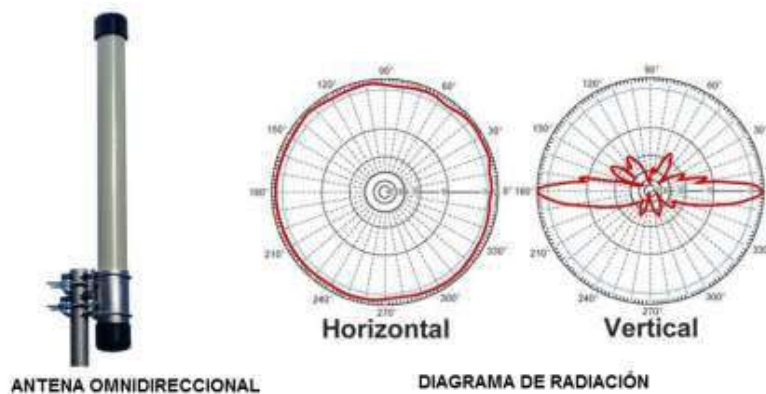


**Figura 7.** Forma de la antena sectorial junto con su patrón de radiación.

**Fuente:** [docplayer.es/94418860-Universidad-privada-antenor-orrego-facultad-de-ingenieria-escuela-profesional-ingenieria-electronica.html](http://docplayer.es/94418860-Universidad-privada-antenor-orrego-facultad-de-ingenieria-escuela-profesional-ingenieria-electronica.html)

- Omnidireccionales: Carballar (2007) las define así: “son aquellas que irradian en todas direcciones y también pueden captar la señal procedente de todas direcciones”. (p.35).

Ellas poseen un ángulo de  $360^\circ$  en el corte horizontal, tienen menor alcance y además son usadas en los radioenlaces punto-multipunto en la parte del transmisor cuando se pretenden aplicar estos radioenlaces de manera corta. (Ver Figura 8).

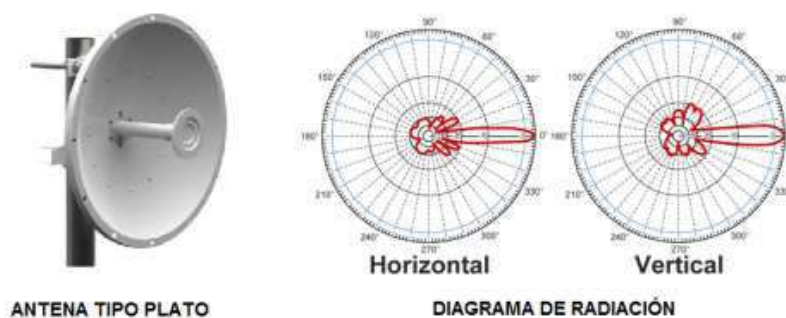


**Figura 8.** Forma de la antena omnidireccional junto con su patrón de radiación.

**Fuente:** [docplayer.es/94418860-Universidad-privada-antenor-orrego-facultad-de-ingenieria-escuela-profesional-ingenieria-electronica.html](http://docplayer.es/94418860-Universidad-privada-antenor-orrego-facultad-de-ingenieria-escuela-profesional-ingenieria-electronica.html)

- Direccionales o Tipo Plato: según Butler (2013), estas son: “basadas en reflectores parabólicos y son el tipo más común de antenas directivas donde se requiere una gran ganancia”. (p. 4).

Su ventaja principal es que pueden ser construidas para tener una ganancia y una directividad tan grande como se necesite, por lo cual su haz direccional les permite llegar a grandes distancias, razón del porqué son mayormente utilizadas en los radioenlaces punto-punto. La desventaja más recalable son sus platos grandes, los cuales son difíciles de montar y sufren la mayoría de las veces los efectos del viento. (Ver Figura 9).



**Figura 9.** Forma de la antena direccional o tipo plato junto con su patrón de radiación.

**Fuente:** [docplayer.es/94418860-Universidad-privada-antenor-orrego-facultad-de-ingenieria-escuela-profesional-ingenieria-electronica.html](http://docplayer.es/94418860-Universidad-privada-antenor-orrego-facultad-de-ingenieria-escuela-profesional-ingenieria-electronica.html)

### 3.2.5 Celda.

Una celda es una instalación fija o moderada de radio para la comunicación media, baja o alta bidireccional. Se usa para comunicar con una o más radios móviles o teléfonos celulares.

Las celdas normalmente se usan para conectar radios de baja potencia, como por ejemplo la de un teléfono móvil, un teléfono inalámbrico o una computadora portátil con una tarjeta Wi-Fi. La celda sirve como punto de acceso a una red de comunicación fija (como la de internet o la red telefónica) o para que dos terminales se comuniquen entre sí yendo a través de la celda. (Ver Figura 10).

En el área de las redes informáticas inalámbricas, una celda funciona como un transmisor/receptor de radio que sirve como nexo (hub) de la red de área local inalámbrica. También puede utilizarse como pasarela entre las redes inalámbrica y fija.

Las antenas utilizadas en las celdas, suelen situarse en lo más alto de la torre (si existe), de edificios o colinas para dar una mejor cobertura. Normalmente, está compuesta por un mástil al cual están unidas tres grupos de una o varias antenas equidistantes. El uso de varias antenas produce una diversidad de caminos radioeléctricos que permite mejorar la recepción de la información.

Por lo general, estas celdas disponen también de baterías eléctricas, capaces de asegurar el funcionamiento ininterrumpido del servicio. En zonas densamente pobladas, hay varias celdas, próximas entre sí (células pequeñas). Las frecuencias deben ser cuidadosamente reutilizadas, ya que son escasas, por lo que cada celda transmite con poca potencia a fin de que no se produzcan interferencias de una célula con otra célula próxima que use las mismas frecuencias. En cambio, en las zonas de baja densidad poblacional, las celdas están alejadas unas de otras y transmiten a elevada potencia para asegurar la cobertura en una célula extensa.



**Figura 10.** Fotografía de una celda.

**Fuente:** [www.stelladoradus.es/estaciones-base-los-elementos-fijos-de-las-redes-moviles/](http://www.stelladoradus.es/estaciones-base-los-elementos-fijos-de-las-redes-moviles/)

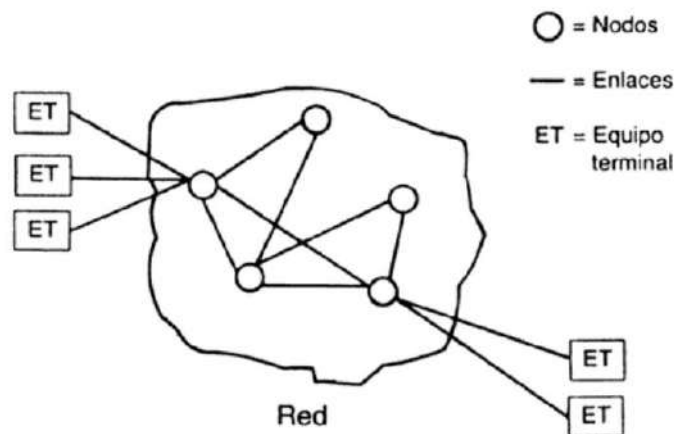
### 3.2.6 Nodo.

Los nodos, son parte fundamental en cualquier red de telecomunicaciones, son los equipos encargados de realizar las diversas funciones de procesamiento que requieren cada una de las señales o mensajes que circulan o transitan a través de los enlaces de la red. Desde un punto de vista topológico, los nodos proveen los enlaces físicos entre los diversos canales que conforman la red (ver Figura 11). Los nodos de una red de telecomunicaciones son equipos (en su mayor parte digitales, aunque pueden tener alguna etapa de procesamiento analógico, como un modulador) que realizan las siguientes funciones:

1. Establecimiento y verificación de un protocolo. Los nodos de la red de telecomunicaciones realizan los diferentes procesos de comunicación de acuerdo con un conjunto de reglas que les permiten comunicarse entre sí. Este conjunto de reglas se conoce con el nombre de protocolos de comunicaciones, y se ejecutan en los nodos para garantizar transmisiones exitosas entre sí, utilizando para ello los canales que los enlazan.
2. Transmisión. Existe la necesidad de hacer un uso eficiente de los canales, por lo cual, en esta función, los nodos de la red adaptan al canal la información o los mensajes en los cuales está contenida, para su transporte eficiente y efectivo a través de la red.
3. Interfaz. En esta función el nodo se encarga de proporcionar al canal las señales que serán transmitidas, de acuerdo con el medio de que está formado el canal. Esto es, si el canal es de radio, las señales deberán ser electromagnéticas a la salida del nodo, independientemente de la forma que hayan tenido a su entrada y también de que el procesamiento en el nodo haya sido por medio de señales eléctricas.
4. Recuperación. Cuando durante una transmisión se interrumpe la posibilidad de terminar exitosamente la transferencia de información de un nodo a otro, el sistema, a través de sus nodos, debe ser capaz de recuperarse y reanudar en cuanto sea posible la transmisión de aquellas partes del mensaje que no fueron transmitidas con éxito.
5. Formateo. Cuando un mensaje transita a lo largo de una red, pero principalmente cuando existe una interconexión entre redes que manejan distintos protocolos, puede ser necesario que en los nodos se modifique el formato de los mensajes para que todos los nodos de la red (o de la conexión de redes) puedan trabajar exitosamente con dicho mensaje; esto se conoce con el nombre de formateo (o, en su caso, de reformateo).
6. Enrutamiento. Cuando un mensaje llega a un nodo de la red de telecomunicaciones, forzosamente debe tener información acerca de los usuarios de origen y destino; es decir, sobre el usuario que lo generó y aquel al que está destinado. Sin embargo, cada

vez que el mensaje transita por un nodo y considerando que en cada nodo hay varios enlaces conectados por los que, al menos en teoría, el mensaje podría ser enviado a cualquiera de ellos, en cada nodo se debe tomar la decisión de cuál debe ser el siguiente nodo al que debe enviarse el mensaje para garantizar que llegue a su destino rápidamente. Este proceso se denomina enrutamiento a través de la red. La selección de la ruta en cada nodo depende, entre otros factores, de la situación instantánea de congestión de la red, es decir, del número de mensajes que en cada momento están en proceso de ser transmitidos a través de los diferentes enlaces de la red.

7. Repetición. Existen protocolos que entre sus reglas tienen una previsión por medio de la cual el nodo receptor detecta si ha habido algún error en la transmisión. Esto permite al nodo destino solicitar al nodo previo que retransmita el mensaje hasta que llegue sin errores y el nodo receptor pueda, a su vez, retransmitirlo al siguiente nodo.
8. Direccionamiento. Un nodo requiere la capacidad de identificar direcciones para poder hacer llegar un mensaje a su destino, principalmente cuando el usuario final está conectado a otra red de telecomunicaciones.
9. Control de flujo. Todo canal de comunicaciones tiene una cierta capacidad de manejar mensajes, y cuando el canal está saturado ya no se deben enviar más mensajes por medio de ese canal, hasta que los mensajes previamente enviados hayan sido entregados a sus destinos.



**Figura 11.** Ejemplo de nodos en una red.

**Fuente:** <https://sistemascomunic.wordpress.com/redes-de-telecomunicaciones/>

### 3.2.7 Router.

Los routers guían y dirigen los datos de red mediante paquetes que contienen varios tipos de datos, como archivos, comunicaciones y transmisiones simples como interacciones web.

Los paquetes de datos tienen varias capas o secciones; una de ellas transporta la información de identificación, como emisor, tipo de datos, tamaño y, aún más importante, la dirección IP (protocolo de internet) de destino. El router lee esta capa, prioriza los datos y elige la mejor ruta para cada transmisión.

Se tienen distintos tipos de routers:

- **Router Principal:** son los que suelen usar los ISP's o los proveedores de la nube (es decir, Google, Amazon, Microsoft). Proporcionan el máximo ancho de banda para conectar routers o switches adicionales. La mayoría de las empresas no necesitan routers principales. Pero las empresas muy grandes que tienen muchos empleados que trabajan en varios edificios o ubicaciones pueden usar los routers principales como parte de la arquitectura de red.
- **Router de Administración:** estos equipos son los que se encarga de administrar y gestionar los equipos de accesos de los equipos que se conectaran a la red del usuario. Normalmente en estos equipos se lleva el control de ancho de banda, calidad de servicio, gestión y optimizar subredes. En estos equipos prácticamente se gestiona lo que viene siendo la LAN de la red del cliente.
- **Router de Borde:** se encuentra en la entrada a la red central (LAN) y se le denomina router de borde o fronterizo ya que es el equipo que por así decirlo separa la red WAN de una LAN. Estos equipos se encargan del enrutamiento BGP y ciertas configuraciones como NAT, balanceo de carga, administrar diferentes tipos de tráfico, entre otras cosas. Estos equipos suelen o deben ser robustos ya que serán los que se encarga de todo el tráfico entrante y saliente de la WAN y así distribuirlo a los router de administración. En estos equipos se debe manejar la regla NAT de enmascaramiento ya que es el que se encuentra conectado con el ISP y es con la IP con la que deberá salir el tráfico que venga de cualquiera de las LAN.
- **Router Inalámbrico:** los routers inalámbricos o puertas de enlace residenciales combinan las funciones de los routers de borde y los routers de administración. Estos routers son comunes en las redes domésticas y para el acceso a internet. La mayoría de los ISP's proporcionan routers inalámbricos con funciones completas como equipo estándar.

### **3.2.8 Switch.**

Es un dispositivo de interconexión utilizado para conectar equipos en red formando lo que se conoce como una red de área local (LAN) y cuyas especificaciones técnicas siguen el

estándar conocido como Ethernet (o técnicamente IEEE 802.3). (Ver Figura 12). Se utilizan para conectar servidores, laptops, ordenadores, puntos de acceso e incluso impresoras, lo que permite usar sus múltiples puertos para una conexión más rápida y un acceso más fluido en todos los dispositivos conectados. Es importante tener claro que un switch no proporciona por sí solo conectividad con otras redes, y obviamente, tampoco proporciona conectividad con internet. Para ello es necesario un router.

En realidad los switches no son los únicos elementos encargados de la interconexión de dispositivos en una red local. Los switches realizan esta función para medios cableados. Cuando la interconexión se realiza de forma inalámbrica el dispositivo encargado de ello se denomina punto de acceso inalámbrico.

Las características de los switches son:

- Puertos: son los elementos del switch que permiten la conexión de otros dispositivos al mismo. Como por ejemplo un PC, portátil, un router, otro switch, una impresora y en general cualquier dispositivo que incluya una interfaz de red Ethernet. El número de puertos es una de las características básicas de los switches. Aquí existe un abanico bastante amplio, desde los pequeños switches de 4 puertos hasta switches troncales que admiten varios cientos de puertos. El estándar Ethernet admite básicamente dos tipos de medios de transmisión cableados: el cable de par trenzado y el cable de fibra óptica. El conector utilizado para cada tipo lógicamente es diferente así que otro dato a tener en cuenta es de qué tipo son los puertos. Normalmente los switches básicos sólo disponen de puertos de cable de par trenzado (cuyo conector se conoce como RJ45) y los más avanzados incluyen puertos de fibra óptica (el conector más frecuente aunque no el único es el de tipo SC).



**Figura 12.** Fotografía de un switch, mostrando los puertos RJ-45 y SC.

**Fuente:** [redestelematicas.com/el-switch-como-funciona-y-sus-principales-caracteristicas/](http://redestelematicas.com/el-switch-como-funciona-y-sus-principales-caracteristicas/)

- Velocidad: dado que Ethernet permite varias velocidades y medios de transmisión, otra de las características destacables sobre los puertos de los switches es precisamente la

velocidad a la que pueden trabajar sobre un determinado medio de transmisión. Se pueden encontrar puertos definidos como 10/100, es decir, que pueden funcionar con una velocidad de 10 Mbps y 100 Mbps. Otra posibilidad es encontrar puertos 10/100/1000, es decir, añaden 1000 Mbps.

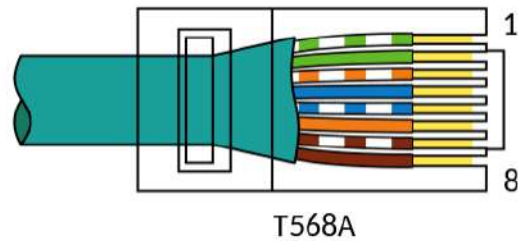
- **Buffers:** son el elemento clave en los switches para llevar a cabo el proceso de conmutación, los cuales son zonas de memoria donde las tramas son almacenadas antes de ser reenviadas al puerto correspondiente. Esta característica, además permite al switch conectar puertos que trabajen a diferentes velocidades. Los buffers pueden ser implementados en la salida de los puertos, en la entrada de los puertos o una combinación de ambos. Lo más habitual es implementarlos en la salida ya que es el modo más eficiente, consiguiéndose unos índices de eficacia cercanos al 98%.

### **3.2.9 Cable de Par Trenzado.**

Es el cable más comúnmente utilizado para establecer comunicaciones de datos a través de una red. Recibe su nombre debido a que tiene dos conductores eléctricos aislados y a su vez entrelazados para anular las interferencias causadas por las fuentes eléctricas externas y ondas electromagnéticas.

Este cable, está limitado en distancia, ancho de banda y tasa de datos. También cabe destacar que la atenuación es una función fuertemente dependiente de la frecuencia. La interferencia y el ruido externo también son factores importantes, por eso se utilizan coberturas externas y el trenzado. Para señales analógicas se requieren amplificadores cada 5 o 6 kilómetros, para señales digitales cada 2 o 3 kilómetros. En transmisiones de señales analógicas punto-punto, el ancho de banda puede llegar hasta 250 kHz. En transmisión de señales digitales a larga distancia, la velocidad de datos no es demasiado grande, no es muy efectivo para estas aplicaciones o dispositivos. En redes locales que soportan ordenadores locales, la velocidad de datos puede llegar a 10 Mbps (Ethernet), 100 Mbps (Fast Ethernet), 1 Gbps (Gigabit Ethernet) y 10 Gbps (10 Gigabyte Ethernet).

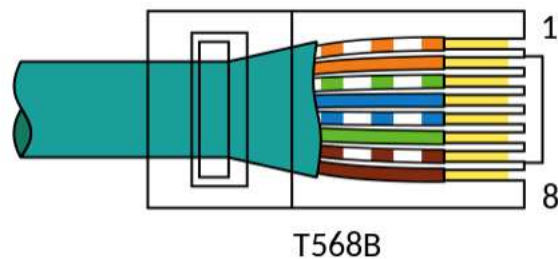
Para que el cable funcione adecuadamente en cualquier red, se siguen las siguientes normas con el código de colores que debe seguir el cable en el conector RJ-45. Está la norma T568A, la cual sigue el código siguiente: blanco/verde, verde, blanco/naranja, azul, blanco/azul, naranja, blanco/marrón, marrón. (Ver Figura 13).



**Figura 13.** Ilustración del conector RJ-45 con la Norma T568A.

**Fuente:** <https://es.wikipedia.org/wiki/RJ-45>

La norma T568B sigue el código: blanco/naranja, naranja, blanco/verde, azul, blanco/azul, verde, blanco/marrón, marrón. (Ver Figura 14).

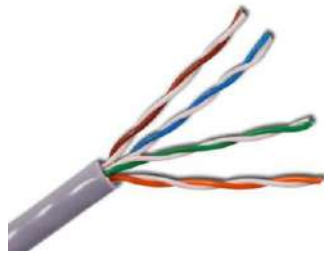


**Figura 14.** Ilustración del conector RJ-45 con la Norma T568B.

**Fuente:** <https://es.wikipedia.org/wiki/RJ-45>

Los tipos de cable de par trenzado son:

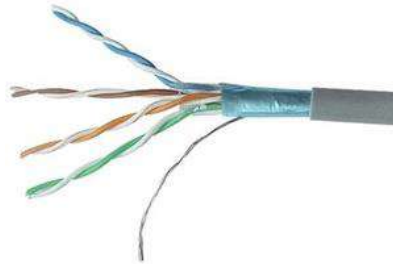
- UTP (cable de par trenzado no blindado): este tipo de cables contienen sus pares trenzados sin blindar, es decir, entre cada una de las parejas de cables no existe un medio de separación que los aisle de las otras parejas. Casi siempre es utilizado en redes locales de corta distancia, ya que, al estar más expuestos, la señal se irá degradando si no se introduce un repetidor de señal cada poco. Estos cables son de bajo coste y normalmente tienen una impedancia característica de  $100\Omega$ . (Ver Figura 15).



**Figura 15.** Cable UTP.

**Fuente:** <https://informaticaconangel.com/redes/cable-de-par-trenzado/>

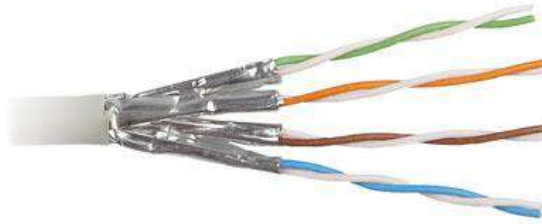
- FTP (cable de par trenzado apantallado): es un cable cuyos pares trenzados están separados entre ellos por un sistema básico basado en plástico o material no conductor. En este caso el apantallamiento no es individual, sino global que envuelve a todo el grupo de pares trenzados, y está construido de aluminio. No cuenta con tan buenas prestaciones como los cables STP, pero si mejoran a los UTP en cuanto a distancia y aislamiento. Son muy utilizados y utilizan el conector RJ45, Y su impedancia característica es de  $120\Omega$ . (Ver Figura 16).



**Figura 16.** Cable FTP.

**Fuente:** <https://informaticaconangel.com/redes/cable-de-par-trenzado/>

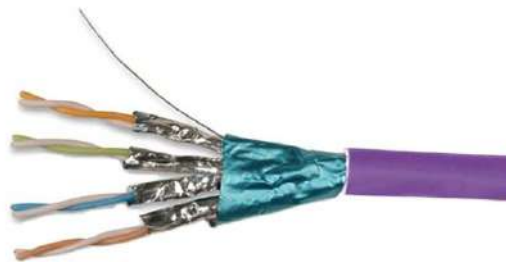
- STP (cable de par trenzado blindado individual): es un cable el cual cada uno de los pares trenzados rodeados de una cubierta de protección normalmente hecha de aluminio. Estos cables se utilizan en redes que requieren más altas prestaciones como los nuevos estándares Ethernet, en donde se necesita un alto ancho de banda, latencias muy bajas y bajísimas tasas de error de bit. Son cables más caros que los anteriores y permiten trazar mayores distancias sin necesidad de repetidor. Su impedancia característica es de  $150\Omega$ . (Ver Figura 17).



**Figura 17.** Cable STP.

**Fuente:** <https://informaticaconangel.com/redes/cable-de-par-trenzado/>

- SFTP (cable de par trenzado apantallado totalmente blindado): es un tipo especial de cable que usa múltiples versiones de blindaje metálico para bloquear la interferencia externa y evitar que interrumpan las señales transmitidas a través de los cables. Incorpora los métodos empleados por varios otros cables para lograr la máxima protección. Estos pueden permitir una transmisión más rápida debido a su máxima protección. Sin embargo, un cable blindado debe estar conectado a tierra en ambos extremos o la protección de los blindajes se ve comprometida en gran medida. (Ver Figura 18).



**Figura 18.** Cable SFTP.

**Fuente:** <https://informaticaconangel.com/redes/cable-de-par-trenzado/>

Además, el cable de par trenzado está dividido en dos categorías: categoría 5e y categoría 6. Estos dos tipos son los más utilizados en el mundo de las telecomunicaciones.

El cable de categoría 5e tiene un ancho de banda de 1Gbps a 100Mhz, con un uso de 100 Base-Tx/1000 Base-T Ethernet, usando el tipo de cable UTP y FTP. Mientras que el cable de categoría 6 tiene un ancho de banda de 1Gbps a 250Mhz, con el uso de 1000 Base-T Ethernet, con los tipos de cable FTP, STP y SFTP.

### **3.3 Bases Legales.**

Sapag y Sapag (2008), definen que un proyecto puede “ser viable tanto por tener un mercado asegurado como por ser técnicamente factible. Sin embargo, podrían existir algunas

restricciones de carácter legal que impedirían su funcionamiento en los términos que se pudiera haber previsto, haciendo no recomendable su ejecución” (p.20).

### **3.3.1 Ley de Ejercicio de la Ingeniería, Arquitectura y Profesiones Afines.**

Decreto N° 444 del 24 de noviembre de 1958. Artículos del 1 al 3 y del 9 al 11. La propuesta se encuentra en la Ley de Ejercicio de la Ingeniería, Arquitectura y Profesiones Afines, que a pesar de no estar actualizada, es la que rige y guía el ejercicio profesional en todas las áreas de la ingeniería.

### **3.3.2 Ley Orgánica de Telecomunicaciones.**

Gaceta Oficial N° 36.070 del 12 de junio de 2000. Artículos 5, 16, 29, 37 y 107, numeral 8 del artículo 39 y numeral 9 del artículo 79. Esto es debido a que la propuesta consiste en el diseño de varios radioenlaces, los cuales serán utilizados para transportar información.

### **3.3.3 Reglamento de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones sobre Habilitaciones Administrativas y Concesiones de Uso y Explotación del Espectro Radioeléctrico.**

Gaceta Oficial N° 39.610 Extraordinaria del 07 de febrero de 2011. Artículos 6 y 14. Los radioenlaces diseñados en la propuesta transportan información haciendo uso de una banda de frecuencias específicas en el espectro radioeléctrico, siendo este de uso público. En relación a ello, la propuesta se enmarca y acopla a la normativa legal vigente.

### **3.3.4 Ley de Protección al Consumidor y al Usuario.**

Gaceta Oficial N° 37.930 del 4 de mayo de 2004. Artículos 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 32, 44 y 57. Con ellos, se especifican las condiciones que presenta la propuesta hacia los usuarios a los que van dirigidos el servicio.

## **3.4 Definición de Términos.**

**Ancho de Banda:** es la máxima cantidad de datos transmitidos a través de una conexión a internet en cierta cantidad de tiempo.

**Ancho de Canal:** especifica el tamaño del “cauce” disponible para transferir datos. Los canales más anchos son más rápidos pero más propensos a sufrir interferencias y a interferir con otros dispositivos.

**Atenuación:** es un decrecimiento en magnitud de la corriente, tensión o potencia de una señal durante su transmisión entre dos o más puntos.

**BGP (protocolo de puerta de enlace de frontera):** es un protocolo mediante el cual se intercambia información de encaminamiento entre sistemas autónomos. Por ejemplo, los proveedores de servicio registrados en internet suelen componerse de varios sistemas autónomos y para este caso es necesario un protocolo como BGP.

**Bit:** unidad mínima de información, que puede tener solo dos valores (cero o uno).

**Bit por Segundo (bps):** es la medida usada para expresar la velocidad de transmisión de datos.

**Capacity de Bajada:** se refiere a la rapidez con la que se descargan y se reciben los datos del servidor o del servicio al que un cliente esté conectado.

**Capacity de Subida:** es la rapidez con la que los datos llegarán al servidor del servicio contratado.

**Core:** es la parte central y más importante de una red de telecomunicaciones. Ofrece una enorme cantidad de servicios a los clientes que están interconectados por la red de acceso.

**dB<sub>i</sub>:** ganancia de antena en dB por encima de un radiador isotrópico. Un radiador isotrópico es un radiador ficticio que irradia uniformemente en todas las direcciones espaciales.

**dBm:** es una unidad de medida utilizada, principalmente, en telecomunicación para expresar la potencia absoluta mediante una relación logarítmica. El dBm se define como el nivel de potencia en decibelios en relación a un nivel de referencia de 1 mW. Al utilizarse un nivel de referencia determinado (1 mW) la medida en dBm constituye una verdadera medición de la potencia, así, una lectura de 20 dBm significa que la potencia medida es 100 veces mayor que 1mW y por tanto igual a 100 mW.

**Dirección IP:** es el número que escoge el usuario o se le asigna dentro de la red, y que es la manera que tiene internet de saber quién es quién.

**Ethernet:** es el método de acceso para el protocolo de red de área local (LAN) extensamente usado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).

**Frecuencia:** velocidad de oscilación de la señal en Hertz.

**Gigabit (Gb):** es una unidad de medida para la transmisión, procesamiento y almacenamiento de datos. Un giga se refiere a 1 millón de bits.

**Interfaz:** es el software específico de red que se comunica con el controlador de dispositivo específico de red y la capa IP a fin de proporcionar a la capa IP una interfaz coherente con todos los adaptadores de red que puedan estar presentes.

**Interferencia:** la interferencia dentro de un radioenlace ocurre debido a: que aparecen señales en el mismo momento y frecuencia, en el mismo lugar y con suficiente potencia para dañar la transmisión o recepción de las señales que se está viendo y recibiendo. Reflexión de la señal que causa trayectorias múltiples en el receptor en el receptor (multitrayectoria), señales desde otras fuentes en la misma banda de frecuencia, condiciones de climáticas, ruido, caída de rayos o motores y generadores eléctricos.

**Internet:** es una red de computadoras que se encuentran interconectadas a nivel mundial para compartir información. Se trata de una red de equipos de cálculo que se relacionan entre sí a través de la utilización de un lenguaje universal.

**IP (protocolo de internet):** es un estándar de la Organización Internacional de Estándares (ISO) que implementa la capa 3 de red de un modelo de sistema abierto de interconexión (OSI) que contiene la dirección de red y es utilizada cuando dirigen un mensaje a una red diferente.

**ISP (proveedor de servicios de internet):** es la empresa que vende a los usuarios la conexión a internet.

**LAN (red de área local):** es una red de comunicaciones de datos que enlaza computadoras y periféricos juntos para servir usuarios dentro de un límite de área.

**NAT (traducción de direcciones de red):** es un mecanismo utilizado por routers IP para cambiar paquetes entre dos redes que asignan mutuamente direcciones incompatibles. Consiste en convertir, en tiempo real, las direcciones utilizadas en los paquetes transportados. También es necesario editar los paquetes para permitir la operación de protocolos que incluyen información de direcciones dentro de la conversación del protocolo.

**Paquete:** grupo de bits cambiados como una unidad de bloques de datos usados para la transmisión en red de interruptor de paquetes.

**PtMP:** conexión punto-multipunto.

**PtP:** conexión punto-punto.

**RJ-45:** es una interfaz física comúnmente utilizada para conectar redes de computadoras con cableado estructurado (categorías 4, 5, 5e, 6, 6a, 7, 7a y 8). Posee ocho pines o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado (UTP, FTP, STP y SFTP).

**Ruido:** son las señales no deseadas que se combinan con la señal de transmisión o de recepción y que por tanto la distorsionan.

**Troncales:** una red troncal de internet se refiere a una de las principales rutas de datos entre grandes redes estratégicamente interconectadas y enrutadores centrales en internet. Una red troncal de internet es una línea de transmisión de datos de muy alta velocidad que proporciona servicios de red a ISP's relativamente pequeños en todo el mundo. Ellas requieren conexiones de ancho de banda de alta velocidad y servidores/enrutadores de alto rendimiento. Las redes troncales son principalmente propiedad de entidades comerciales, educativas, gubernamentales y militares porque proporcionan una forma consistente para que los ISP's mantengan la información en línea de manera segura.

**WAN (red de área amplia):** son redes a gran escala que abarcan países e incluso continentes. No conectan ordenadores individuales, sino otras redes como LAN o MAN. Las WAN pueden ser públicas o estar gestionadas por empresas para conectar varias ubicaciones a grandes distancias.

**Wi-Fi:** es la señal de radio que se envía desde un enrutador inalámbrico a un dispositivo cercano, que traduce la señal en datos que puedes ver y usar. El dispositivo transmite una señal de radio al enrutador, que se conecta a internet por cable.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Sabino (2007) describe: “el marco metodológico tiene como objeto proporcionar un modelo de verificación que permite constatar hechos con teorías, y su forma es la de una estrategia o plan general que determina las operaciones necesarias para hacerlo” (p.87).

#### **4.1 Enfoque de la Investigación.**

Johnson, Onwuegbuzie y Turner (2007) definen el método mixto como “el tipo de investigación en la que un investigador o equipo de investigadores combina elementos de enfoques de investigación cualitativa y cuantitativa (por ejemplo, uso de puntos de vista cualitativos y cuantitativos, recopilación de datos, análisis, técnicas de inferencia)” (p. 123).

Por esa razón, el enfoque de esta investigación es mixto, ya que como se explicará más adelante, se combinarán la recolección y el análisis obtenidos en el campo con los datos documentales que se poseen de los radioenlaces.

#### **4.2 Tipo de Investigación.**

Según Palella y Martins (2010), la investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta. (p. 88).

Aunado a ello, el Manual de Normas de Trabajo de Grado Versión Final (2020) de la Universidad José Antonio Páez, define a los tipos de investigaciones de carácter proyectista como las investigaciones aplicadas que se encuentran dirigidas a encontrar soluciones a problemas prácticos o necesidades sentidas por un grupo, una institución u organización de orden social, educativo, económico, cultural u otra, a través de la elaboración de un plan, estrategia, programa, diseño o tecnología producto original o adaptado por el investigador. Cumplen con el ciclo planificación-producción-función.

Con relación a lo anterior, hay dos tipos de investigación de este informe, las cuales son de campo y proyectista, ya que, con base a los objetivos previamente definidos, los datos son obtenidos directamente de la realidad del objeto de estudio, es decir, el investigador estuvo en la celda Los Guayos de Gandalf Comunicaciones C.A., estando en contacto con las distintas antenas sectoriales y diferentes equipos de la celda mencionada; y además, se desarrolla la

propuesta de diseño y mejoras, para resolver los problemas antes mencionados en el planteamiento del problema.

La propuesta descrita y ayudada por la representación de los objetivos, se cataloga como un proyecto factible, debido a que su gestión y desarrollo son encaminados hacia la idea de puntualizar la manera en cómo se almacenan y analizan los datos adecuados para resolver las incógnitas de la investigación, esto es sustentado por Arias (2006), quien plantea que un proyecto factible consiste en una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad.

Para el tratamiento de esta propuesta se utilizarán los siguientes métodos, técnicas y operaciones de investigación los cuales ayudarán para la realización de la propuesta.

#### **4.3 Diseño de la Investigación.**

Para Hernández y Collado (2006) hablan sobre el diseño de la investigación como:

Se refiere a los pasos, etapas y estrategias que se aplican para el logro de los objetivos planteados, este consiste en el planteamiento de una serie de actividades sucesivas, organizadas, adaptadas a los particulares de cada móvil de investigación, para indicar los pasos o pruebas a efectuar, así como las técnicas para recolectar y analizar datos. (p. 158).

En relación a lo anterior, Díaz (2006), define al diseño de la investigación de campo en su análisis, así:

Permite el análisis sistemático del problema en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, implementarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de la investigación conocidos o en desarrollo. La fuente principal de datos es el sitio donde se presenta el problema, los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad, en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originarios o primarios. (p. 200).

Además, según el Manual de Normas de Trabajo de Grado Versión Final (2020) de la Universidad José Antonio Páez, el diseño de investigación documental es:

El estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previo, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. La originalidad del estudio se reflejará en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y, en general, en el pensamiento del estudiante, incluye documentos escritos y de otra naturaleza como son: memorias, libros, anuarios, cartografías, biografías, archivos oficiales y/o privados, misivas, e-mail, prensa escrita y/o electrónica, datos estadísticos o numéricos, videos, películas, grabaciones de audio y/o imagen, entre otros.

Por ende, el diseño de esta investigación es de campo y documental, puesto que se combinan la recolección de los datos y el análisis de los datos obtenidos en el campo, en este caso, los datos obtenidos en la celda Los Guayos, y además de ello sus datos documentales, los cuales proporcionan información sobre el pasado y presente de los radioenlaces para su perfeccionamiento.

#### **4.4 Nivel de la Investigación.**

Para el Manual de Normas de Trabajo de Grado Versión Final (2020) de la Universidad José Antonio Páez, a los niveles de investigaciones descriptivas son las que describen los hechos como son observados, sirven para identificar o establecer características, elementos, propiedades, conductas y/o factores que intervienen en una situación, evento, fenómeno o población.

El nivel de investigación de esta propuesta es de carácter descriptivo, debido a que la misma describe la situación y posteriores características, propiedades y elementos que conforman a los radioenlaces PtMP, además enmarca a la innovación tanto técnica como científica. Por tanto, la propuesta apunta a la evaluación del éxito de las mejoras en cuanto al proceso, resultados e impacto.

#### **4.5 Población y Muestra.**

##### **4.5.1 Población.**

Arias (2006) define a la población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”. (p. 81).

También Palella y Martins (2008) expresan a la población así: “es un conjunto de unidades de las que se desea obtener información sobre las que se va a generar conclusiones”. (p. 83).

En esta investigación, la población son todas las celdas que posee la empresa Gandalf Comunicaciones C.A, las cuales son 15 celdas, ubicadas en puntos estratégicos del Estado Carabobo.

##### **4.5.2 Muestra.**

Tamayo y Tamayo (2006), hablan de la muestra como “el conjunto de operaciones que se realizan para estudiar la distribución de determinados caracteres en totalidad de una población universo, o colectivo, partiendo de la observación de una fracción de la población considerada”. (p. 176).

En relación a ello, Palella y Martins (2008) definen la muestra como “una parte o el subconjunto de la población”. (p. 93).

De acuerdo a lo anterior, la muestra de esta propuesta son los radioenlaces de la celda Los Guayos de Gandalf Comunicaciones C.A.

#### **4.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.**

##### **4.6.1 Técnicas de Recolección de Datos.**

Parella y Martins (2012), exponen que las técnicas “se refieren a las distintas formas y maneras de obtener la información. Para el acopio de los datos se utilizan técnicas como observación, entrevista, encuesta, pruebas, entre otras”. (p.115).

###### **4.6.1.1 Revisión Documental.**

Según Solís (2003) define a la revisión documental como “la operación que consiste en seleccionar ideas informativamente relevantes de un documento, a fin de expresar su contenido sin ambigüedades para recuperar la información contenida en él”.

Una de las técnicas es la revisión documental, la cual es para ver los datos pasados, para así obtener la mayor cantidad de información de los radioenlaces.

###### **4.6.1.2 Observación Directa.**

De acuerdo a ello, es necesario tener en consideración la definición de observación directa, según Sabino (1992), señala que: "La observación directa es aquella a través de la cual se puedan conocer los hechos y situaciones de la realidad social".

Por lo tanto, se utiliza la observación directa, porque el investigador estuvo en contacto directo con los equipos de los radioenlaces.

##### **4.6.2 Instrumentos de Recolección de Datos.**

Los instrumentos definidos por Rodríguez citado por Duarte y Parra, (2014), como “aquellos medios impresos, dispositivos, herramientas o aparatos que se utilizan para registrar la información obtenida”. (p.93).

###### **4.6.2.1 Teléfono Celular.**

Como otro instrumento, fue utilizado el teléfono celular del autor de este informe, para poder tomar las fotografías y los datos obtenidos provenientes de la observación directa.

###### **4.6.2.2 Lista de Cotejo.**

Según Díaz Barriga (2006), este “instrumento está diseñado para estimar la presencia o ausencia de una serie de características o atributos relevantes en la ejecución y/o en el producto realizados por los alumnos”.

Por lo tanto, para la toma de recolección de datos se utiliza la lista de cotejo para manejar y evaluar las distintas variables que poseen los radioenlaces de la celda Los Guayos.

#### **4.7 Métodos de Análisis de Recolección de Datos.**

Para Castillo, Osorio y Pirela (2012) los métodos de análisis de los datos se pueden determinar la importancia de diseñar estrategias de aprendizaje, y con los resultados obtenidos es posible la realización de la discusión de los resultados, lo que permite dar respuesta a los objetivos mediante las conclusiones.

En consecuencia, se utilizarán los siguientes métodos para el análisis de recolección de datos.

##### **4.7.1 Diagramas.**

Para Campos (2005) un diagrama se define como la representación visual de un concepto, idea, evento, situación o proceso. La gráfica incluye la definición textual y la desagregación de atributos distintivos que la configuran. La definición y los atributos se colocan dentro de figuras geométricas apropiadas (rectángulos, círculos, cuadrados, entre otros) y se relacionan por flechas.

Por ende, para describir los procesos y eventos de la investigación se usan varios diagramas.

#### **4.8 Fases Metodológicas.**

La propuesta fue concebida a partir de una serie de pasos, los cuales fueron creados con orden lógico y son los siguientes:

**Fase I: Diagnóstico sobre la situación actual de los radioenlaces PtMP de la celda Los Guayos.** Esta primera fase de la investigación se crea con el objetivo de dar un diagnóstico de la situación actual sobre los equipos, tales como las antenas sectoriales, switches, routers y cableado, además de los elementos los cuales serían los niveles de potencia del radioenlace, su frecuencia, la interfaz hacia los usuarios y el nivel de tráfico de internet; todos ellos sirven para hacer el análisis de los radioenlaces PtMP. Este diagnóstico se realiza con las normas pertinentes de seguridad. No obstante, se concluyó que es necesario este análisis y diagnóstico para el diseño de la mejoras de estos radioenlaces, lo cual es lo que la empresa requiere. Como información adicional, las coordenadas geográficas de la celda Los Guayos perteneciente a la empresa son: 10.190086,-67.941504.

**Fase II: Especificación de los requerimientos funcionales del punto-multipunto para la elaboración de las mejoras.** Con base a la fase anterior, la segunda fase se realizó con el fin de establecer una idea clara y concisa, esta idea se plasma asumiendo como recursos: lluvia de ideas, tabla de recolección de datos y lista de cotejos, para así dar con los primeros pasos de la realización, el conteo de clientes junto con la evaluación de los estados de estos clientes en cada una de las antenas sectoriales de la celda y el cómo deben ser los radioenlaces PtMP

teóricamente mejorados, todo ello para justamente obtener la solución a la problemática planteada.

**Fase III: Diseño de la red mejorada de los punto-multipuntos para el servicio hacia los clientes.** Con los recursos obtenidos de la fase dos, en la tercera fase se ponen en práctica los conocimientos obtenidos junto con la información recolectada por la observación directa y la revisión documental, con la finalidad de crear el diseño de las mejoras y así obtener las mejoras teóricas esperadas en el servicio de internet hacia los usuarios que están conectados a la celda.

**Fase IV: Ejecución de un estudio de factibilidades técnicas, operativas, sociales, ambientales y estimación de costos.** Partiendo de la fase anterior y teniendo en cuenta a las anteriores, la cuarta fase metodológica es la última, la cual a este punto de la investigación se hace el estudio de las factibilidades técnicas, operativas, sociales y ambientales, además de la estimación de costos que tendría la empresa, asimismo como la posible práctica de esta red de mejoras en la celda Los Guayos.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS

Los resultados son los frutos que se obtienen mediante la observación directa para recabar la información deseada por el investigador, es decir, los datos fueron tomados gracias a los conocimientos y la experiencia del investigador en el área de las pasantías. Los resultados de esta propuesta se dividen en cuatro (4) fases, las cuales son las siguientes.

#### 5.1 Fase I: Diagnóstico sobre la situación actual de los radioenlaces PtMP de la celda Los Guayos.

En esta primera fase se realiza el diagnóstico y explicación de la situación actuales de los radioenlaces PtMP, vistos desde las antenas sectoriales ubicadas en la celda hacia los clientes que están conectados a ellas. Todo ello es necesario para identificar los problemas y así hallar la solución junto con su porqué y para qué.



**Figura 19.** Router de la celda, marca Microtik, modelo CCR2004-1G-12S+2XS.

**Fuente:** Paredes (2022).



**Figura 20.** Switch de la celda, marca Microtik, modelo CRS326-24G-2S+RM.

**Fuente:** Paredes (2022).



**Figura 21.** Torre de la celda, donde se aprecian las antenas sectoriales y las troncales de la empresa.

**Fuente:** Paredes (2022).

Antes de mostrar las tablas se especifican cuatro aspectos, los cuales son muy importantes para tener en claro los parámetros a usarse en esta primera fase.

Como primer aspecto, según Ramos, F. (2011):

La sensibilidad (sensitivity en inglés. O también llamada potencia mínima de recepción) del equipo receptor es un parámetro de gran importancia, pues determina fundamentalmente el alcance del sistema. Este valor de sensibilidad, o nivel mínimo de señal que se necesita para un correcto funcionamiento, puede definirse en términos de potencia (dBm) y tensión (dB $\mu$ V) en el puerto de radiofrecuencia. En las hojas de especificaciones de los equipos TX/RX de radiocomunicaciones se indica normalmente la potencia máxima que pueden transmitir, así como el nivel mínimo de señal (sensibilidad) que necesitan recibir para obtener un cierto umbral de calidad.

En el segundo aspecto está la sensibilidad de los equipos de la marca Ubiquiti, con ayuda de las especificaciones en los datasheet de los equipos, se verificó que sus rangos de sensibilidades están entre los -90dBm a los -85dBm.

En el tercer aspecto se encuentra que el límite de potencia mínima de la empresa Gandalf Comunicaciones C.A. para la transmisión hacia los clientes es del orden de los -70dBm. Por

ende, en esta primera fase de la investigación se toma como un radioenlace degradado y/o que no está trabajando de manera óptima a los que tienen un nivel de potencia de -70dBm o menor a este valor.

Por último está el cuarto aspecto, se llama distancia de las antenas de los clientes. Esto es de mucha ayuda para saber si los mismos se encuentran obstruidos físicamente o desalineados con respecto a los sectores donde se encuentran conectados. En conversación con el departamento de proyectos de Gandalf Comunicaciones C.A. (dos ingenieros), se tiene que sus valores máximos de distancia para los diferentes modelos de las antenas de los clientes con base a la experiencia en el campo de trabajo de estos dos ingenieros, son los siguientes:

Modelo de las Antenas	Valores Máximos de Distancia
LiteBeam M5	3.5 km
LiteBeam AC 23	Hasta 5 km
LiteBeam 5AC Gen 2	Hasta 5 km
PowerBeam M5 300	5 km
NanoBeam 5AC Gen 2	3 km
NanoBeam M5	2.5 km
NanoLoco M5	Entre 1.5 km y 2 km
Nano Bridge M5	2 km
PowerBeam M5 400	5 km

**Tabla 1.** Especificaciones de la distancia para los modelos de antenas que poseen los clientes.

**Fuente:** Departamento de proyectos de Gandalf Comunicaciones C.A y Paredes (2022).

Con estos cuatro aspectos definidos, se exponen las siguientes tablas de los sectores de la celda Los Guayos:

- **Sector #1**

	Modelo	Potencia de Señal	Potencia Señal Remota	Distancia	Capacity de Bajada	Capacity de Subida
Ciente 1	LiteBeam 5AC Gen 2	-49 dBm	-46 dBm	1.1 km	131 Mbps	74.1 Mbps
Ciente 2	LiteBeam 5AC Gen 2	-64 dBm	-59 dBm	2.9 km	69.7 Mbps	50.7 Mbps
Ciente 3	LiteBeam 5AC Gen 2	-63 dBm	-61 dBm	3.0 km	63.4 Mbps	74.9 Mbps
Ciente 4	LiteBeam 5AC Gen 2	-61 dBm	-59 dBm	4.8 km	98.3 Mbps	118 Mbps

Ciente 5	LiteBeam 5AC Gen 2	-70 dBm	-66 dBm	2.7 km	40.0 Mbps	39.0 Mbps
Ciente 6	LiteBeam 5AC Gen 2	-58 dBm	-55 dBm	2.9 km	131 Mbps	74.9 Mbps
Ciente 7	LiteBeam 5AC Gen 2	-63 dBm	-59 dBm	5.1 km	98.8 Mbps	74.9 Mbps
Ciente 8	LiteBeam 5AC Gen 2	-62 dBm	-55 dBm	2.4 km	131 Mbps	103 Mbps
Ciente 9	LiteBeam 5AC Gen 2	-61 dBm	-59 dBm	2.9 km	84.2 Mbps	92.4 Mbps
Ciente 10	LiteBeam 5AC Gen 2	-64 dBm	-60 dBm	2.7 km	114 Mbps	78.0 Mbps
Ciente 11	LiteBeam M5	-68 dBm	-62 dBm	2.7 km	51.4 Mbps	30.8 Mbps
Ciente 12	LiteBeam 5AC Gen 2	-61 dBm	-57 dBm	2.4 km	74.9 Mbps	98.3 Mbps
Ciente 13	LiteBeam 5AC Gen 2	-62 dBm	-58 dBm	2.4 km	94.8 Mbps	71.8 Mbps
Ciente 14	LiteBeam 5AC Gen 2	-57 dBm	-56 dBm	3.2 km	114 Mbps	101 Mbps
Ciente 15	LiteBeam M5	-74 dBm	-68 dBm	2.6 km	48.0 Mbps	26.9 Mbps

**Tabla 2.** Cantidad de clientes conectados al sector #1 de Los Guayos con sus especificaciones.

**Fuente:** Paredes (2022).

En relación a los aspectos ya definidos anteriormente, los clientes 5 y 15 del sector #1 son tomados como problema, debido a que la potencia de señal se encuentra dentro del rango de radioenlace degradado. Es notable destacar a la distancia que se encuentran de la celda, esto significa que pueden que estén desalineados respecto a la celda, obstruidos por un objeto físico, que su ancho de canal de transmisión no sea el óptimo o que el espectro de frecuencia a la que trabajan está bastante interferido. Los niveles de capacity de los clientes se ven afectados por estos parámetros no recomendables, y por ende no se les entrega su ancho de banda contratado. Además, se resalta que los niveles de potencia que se encuentran de color rojo, representan que hay una variabilidad en la potencia, ya sea en la potencia de señal o en la potencia de señal remota.

- **Sector #3**

	Modelo	Potencia de Señal	Potencia Señal Remota	Distancia	Capacity de Bajada	Capacity de Subida
Ciente 1	LiteBeam 5AC Gen 2	-61 dBm	-55 dBm	2.3 km	90.1 Mbps	83.2 Mbps
Ciente 2	NanoBeam M5	-68 dBm	-59 dBm	2.3 km	81.9 Mbps	23.9 Mbps
Ciente 3	PowerBeam M5 300	-78 dBm	-69 dBm	2.1 km	28.6 Mbps	13.7 Mbps
Ciente 4	PowerBeam M5 300	-70 dBm	-60 dBm	2.1 km	80.7 Mbps	35.9 Mbps
Ciente 5	LiteBeam 5AC Gen 2	-70 dBm	-63 dBm	2.7 km	74.9 Mbps	54.6 Mbps

Cliente 6	LiteBeam 5AC 23	-70 dBm	-62 dBm	2.4 km	113 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 7	LiteBeam 5AC Gen 2	-69 dBm	-59 dBm	2.7 km	98.8 Mbps	69.4 Mbps
Cliente 8	LiteBeam 5AC Gen 2	-76 dBm	-66 dBm	1.8 km	21.5 Mbps	35.9 Mbps
Cliente 9	LiteBeam 5AC Gen 2	-62 dBm	-57 dBm	2.6 km	91.0 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 10	LiteBeam 5AC Gen 2	-64 dBm	-57 dBm	3.2 km	85.8 Mbps	56.2 Mbps
Cliente 11	LiteBeam 5AC Gen 2	-74 dBm	-62 dBm	2.7 km	92.3 Mbps	46.3 Mbps
Cliente 12	LiteBeam 5AC Gen 2	-68 dBm	-58 dBm	2.1 km	71.5 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 13	LiteBeam 5AC Gen 2	-66 dBm	-56 dBm	2.1 km	56.2 Mbps	95.7 Mbps
Cliente 14	LiteBeam 5AC Gen 2	-60 dBm	-53 dBm	1.8 km	105 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 15	LiteBeam 5AC Gen 2	-69 dBm	-65 dBm	3.9 km	66.7 Mbps	39.8 Mbps

**Tabla 3.** Cantidad de clientes conectados al sector #3 de Los Guayos con sus especificaciones.

**Fuente:** Paredes (2022).

Aquí en la Tabla 3, se toman para la propuesta a los clientes 3, 4, 5, 6, 8 y 11 del sector #3, estos entran debido a sus niveles de potencia de la señal, el cual es un nivel de radioenlace degradado; además, la distancia a la celda es un factor a tener en cuenta, debido a que están en el rango de uso de la empresa y no presentan valores favorables (potencia).

- **Sector #4**

	Modelo	Potencia de Señal	Potencia Señal Remota	Distancia	Capacity de Bajada	Capacity de Subida
Cliente 1	LiteBeam 5AC Gen 2	-66 dBm	-60 dBm	2.7 km	75.4 Mbps	21.8 Mbps
Cliente 2	LiteBeam 5AC Gen 2	-56 dBm	-49 dBm	1.7 km	134 Mbps	38.6 Mbps
Cliente 3	LiteBeam 5AC Gen 2	-64 dBm	-60 dBm	3.3 km	123 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 4	LiteBeam 5AC Gen 2	-47 dBm	-46 dBm	0.3 km	87.1 Mbps	95.7 Mbps
Cliente 5	LiteBeam 5AC Gen 2	-61 dBm	-55 dBm	3.0 km	142 Mbps	95.7 Mbps
Cliente 6	LiteBeam 5AC Gen 2	-54 dBm	-49 dBm	1.5 km	125 Mbps	81.1 Mbps
Cliente 7	NanoBeam 5AC Gen 2	-63 dBm	-55 dBm	1.8 km	115 Mbps	66.3 Mbps
Cliente 8	LiteBeam 5AC Gen 2	-62 dBm	-59 dBm	3.6 km	98.8 Mbps	78.0 Mbps
Cliente 9	LiteBeam 5AC Gen 2	-64 dBm	-59 dBm	2.1 km	78.0 Mbps	34.8 Mbps
Cliente 10	LiteBeam 5AC Gen 2	-60 dBm	-54 dBm	2.7 km	133 Mbps	70.2 Mbps
Cliente 11	LiteBeam 5AC Gen 2	-59 dBm	-56 dBm	2.4 km	98.3 Mbps	60.8 Mbps

Cliente 12	LiteBeam 5AC Gen 2	-58 dBm	-53 dBm	1.7 km	133 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 13	LiteBeam 5AC Gen 2	-49 dBm	-47 dBm	0.8 km	147 Mbps	120 Mbps

**Tabla 4.** Cantidad de clientes conectados al sector #4 de Los Guayos con sus especificaciones.

**Fuente:** Paredes (2022).

En la Tabla 4, la cual es la del sector #4, no se posee ningún cliente con un nivel de potencia degradado en el radioenlace, todos los clientes que tiene este sector están trabajando de manera ideal en el rango de valores establecidos anteriormente.

- **Sector #5**

	Modelo	Potencia de Señal	Potencia Señal Remota	Distancia	Capacity de Bajada	Capacity de Subida
Cliente 1	LiteBeam 5AC Gen 2	-64 dBm	-61 dBm	2.3 km	71.5 Mbps	60.1 Mbps
Cliente 2	LiteBeam 5AC Gen 2	-76 dBm	-62 dBm	2.4 km	60.8 Mbps	71.0 Mbps
Cliente 3	LiteBeam 5AC	-62 dBm	-59 dBm	2.0 km	87.4 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 4	LiteBeam M5	-74 dBm	-57 dBm	2.0 km	40.3 Mbps	23.1 Mbps
Cliente 5	LiteBeam 5AC Gen 2	-56 dBm	-51 dBm	0.9 km	108 Mbps	140 Mbps
Cliente 6	LiteBeam 5AC Gen 2	-63 dBm	-62 dBm	2.1 km	60.3 Mbps	71.0 Mbps
Cliente 7	LiteBeam 5AC Gen 2	-62 dBm	-57 dBm	2.1 km	80.6 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 8	LiteBeam 5AC Gen 2	-64 dBm	-58 dBm	1.7 km	88.9 Mbps	42.9 Mbps
Cliente 9	LiteBeam M5	-79 dBm	-67 dBm	2.3 km	5.46 Mbps	5.98 Mbps
Cliente 10	LiteBeam 5AC Gen 2	-67 dBm	-68 dBm	2.7 km	49.9 Mbps	49.9 Mbps

**Tabla 5.** Cantidad de clientes conectados al sector #5 de Los Guayos con sus especificaciones.

**Fuente:** Paredes (2022).

En la Tabla 5, los clientes 2, 4 y 9 del sector #5 son elegidos para hacer su estudio, debido a su nivel de potencia degradado en el radioenlace, ya que sus valores de potencia son -76 dBm, -74 dBm y -79 dBm respectivamente.

- **Sector #6**

	Modelo	Potencia de Señal	Potencia Señal Remota	Distancia	Capacity de Bajada	Capacity de Subida
Cliente 1	LiteBeam M5	-65 dBm	-55 dBm	2.9 km	50.7 Mbps	25.4 Mbps
Cliente 2	LiteBeam 5AC Gen 2	-45 dBm	-43 dBm	0.3 km	147 Mbps	108 Mbps
Cliente 3	LiteBeam 5AC Gen 2	-47 dBm	-44 dBm	0.9 km	136 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 4	LiteBeam M5	-58 dBm	-49 dBm	0.8 km	54.6 Mbps	33.5 Mbps
Cliente 5	PowerBeam M5 400	-72 dBm	-62 dBm	2.7 km	70.2 Mbps	5.98 Mbps
Cliente 6	LiteBeam 5AC Gen 2	-55 dBm	-52 dBm	0.5 km	123 Mbps	68.6 Mbps
Cliente 7	LiteBeam 5AC Gen 2	-61 dBm	-58 dBm	4.4 km	15.1 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 8	LiteBeam 5AC Gen 2	-47 dBm	-44 dBm	0.5 km	145 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 9	NanoBeam 5AC Gen 2	-49 dBm	-46 dBm	1.2 km	140 Mbps	71.0 Mbps
Cliente 10	LiteBeam 5AC Gen 2	-48 dBm	-45 dBm	1.1 km	144 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 11	LiteBeam 5AC Gen 2	-50 dBm	-47 dBm	1.1 km	128 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 12	LiteBeam 5AC Gen 2	-48 dBm	-46 dBm	0.8 km	131 Mbps	120 Mbps

**Tabla 6.** Cantidad de clientes conectados al sector #6 de Los Guayos con sus especificaciones.

**Fuente:** Paredes (2022).

El cliente 5 del sector #6 está en el rango de potencia no deseado (-72 dBm), por lo tanto, no puede ser entregado su ancho de banda contratado y se toma como objeto de estudio para su análisis más profundo en la siguiente fase.

- **Sector #7**

	Modelo	Potencia de Señal	Potencia Señal Remota	Distancia	Capacity de Bajada	Capacity de Subida
Cliente 1	LiteBeam 5AC Gen 2	-63 dBm	-53 dBm	3.2 km	270 Mbps	151 Mbps
Cliente 2	LiteBeam 5AC 23	-61 dBm	-57 dBm	2.6 km	125 Mbps	117 Mbps
Cliente 3	LiteBeam 5AC Gen 2	-58 dBm	-48 dBm	1.8 km	248 Mbps	130 Mbps
Cliente 4	PowerBeam M5 300	-60 dBm	-55 dBm	2.6 km	119 Mbps	34.8 Mbps
Cliente 5	LiteBeam 5AC Gen 2	-57 dBm	-48 dBm	2.4 km	284 Mbps	138 Mbps
Cliente 6	LiteBeam 5AC Gen 2	-58 dBm	-52 dBm	2.3 km	217 Mbps	133 Mbps
Cliente 7	LiteBeam 5AC Gen 2	-59 dBm	-50 dBm	2.4 km	270 Mbps	117 Mbps
Cliente 8	LiteBeam 5AC Gen 2	-58 dBm	-51 dBm	3.3 km	237 Mbps	179 Mbps

Cliente 9	LiteBeam 5AC Gen 2	-64 dBm	-57 dBm	3.3 km	138 Mbps	99.4 Mbps
Cliente 10	LiteBeam 5AC Gen 2	-62 dBm	-55 dBm	3.2 km	95.6 Mbps	81.0 Mbps
Cliente 11	LiteBeam 5AC	-63 dBm	-56 dBm	3.6 km	134 Mbps	86.4 Mbps
Cliente 12	LiteBeam 5AC Gen 2	-58 dBm	-54 dBm	1.7 km	192 Mbps	126 Mbps
Cliente 13	LiteBeam 5AC Gen 2	-62 dBm	-55 dBm	3.2 km	197 Mbps	117 Mbps
Cliente 14	LiteBeam 5AC Gen 2	-64 dBm	-59 dBm	2.7 km	165 Mbps	68.0 Mbps
Cliente 15	LiteBeam 5AC	-69 dBm	-63 dBm	2.9 km	85.9 Mbps	23.5 Mbps
Cliente 16	LiteBeam M5	-68 dBm	-62 dBm	4.1 km	38.9 Mbps	13.2 Mbps
Cliente 17	LiteBeam 5AC Gen 2	-61 dBm	-56 dBm	3.5 km	181 Mbps	87.5 Mbps
Cliente 18	LiteBeam 5AC Gen 2	-57 dBm	-48 dBm	1.7 km	230 Mbps	138 Mbps
Cliente 19	LiteBeam 5AC Gen 2	-55 dBm	-49 dBm	2.3 km	221 Mbps	181 Mbps
Cliente 20	LiteBeam 5AC Gen 2	-61 dBm	-54 dBm	3.0 km	246 Mbps	82.1 Mbps
Cliente 21	LiteBeam 5AC 23	-60 dBm	-55 dBm	1.1 km	232 Mbps	90.7 Mbps
Cliente 22	LiteBeam 5AC Gen 2	-60 dBm	-59 dBm	1.4 km	214 Mbps	146 Mbps
Cliente 23	LiteBeam 5AC Gen 2	-62 dBm	-58 dBm	3.0 km	185 Mbps	49.4 Mbps

**Tabla 7.** Cantidad de clientes conectados al sector #7 de Los Guayos con sus especificaciones.

**Fuente:** Paredes (2022).

En la Tabla 7, correspondiente al sector #7 no se posee ningún cliente con un nivel de potencia degradado en sus radioenlaces, todos los clientes conectados a este sector están trabajando de manera ideal en los rangos de valores establecidos anteriormente.

- **Sector #8**

	Modelo	Potencia de Señal	Potencia Señal Remota	Distancia	Capacity de Bajada	Capacity de Subida
Cliente 1	LiteBeam 5AC Gen 2	-58 dBm	-55 dBm	2.4 km	96.7 Mbps	34.3 Mbps
Cliente 2	LiteBeam M5	-69 dBm	-63 dBm	1.8 km	46.8 Mbps	25.0 Mbps
Cliente 3	LiteBeam 5AC Gen 2	-65 dBm	-64 dBm	3.8 km	39.8 Mbps	3.90 Mbps
Cliente 4	LiteBeam M5	-64 dBm	-58 dBm	2.3 km	42.9 Mbps	30.8 Mbps
Cliente 5	PowerBeam M5 400	-58 dBm	-50 dBm	0.5 km	74.9 Mbps	23.9 Mbps
Cliente 6	LiteBeam 5AC Gen 2	-60 dBm	-53 dBm	0.8 km	128 Mbps	35.1 Mbps
Cliente 7	LiteBeam M5	-72 dBm	-63 dBm	3.0 km	32.8 Mbps	17.9 Mbps

Cliente 8	LiteBeam 5AC Gen 2	-57 dBm	-51 dBm	1.5 km	117 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 9	LiteBeam M5	-56 dBm	-51 dBm	1.4 km	55.3 Mbps	35.1 Mbps
Cliente 10	LiteBeam 5AC Gen 2	-65 dBm	-60 dBm	2.9 km	57.2 Mbps	34.3 Mbps

**Tabla 8.** Cantidad de clientes conectados al sector #8 de Los Guayos con sus especificaciones.

**Fuente:** Paredes (2022).

Al analizar la Tabla 8, donde se describen los datos de los clientes del sector #8 de la celda, se toma como objeto de estudio al cliente 7 por el nivel de potencia degradado en su radioenlace, el cual es de -72 dBm.

- **Sector #13**

	Modelo	Potencia de Señal	Potencia Señal Remota	Distancia	Capacity de Bajada	Capacity de Subida
Cliente 1	LiteBeam M5	-58 dBm	-51 dBm	2.1 km	55.3 Mbps	32.8 Mbps
Cliente 2	NanoBeam M5	-60 dBm	-57 dBm	2.6 km	73.8 Mbps	16.2 Mbps
Cliente 3	LiteBeam 5AC Gen 2	-61 dBm	-56 dBm	3.8 km	80.6 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 4	LiteBeam 5AC Gen 2	-54 dBm	-49 dBm	0.8 km	134 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 5	LiteBeam 5AC Gen 2	-43 dBm	-40 dBm	0.5 km	137 Mbps	144 Mbps
Cliente 6	LiteBeam 5AC Gen 2	-48 dBm	-43 dBm	1.2 km	147 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 7	LiteBeam 5AC Gen 2	-59 dBm	-54 dBm	2.0 km	100 Mbps	65.5 Mbps

**Tabla 9.** Cantidad de clientes conectados al sector #13 de Los Guayos con sus especificaciones.

**Fuente:** Paredes (2022).

En la Tabla 9, la cual es la del sector #13, no se tiene a ningún cliente conectado a él con un nivel de potencia degradado en sus radioenlaces, todos ellos conectados están trabajando de manera ideal en los rangos de valores establecidos anteriormente.

- Sector #15

	Modelo	Potencia de Señal	Potencia Señal Remota	Distancia	Capacity de Bajada	Capacity de Subida
Cliente 1	LiteBeam 5AC Gen 2	-60 dBm	-55 dBm	2.3 km	178 Mbps	36.0 Mbps
Cliente 2	LiteBeam 5AC Gen 2	-63 dBm	-58 dBm	2.6 km	104 Mbps	76.1 Mbps
Cliente 3	LiteBeam 5AC Gen 2	-62 dBm	-59 dBm	4.8 km	237 Mbps	144 Mbps
Cliente 4	LiteBeam M5	-66 dBm	-59 dBm	2.6 km	40.8 Mbps	39.6 Mbps
Cliente 5	LiteBeam M5	-70 dBm	-60 dBm	2.1 km	83.7 Mbps	62.4 Mbps
Cliente 6	LiteBeam M5	-57 dBm	-49 dBm	2.3 km	57.2 Mbps	17.4 Mbps
Cliente 7	LiteBeam 5AC Gen 2	-58 dBm	-52 dBm	2.6 km	124 Mbps	113 Mbps
Cliente 8	PowerBeam M5 400	-64 dBm	-65 dBm	2.9 km	45.4 Mbps	48.1 Mbps

**Tabla 10.** Cantidad de clientes conectados al sector #15 de Los Guayos con sus especificaciones.

**Fuente:** Paredes (2022).

Al analizar la Tabla 10, el cliente 5 del sector #15 posee los valores definidos para entrar como objeto de estudio (-70 dBm), por lo cual no se le puede entregar el ancho de banda contratado.

- Sector #16

	Modelo	Potencia de Señal	Potencia Señal Remota	Distancia	Capacity de Bajada	Capacity de Subida
Cliente 1	LiteBeam 5AC Gen 2	-53 dBm	-47 dBm	0.9 km	144 Mbps	63.2 Mbps
Cliente 2	PowerBeam M5 300	-64 dBm	-57 dBm	3.0 km	87.1 Mbps	19.1 Mbps

Cliente 3	NanoBeam M5	-69 dBm	-65 dBm	2.4 km	47.8 Mbps	17.9 Mbps
Cliente 4	LiteBeam 5AC Gen 2	-63 dBm	-57 dBm	2.3 km	136 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 5	LiteBeam 5AC Gen 2	-72 dBm	-69 dBm	3.5 km	21.8 Mbps	12.0 Mbps
Cliente 6	LiteBeam 5AC 23	-56 dBm	-50 dBm	1.7 km	123 Mbps	71.8 Mbps
Cliente 7	NanoStation 5AC loco	-60 dBm	-51 dBm	1.8 km	142 Mbps	58.5 Mbps
Cliente 8	LiteBeam 5AC Gen 2	-63 dBm	-58 dBm	4.1 km	91.0 Mbps	41.3 Mbps
Cliente 9	LiteBeam 5AC	-59 dBm	-54 dBm	2.7 km	96.2 Mbps	81.1 Mbps
Cliente 10	LiteBeam 5AC Gen 2	-62 dBm	-56 dBm	3.3 km	112 Mbps	71.8 Mbps

**Tabla 11.** Cantidad de clientes conectados al sector #16 de Los Guayos con sus especificaciones.

**Fuente:** Paredes (2022).

De la Tabla 11, el cliente 5 conectado al sector #16 posee una potencia baja (-72 dBm), lo cual significa que su radioenlace trabaja en malas condiciones, por lo tanto entra a un análisis más avanzado para la siguiente fase con el fin de mejorar su servicio de internet.

## **5.2 Fase II: Especificación de los requerimientos funcionales del punto-multipunto para la elaboración de las mejoras.**

Con base a lo expuesto en la fase anterior, en esta Fase II se explicará más detalladamente los datos recolectados por el investigador sobre los clientes que poseen sus radioenlaces con valores de potencia degradada. A continuación, se mostrarán estos datos con la ayuda del software ISP Design Center, el servidor AirControl, pertenecientes a la marca Ubiquiti, además de plasmar con las interfaces por navegador Web de los clientes, sus potencias y frecuencias de trabajo.

Con el software ISP Design Center, se logra apreciar el modelo y potencia a la que trabajan los distintos sectores de la celda Los Guayos, además del ancho de canal a transmitir, la ubicación de los sectores y de los clientes con las coordenadas geográficas y gracias a ella, la distancia a la cual se encuentran los clientes de la celda junto con las zonas de Fresnel y la topografía de la zona. Dos aspectos muy importantes de este software son: uno, el capacity máximo que puede tener el enlace, y dos, la potencia esperada desde el cliente al sector y la potencia esperada del sector al cliente.

El AirControl es un potente e intuitivo servidor de administración de red basado en la Web, que permite a los operadores administrar de manera centralizada redes de dispositivos Ubiquiti. Una de sus características es conectar dispositivos, reportar el estado de estos: los dispositivos

que sean “administrados” reportarán periódicamente una rutina de estado al servidor AirControl, el cual monitoreará el estado de las actualizaciones. También permite el reporte de actividad de dispositivos (historial): reportes para cada dispositivo, de manera específica, están disponibles en el área de “detalles del dispositivo”.

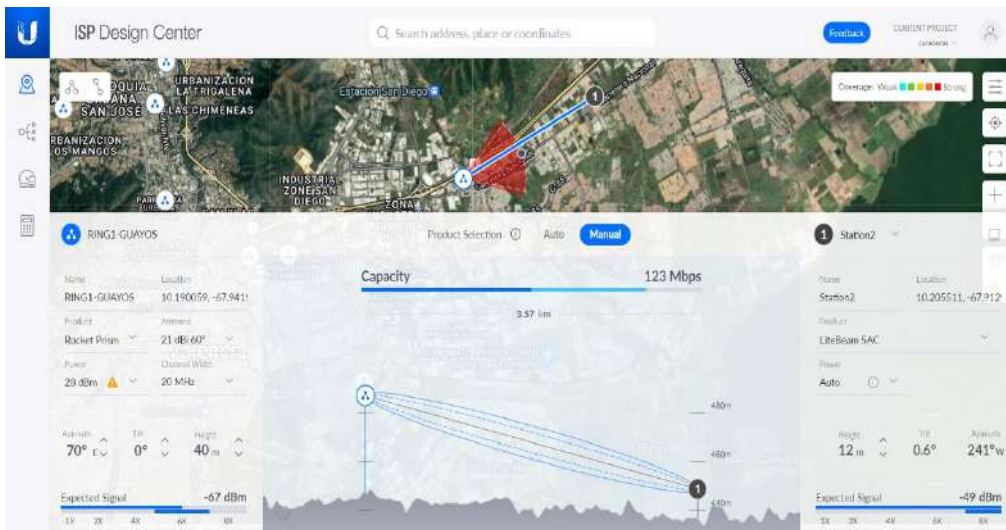
Otra característica, la cual es la que se considera de las más importantes es que el servidor permite el acceso a la interfaz de usuario a través de navegadores Web. Múltiples usuarios pueden acceder a un único servidor, sin necesidad de instalar complementos o paquetes de cliente, simplemente utilizan su navegador Web (ver lista de navegadores compatibles). Compatible con una amplia gama de plataformas. Y resaltando la última, el servidor muestra las estadísticas históricas de los dispositivos, las cuales pueden ser visualizadas mediante gráficos. Para estos gráficos debe definir el período crítico entre eventos (minuto, hora, día) y el número de datos (puntos críticos).

Seguido a lo anterior, con las gráficas, se pueden visualizar cuatro variables muy interesantes:

1. WLAN-TX Rate (en rojo): es el valor de Mbps transmitidos por el cliente hacia el sector (capacity de subida).
2. WLAN-RX Rate (en azul): es el valor de Mbps transmitidos por el sector hacia el cliente (capacity de bajada).
3. Signal (en amarillo): es el valor de potencia de la señal en el tiempo (en dBm).
4. CCQ (en marrón): es la calidad de conexión del cliente, este es un valor en porcentaje que muestra que tan efectivo es el ancho de banda real con respecto al valor teórico de ancho de banda. Hay que tener en cuenta que en los modelos de antenas 5AC Gen2 no muestra el CCQ.

Con la ayuda de las interfaces de los clientes vía Internet, se logran visualizar las potencias y frecuencias de trabajo de cada uno de ellos, las antenas tipo 5AC Gen2 enseñan el espectro de frecuencias cercano del cliente y del sector, junto con las gráficas en tiempo real de los niveles de potencia.

- Sector #1
- ✓ Cliente 5



**Figura 22.** Enlace del cliente 5 con el sector #1.

**Fuente:** Paredes (2022).

En la Figura 22, se aprecia la línea de vista que presenta el cliente 5 con respecto al sector #1, en rojo está marcado el límite de apertura y potencia del sector, por lo tanto, el cliente se encuentra a una distancia más lejana al límite, razón por la cual no le llega la potencia necesaria para operar de manera ideal el radioenlace.



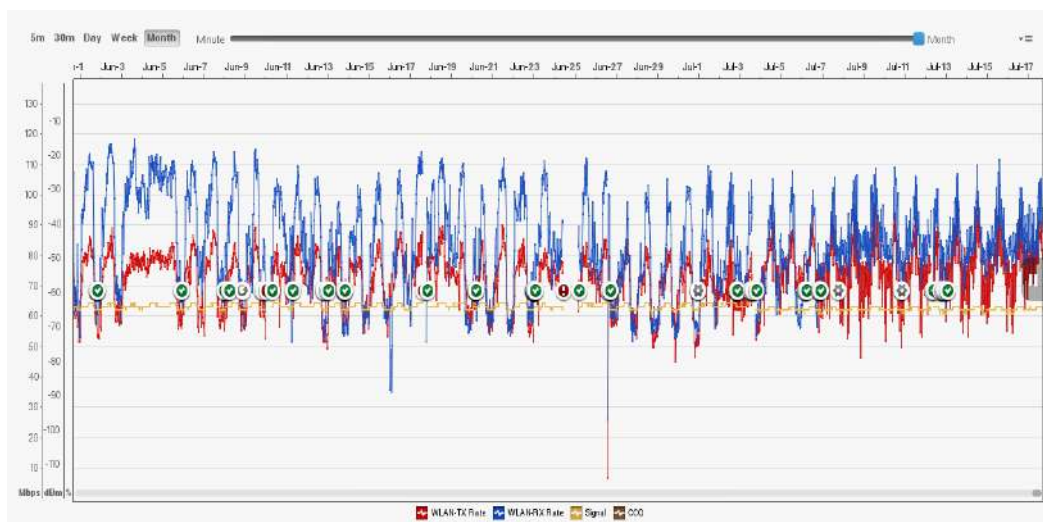
**Figura 23.** Interfaz privada del cliente 5 del sector #1.

**Fuente:** Paredes (2022).

En la interfaz privada se observan los niveles de potencia vistos desde la antena del cliente 5 del sector #1, se resalta el -70 dBm el cual es el valor de potencia que envía el sector hacia el cliente, esto significa que, al sector se tarda más para entregar los datos y además algunos de ellos se pueden atenuar rápido.

Se descarta interferencia por frecuencia, debido a lo que el espectro de radiofrecuencia que detecta la antena está libre en la banda de 5255 MHz con un ancho de canal de 20MHz.

Además se muestran los niveles de ruido del piso (Noise Floor) y un valor interesante como lo es el de interferencia más ruido (Interference+Noise). Estos valores salen junto con el nivel de potencia de la señal en ambas antenas, como se encuentran las potencias del lado del cliente y también como se encuentran las mismas pero del lado del sector #1.

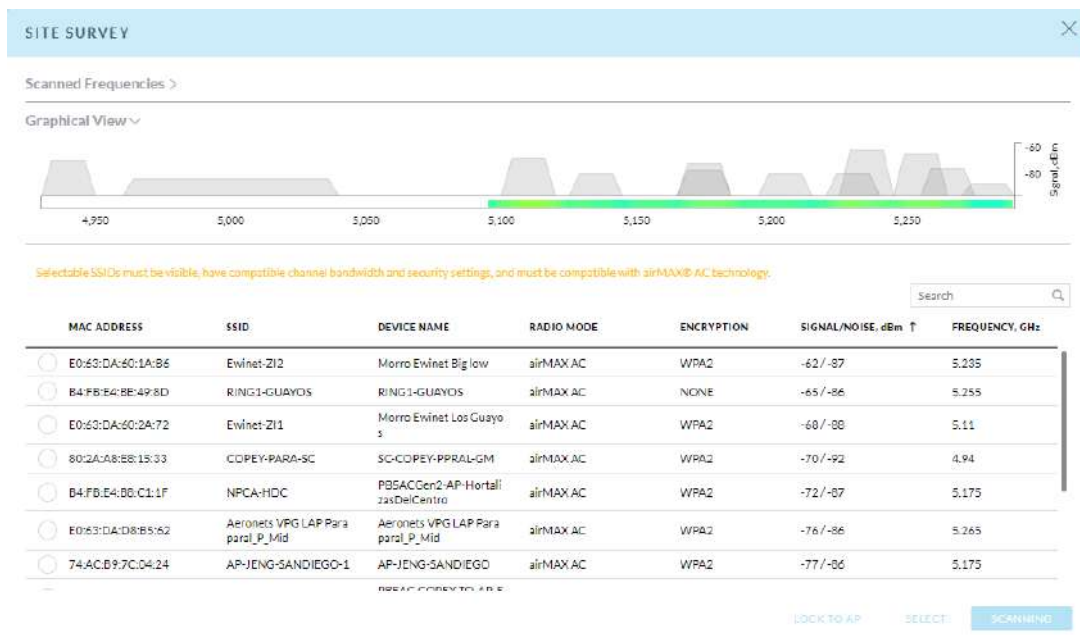


**Figura 24.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 5 con el sector #1.

**Fuente:** Paredes (2022).

En el transcurso de un mes, se visualiza que el nivel de potencia de la señal se mantiene en los mismos valores durante ese periodo. Se observan picos de capacidad de bajada por parte del cliente (WLAN-RX Rate) con unos picos de casi 120 Mbps y unos mínimos de entre 5 Mbps a 45 Mbps. El capacity de subida (WLAN-TX Rate) con valores comprendidos entre los 45 Mbps a 90 Mbps.

Debido a los bajos niveles de potencia que envía el sector, esto afecta a los valores de capacity de bajada, produciendo lentitud en el servicio del cliente.

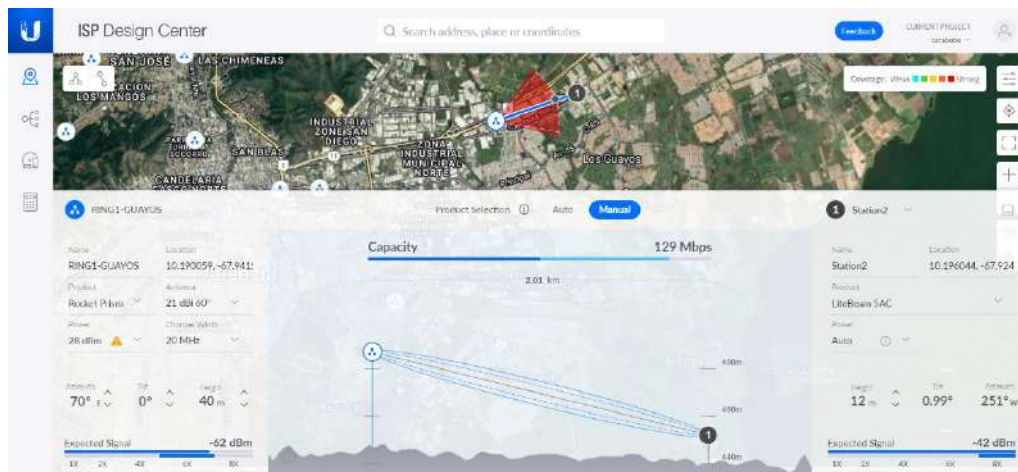


**Figura 25.** Scan de la antena del cliente 5 del sector #1.

Fuente: Paredes (2022).

El scan que hace la antena del cliente, muestra a los diferentes sectores que hay alrededor de ella, sus nombres, potencia de señal y de ruido, frecuencia y espectro de frecuencias en el ambiente. Este scan se realiza con el fin de buscar otros sectores de la empresa que presenten mejores valores de potencia de señal, para así poder cambiar al cliente de sector.

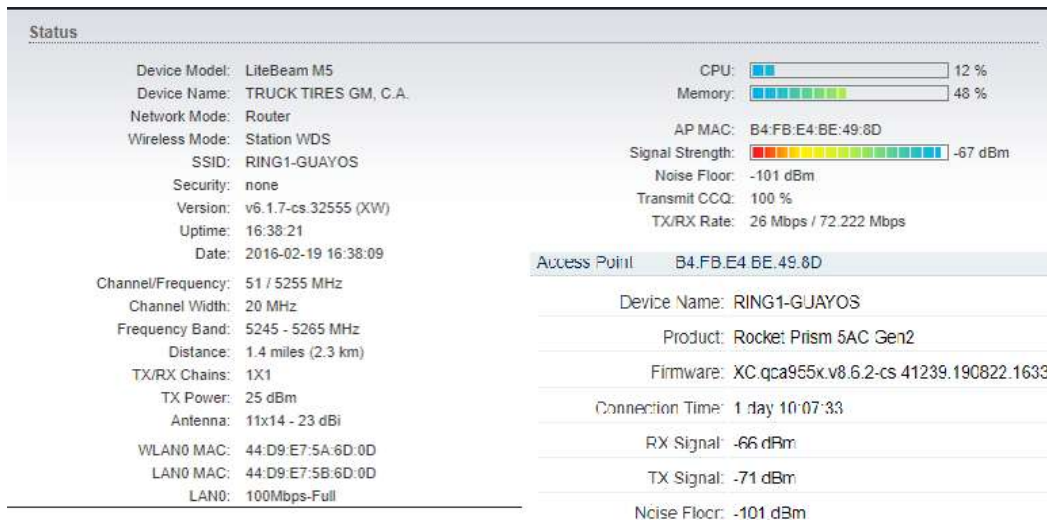
✓ **Cliente 15**



**Figura 26.** Enlace del cliente 15 con el sector #1

Fuente: Paredes (2022).

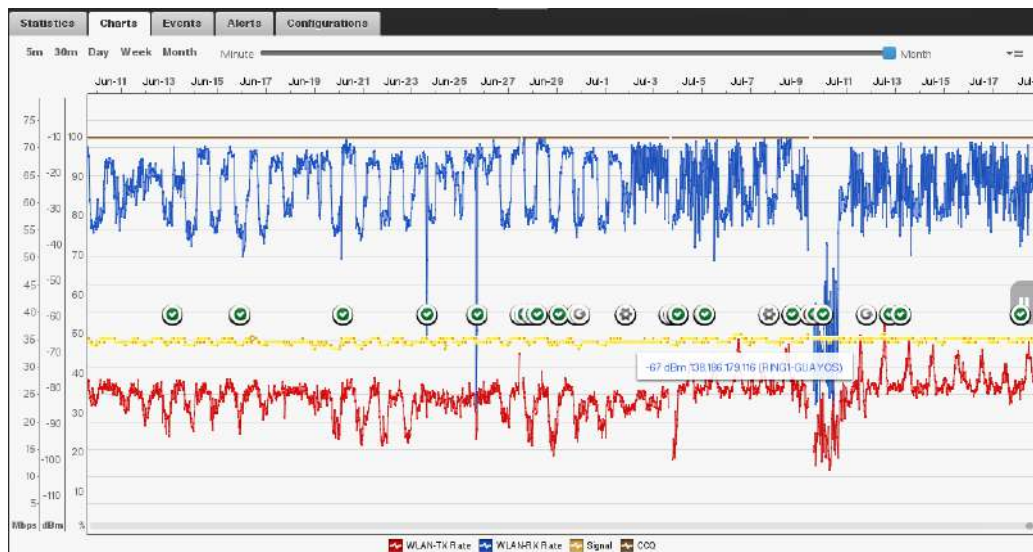
El cliente 15 del sector #1, está más cerca del límite del sector, aunque la potencia puede ser entregada satisfactoriamente, el enlace puede estar obstruido o interferido en frecuencia.



**Figura 27.** Interfaz privada del cliente 15 del sector #1.

**Fuente:** Paredes (2022).

Según la interfaz privada, se observa que casi la totalidad de la potencia es entregada por parte del cliente, esto pasa por la distancia de conexión del radioenlace. El problema se encuentra en la potencia que entrega el sector #1 hacia el cliente 15 (-71 dBm).



**Figura 28.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 15 con el sector #1.

**Fuente:** Paredes (2022).

El primer aspecto es que el nivel de señal (en amarillo) se mantiene constante en el tiempo. El porcentaje de CCQ indica que la conexión en ancho de banda es estable. Los aspectos problemáticos son dos: uno, la alta variación del valor del WLAN-TX Rate, cuyos máximos se mantienen en algunos casos en más de 70 Mbps, pero la repentina caída de los mismos llegan

a casi los 20 Mbps, generando lentitud en el servicio; y dos, el WLAN-RX Rate, cuyas alzas y caídas afectan a la capacidad del cliente de poder cargar datos (capacity de subida) a Internet.

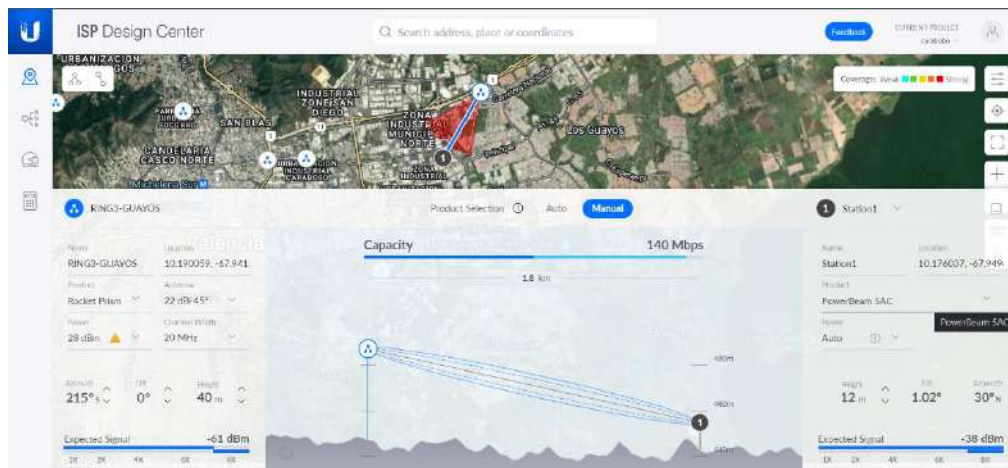
MAC Address	SSID	Device Name	Radio Mode	Encryption	Signal / Noise, dBm	Frequency, GHz / Channel
B4:FB:E4:BE:49:8D	RING1-GUAYOS		airMAX AC	NONE	-67 / -100	5.255 / 51

**Figura 29.** Scan de la antena del cliente 15 del sector #1.

**Fuente:** Paredes (2022).

En el scan del cliente 15, no se observa que pueda conectarse a otro sector de la celda Los Guayos, por lo que esto es un problema.

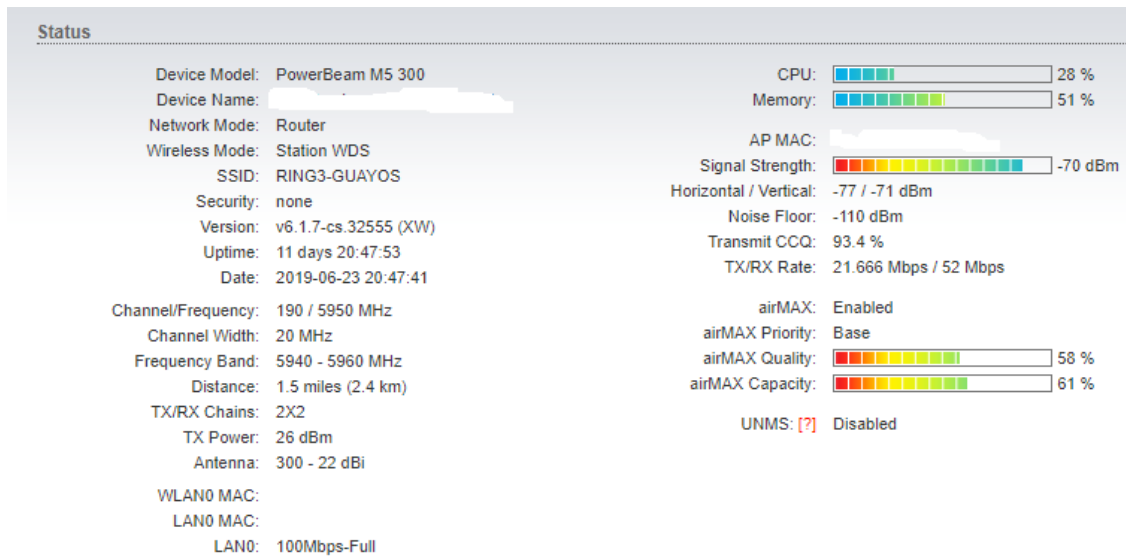
- **Sector #3**
- ✓ **Cliente 3**



**Figura 30.** Enlace del cliente 3 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

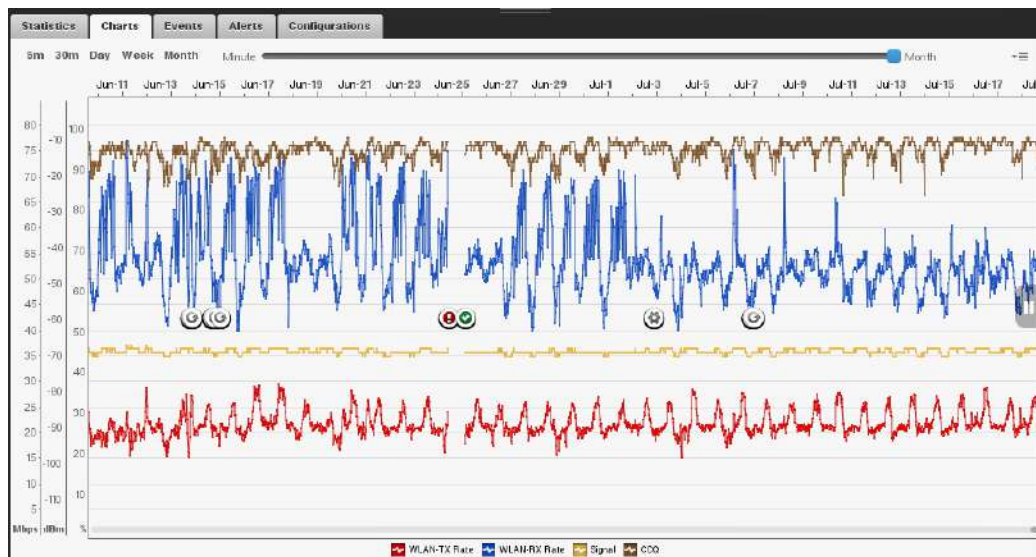
Se observa que el cliente 3 está más lejos del límite del sector #3, esto quiere decir que la potencia que le entrega el sector al cliente no es la suficiente para su óptimo funcionamiento, además de que la antena del cliente puede estar desalineada con respecto al sector #3.



**Figura 31.** Interfaz privada del cliente 3 del sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

Con la interfaz, se observa la falta de potencia de señal, por lo que la antena del cliente puede estar desalineada con respecto al sector #3.



**Figura 32.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 3 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

Con la ayuda de sus estadísticas del AirControl, se observan las constantes variaciones de WLAN-RX Rate y de WLAN-TX Rate, además de las caídas del CCQ. Por lo tanto, esto confirma que la antena del cliente está desalineada con respecto al sector #3.

MAC Address	SSID	Device Name	Radio Mode	Encryption	Signal / Noise, dBm	Frequency, GHz / Channel
<input type="radio"/> B4:F8:E4:BE:4D:5D	RING3-GUAYOS		airMAX AC NONE		-69 / -110	5.95 / 190

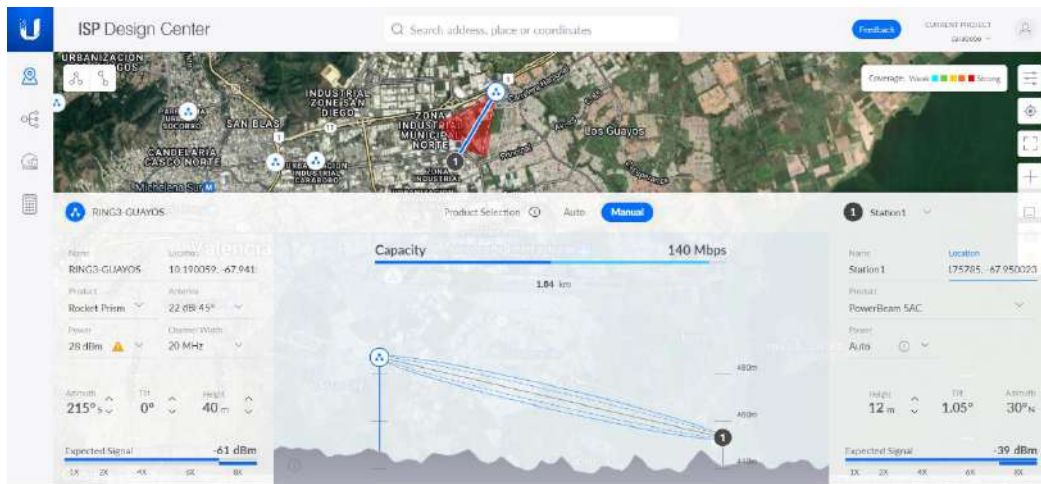
Selectable SSID's must be visible and have compatible channel bandwidth and security settings.

**Figura 33.** Scan de la antena del cliente 3 del sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

La antena del cliente solo ve al sector #3 con unos valores no óptimos.

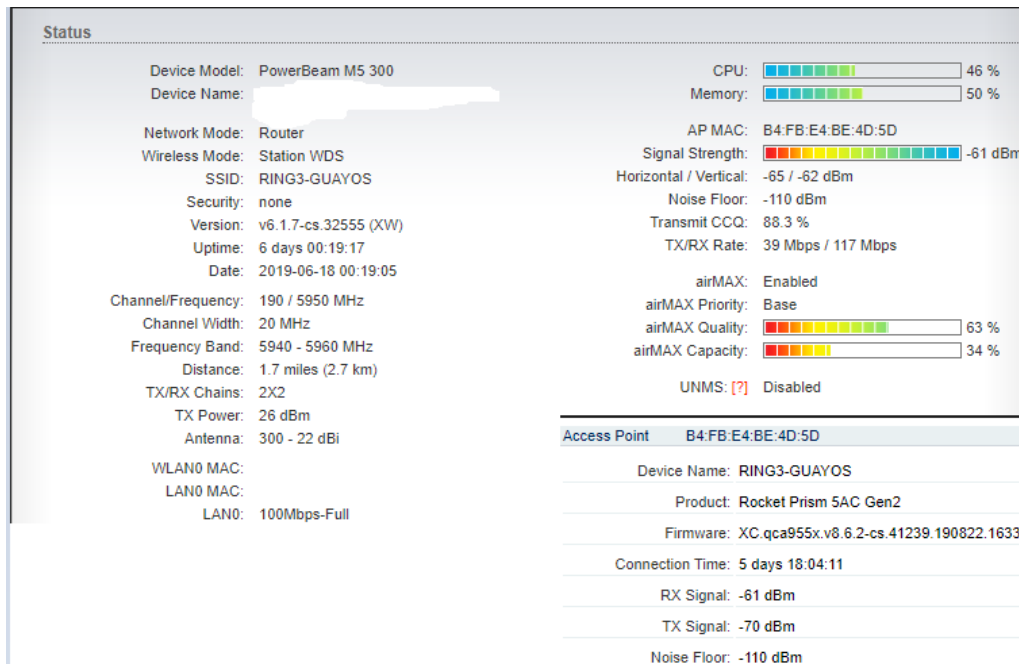
✓ **Cliente 4**



**Figura 34.** Enlace del cliente 4 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

Al cliente 4 se le podría entregar mejor la potencia del radioenlace por parte del sector. Este sector #3 no entrega la potencia suficiente al cliente debido a que este se encuentra fuera de los límites del sector.



**Figura 35.** Interfaz privada del cliente 4 del sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

Con este cliente 4 del sector #3, la afección es la potencia que recibe el cliente por parte del sector, lo que significa tiempos elevados de entrega de datos y por ende lentitud, por parte del sector.



**Figura 36.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 4 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

Aquí en las estadísticas se confirma lo anterior, estabilidad en el WLAN-TX Rate (capacity de subida) y las constantes variaciones de WLAN-RX Rate y CCQ, debido a la potencia entregada por el sector.

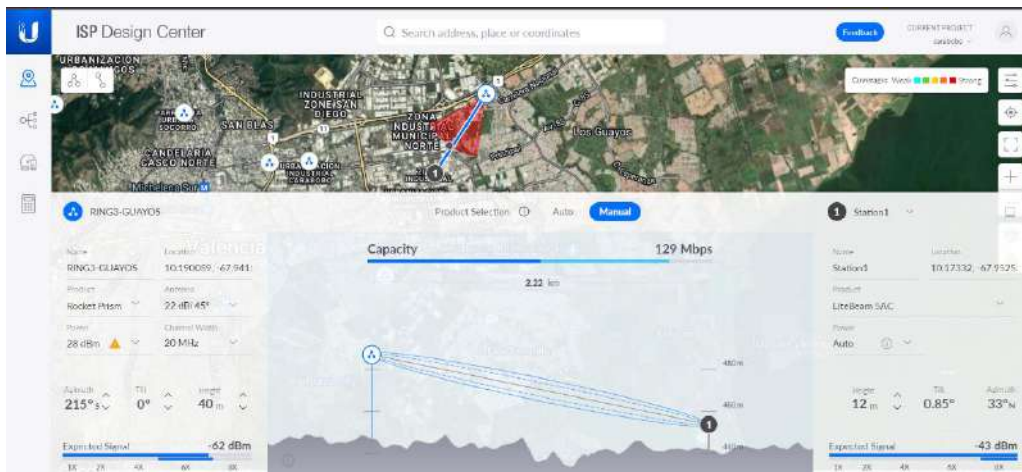
MAC Address	SSID	Device Name	Radio Mode	Encryption	Signal / Noise, dBm	Frequency, GHz / Channel
<input type="radio"/> B4:FB:E4:BE:4D:5D	RING3-GUAYOS		airMAX AC NONE		-60 / -110	5.95 / 190
<input type="radio"/> 24:5A:4C:DC:9F:33	CCFNET-GUAYOS-SECTORIAL4		airMAX AC WPA2		-61 / -107	4.92 / 184

**Figura 37.** Scan de la antena del cliente 4 del sector #3.

Fuente: Paredes (2022).

El cliente 4 solamente ve en el scan al sector #3.

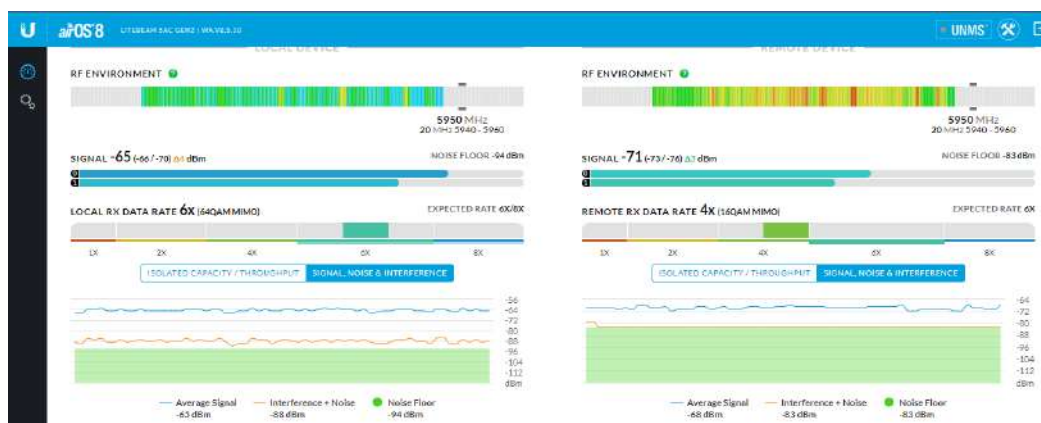
### ✓ Cliente 5



**Figura 38.** Enlace del cliente 5 con el sector #3.

Fuente: Paredes (2022).

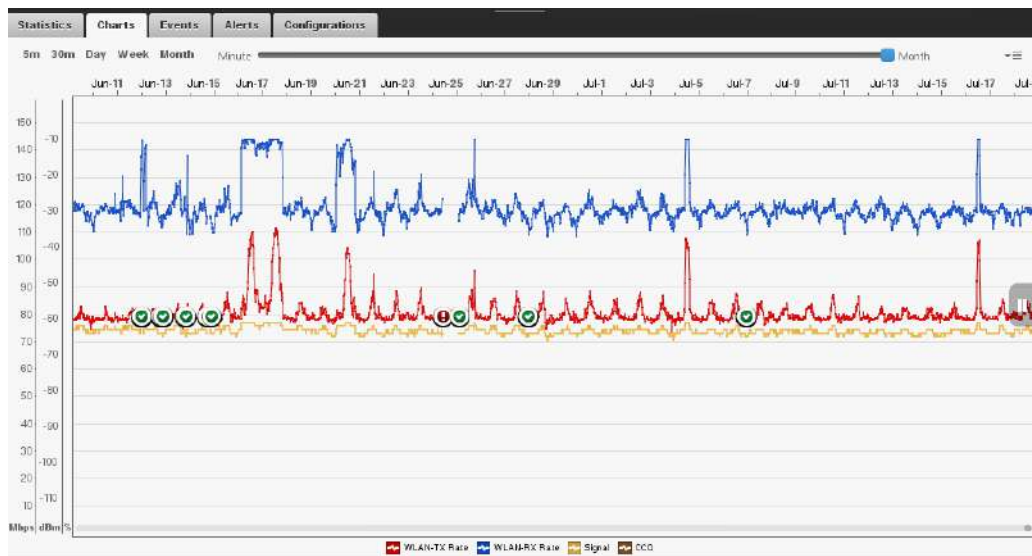
En la Figura 38, se muestra el capacity que puede ser entregado al cliente 5 si el enlace trabajara en óptimas condiciones, es decir, si le llegara la potencia con buenos valores y además sin obstrucciones en la línea de vista o estar desalineado.



**Figura 39.** Interfaz privada del cliente 5 con el sector #3.

Fuente: Paredes (2022).

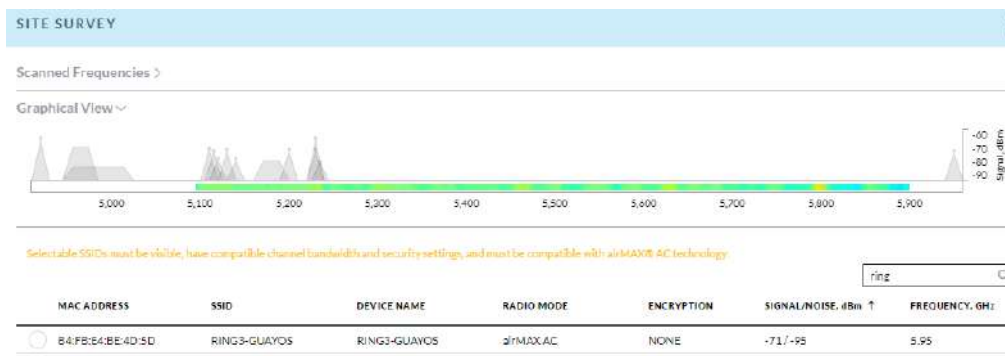
Desde la interfaz se visualiza mejor la baja potencia que entrega el sector #3 hacia el cliente 5 (-71dBm), así como las variaciones de ambas señales (la del sector hacia el cliente y la del cliente hacia el sector). Por lo tanto, el cliente está desalineado con respecto al sector.



**Figura 40.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 5 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

El WLAN-TX Rate se encuentra estable, esto es, el capacity de subida funciona adecuadamente al plan contratado por el cliente. El WLAN-RX Rate tiene muchas caídas y no debe estar donde se estableció el plan del cliente. Además, el nivel de señal tiene algunas alzas de varios dBm, por lo que se concluye que el enlace está desalineado.

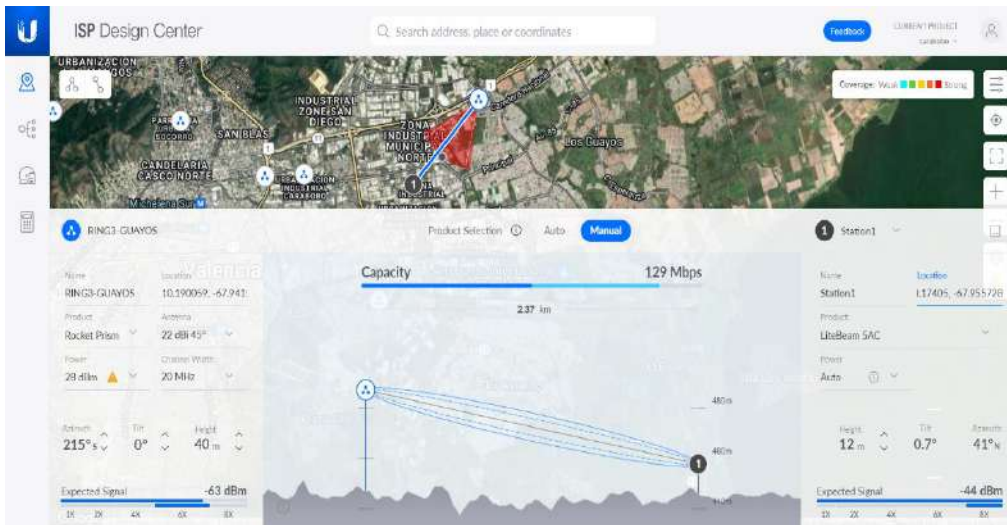


**Figura 41.** Scan de la antena del cliente 5 del sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

La antena del cliente solo escanea al sector #3 de la celda Los Guayos, y también al sector #1 de otra celda de la empresa (Plaza Valencia) pero con menos potencia.

✓ **Cliente 6**



**Figura 42.** Enlace del cliente 6 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

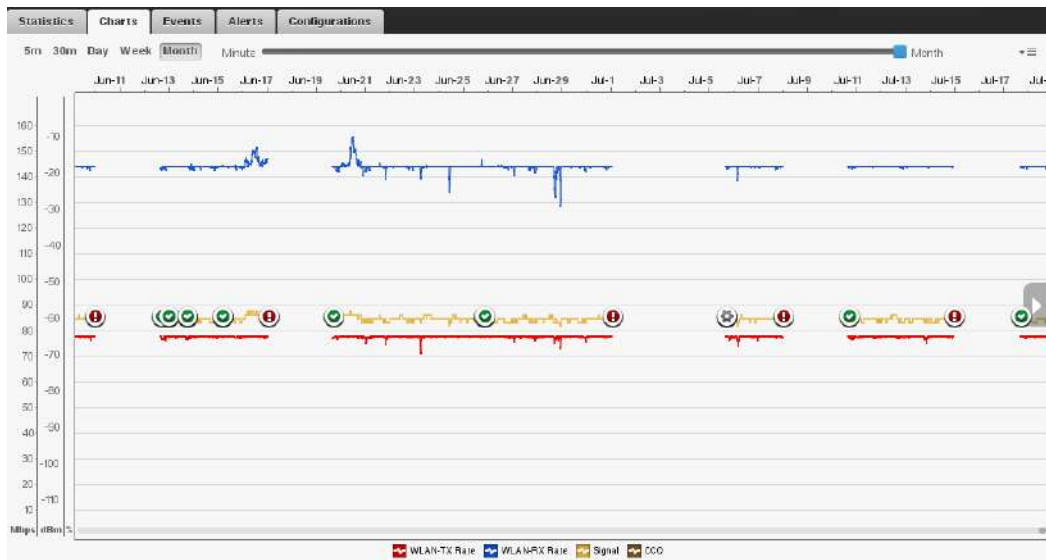
El cliente 6 puede tener mejores valores si no el mismo no estuviese fuera de los límites del sector, eso se ve reflejado en fallas de entrega del plan contratado por parte del cliente.



**Figura 43.** Interfaz privada del cliente 6 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

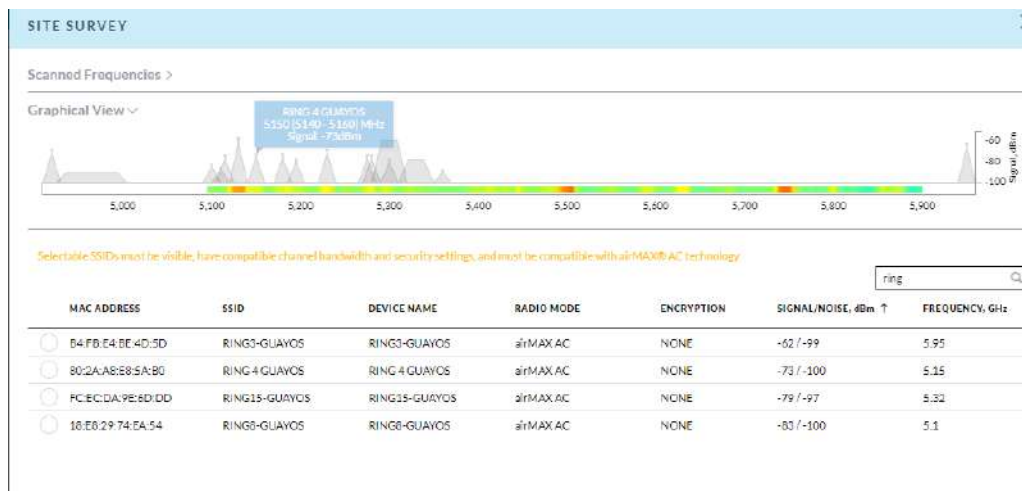
Según la interfaz privada, el problema está del lado del sector, se observan alzas y caídas en la potencia de la señal por su lado. En cambio por el lado del cliente, la potencia se encuentra estable.



**Figura 44.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 6 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

Con ayuda del AirControl, se observan varias pérdidas de conexión y reconexiones por parte de la antena del cliente. Se rescatan la estabilidad que posee el WLAN-TX Rate y las variaciones del WLAN-RX Rate (capacity de bajada), este siendo el valor afectado por la baja potencia que recibe el cliente 6 por parte del sector #3.

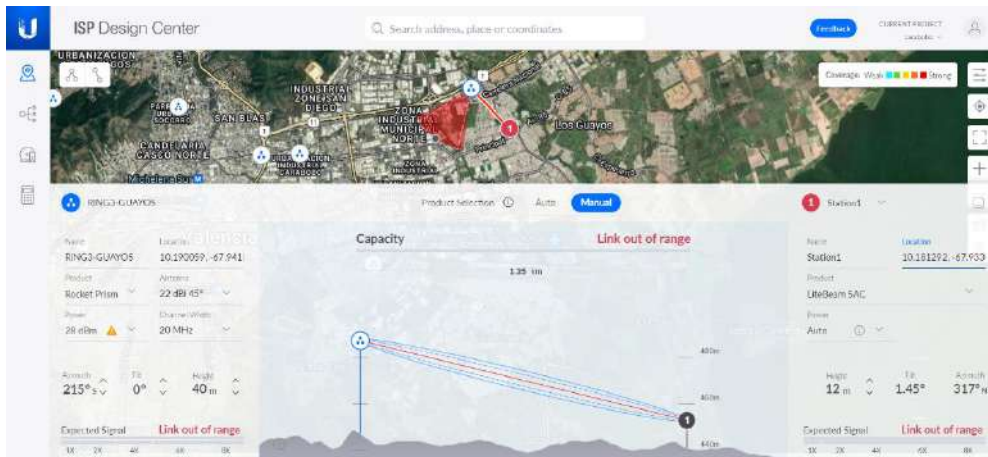


**Figura 45.** Scan de la antena del cliente 6 del sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

La antena observa a otros sectores de la misma celda, pero con menor potencia de donde está establecido el enlace (sector #3).

## ✓ Cliente 8



**Figura 46.** Enlace del cliente 8 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

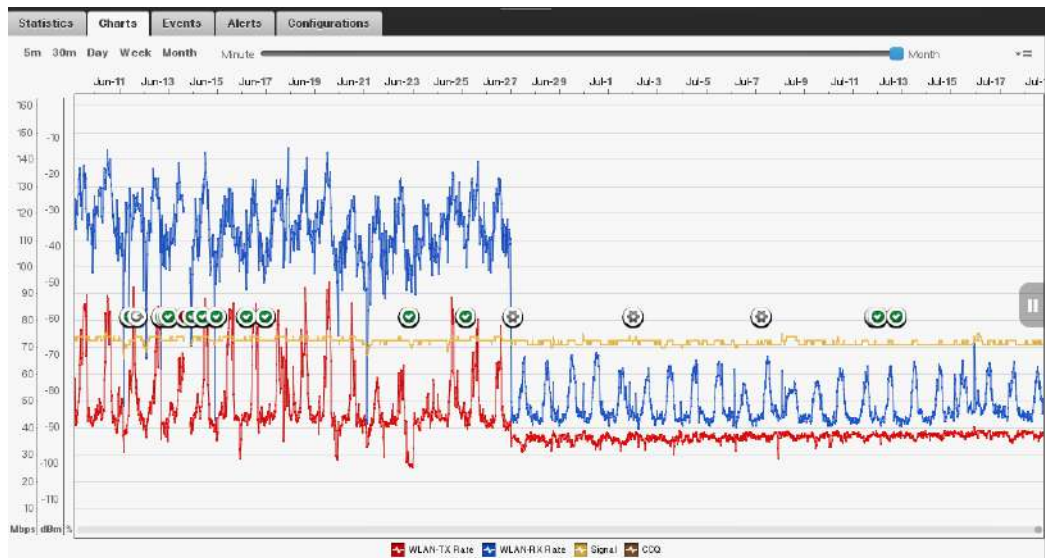
Se observa claramente que el cliente 8 está fuera de la línea de vista del sector #3, esto quiere decir, que lo mejor es cambiar de sector a este cliente, debido al desajuste que posee con respecto al sector #3.



**Figura 47.** Interfaz privada del cliente 8 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

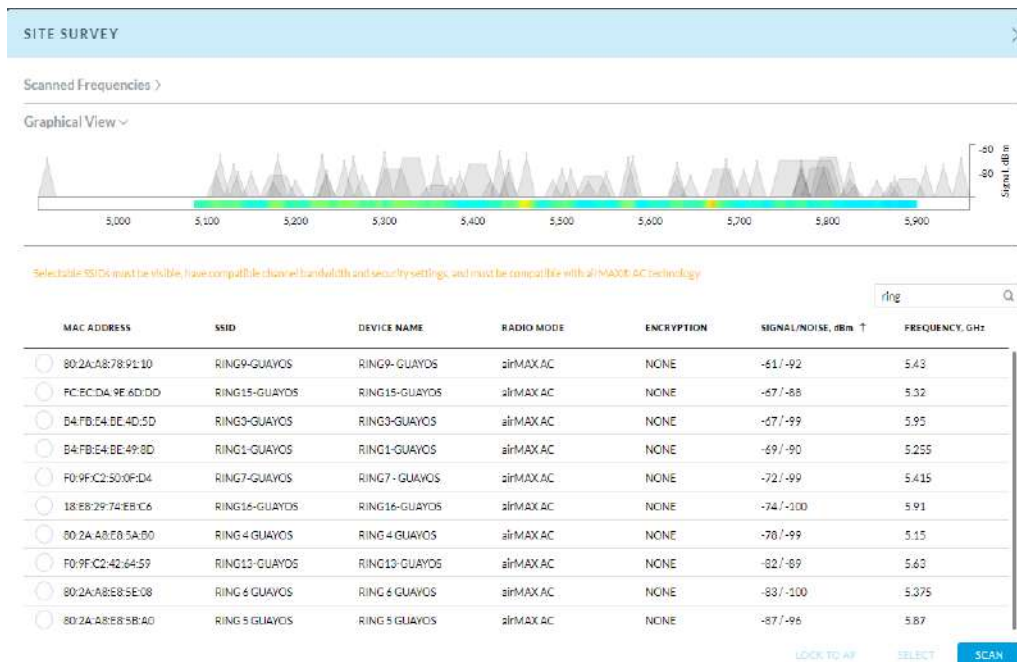
Desde la interfaz privada, se nota la falta de potencia entregada y sus variaciones de la misma, tanto desde el sector al cliente como del cliente al sector, por consecuencia de que el cliente está conectado fuera de la línea de vista del sector #3.



**Figura 48.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 8 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

Se observan claramente las caídas abruptas de los valores de WLAN-TX Rate y WLAN-RX Rate, esto claramente es inadmisibles para el buen funcionamiento de un radioenlace.

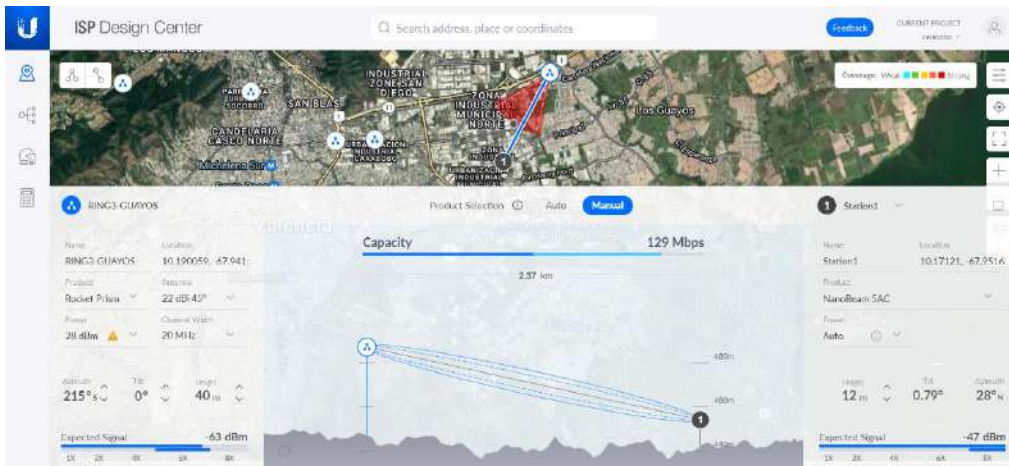


**Figura 49.** Scan de la antena del cliente 8 del sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

Gracias al scan de la antena del cliente, se ve que la misma se puede cambiar de sector, ve al sector #9 con mejores niveles de potencia, su conexión a este sector #9 supone una solución a la inestabilidad de este enlace.

## ✓ Cliente 11



**Figura 50.** Enlace del cliente 11 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

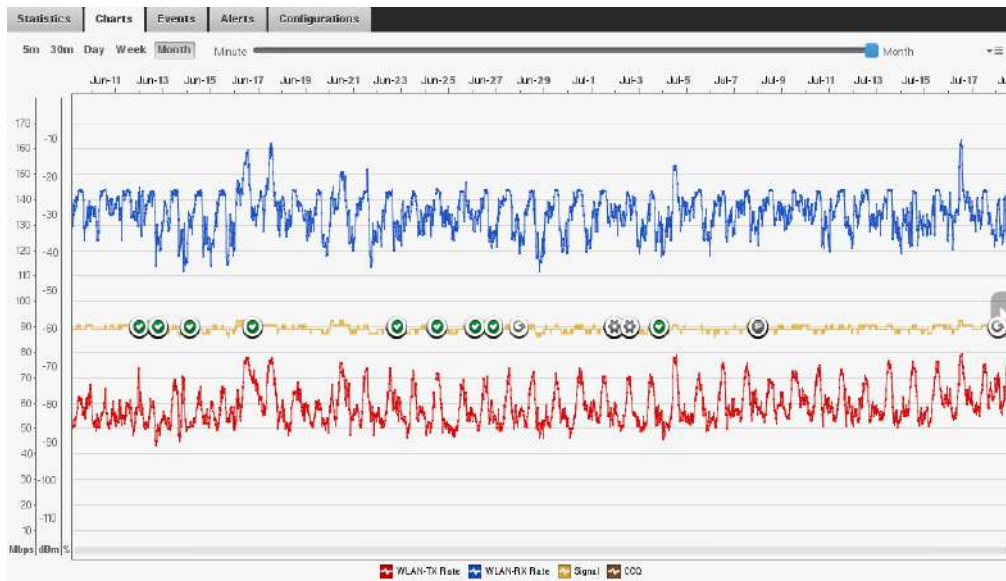
El enlace de este cliente está fuera del alcance del sector, por ende está ese nivel de potencia entregada al cliente (-71 dBm) y falta de otorgar el plan contratado por el cliente.



**Figura 51.** Interfaz privada del cliente 11 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

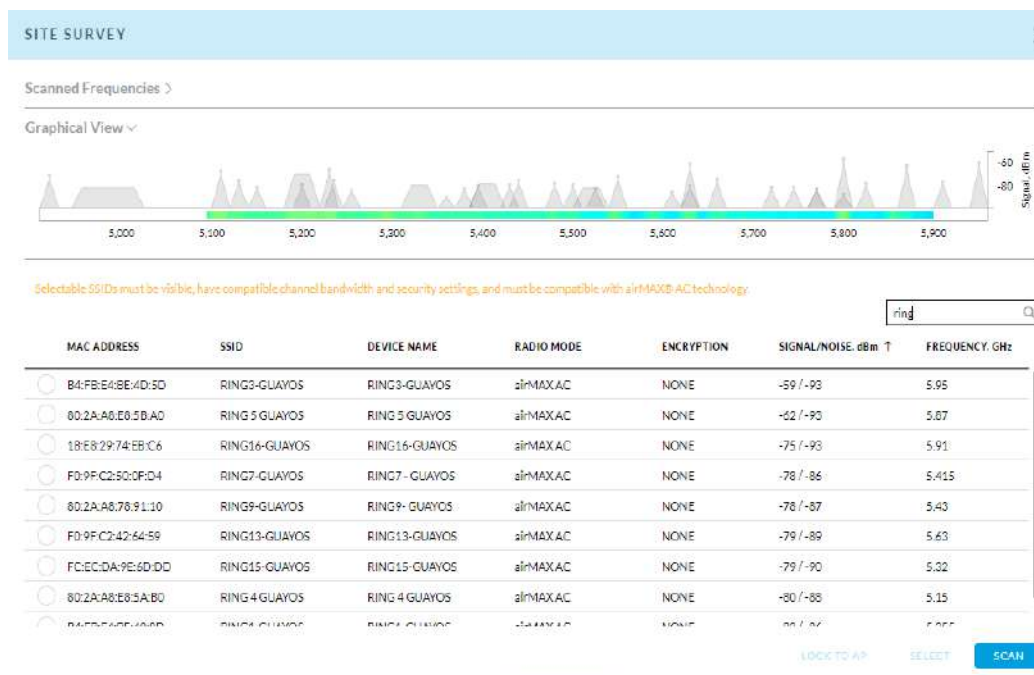
Con la interfaz se observan las variaciones de potencia por parte del sector, dejando al cliente con tiempos elevados de descarga de datos.



**Figura 52.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 11 con el sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

El WLAN-RX Rate se ve muy cambiante, esto es por las variaciones de potencia por parte del sector. Lo destacable de este enlace es el aumento del WLAN-TX Rate, es positivo.

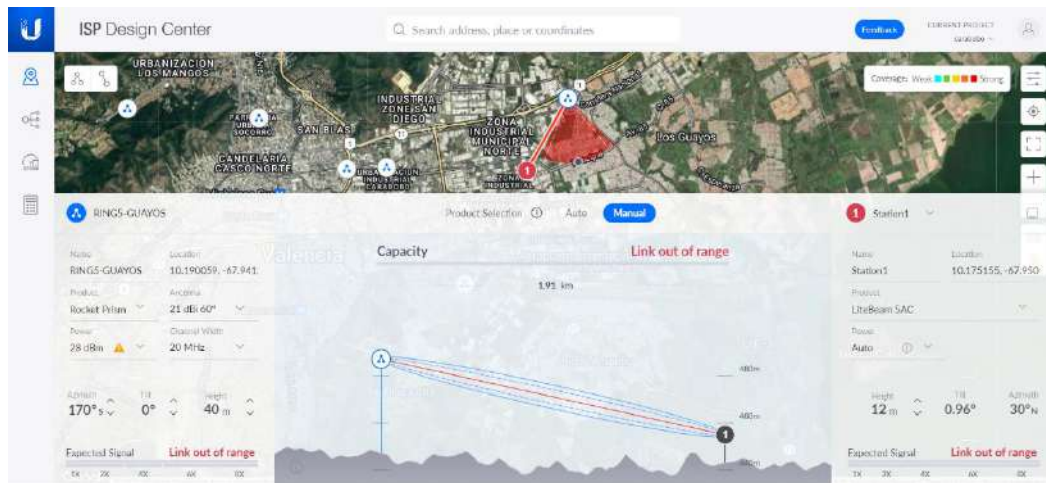


**Figura 53.** Scan de la antena del cliente 11 del sector #3.

**Fuente:** Paredes (2022).

El cliente 11, a pesar de todo, ve con mejor potencia al sector #3, pero habrá que poner a prueba si sacrificando un poco de esa potencia se compensa la del lado del sector, esto se hace conectando al cliente 11 con otro sector de la celda.

- Sector #5
- ✓ Cliente 2



**Figura 54.** Enlace del cliente 2 con el sector #5.

**Fuente:** Paredes (2022).

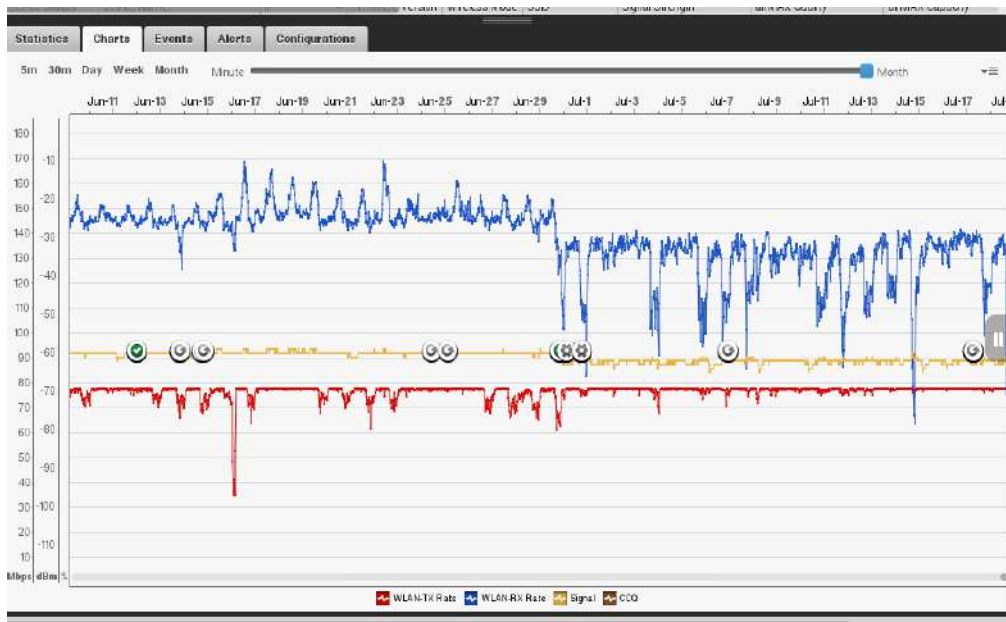
Se aprecia la desalineación del cliente 2 respecto al sector #5, la solución es o cambiarlo de sector o alinear al cliente de mejor manera para que tenga mejor conexión a internet.



**Figura 55.** Interfaz privada del cliente 2 con el sector #5.

**Fuente:** Paredes (2022).

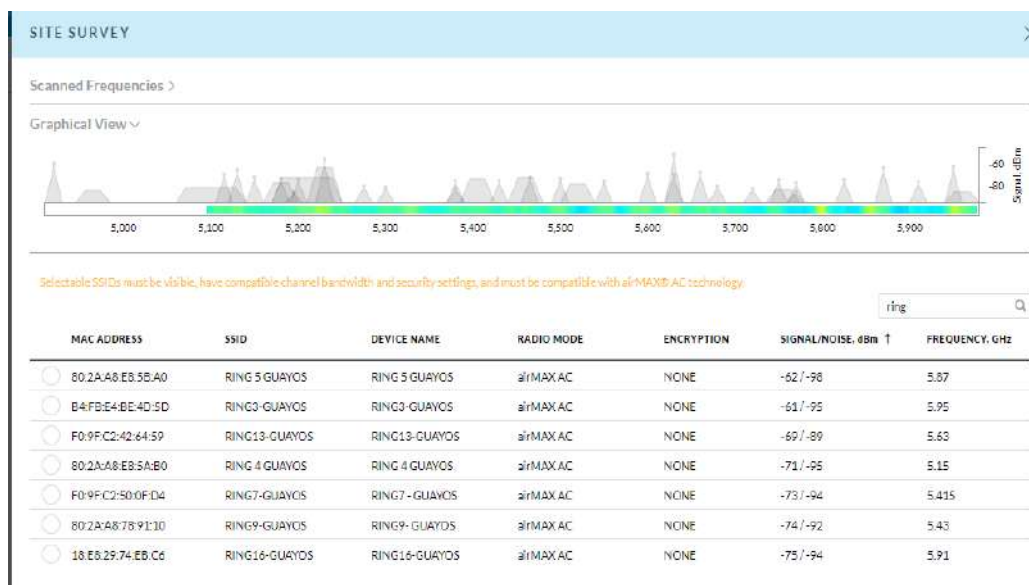
Con la interfaz se aprecia la variación de potencia tanto del cliente al sector como del sector al cliente, esto es por la desalineación del cliente respecto al sector #5.



**Figura 56.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 2 con el sector #5.

**Fuente:** Paredes (2022).

Claramente se aprecia la caída del WLAN-RX Rate por la desalineación del cliente, como se ve en la Figura 56, esta desalineación pasó en un rango de dos días.

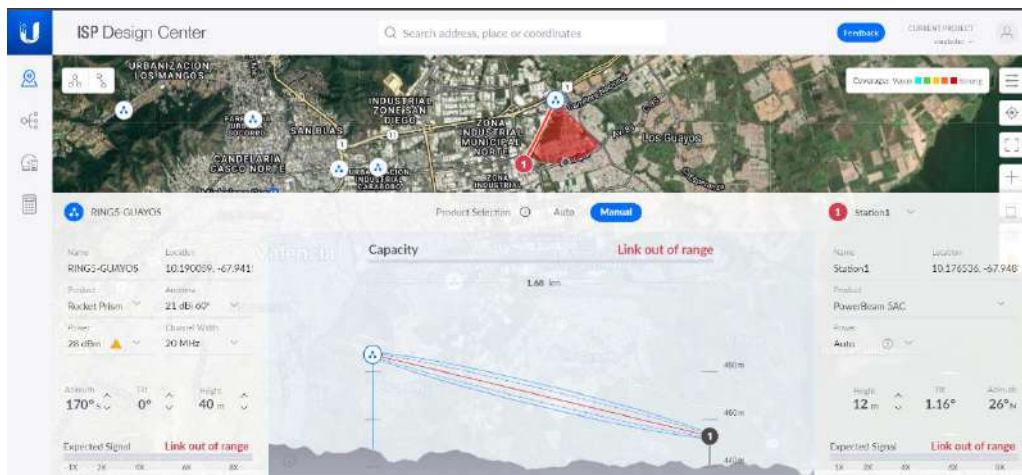


**Figura 57.** Scan de la antena del cliente 2 del sector #5.

**Fuente:** Paredes (2022).

Aunque el cliente 2 esté desalineado, el scan de su antena sigue mostrando que con el sector #5 tiene mejor potencia, se deberá sacrificar algo de esa potencia para cambiarlo de sector, conectarlo con el sector #3, para evaluar sus valores.

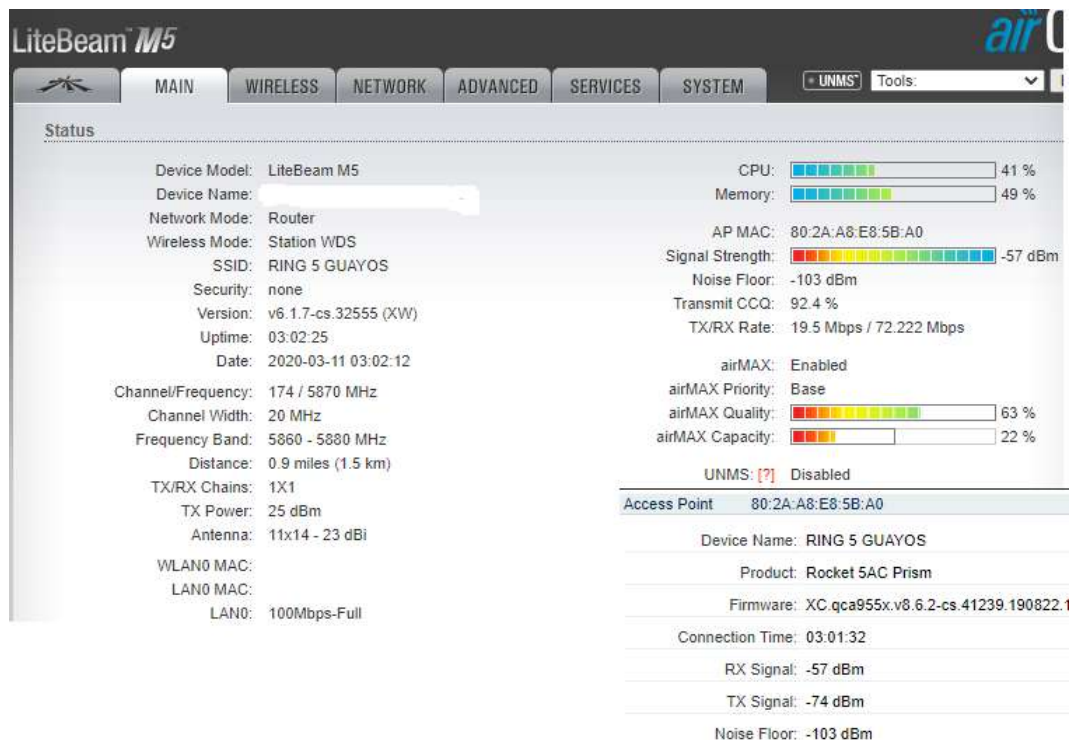
✓ **Cliente 4**



**Figura 58.** Enlace del cliente 4 con el sector #5.

**Fuente:** Paredes (2022).

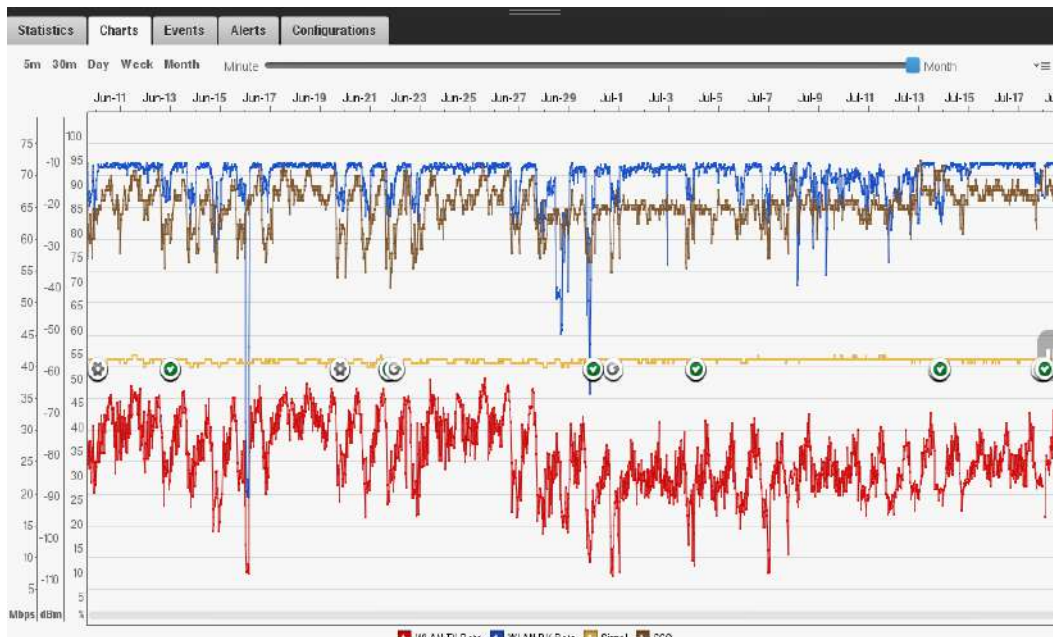
De igual manera al cliente anterior, el cliente 4 del sector #5, está desalineado con respecto al sector, por lo cual debería ser realineado o que el mismo establezca conexión con otro sector de la celda.



**Figura 59.** Interfaz privada del cliente 4 con el sector #5.

**Fuente:** Paredes (2022).

Con la ayuda de la interfaz, se nota la falta de potencia por parte del sector hacia el cliente, esto pasa porque el cliente se encuentra fuera de los límites del sector.



**Figura 60.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 4 con el sector #5.

**Fuente:** Paredes (2022).

Como se aprecia en la Figura 60, hay muchas variaciones en todos los valores de monitoreo del AirControl, caídas del WLAN-RX Rate, WLAN-Tx Rate y del CCQ, afectando al cliente en su plan contratado produciendo lentitud en el servicio.

MAC Address	SSID	Device Name	Radio Mode	Encryption	Signal / Noise, dBm	Frequency, GHz / Channel
<input type="radio"/> 80:2A:A8:E8:5B:A0	RING 5 GUAYOS		airMAX AC	NONE	-59 / -103	5.87 / 174

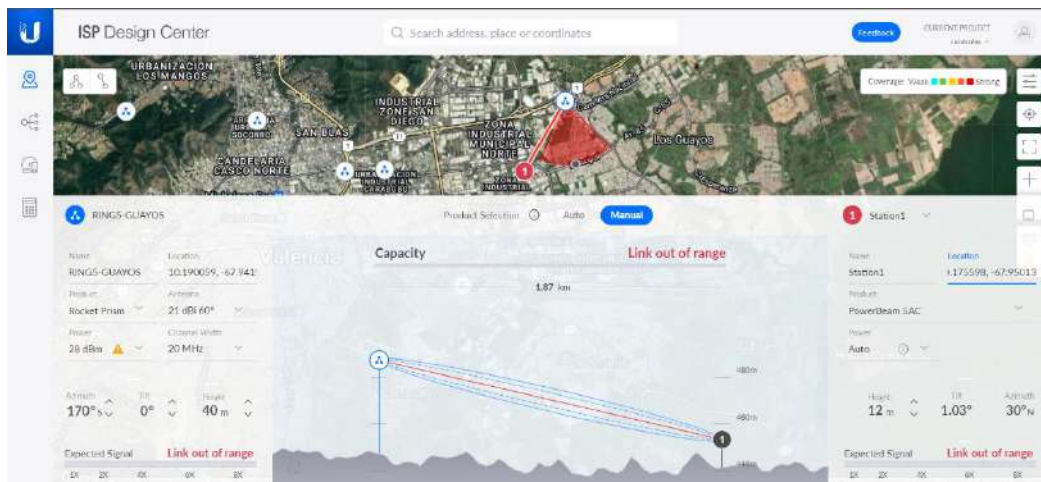
Selectable SSID's must be visible and have compatible channel bandwidth and security settings.

**Figura 61.** Scan de la antenna del cliente 4 del sector #5.

**Fuente:** Paredes (2022).

El scan de la antenna del cliente 4, solo muestra al sector #5.

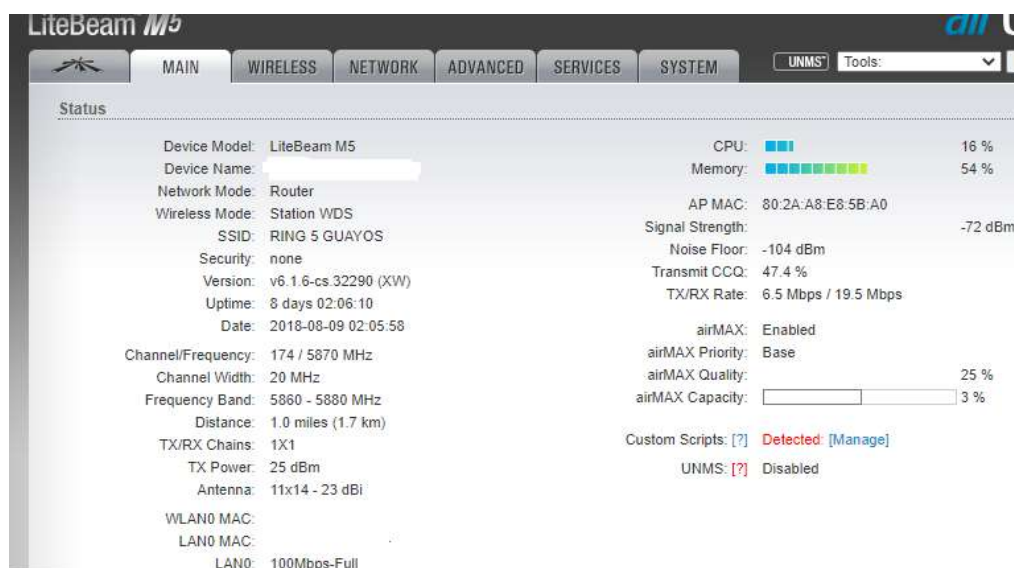
## ✓ Cliente 9



**Figura 62.** Enlace del cliente 9 con el sector #5.

Fuente: Paredes (2022).

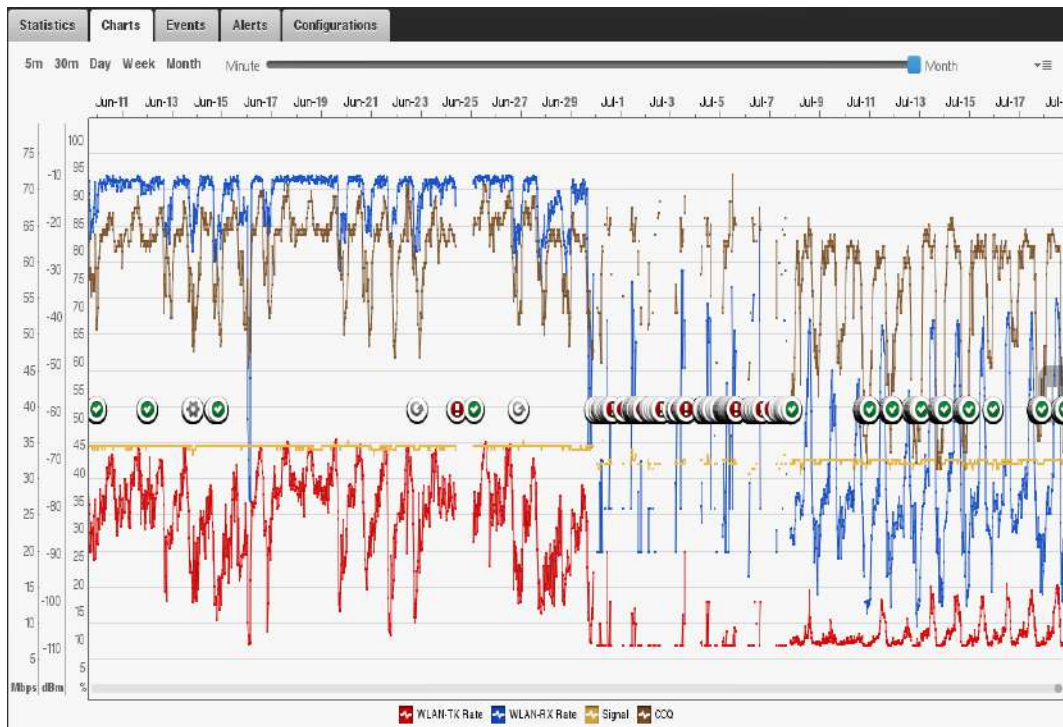
Al igual que los dos clientes anteriores, este cliente 9 se encuentra desalineado con respecto al sector #5, se encuentra fuera de su línea de vista ideal.



**Figura 63.** Interfaz privada del cliente 9 con el sector #5.

Fuente: Paredes (2022).

Visiblemente con la interfaz se nota la falta de potencia del cliente al sector, además también del sector al cliente, afectando a su servicio.



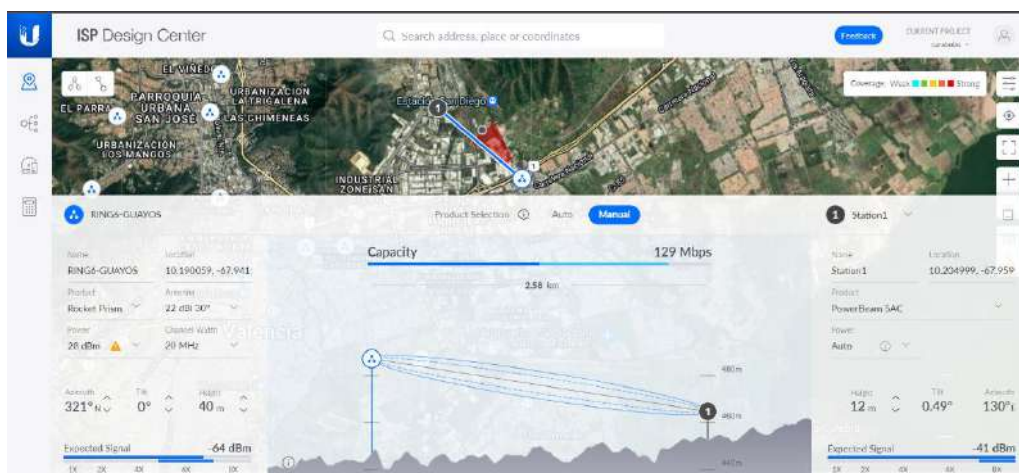
**Figura 64.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 9 con el sector #5.

**Fuente:** Paredes (2022).

Con las estadísticas se aprecia la degradación de todos los valores del enlace a lo largo del tiempo, el CCQ, WLAN-TX Rate y el WLAN-RX Rate sufren caídas muy abruptas generando intermitencias y lentitud de conexión a Internet.

Cabe resaltar que la antena del cliente no permitió al investigador hacer un escaneo de sectores, por ende no está una figura ilustrando el scan.

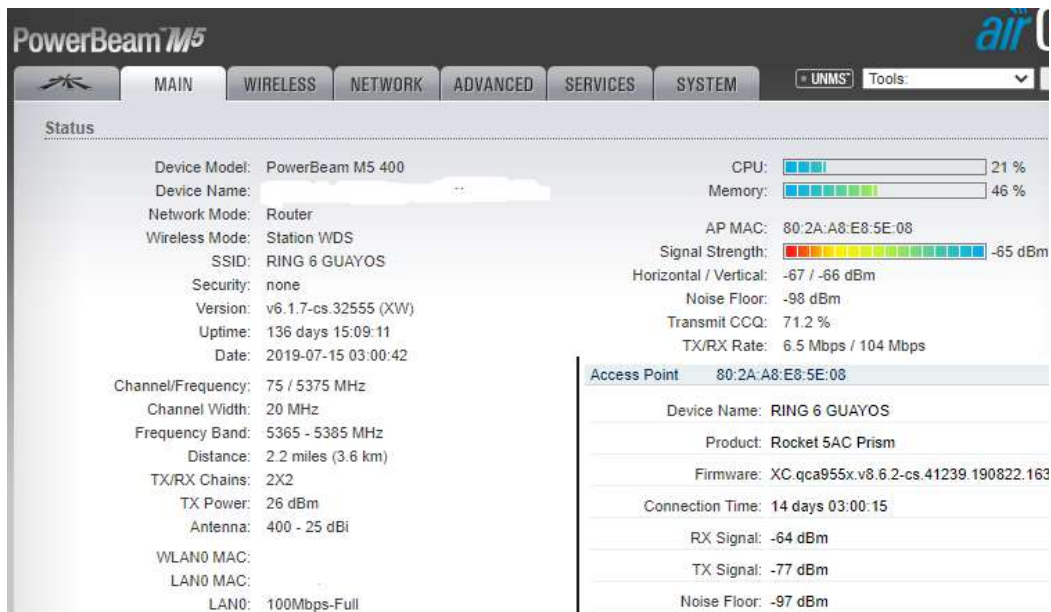
- **Sector #6**
- ✓ **Cliente 6**



**Figura 65.** Enlace del cliente 6 con el sector #6.

**Fuente:** Paredes (2022).

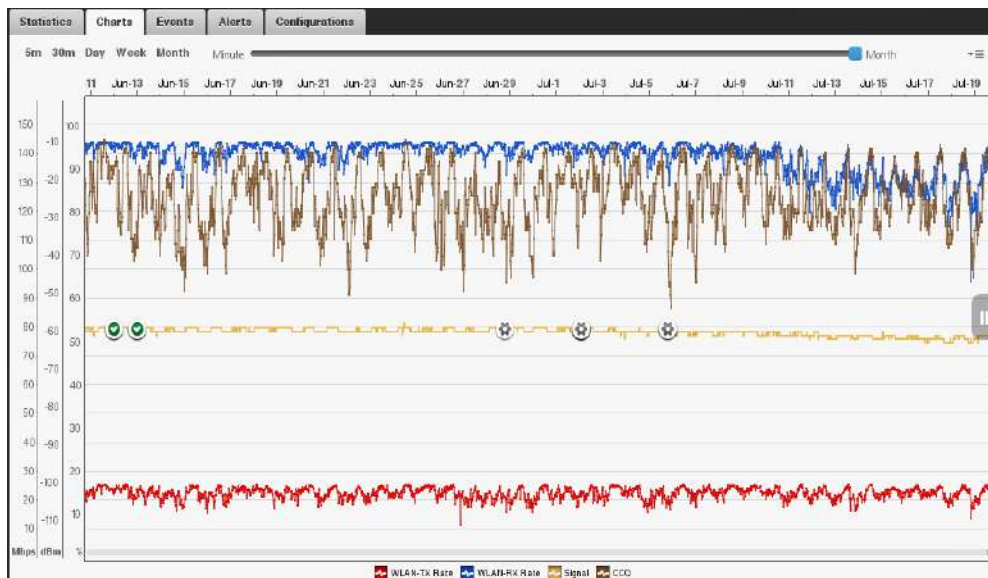
El cliente está en uno de los límites de apertura del sector, además por la distancia y su modelo de antena no le llega con buenos valores la potencia.



**Figura 66.** Interfaz privada del cliente 6 con el sector #6.

Fuente: Paredes (2022).


La interfaz muestra la falta de potencia tanto del sector hacia el cliente como del cliente al sector, esto provoca tiempos elevados en la descarga de datos por parte del cliente.



**Figura 67.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 6 con el sector #6.

Fuente: Paredes (2022).

Lo primero a destacar en la Figura 67 es el CCQ, se ve la degradación de él a lo largo del tiempo, esto produce fallas en entregas de datos, además de la caída de WLAN-RX Rate.



MAC Address	SSID	Device Name	Radio Mode	Encryption	Signal / Noise, dBm	Frequency, GHz / Channel
<input type="radio"/> 80:2A:A8:E8:5E:08	RING 6 GUAYOS		airMAX AC NONE		-63 / -98	5.375 / 75
<input type="radio"/> 24:5A:4C:DC:9F:33	CCFNET-GUAYOS-SECTORIAL4		airMAX AC WPA2		-87 / -102	4.92 / 184

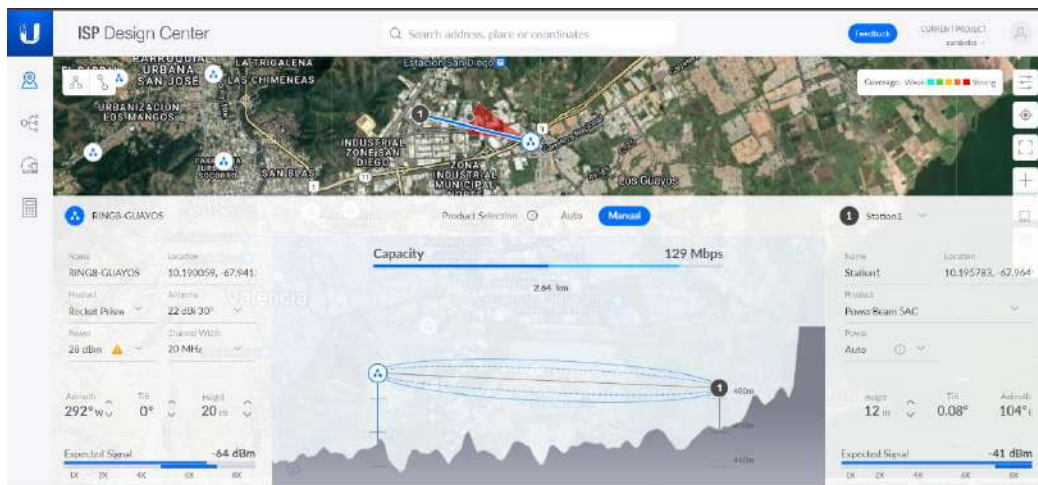
Selectable SSID's must be visible and have compatible channel bandwidth and security settings.

**Figura 68.** Scan de la antena del cliente 6 del sector #6.

**Fuente:** Paredes (2022).

La antena del cliente 6 solo ve al sector #6 de la celda Los Guayos.

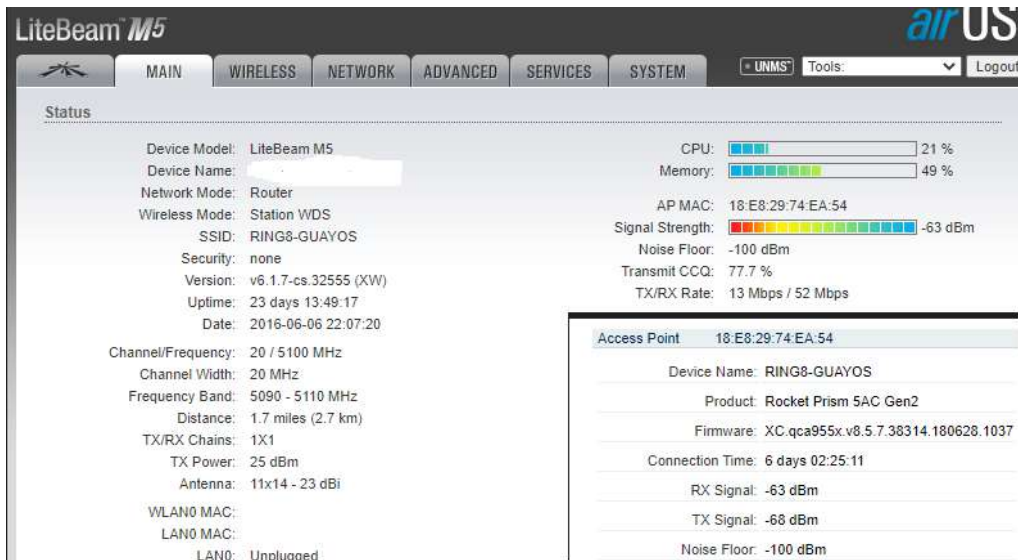
- **Sector #8**
- ✓ **Cliente 7**



**Figura 69.** Enlace del cliente 7 con el sector #8.

**Fuente:** Paredes (2022).

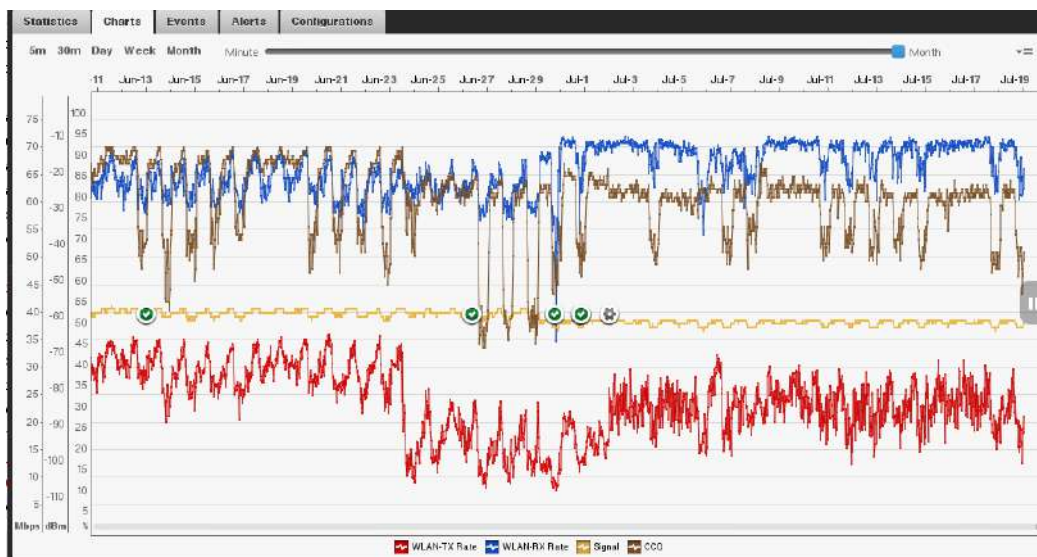
Se observa que el cliente se encuentra fuera del alcance del sector #8, por lo que la potencia entregada desde el sector será baja.



**Figura 70.** Interfaz privada del cliente 7 con el sector #8.

**Fuente:** Paredes (2022).

Como se expresó anteriormente, la potencia entregada desde el sector es baja, lo que genera lentitud en tiempos de descarga por parte del cliente.



**Figura 71.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 7 con el sector #8.

**Fuente:** Paredes (2022).

Se observa la degradación de todos los valores, la más característica es la del CCQ, así como también una caída rápida del WLAN-TX Rate.

MAC Address	SSID	Device Name	Radio Mode	Encryption	Signal / Noise, dBm	Frequency, GHz / Channel
B4:FB:E4:BE:EE:BB			airMAX AC	WPA2	-87 / -101	5.1 / 20
<input type="radio"/> 18:E8:29:74:EA:54	RING8-GUAYOS		airMAX AC	NONE	-62 / -101	5.1 / 20
<input type="radio"/> 24:5A:4C:DC:9F:33	CCFNET-GUAYOS-SECTORIAL4		airMAX AC	WPA2	-80 / -102	4.92 / 184
<input type="radio"/> B4:FB:E4:BE:EE:BB	Netcom_LaPedrera		airMAX AC	WPA2	-86 / -101	5.1 / 20
80:2A:A8:E8:15:33			airMAX AC	WPA2	-84 / -102	4.94 / 188

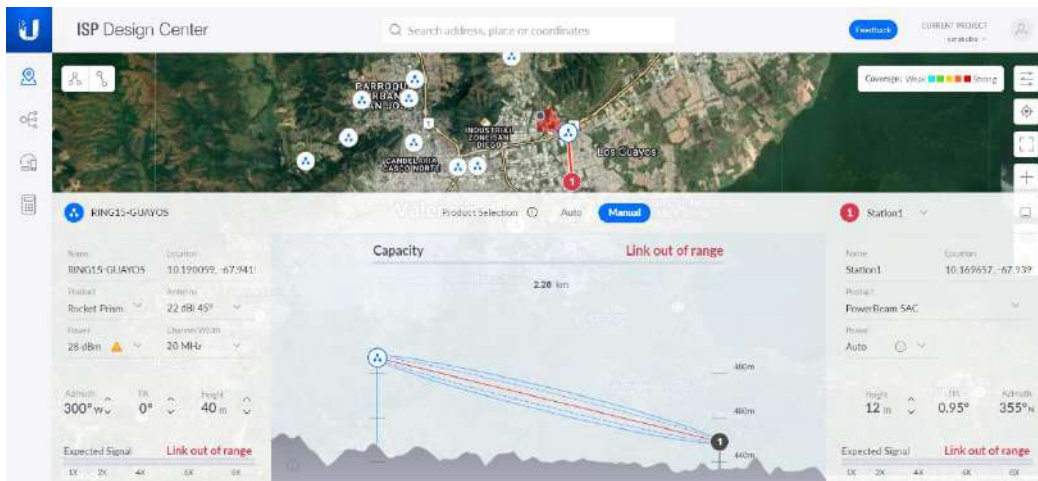
Selectable SSID's must be visible and have compatible channel bandwidth and security settings.

**Figura 72.** Scan de la antena del cliente 7 del sector #8.

**Fuente:** Paredes (2022).

La antena del cliente 7 solo ve al sector #8 de la celda Los Guayos.

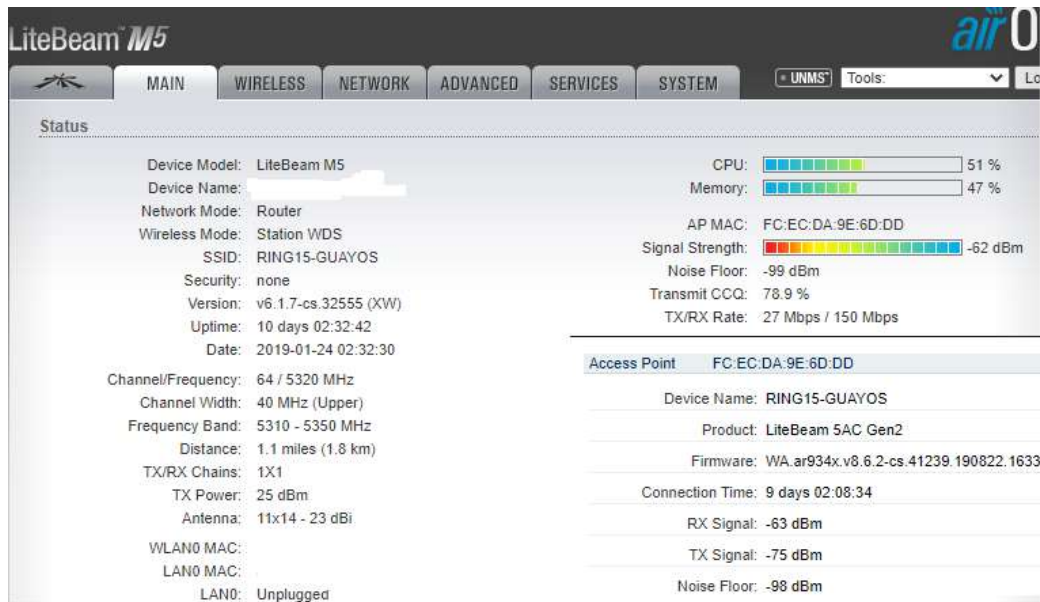
- **Sector #15**
- ✓ **Cliente 5**



**Figura 73.** Enlace del cliente 5 con el sector #15.

**Fuente:** Paredes (2022).

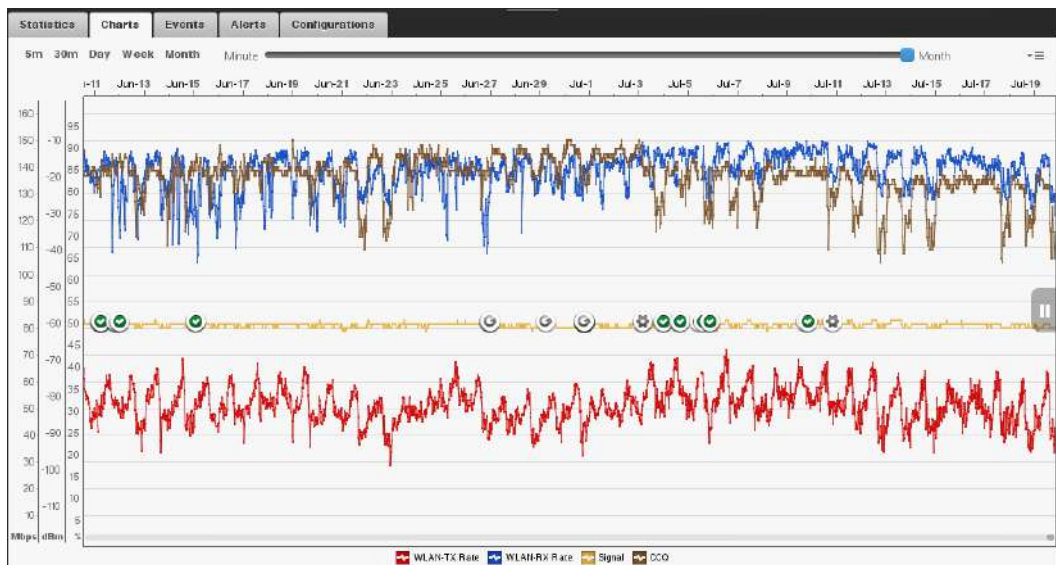
El cliente se encuentra alineado casi diametralmente opuesto al sector donde está conectado lo cual claramente genera problemas de conexión a internet, por lo tanto lo recomendable es cambiarlo de sector.



**Figura 74.** Interfaz privada del cliente 5 con el sector #15.

**Fuente:** Paredes (2022).

Claramente el problema de potencias es debido a que el cliente está conectado a un sector que apunta hacia otro lado.



**Figura 75.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 5 con el sector #15.

**Fuente:** Paredes (2022).

Esto se aprecia mejor en las estadísticas del AirControl, la continua caída del CCQ, variaciones del WLAN-TX Rate y del WLAN-RX Rate. Ellos se juntan para que el servicio del cliente no funcione de manera adecuada.

MAC Address	SSID	Device Name	Radio Mode	Encryption	Signal / Noise, dBm	Frequency, GHz / Channel
FC:EC:DA:9E:6D:DD	RING15-GUAYOS		airMAX AC	NONE	-61 / -99	5.32 / 64

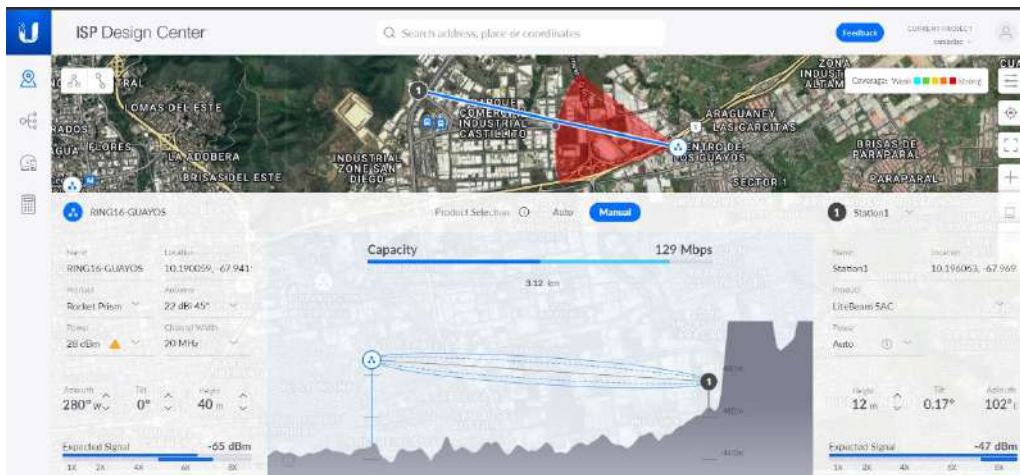
Selectable SSID's must be visible and have compatible channel bandwidth and security settings.

**Figura 76.** Scan de la antena del cliente 5 del sector #15.

**Fuente:** Paredes (2022).

Claramente el scan de la antena es errado, hacia el lugar donde se encuentra el cliente están orientados otros sectores de la celda. Por lo tanto, se puede tomar como potencial falla a la antena del cliente, ya que la misma es un modelo antiguo.

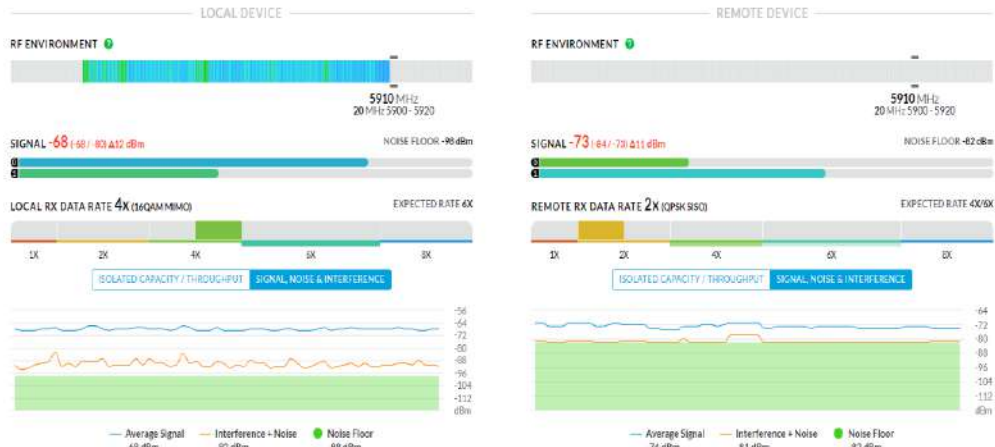
- **Sector #16**
- ✓ **Cliente 5**



**Figura 77.** Enlace del cliente 5 con el sector #16.

**Fuente:** Paredes (2022).

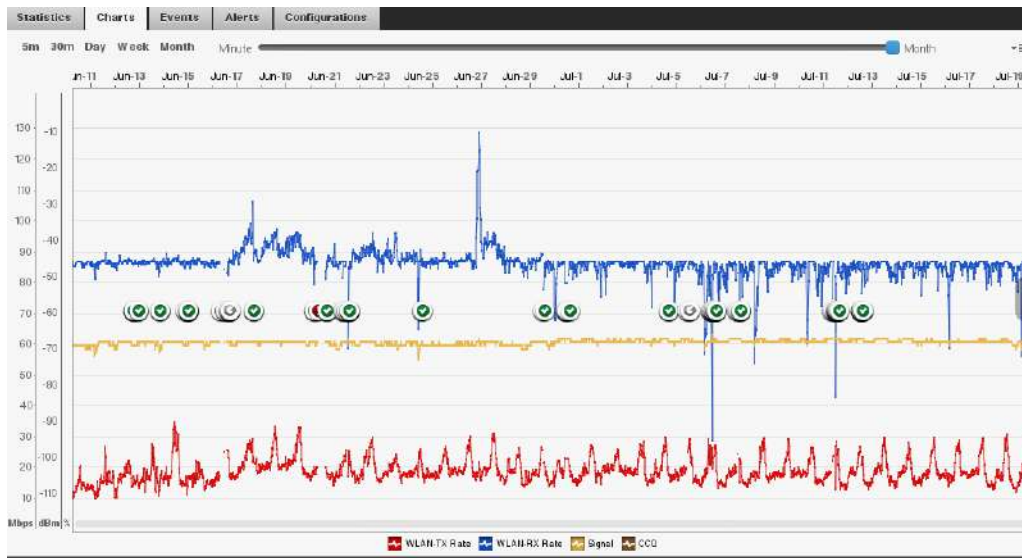
El cliente se encuentra fuera de los límites del sector #16, por lo cual la potencia entregada al cliente es baja, aumentando los tiempos de descarga del cliente.



**Figura 78.** Interfaz privada del cliente 5 con el sector #16.

**Fuente:** Paredes (2022).

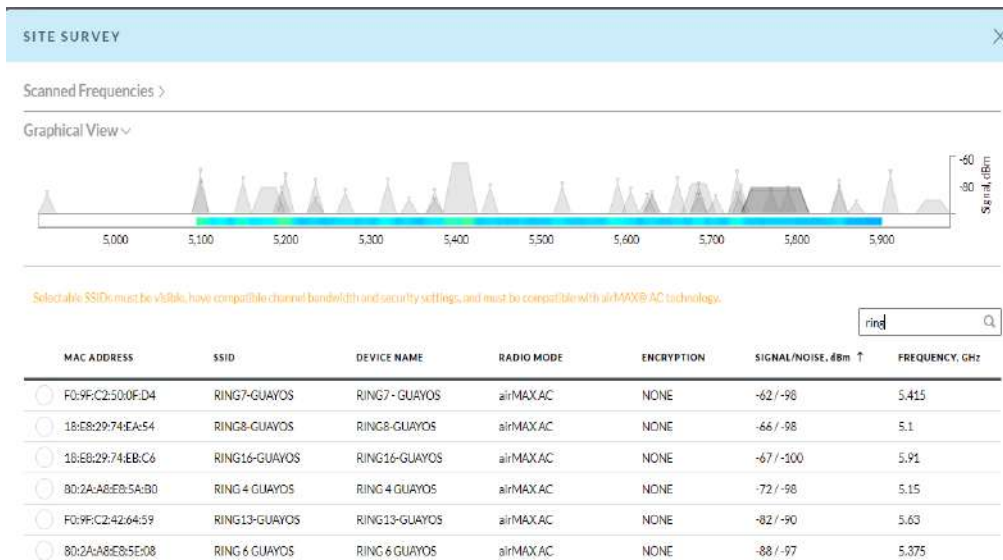
Se demuestra la falta de potencia por parte del sector, además que el piso ruido se encuentra cerca del nivel de la señal, además de las variaciones de la potencia del lado del cliente.



**Figura 79.** Estadísticas a lo largo del tiempo del cliente 5 con el sector #16.

**Fuente:** Paredes (2022).

El WLAN-TX Rate se mantiene constante, el WLAN-RX Rate tiene varias alzas y caídas, lo cual es un problema.



**Figura 80.** Scan de la antena del cliente 5 del sector #16.

**Fuente:** Paredes (2022).

Con el scan es fácil verificar que al cliente 5 del sector #16 es mejor cambiarlo de sector (al sector #7) para tener estabilidad en ambas potencias.

### 5.3 Fase III: Diseño de la red mejorada de los punto-multipuntos para el servicio hacia los clientes.

Gracias a la información recolectada en las dos fases anteriores, se procede a proponer las posibles soluciones para cada cliente.

- **Sector #1**
  - ✓ **Cliente 5**

El cliente se encuentra fuera del límite de emisión del sector #1, por lo tanto, lo ideal es bajar el ancho de canal a 20MHz, con ello se logra aumentar la potencia de la señal de ambas antenas, pero disminuyen los capacity de subida y bajada, esto no afectará al cliente en su plan contratado, ya que posee 10Mbps de descarga y 5Mbps de carga.

Además, se percibe una desalineación de la antena del cliente, según AirControl así estaba antes el nivel de potencia del enlace:



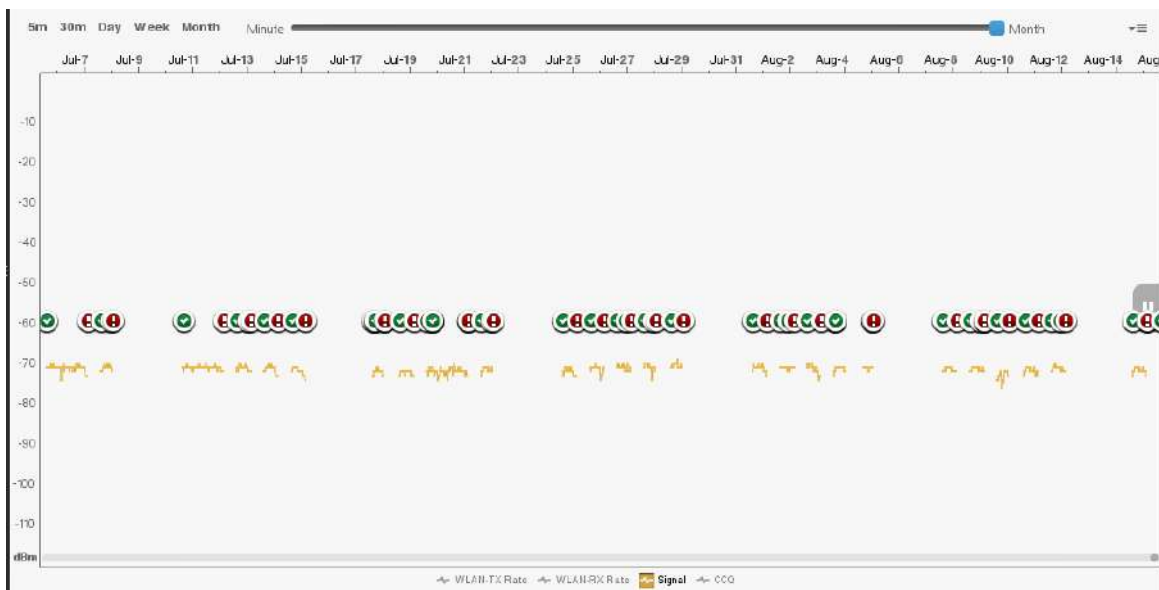
**Figura 81.** Potencia reciente del cliente 5 del sector #1, monitoreado con AirControl.

Fuente: Paredes (2022).

✓ **Cliente 15**

Igual que el cliente anterior, el cliente 15 se encuentra fuera del límite de emisión del sector #1, se tiene que bajar el ancho de canal a 20MHz, para aumentar la potencia del enlace en ambas antenas, esto no afectará al cliente en su plan contratado, ya que posee 5Mbps de descarga y 2Mbps de carga.

Al igual que el cliente anterior, según el AirControl se visualizaba mejores valores de potencia, se anexa foto:



**Figura 82.** Potencia reciente del cliente 15 del sector #1, monitoreado con AirControl.

Fuente: Paredes (2022).

Por lo que se debe alinear la antena del lado del cliente.

- **Sector #3**

- ✓ **Cliente 3**

Se encuentra a las afueras del límite del sector #3, la antena del cliente está configurada con un ancho de canal de 40MHz, lo que significa que la potencia del enlace es baja, por lo cual se tiene que bajar el ancho de canal a 20MHz para aumentar la potencia, esto no afectará al cliente en su plan contratado, ya que posee 5Mbps de descarga y 2Mbps de carga.

- ✓ **Cliente 4**

El mismo está afuera del límite del sector #3, es recomendable bajar el ancho de canal a 20MHz para así aumentar la potencia del enlace, esto no afectará al cliente en su plan contratado, ya que posee 5Mbps de descarga y 2Mbps de carga.

Se necesita alinear la antena del cliente respecto al sector #3, esto es con base a lo expresado en el AirControl:



**Figura 83.** Potencia reciente del cliente 4 del sector #3, monitoreado con AirControl.

**Fuente:** Paredes (2022).

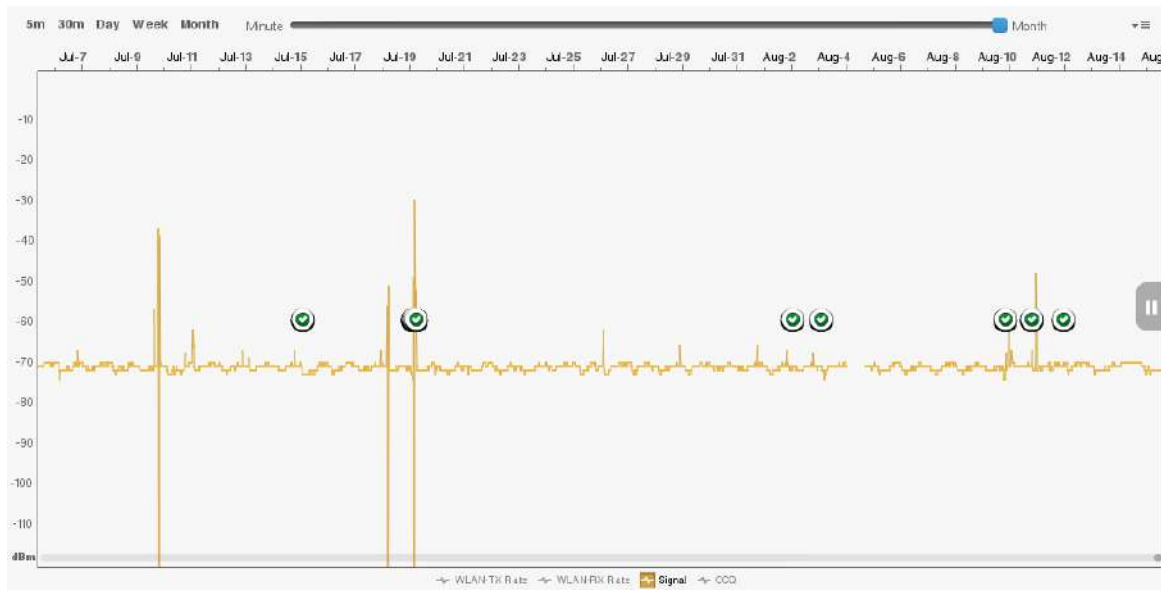
- ✓ **Cliente 5**

Este cliente se encuentra fuera de los límites del sector #3, la solución para mejorar el radioenlace es bajar el ancho de canal de 40MHz a 20MHz, con este cambio no se afectara el plan del cliente, ya que posee 5Mbps de descarga y 2Mbps de carga.

Cabe acotar que en el scan de la antena del cliente, muestra otro sector pero de la celda Parque Valencia, por lo tanto, otra solución sería mudar al cliente de celda, lo que conlleva a cambiar la antena del cliente de posición (alinearse respecto a la celda de Parque Valencia) y por ende, tener mejoras en el enlace.

#### ✓ Cliente 6

Está fuera de los límites del sector, según el AirControl se debe alinear la antena del cliente, ya que anteriormente poseía mejores valores de potencia y capacidad.



**Figura 84.** Potencia reciente del cliente 6 del sector #3, monitoreado con AirControl.

**Fuente:** Paredes (2022).

El scan de la antena de este cliente, muestra que se puede enlazar con otros sectores de la celda Los Guayos, aunque los ve con menos potencia que al sector #3, la antena del cliente puede ser redirigida (alinearse) hacia otro de estos sectores para así obtener mejor estabilidad en el radioenlace.

#### ✓ Cliente 8

El cliente se encuentra totalmente fuera de la línea de vista del sector, es decir, el sector está emitiendo hacia una dirección y el cliente se encuentra a casi 90° de donde emite el sector. El scan de la antena del cliente muestra que tiene mejores valores enlazarse con el sector #9 de la celda Los Guayos, con -61dBm. Por ende, la solución para este cliente es cambiar el sector al que está enlazado el cliente, cambiarlo al sector #9. El cliente tiene un plan de 5Mbps de descarga y 2 Mbps de carga.

### ✓ **Cliente 11**

Está fuera de los límites del sector #3, el sector emite baja potencia hacia el cliente, esto quiere decir que el enlace puede estar obstruido físicamente, Esto se soluciona alineando la antena del cliente en busca de mejoras.

Otra solución sería cambiarlo de sector de la misma celda, ya que en el scan de la antena del cliente se muestra al sector #5 con -62dBm, se baja un poco la potencia de señal pero se gana en estabilidad del enlace.

- **Sector #5**

### ✓ **Cliente 2**

El cliente está fuera de los límites del sector #5, se encuentra a un costado del mismo. El scan de la antena del cliente muestra que el sector #3 tiene casi los mismos valores de potencia, pero se sabe que el sector #3 emite más adonde está este cliente, por ende, se tiene que cambiar de sector a este cliente, para poder tener estabilidad en el enlace. Además, al mudarlo de sector se verifica si hay que alinear la antena del lado del cliente. Su plan es de 4Mbps de descarga y 1Mbps de carga.

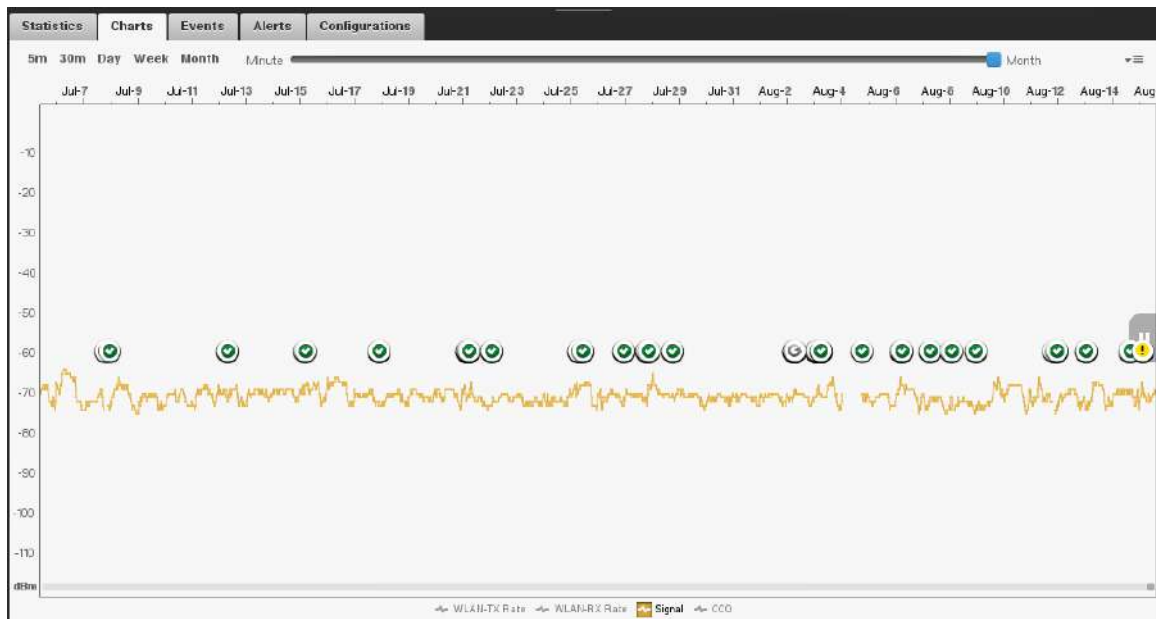
### ✓ **Cliente 4**

Se encuentra fuera de los límites del sector #5, justamente a un costado del sector. El problema es la baja potencia que envía el sector #5 hacia el cliente, esto se soluciona bajando el ancho de canal a 20MHz, esto no afectará al cliente en su plan contratado, ya que posee 10Mbps de descarga y 5Mbps de carga.

El scan del cliente muestra solamente al sector #5, pero alineando mejor se podría obtener información si la antena del cliente ve a otro sector.

### ✓ **Cliente 9**

Está fuera de los límites del sector, la baja potencia que posee es corregida alineando la antena del cliente, según el AirControl, la potencia del enlace era la que se muestra en la siguiente figura:



**Figura 85.** Potencia reciente del cliente 9 del sector #5, monitoreado con AirControl.

**Fuente:** Paredes (2022).

Un aspecto importante es que el cliente posee la antena desde hace 6 años, por lo que se supone que se encuentre obsoleta, se llega a esta conclusión debido a que no muestra en la interfaz privada todos los datos y además no se obtuvo el scan de la antena.

- **Sector #6**

- ✓ **Cliente 6**

El cliente está lejos de los límites del sector, por ende el sector envía una baja potencia de señal hacia el cliente, se soluciona disminuyendo el ancho de canal a 20MHz para aumentar la potencia de la señal, esto no afectará al cliente en su plan contratado, ya que posee 5Mbps de descarga y 2Mbps de carga.

- **Sector #8**

- ✓ **Cliente 7**

Se encuentra fuera de los límites del sector, se percibe degradación en el enlace la antena del cliente, en el AirControl se puede visualizar que antes tuvo mejores valores de señal:



**Figura 86.** Potencia reciente del cliente 7 del sector #8, monitoreado con AirControl.

**Fuente:** Paredes (2022).

Esta falla se corrige alineando la antena del cliente con respecto al sector #8.

- **Sector #15**
  - ✓ **Cliente 5**

Este cliente está enlazado casi diametralmente opuesto al sector #15, por ahora no hay ningún sector mirando a la zona (sureste de la celda) donde está este cliente, por lo tanto, lo ideal es poner otro sector en la celda que vaya directo a esa zona, o mudar al cliente de celda. En el scan de la antena del cliente no se observa a otro sector. El plan del cliente es de 2Mbps de descarga y 1Mbps de carga.

- **Sector #16**
  - ✓ **Cliente 5**

El cliente se encuentra fuera de los límites del sector, esto se puede mejorar bajando el ancho de canal de 40MHz a 20MHz aumentando así la potencia del enlace, esto no afectará al cliente en su plan contratado, ya que posee 5Mbps de descarga y 2Mbps de carga.

Aunque en el scan de la antena del cliente, muestra que se ve mejor el sector #7 de la celda Los Guayos, lo ve con -62dBm, lo cual es una mejoría notable en el enlace. Por lo que, la solución más viable es cambiarlo de sector.

#### **5.4 Fase IV: Ejecución de un estudio de factibilidades técnicas, operativas, sociales, ambientales y estimación de costos.**

El presente informe está orientado hacia la modalidad de proyecto factible, esta última fase es determinante para la elaboración de la propuesta, debido a que la misma está fundamentada en el planteamiento de los medios técnicos, operativos, sociales y ambientales, los cuales garantizan el desarrollo de la propuesta.

Por ende, se exponen estos medios: factibilidad técnica, factibilidad operativa, factibilidad social y factibilidad ambiental, los cuales afirman el desarrollo de la propuesta y con ellos se superan o resuelven las limitaciones que puedan presentarse en el progreso de la propuesta.

- **Factibilidad Técnica**

En la factibilidad técnica se presentan los conocimientos necesarios para poder hacer el desarrollo del diseño y las mejoras de los radioenlaces, se exponen las materias cursadas en la Universidad José Antonio Páez: ciclo básico, comunicaciones, sistemas de ondas guiadas, transmisión de datos y sistemas de telecomunicaciones. Conocimientos importantes de antenas, microondas, radiofrecuencias y redes de comunicaciones. Además, conocer sobre la marca de software y antenas utilizada en esta propuesta, Ubiquiti, en sus ramas de ISP Design Center y AirControl.

Aunado a ello, la empresa Gandalf Comunicaciones C.A. cuenta con los recursos necesarios para el desarrollo de esta propuesta, debido a que posee el personal especialmente capacitado en este ámbito junto con los equipos requeridos.

- **Factibilidad Operativa**

A este propósito, se realizan las alineaciones de las antenas de los clientes ya especificados, lo cual es mover al personal de operaciones hacia donde se encuentran las antenas de los clientes para realizar las alineaciones.

Los cambios que se harán en los clientes para conectarlos a otro sector, esto es entrar a la interfaz privada de las antenas de los clientes, ingresar a la parte de WIRELESS y allí hacer el SITE SURVEY, seleccionar el sector al que se quiera conectar y luego esperar a que la antena del cliente se asocie con el sector. Esta parte se hace de manera remota en la oficina del departamento de operaciones.

En el caso de bajar el ancho de canal, se ingresa a las interfaces privadas de los sectores, allí en la parte WIRELESS se selecciona el ancho de canal deseado (20MHz). Bajar el ancho de canal de los sectores se hace de manera remota en la oficina del departamento de operaciones.

Asimismo, en el caso de tener que instalar un sector nuevo o sectores nuevos en la celda Los Guayos, se hace la compra de los mismos, se mueve al personal de operaciones a la celda, se instalan los equipos en la torre de la celda junto con el cable que va conectado desde la antena hasta el switch de celda. Después de la instalación se hace la verificación con el Centro de Control de Red (CCR) para estar seguros de que el trabajo se realizó perfectamente.

En efecto, este informe le permitió al investigador explorar, reconocer, aplicar y entender la factibilidad de la propuesta, a través de los equipos y softwars utilizados en la empresa, así como también el impacto que la misma puede causar al ser aplicada en otras celdas de la empresa en Valencia.

- **Factibilidad Social**

Inicialmente, en el ámbito de factibilidad social, los primeros beneficiados de la propuesta son los clientes, debido a que son los que tienen contratado el servicio de internet de Gandalf, por lo que, verán mejoras en su internet.

De igual manera, la propuesta beneficia a las doce (12) personas que conforman al departamento de operaciones, en el sentido de aumentar su eficiencia y prestigio al mejorar el servicio de internet hacia los clientes.

- **Factibilidad Ambiental**

La radiación emitida por las antenas sectoriales y las antenas de los clientes se llama radiación no ionizante, la cual es un tipo de radiación de baja energía que no tiene suficiente energía como para eliminar un electrón de un átomo. La radiación no ionizante incluye la luz visible, infrarroja y ultravioleta; las microondas; las ondas de radio y la energía de radiofrecuencia de los teléfonos móviles. Ella no es peligrosa para el ser humano siempre y cuando no se esté muy cerca de la fuente de radiación durante bastante tiempo. Por ende, esta radiación no contamina al ambiente ni tampoco al ser humano (excepto como se especificó antes), entonces la propuesta es factible para el ambiente.

- **Estimación de Costos**

En la estimación de costos se explican todas las tareas a seguir teniendo en cuenta los requerimientos operativos, para satisfacer las necesidades los clientes. Se utilizará como referencia monetaria al dólar estadounidense (\$).

Según lo establecido, a continuación se especifican los diferentes tipos de costos:

- ✓ **Para alinear las antenas de los clientes:**

El personal para realizar dicha tarea es de una cuadrilla de operaciones (son dos personas, un ingeniero de campo y un torrero). En la siguiente Tabla se muestran los costos:

Costos	Monto	
	Ingeniero de Campo	Torrero
Costo de personal de operaciones	150\$	50\$
Gasto de traslado del personal	20\$	
Total	220\$	

**Tabla 12.** Costos de alineación de las antenas de los clientes.

**Fuente:** Gandalf Comunicaciones C.A.

✓ **Cambiar a los clientes de sector:**

El costo de personal de operaciones para hacer dicha tarea se visualiza en la Tabla 13 a continuación:

Costos	Monto
	Ingeniero de Campo
Costo de personal de operaciones	50\$
Total	50\$

**Tabla 13.** Costos por cambio de sector para los clientes.

**Fuente:** Gandalf Comunicaciones C.A.

✓ **Bajar el ancho de canal:**

El costo de personal de operaciones para bajar el ancho de canal de los clientes es el siguiente:

Costos	Monto
	Ingeniero de Campo
Costo de personal de operaciones	50\$
Total	50\$

**Tabla 14.** Costos por bajar el ancho del canal de las antenas de los clientes.

**Fuente:** Gandalf Comunicaciones.

✓ **Realizar la instalación de un nuevo sector en la celda Los Guayos:**

1. Estimación de horas para realizar el estudio de la instalación: aproximadamente 3 horas.
2. Estimación de horas para realizar la instalación del sector en la celda: es aproximadamente de 2 horas.

Los costos para realizar esta instalación es la reflejada en la Tabla X:

Costos	Monto	
	Ingeniero de Campo	Torrero
Costo de personal operaciones para realizar el estudio	150\$	50\$
Costo de personal para ejecutar la instalación del sector nuevo en la celda	150\$	50\$
Un (1) Ubiquiti airMAX Rocket Prism 5AC Gen2 Radio	250\$	
Una (1) antena Ubiquiti airMAX AC Sector 5GHz, 60°, 21 dBi	200\$	
Una (1) bobina de cable SFTP categoría 5 de 305 metros	200\$	
Un (1) contenedor de cien conectores RJ-45 categoría 5	10\$	
Total	1.060\$	

**Tabla 15.** Costos de la instalación del nuevo sector en la celda Los Guayos.

**Fuente:** Gandalf Comunicaciones C.A.

El costo general establecido por la propuesta para la empresa Gandalf Comunicaciones C.A. es la suma de los costos por alineación, más los cambios de los clientes para sectores diferentes, más bajar el ancho de canal y más la instalación del nuevo sector, esto se muestra en la siguiente Tabla:

Costos	Monto
Costos de alineación de las antenas de los clientes	220\$
Costos por cambio de sector para los clientes	50\$
Costos por bajar el ancho del canal de las antenas de los clientes	50\$
Costos de la instalación del nuevo sector en la celda Los Guayos	1.060\$
Total	1.380\$

**Tabla 16.** Costos totales de la propuesta.

**Fuente:** Gandalf Comunicaciones C.A.

## CONCLUSIONES

Con el desarrollo de esta propuesta se tuvo la oportunidad de contribuir al desarrollo de las mejoras en los radioenlaces de la celda Los Guayos, aportando a la empresa Gandalf Comunicaciones C.A. un trabajo estructurado y explicado para realizar dichas mejoras. Aunado a ello, con ayuda del objetivo general y de los cuatro objetivos específicos se llegan a las siguientes conclusiones:

- El estado de la celda Los Guayos se puede organizar de mejor manera, ya que la misma tiene diversos cables que obstaculizan el caminar por la celda, esto puede generar accidentes hacia el personal o desconexiones de los cables en el Switch o en el Router.
- Todos los sectores de la celda Los Guayos están estratégicamente ubicados en la torre para así poder llegar a la mayor cantidad de clientes y posibles clientes.
- Varios enlaces de clientes se encuentran con bajos niveles de potencia, debido a desalineación y/o interferencia de frecuencia.
- La labor de alineación de los clientes, bajar su ancho de canal y cambio de sector en los clientes, es una tarea que puede ser resuelta rápidamente, aproximadamente en un lapso de una (1) semana. Por lo tanto, las soluciones presentadas en esta propuesta benefician a los clientes en un tiempo corto, lo cual los mantendrá satisfechos con el servicio contratado.
- La instalación del nuevo sector propuesto en este estudio, no solamente favorece al cliente descrito, sino que también beneficiará a los potenciales clientes hacia el sureste de la celda.
- La propuesta es cien por ciento (100%) factible, debido a que la empresa cuenta con los recursos humanos y económicos para poder realizarla. Cabe acotar que Gandalf Comunicaciones C.A. se preocupa constantemente por mantener a sus clientes satisfechos, lo cual es un visto bueno para el desarrollo de la propuesta.
- El autor de este informe, durante su estadía en la empresa, aplicó los conocimientos adquiridos en la Casa de Estudios para poder realizar la propuesta de diseño y mejoras de los radioenlaces de la celda Los Guayos.

## RECOMENDACIONES

En esta parte se procederán a describir las recomendaciones para poder ser planificadas y desarrolladas posteriormente a la entrega de esta propuesta, para así poder perfeccionar la entrega del servicio por parte de la empresa:

- Al ser una propuesta factible, ella puede ser evaluada y planificada para implementarse en todas las quince (15) celdas ubicadas en el Estado Carabobo, ya que los equipos y antenas utilizados en la celda Los Guayos son los mismos equipos usados en las demás celdas de la empresa. Todo ello para optimizar los radioenlaces hacia los clientes.
- Planificar el diseño e instalación de nuevos sectores en la celda Los Guayos para que todos los sectores abarquen (de manera combinada) una apertura de 360° de haz de señal, y así cubrir la mayor área a la redonda de la celda.
- Comunicarle a los clientes que posean antenas de la clase M5, ya sea LiteBeam M5 o PowerBeam M5 (son antenas de categorías de varios años), que actualicen sus equipos, ya sean por LiteBeam 5AC Gen2 o PowerBeam AC Gen2, para así mejorar la calidad de sus radioenlaces, ya que los radios del estándar AC son una nueva generación, los cuales desarrollan un 50 % más capacidad por Hz, menor latencia, mayor mitigación al ruido (mejores filtros), análisis de espectro, así como también diagramas de constelación en tiempo real y sincronización GPS. Y también la generación del modelo LiteBeam M5 posee solo modulaciones de polarización horizontal, haciéndolas muy lentas, en comparación a la serie LiteBeam AC que poseen polarización vertical y horizontal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrew, T. (1988). **“Redes de Computadoras”**. Ámsterdam, Países Bajos.
- Arias, F. (2006). **“El Proyecto de Investigación”**. Caracas, Venezuela.
- Butler, J. (2013). **“Redes Inalámbricas en Países en Desarrollo”**.  
<http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>
- Castillo, N. (2017). **“Modelos de Propagación Electromagnética para la Pérdida de Potencia por Altura en Enlaces de Telefonía Móvil de Zonas Urbanas de Maracaibo”**. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.  
<https://www.academia.edu/40022449/TESIS>
- Castillo, S., Osorio, N. y Pirela, A. (2012). **“Diseño de Estrategias de Aprendizaje sobre la Inteligencia Emocional en los Niños y Niñas de 5to Grado de la U.E. Gral. Santiago Mariño del Municipio Maracaibo Edo. Zulia”**. Universidad Privada Dr. Rafael Beloso Chacín. Maracaibo, Venezuela.  
<https://virtual.urbe.edu/tesispub/0094262>
- Carballar, J. (2007). **“Wifi, Instalación, Seguridad y Aplicaciones”**. Editorial Ra-Ma. Madrid, España.
- Campos, A. (2005). **“Mapas Conceptuales, Mapas Mentales: y otras formas de Representación del Conocimiento”**. Editorial Magisterio. Bogotá, Colombia.
- Comisión Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL, (2017). **“Espectro Radioeléctrico”**.
- Concha, M. (2017). **“Diseño e Implementación de Enlaces Microondas y Un Nodo como Solución a un Problema de Línea de Vista para la Planta Agroindustrial de Jayanca, Provincia de Chiclayo”**. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima, Perú.  
[http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/421/1/Concha\\_Marvin\\_Tra\\_bajo\\_Suficiencia\\_2017.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/421/1/Concha_Marvin_Tra_bajo_Suficiencia_2017.pdf)

Díaz, J (2006). “¿Cómo Realizar una Tesis?”. Ciudad de México, México.

Díaz Barriga, F. (2006). “Enseñanza Situada: Vínculo entre la Escuela y la Vida”. Editorial McGraw-Hill. Ciudad de México, México.

Galeano, J. (2012). “Análisis, Diseño, Simulación y Presupuestación de un Radio Enlace Punto a Punto entre los Municipios de Belén de Umbría y Quinchía en el Departamento de Risaralda”. Universidad Católica de Pereira. Pereira, Colombia.  
<https://docplayer.es/456716-Jorge-luis-galeano-villa.html>

Gómez, J. (2008). “Guía de Campo de WIFI”. Editorial Ra-Ma. Madrid, España.

Hernández, R. y Collado C. (2006). “Metodología de la Investigación”. Ciudad de México, México.  
<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Jonhson, R., Onwuegbuzie, A. y Turner, L. (2007). “Journal of Mixed Methods Research”. Universidad del Sur de Alabama, Estados Unidos.

Manual de Normas de Trabajo de Grado Versión Final (2020). Universidad José Antonio Páez. San Diego, Venezuela.

Ortiz, R. (2017). “Diseño de un Sistema de Radiocomunicaciones que Opera en las Bandas UHF y VHF de una Planta de Televisión Nacional en las Ciudades: Caracas, Puerto La Cruz y Puerto Ordaz”. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.  
<http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19967/1/ORTIZ%20RAFAEL%20TRABAJO%20de%20GRADO%20%28TESIS%29.pdf>

- Otavalo, B. y Vásquez, R. (2022). **“Diseño e Implementación de Tres Radioenlaces Punto a Punto para el Laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca”**. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Cuenca, Ecuador.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21697/1/UPS-CT009526.pdf>
- Parella, S. y Martins, F. (2008). **“Metodología de la Investigación Cuantitativa”**. Caracas, Venezuela.
- Parella, S. y Martins, F. (2010). **“Metodología de la Investigación Cuantitativa”**. Caracas, Venezuela.
- Pérez, C. (2006). **“Fundamentos Teóricos y Prácticos de ADELEX”**. Universidad de Granada. Granada, España.
- Ramos, F. (2009). **“Diseño de Radioenlaces”**. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Rodríguez, M. (2018). **“Propuesta para el Respaldo del Transporte de las Señales de Audio de Radio Nacional de Venezuela entre las Sedes de RNV-VOLCÁN-VTV”**. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela.  
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT5307.pdf>
- Sabino, C. (1992). **“El Proceso de Investigación”**. Caracas, Venezuela.  
[http://paginas.ufm.edu/sabino/ingles/book/proceso\\_investigacion.pdf](http://paginas.ufm.edu/sabino/ingles/book/proceso_investigacion.pdf)
- Sabino, C. (2007). **“El Proceso de Investigación”**. Caracas, Venezuela.
- Sánchez, H. y Reyes, C. (2006). **“Metodología y Diseños en la Investigación Científica”**. Lima, Perú.
- Sapag, N. y Sapag R. (2008). **“Preparación y Evaluación de Proyectos”**. Bogotá, Colombia.  
<https://untdfproyectos.files.wordpress.com/2018/04/sapag-2008-preparacion-y-evaluacion-de-proyectos.pdf>

Solís, I. (2003). **“El Análisis Documental como Eslabón para la Recuperación de Información y los Servicios”**.

<https://www.monografias.com/trabajos14/analisisdocum/analisisdocum>

Tamayo y Tamayo, M. (2006). **“El Proceso de Investigación”**. Ciudad de México, México.

Taylor, S. y Bogdan, R. (1992). **“Introducción a los Métodos Cualitativos en Investigación. La Búsqueda de los Significados”**. Editorial Paidós. Madrid. España.