



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
INGENIERÍA

Área de Conocimiento de Tecnología de la  
Información y Comunicación

**“ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA  
DE RADIO ENLACE ENTRE EL  
VOLCÁN MOMBACHO Y HOTEL EL  
REITH LAKE EN ISLETAS DE  
GRANADA PARA EL SERVICIO DE  
INTERNET.”**

TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE INGENIERO ELECTRÓNICO/INGENIERO EN  
TELECOMUNICACIONES

Elaborado por:

Tutor:

Br. Carlos Miguel  
Benitez Zapata  
Carné: 2019-0138U

Br: Heberth Daniel  
Salablanca Roblero  
Carné: 2019-0006E

Br. Nahum De Jesus  
Juarez Lopez  
Carné: 2014-0626I

Ing. Marlovio José  
Sevilla Hernández

04 julio de 2025

Managua, Nicaragua





Secretaría Académica  
DACTIC

**SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA**

**F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**

El Suscrito Secretario del **ÁREA DE CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN** hace constar que:


**JUÁREZ LÓPEZ NAHUM DE JESÚS**

Carné: **2014-0626I** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**, en el año 2019 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los treinta días del mes de junio del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,



  
HAZZELY DEL CARMEN OROZCO MIRANDA  
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA

📞 Móvil: (505) 83803517

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar  
Avenida Universitaria,  
Managua, Nicaragua.  
Apdo: 5595

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 30-jun-2020 📧 hazzely.orozco@dactic.uni.edu.ni  
www.uni.edu.ni



Secretaría Académica  
DACTIC

**SECRETARÍA DE ÁREA ACADÉMICA**

**F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**

El Suscrito Secretario del **ÁREA DE CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN** hace constar que:

**SALABLANCA ROBLERO HEBERTH DANIEL**

Carné: **2019-0006E** Turno: **Nocturno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**, en el año 2023 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los treinta días del mes de junio del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,

  
HAZZELY DEL CARMEN OROZCO MIRANDA  
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA

📞 Móvil: (505) 83803517

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar  
Avenida Universitaria  
Managua, Nicaragua.  
Apdo. 5595

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADÉMICO EL 30-jun-2023  hazzely.orozco@dactic.uni.edu.ni  
[www.uni.edu.ni](http://www.uni.edu.ni)



Secretaría Académica  
DACTIC

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

**F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**

El Suscrito Secretario del **ÁREA DE CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN** hace constar que:

**BENITEZ ZAPATA CARLOS MIGUEL**

Carné: **2019-0138U** Turno: **Nocturno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**, en el año 2023 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los treinta días del mes de junio del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,



HAZZELY DEL CARMEN OROZCO MIRANDA  
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA

📞 Móvil: (505) 83803517

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar  
Avenida Universitaria,  
Managua, Nicaragua.  
Apdo: 5595

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADÉMICO EL 30-jun. 2023 hazzelyorozco@dactic.uni.edu.ni www.uni.edu.ni



Área de Conocimiento de  
Tecnología de la Información  
y Comunicación

Managua 04 de julio de 2025

MSc. Claudia Benavidez Rugama  
Directora DACTIC  
Su Despacho

Estimada MSc. Benavides.

Me dirijo a usted de la manera más atenta para hacer de su conocimiento, que el trabajo monográfico aprobado para los egresados del programa académico de Ingenierías en Electrónica Br. Carlos Miguel Benitez Zapata Carné: 2019-0138U, Br. Heberth Daniel Salablanca Roblero Carné: 2019-0006E y el egresado del programa académico de Ingeniería en Telecomunicaciones Br. Nahum De Jesus Juarez Lopez Carné: 2014-0626I, trabajo monográfico titulado "Estudio Técnico de un sistema de radio enlace entre el volcán Mombacho y Hotel El Reith Lake en isletas de Granada para el servicio de internet", del cual soy el tutor, luego de revisar la documentación correspondiente, considero que este ha llegado a su feliz término y se encuentra listo para realizar el proceso de defensa de rigor.

Agradeciendo su amable atención, quedo a la espera de sus instrucciones aprovechando la ocasión para reiterarle mis más sinceras muestras de consideración y respeto.

NOTA: Se anexan tres trabajos monográficos del mismo tenor, con sus respectivos CD.

Atentamente,

Ing. Marlovid José Sevilla Hernández  
Profesor Auxiliar  
Tutor

Cc. Archivo

📞 Móvil: (505) 8588 8333

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar  
Avenida Universitaria.  
Managua, Nicaragua.  
Apdo. 5595

🌐 [www.uni.edu.ni](http://www.uni.edu.ni)



Área de Conocimiento de  
Tecnología de la Información  
y Comunicación

Managua, 11 de octubre de 2024

**Bachilleres**

Nahum de Jesús Juárez López 2014-0626I – Telecom

Heberth Daniel Salablanca Roblero 2019-0006E - Eo

Carlos Miguel Benítez Zapata 2019-0138U - Eo

Egresados de programa académico de Ingeniería Electrónica e Ingeniería en Telecomunicaciones  
Sus manos

Estimados Bachilleres:

Reciban cordiales saludos de mi parte y deseándole el mejor de los éxitos en sus actividades diarias.

Por medio de la presente, le comunico la aprobación e inscripción del Protocolo de trabajo monográfico, titulado **“Estudio Técnico de un sistema de radio enlace entre el volcán Mombacho y Hotel El Reith Lake en isletas de Granada para el servicio de internet**, el cual cumple con los requisitos establecidos en el capítulo II de la normativa para los trabajos Monográficos de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) como forma de culminación de estudios.

No omito manifestar, que el Maestro **Ing. Marlovio José Sevilla Hernández**, es el docente encargado de acompañarlos con responsabilidad y compromiso como tutor en el proceso de desarrollo de la monografía.

Así mismo, en correspondencia con la Normativa para los Trabajos Monográficos, a partir de la fecha de aprobación e inscripción tendrá un máximo de 12 meses para la ejecución y entrega de los ejemplares para la organización de la pre-defensa y posterior defensa del mismo.

Sin más a que hacer referencia, les deseo el mejor de los éxitos en la culminación de esta etapa, les saludo.

Atentamente,

**MSc. Claudia Benavidez Rugama**

Directora Área de Conocimiento de  
Tecnología de la Información y Comunicación

CC . Ing. Marlovio José Sevilla Hernández – Tutor  
MSc. Cedrick DallaTorre Parrales – Secretario Académico  
Archivo DACTIC2024

Móvil: (505) 8588 8333

Recinto Universitario Simón Bolívar  
Avenida Universitaria,  
Managua, Nicaragua.  
Apdo. 5595

[www.uni.edu.ni](http://www.uni.edu.ni)

## **DEDICATORIA**

### **Nahum de Jesus Juarez Lopez**

Dedico este proyecto primeramente a Dios por permitirme concluir esta etapa de formación profesional y proveerme de vida y salud para trabajar de manera correcta desde su inicio hasta su entrega. A mis padres, que dedicaron todos sus recursos de manera incondicional desde el primer año de la carrera profesional hasta el egresado. Mi madre Anita López, que siempre me guio por el camino correcto y me enseñó que, para alcanzar las metas, no existe tiempo y distancia para trabajar en ellas y mi padre Arturo Juárez (en paz descansa), con sus correcciones y enseñanzas únicas, me guio y me mostro hacia el camino de Dios y que con él todo es posible. A mi querida esposa Carolina Canales y nuestro bebe que viene en camino, ambos son las bases de mi vida y mis compañeros de vida, mi motivación para alcanzar cada meta propuesta y con ellos llegar al altar del éxito en cada peldaño de nuestras vidas. Y por supuesto, a nuestro tutor monográfico, que desde el planteamiento del tema monográfico hasta la entrega del proyecto nos apoyó de gran manera, siguiendo sus instrucciones y observaciones para obtener el éxito en esta etapa tan importante en nuestras vidas.

### **Heberth Daniel Salablanca Roblero**

Dedico este proyecto monográfico, profundamente a Dios que me permite vivir cada día con salud y sabiduría. A mis padres y hermanos por creer en mí, al cumplir mis metas, y ser un Ingeniero honesto con buenas costumbres. A mi esposa Keyling Juseth Calero Peralta y mis dos bebés por el apoyo incondicional, que con mucho sacrificio me acompañaron en estos 5 años de carrera universitaria; un sacrificio que nos tocó afrontar, para un futuro obtener frutos e ir cumpliendo nuestros sueños y metas en nuestra familia. A nuestro tutor monográfico maestro Marlovio José Sevilla Hernández, por la entrega que nos ha brindado en este proyecto monográfico para obtener el éxito que nos proponemos en nuestras vidas.

## **Carlos Miguel Benítez Zapata**

Dedico este trabajo monográfico primeramente a Dios por todo lo que ha hecho por mí, por todas las veces que oré y me escuchó. Dios es el único y omnipotente toda la gloria y la honra sea a él, también se lo dedico a mis padres que siempre han estado conmigo y siempre me han apoyado sin ellos no estuviera donde estoy en estos momentos, a mi mamá Thelmita Somarriba que siempre ha estado a mi lado ella siempre me cuida y se preocupa por mí, me aconseja y lo poco que tiene siempre me lo ha dado con cariño, siempre me cuida en los momentos de enfermedad y agradezco también sus oraciones que nacen desde el corazón, a mi papá Miguel Antonio Benitez Menjivar que trabaja día y noche sin descansar para que no nos falte nada sin él no sé dónde estuviera en estos momentos, trabajó mucho y muy duro para que no faltara en la casa comida, educación, siempre se preocupó por mí y hacia lo imposible para que no faltara nada en la casa, un hombre trabajador que vela por sus hijo y haría lo imposible por ellos, a mi mamá Cristina que también se ha sacrificado mucho por mí, que a pesar de pasar por momentos difíciles siempre se mantuvo en pie con una fuerza de voluntad inquebrantable para poder sacarnos adelante a mí y a mis hermanos, a ellos les debo todo sin ellos no estaría donde estoy ahora cada uno de ellos ha puesto en mi todo de su parte para yo poder salir adelante sin mis padres no estuviera donde estoy ahora, y tampoco sería el hombre que soy, a ellos les debo todo y espero poder regresarles aunque sea un poco de todo lo que han mandado los amo mucho, también dedico a todos mis hermanos que me apoyaron bastante a lo largo de la carrera.

## **RESUMEN**

El siguiente trabajo monográfico, presenta como se llevó a cabo un estudio técnico para diseñar e implementar un sistema de radio enlace que brinde internet al hotel El Reith Lake ubicado en las Isletas de Granada, para poder mejorar la conectividad y apoyar al desarrollo turístico y económico en la zona.

El estudio técnico se realizó ubicando el sitio A que es el Volcán Mombacho y el sitio B que es el hotel Reith Lake, se analizó entre ambos puntos las coordenadas geográficas, línea de vista, altura de las torres, distancia total del enlace, entre otros aspectos técnicos a tomar en cuenta en el diseño del radio enlace y factores climáticos.

Se realizaron simulaciones entre ambos puntos para la verificación de la cobertura y ajuste de los parámetros necesarios para garantizar un óptimo funcionamiento.

Esto con el fin de proporcionar acceso a internet, con un buen ancho de banda al hotel que garantice una mejor experiencia a los usuarios y consumidores del lugar, logrando mayor satisfacción en ellos, obteniendo mejores referencias del hotel.

## **PALABRAS CLAVES:**

Radio enlace, línea de vista, zona de Fresnel, RADWIN 2000D+, ancho de banda, QoS (Calidad del servicio), estudio técnico, Frecuencia.

## Contenido

<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
a. OBJETIVO GENERAL.....	3
b. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
<b>III. JUSTIFICACION.....</b>	<b>4</b>
<b>IV. MARCO TEORICO .....</b>	<b>6</b>
a. Sistema de comunicación .....	6
b. Teoría y conocimiento para radiofrecuencia .....	8
c. Onda electromagnética.....	9
d. Ondas electromagnéticas .....	10
e. Bandas de frecuencias no licenciadas.....	11
f. Radio enlace .....	12
g. Zona de Fresnel .....	13
h. Red troncal .....	14
i. Definición de red de área local (LAN) .....	14
j. Definición de VLAN .....	15
k. Estándar IEEE 802.1Q.....	15
l. Fenómenos que se representan en la propagación de microondas.....	16
m. Pérdida en el espacio libre .....	16
n. Fenómeno difracción .....	17
o. Fenómeno de reflexión .....	18
p. Fenómeno de refracción .....	19
q. Fenómeno de absorción y dispersión .....	20
r. Relación señal ruido.....	21
s. Diseño del radio enlace.....	22
t. Definiciones básicas de las unidades logarítmicas que se emplean en un radio enlace. ..	26
u. Antenas .....	27
v. RADWIND 2000 D+.....	31
<b>V. ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
a. Isletas de Granada.....	32

b.	Volcán Mombacho .....	33
c.	Determinación de la cobertura entre ambos sitios .....	33
d.	Análisis preliminar del Hotel Reith Lake .....	36
e.	Estudio línea de vista (LOS).....	47
f.	Diseño del radioenlace.....	50
i.	Selección de equipos.....	50
ii.	Diseño de la infraestructura del radioenlace.....	60
g.	FACTOR CLIMATICO .....	61
h.	CALCULOS MATEMATICOS.....	62
i.	Cálculo de la zona de Fresnel.....	62
ii.	Atenuación y pérdida de trayecto por espacio libre.....	63
iii.	Pérdida por conexiones de cables .....	63
iv.	Pérdida total del radio enlace .....	64
v.	Pérdida en la potencia de recepción.....	64
vi.	PIRE (Potencial isotrópica radiada efectiva) .....	65
vii.	Margen de desvanecimiento .....	65
viii.	Cálculo de indisponibilidad y confiabilidad del radio enlace .....	67
ix.	Porcentaje de indisponibilidad .....	68
x.	Angulo crítico .....	68
i.	SIMULACION DEL RADIO ENLACE .....	69
5.9.1	Radio Mobile .....	69
5.9.2.	Radwin Link Calculator .....	72
j.	EVALUACION DE INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA .....	79
k.	ANALISIS COSTOS .....	86
l.	CUMPLIMIENTO NORMATIVO .....	89
m.	INVERSION DEL PROYECTO .....	90
n.	CATEGORIZACION DEL SERVICIO.....	98
o.	DISPONIBILIDAD TRONCAL DEL CLIENTE .....	100
p.	PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PROYECTO .....	104
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>108</b>
a.	Conclusiones .....	108
b.	RECOMENDACIONES.....	110

<b>VII. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>111</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>115</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura No 1. Diagrama único de un sistema de comunicación. (Proakis, 2014, pág.5) .....	6
Figura No 2. Campo electromagnético. (Equipo, 2020).....	9
Figura No 3. Zonas de Fresnel. (Albornoz, 2017) .....	14
Figura No 4. Fenómeno de difracción. (Fernández & Coronado, 2023) .....	17
Figura No 5. Fenómeno de reflexión. (Fernández & Coronado, 2023).....	18
Figura No 6. Fenómeno de refracción. (Fernández & Coronado, 2023).....	20
Figura No 7. Fenómeno de absorción. (Yagues, atenuación y absorción del movimiento ondulatorio, 2023) .....	21
Figura No 8. Fenómeno de dispersión, (Fernández & Coronado, 2023) .....	21
Figura No 9. Diseño básico de un radio enlace .....	24
Figura No 10. Representación de un radio enlace punto a punto .....	25
Figura No 11. Representación de un radio enlace punto a multipunto .....	26
Figura No 12. Radio RADWIN 2000 D+. (Ltd, 2019) .....	31
Figura No 13. Gráfico de capacidad vs alcance en radio RADWIN 2000 D+, (Ltd, 2019).....	32
Figura No 14. (Imagen propia). Cobertura móvil en extensión del estudio.....	34
Figura No 15. (Imagen propia). Velocidades de recepción desde 1Mb/s hasta 1Gb/s en zona de hotel .....	35
Figura No 16. Mapa de cobertura de red 2G, 3G, 4G de Claro Nicaragua. (NICARAGUA, 2025)...	35
Figura No 17. Mapa de cobertura de red 2G, 3G, 4G de Tigo Nicaragua. (NICARAGUA 2025) .....	36
Figura No 18. (Imagen propia). Vista desde el primer nivel del hotel Reith Lake jardín y puerto.	41
Figura No 19. (Imagen propia). Sala de espera del hotel.....	41
Figura No 20. (Imagen propia). Vista del área de pasillos y cuartos en los 3 niveles del hotel .....	42
Figura No 21. (Imagen propia). Vista panorámica del hotel Reith Lake .....	43
Figura No 22. (Imagen propia). Resultados de preguntas de la encuesta .....	47
Figura No 23. (Imagen propia). Línea de vista desde el sitio B (Hotel Reith Lake) .....	47
Figura No 24. (Imagen propia). Línea de vista desde el sitio A (Volcán Mombacho) .....	48
Figura No 25. (Imagen propia). Trayectoria de radio enlace entre ambos sitios .....	49
Figura No 26. (Imagen propia). Elevación en sitio A (Volcán Mombacho) .....	49
Figura No 27. (Imagen propia). Elevación en el sitio B (Hotel Reith Lake).....	50
Figura No 28. Rendimiento total del RADWIN 2000 D+ en un canal máximo permitido de 80Mhz y un ancho de banda máximo de 750 Mb/s .....	53
Figura No 29. Componentes de radio para radioenlace .....	54
Figura No 30. LFF y Alpha 6.4 ODU montados .....	54
Figura No 31. SFF ODU o GSU montados .....	55
Figura No 32. RADWIN 2000 INT ODU montado .....	55
Figura No 33. RADWIN 2000 E RADU externo montado.....	55
Figura No 34. Antena parabólica y soporte montados en un kit de montaje estándar .....	56
Figura No 35. Equipo de radio RADWIN.....	56

Figura No 36. Conexiones verticales y horizontales .....	57
Figura No 37. Puerto de entrada: LFF ODU (Etiqueta de conexión) .....	58
Figura No 38. Puerto de entrada: SFF ODU (Etiqueta de conexión "IDU").....	58
Figura No 39. Puerto de entrada RADWIN 2000 Alpha INT ODU (Sin etiqueta).....	58
Figura No 40. RADWIN antena ext. Dish 4.9-6.06 GHz 28Dbi.....	59
Figura No 41. Diagrama de antena RADWIN ext. Dish .....	59
Figura No 42. (Imagen propia). Representación física del enlace en el sitio A (Volcán Mombacho) y sitio B (Hotel Reith Lake) .....	60
Figura No 43. (Imagen propia). Gráfica de rendimiento entre sitio A y sitio B.....	62
Figura No 44. (Imagen propia). Proyección del radio enlace en Radio Mobile .....	70
Figura No 45. (Imagen propia). Perfil del enlace en radio mobile .....	71
Figura No 46. (Imagen propia). Calidad de recepción de la señal a lo largo del radio enlace .....	71
Figura No 47. (Imagen propia). Distribución de la señal.....	71
Figura No 48. (Imagen propia). Perfil del enlace .....	72
Figura No 49. (Imagen propia). Ajustes paramétricos del radio enlace entre el volcán Mombacho y Hotel Reith Lake .....	73
Figura No 50. (Imagen propia). Proyección obtenida del radioenlace en sitio nodal y cliente .....	74
Figura No 51. (Imagen propia). Perfil del radioenlace sitio volcán Mombacho y Hotel Reith Lake .....	74
Figura No 52. (Imagen propia). Perfil del radio enlace .....	78
Figura No 53. Huella torre atirantada o adiestrada .....	81
Figura No 54. Planta de la huella de una torre atirantada.....	81
Figura No 55. (Imagen propia). Información de torre en sitio A (volcán Mombacho) .....	82
Figura No 56. (Imagen propia). Torre sitio Mombacho .....	83
Figura No 57. (Imagen propia). Perspectiva de la torre en sitio hub.....	83
Figura No 58. (Imagen propia). Sala de transmisiones sitio Mombacho .....	84
Figura No 59. (Imagen propia). Equipo de red transporte en sitio Mombacho .....	84
Figura No 60. Modelo de torre Hotel Reith Lake .....	85
Figura No 61. (Imagen propia). Propuesta de topología física-lógica de los AP CISCO MERAKI en el hotel Reith Lake .....	100
Figura No 62. (Imagen Propia). Propuesta de topología de red para Hotel Reith Lake.....	101
Figura No 63. (Imagen propia). Dashboard de monitoreo de AP CISCO MERAKI .....	102
Figura No 64. AP CISCO MERAKI .....	104
Figura No 65. Tramo alto de la torre en el sitio cliente .....	115
Figura No 66. Tramo alto de la torre en el sitio del cliente .....	115
Figura No 67. Tramo medio de la torre del cliente.....	116
Figura No 68. Base de la torre en el sitio del cliente .....	116
Figura No 69. Tramo bajo de la torre en el sitio del cliente.....	117

## INDICE DE TABLAS

Tabla No 1. Bandas del espectro radioeléctrico, (Castillo, 2014)	11
Tabla No 2. Bandas de frecuencias libres, (UPC, 2011)	12

Tabla No 3. Información general del radioenlace	37
Tabla No 4. Protocolo de enrutamiento	38
Tabla No 5. Nodo de acceso	38
Tabla No 6. Requerimientos técnicos	38
Tabla No 7. Requerimientos de infraestructura	39
Tabla No 8. Requerimientos regulatorios	39
Tabla No 9. Requerimientos de enlace	40
Tabla No 10. Requerimientos de seguridad y calidad	40
Tabla No 11. Especificaciones técnicas de la antena RADWIN	60
Tabla No 12. Factores climáticos, pérdidas y estándares entre los sitios	61
Tabla No 13. Valor obtenido de Fernel Clearance entre ambos sitios	75
Tabla No 14. Información general del sitio Hub	75
Tabla No 15. Información física del radio RADWIN en el sitio Hub	76
Tabla No 16. Configuración del radio en sitio Hub	76
Tabla No 17. Información general del sitio cliente	77
Tabla No 19. Configuración del radio RADWIN sitio del cliente	77
Tabla No 18. información física del radio RADWIN en el sitio del cliente	77
Tabla No 20. Desempeño del radio enlace punto a punto	78
Tabla No 21. Información de equipo de radio y antena en volcán Mombacho	82
Tabla No 22. Información de equipo de radio y antena en el sitio Hotel Reith Lake	85
Tabla No 23. Tabla comparativa de soluciones propuestas	86
Tabla No 24. Descripción del rango de frecuencia a utilizar	90
Tabla No 25. Distribución del ancho de banda del radio enlace	90
Tabla No 26. Tabla de costo para la prefactibilidad del enlace	91
Tabla No 27. Tabla de costo de suministro	91
Tabla No 28. Tabla de costo de suministro	91
Tabla No 29. Tabla de costo por el servicio a realizar	92
Tabla No 30. Tabla de suministro de UPS	92
Tabla No 31. Tabla de costos señalización de la torre del cliente	93
Tabla No 32. Tabla costos para torre del cliente y configuración.	94
Tabla No 33. Alquiler del espacio nodal	94
Tabla No 34. Tabla de costos de red troncal del cliente	95
Tabla No 35. Tabla de inversión total del proyecto	96
Tabla No 36. Tabla de actividades	96
Tabla No 37. Valor de viatico por personal técnico en cobertura especiales	97
Tabla No 38. Planta de emergencia KOHLER SDMO 10Kva	97
Tabla No 39. Tabla de precio para extensión de throughput de hasta 750 Mbps	98
Tabla No 40. Renta mensual del cliente por servicio de internet / datos	98
Tabla No 41. Tabla de reporte en falla del servicio de internet hotel	99
Tabla No 42. Información general del mantenimiento a realizar en radioenlace	105
Tabla No 43. Costo de mantenimiento preventivo por unidades en red tierra del cliente	105
Tabla No 44. Costo de mantenimiento preventivo por unidades en balizas de la torre del cliente	106
Tabla No 45. Tabla de costos de mantenimiento componentes de radioenlace	107

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuacion No. 1. Ecuación para calcular la longitud de onda. (Brava, 2013) .....	10
Ecuacion No. 2. Expresión matemática de Perdida en el espacio libre. ....	16
Ecuación No. 3. Ecuación de la ley de Snell. (Fernández. & Coronado, 2023) .....	19
Ecuación No. 4. Ecuación para calcular zona de Fresnel .....	62
Ecuación No. 5. ecuación de atenuación y pérdida de trayecto por espacio libre .....	63
Ecuación No. 7. ecuación para pérdidas por conexión de cables .....	64
Ecuacion No. 8. ecuación para pérdida total del espacio libre .....	64
Ecuacion No. 9. ecuación para la pérdida en la potencia de recepción .....	64
Ecuación No. 10. ecuación para determinar PIRE.....	65
Ecuación No. 11. ecuación para determinar margen de desvanecimiento. ....	65
Ecuación No. 12. ecuación para determinar la confiabilidad del radio enlace.....	67
Ecuación No. 13. ecuación para despejar valor de P .....	67
Ecuación No. 14. Cálculo para determinar porcentaje de indisponibilidad .....	68
Ecuación No. 15. Cálculo de ángulo crítico .....	68

## **I. INTRODUCCION**

El acceso a internet de alta velocidad se ha convertido en una necesidad crucial para el desarrollo económico, social y educativo en todo el mundo. En áreas rurales y remotas, la falta de infraestructura adecuada de telecomunicaciones limita significativamente el acceso a estos servicios, afectando la calidad de vida y el desarrollo de estas comunidades. El presente proyecto, titulado "Estudio técnico de un sistema de radioenlace entre cerro Mombacho y Hotel El Reith Lake en isletas de Granada para proveer servicio de internet", busca abordar esta problemática mediante la implementación de un sistema de radioenlace de microondas. Este sistema permitirá conectar eficientemente el Hotel El Reith Lake, un importante destino turístico en las isletas de Granada, con una infraestructura de red robusta y fiable ubicada en el cerro Mombacho, proporcionando un servicio de internet de alta calidad a los turistas y habitantes de la región.

En el mundo moderno, las redes de acceso de muy alta velocidad y la infraestructura de banda ancha se han convertido en infraestructuras fundamentales que determina la competitividad nacional de los países en la economía digital mundial. (Hjalmar, 2018)

Los sistemas de radio enlaces por radio RADWIN 2000 han brindado solución a los problemas de transmisión de datos, sin importar cuales sean, aunque sus aplicaciones no estén restringidas a este campo solamente. Estos sistemas siguen conformando un medio de comunicación muy efectivo para redes que interconectan sectores a los cuales la fibra óptica y otros medios no llegan, principalmente en las áreas rurales, en cerros, e infraestructuras localizadas en zonas acuáticas. (Ltd., 2019)

Las soluciones RADWIN 2000 están dirigidas a los operadores y mercados verticales que requieren alta capacidad, backhaul de largo alcance y acceso a conectividad fiable. Los radios RADWIN 2000 D+ PtP destacan por su excepcional

rendimiento a nivel de operador y robustez al precio más competitivo. Además, la implantación de cada enlace se lleva a cabo en minutos convirtiendo a las soluciones RADWIN 2000 D+ en la alternativa ideal al transporte de fibra o su backup. (Ltd., 2019)

El propósito del presente proyecto es académico y está orientado para proveer el servicio de internet a una de las infraestructuras turísticas más visitadas por turistas nacionales e internacionales que se encuentra ubicada en las Isletas de Granada, a través de un radio enlace por equipo RADWIN 2000 D+. Debido a factores de distancia y por el fenómeno de reflexión. Además, este equipo de radio tiene una capacidad de transferencia de 250 Mbps y soporta una distancia entre 20 km a 30 km siempre y cuando exista línea de vista.

Este estudio técnico presenta un análisis de los sistemas de comunicaciones por radio enlaces, las bandas de frecuencias utilizadas, los aspectos técnicos a tomar en cuenta al momento de implementar un radio enlace, características, beneficios, así como los distintos fenómenos en la propagación de ondas en el medio y sus adversidades ante los medios de comunicación.

A su vez, presenta el análisis del radio enlace utilizando como referencia el punto "A" cerro Mombacho y punto "B" Hotel Reith Lake en isletas de Granada, trabajando en una frecuencia de 5.690 GHz. Para ello se presenta mediante la herramienta computacional de simulación de Radio Mobile (software gratuito para simulación de radio enlaces) y RADWIN PLANNER, esto debido a que permite tener el mejor escenario de cobertura entre ambos sitios y se desarrolla con software propios de los equipos a utilizar. Así mismo, se presenta el proceso de simulación, ajustes paramétricos del radio enlace y puntos de conexión para brindar servicio de internet.

Finalmente, presenta los valores de inversión del proyecto, tomando como referencia el costo de los equipos y/o materiales a utilizar y actividades a realizar.

## **II. OBJETIVOS**

### **a. OBJETIVO GENERAL**

- “Realizar un estudio técnico de un sistema de radioenlace entre el volcán Mombacho y el Hotel El Reith Lake en las isletas de Granada, analizando la línea de vista, pérdidas de trayecto, interferencias, disponibilidad de espectro, y condiciones climáticas para el servicio de internet.”

### **b. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- “Determinar los requerimientos específicos de ancho de banda, calidad de servicio (QoS) y cobertura del Hotel Reith Lake, para el diseño del radio enlace que cumpla con las necesidades de conectividad del hotel.”
- “Analizar los aspectos técnicos para el diseño del radio enlace entre el volcán Mombacho y el Hotel Reith Lake, incluyendo la línea de vista, pérdidas de trayecto, interferencias y disponibilidad del radio enlace.”
- “Diseñar la infraestructura del radio enlace, incluyendo la selección de equipos y materiales, basados en un análisis técnico, eficiencia de equipos y normativas locales e internacionales.”
- “Elaborar un reporte técnico detallado del proyecto, que incluya cálculos de pérdidas de trayecto, análisis de potencia recibida, disponibilidad del enlace y un plan de mantenimiento que garantice el correcto funcionamiento.”

### **III. JUSTIFICACION**

El diseño que se propone es de un sistema de radioenlace entre el cerro Mombacho y el Hotel El Reith Lake. Proporcionaría acceso a internet de alta velocidad a los turistas y también mejorará la infraestructura tecnológica de la región, impulsando el turismo y el desarrollo local. Este proyecto está alineado con los objetivos nacionales de reducir la brecha digital y promover la inclusión tecnológica en todos los sectores económicos y sociales del país (Gaceta Diario Oficial, 2023). Además, este sistema de radioenlace servirá como un modelo replicable para otras regiones con características geográficas similares, potenciando el impacto positivo en el desarrollo regional.

En la zona de las isletas de Granada, en cliente corporativo Hotel Reith Lake y volcán Mombacho, donde se enfoca este proyecto monográfico, no se cuenta con servicio de internet con una conectividad eficiente por la alta demanda que se prevé de los turistas que visitarían el complejo turístico y las condiciones en ambos puntos de conexión. En el sector de las isletas de Granada no se cuenta con proveedor de servicio de internet para dar su servicio al cliente y los que se encuentran hoy en día no disponen con un servicio de buena calidad debido a la poca o nula infraestructura que se ha invertido en zonas como las isletas de Granada. Un radio enlace en el complejo turístico Reith Lake brindaría el servicio de internet confiable y robusto a cada visitante nacional e internacional y tener una mejor captación de clientes por la confianza de encontrarse conectado en una red altamente eficiente.

Los actuales proveedores no pueden proporcionar una tecnología adecuada para brindar los servicios de internet en zonas rurales o marítimas por la poca afluencia de personas que requieran el servicio. Así mismo no cuentan con un equipo de soporte técnico confiable y

preparado para atender fallas de servicio. Por ello los ISP no brindan el servicio requerido en zonas de complejidad en cuanto a terreno.

Lo que se pretende con este estudio técnico de radio enlace es brindar la alta calidad y confiabilidad en el servicio de internet en un complejo turístico ubicado en una de las zonas más visitadas a nivel nacional por turistas nacionales y extranjeros. Instituto Nicaragüense de Turismo. (2021) con un ancho de banda que permita tener conectividad sin problema alguno en la estancia de cada persona y el cliente categoría corporativo, se encuentre satisfecho de contar con un servicio ergonómico para su atracción.

Con este proyecto monográfico se llevará a cabo un estudio técnico de un radio enlace que supla las necesidades de conectividad requeridas por el complejo turístico. Se planteará el enlace entre el volcán Mombacho y el hotel Reith Lake, la cual permitirá a los usuarios realizar actividades exigentes en términos de datos, como la transmisión de video en alta definición, la descarga de archivos grandes y la navegación rápida en Internet. Una cobertura adecuada asegura que los usuarios experimenten velocidades consistentes y una conectividad fluida en áreas geográficas extensas y rurales, que es el caso de este hotel que se encuentra en un punto geográfico rodeado del lago Cocibolca, complicado de acuerdo con las interferencias y atenuaciones que pueda sufrir este tipo de tecnología.

## IV. MARCO TEORICO

### a. Sistema de comunicación

Los sistemas de comunicación electrónicos están diseñados para enviar mensajes o información desde una fuente que genera los mensajes a uno o más destinos. En general, un sistema de comunicación se puede representar mediante el diagrama de bloques funcional que se muestra en la Figura 1. La información generada por la fuente puede ser en forma de voz (fuente de voz), una imagen (fuente de la imagen) o texto sin formato en algún idioma en particular, como inglés, japonés, alemán y francés. (Proakis, 2014)

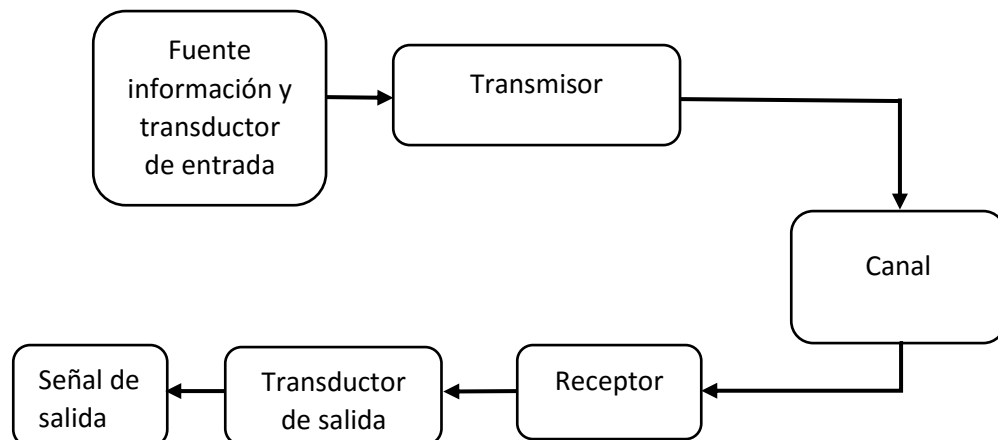


Figura No 1. Diagrama único de un sistema de comunicación. (Proakis, 2014, pág.5)

Una característica esencial de cualquier fuente que genera información es que la salida se describe en términos probabilísticos, es decir, la salida de una fuente no es determinista. De lo contrario, no habría necesidad de transmitir el mensaje.

Por lo general, se requiere un transductor para convertir la salida de una fuente en una señal eléctrica, señal adecuada para la transmisión. Por ejemplo, un micrófono sirve

como transductor que convierte una señal de voz acústica en una señal eléctrica, y una cámara de video que convierte una imagen en una señal eléctrica.

En el destino, un transductor similar es necesarios para convertir las señales eléctricas que se reciben en una forma que sea adecuada para el usuario, por ejemplo, señales acústicas e imágenes. El corazón del sistema de comunicación consta de tres partes básicas, a saber, el transmisor, el canal y el receptor. Las funciones realizadas por estos tres elementos se describen a continuación. (Proakis, 2014)

**La fuente:** Este dispositivo genera los datos a transmitir. Ejemplos de fuentes pueden ser un teléfono o un computador personal.

**El transmisor:** Normalmente los datos generados por la fuente no se transmiten directamente tal y como son generados. Al contrario, el transmisor transforma y codifica la información, generando señales electromagnéticas susceptibles de ser transmitidas a través de algún sistema de transmisión. Por ejemplo, un módem convierte las cadenas de bits generadas por un computador personal y las transforma en señales analógicas que pueden ser transmitidas a través de la red de telefonía (Stallings, 2008)

**El sistema de transmisión:** El canal de comunicación es el medio físico que se utiliza para enviar la señal del transmisor al receptor. En la transmisión inalámbrica, el canal suele ser la atmósfera (espacio libre). Por otro lado, los canales telefónicos suelen emplear una variedad de medios físicos, incluidos cables, cables de fibra óptica e inalámbricos, (radiomicroondas). La forma más

común de degradación de la señal viene en forma de ruido aditivo, que se genera en el extremo frontal del receptor, donde la amplificación de la señal es interpretada. (Proakis, 2014)

**El receptor:** La función del receptor es recuperar la señal del mensaje contenida en la señal recibida. Si la señal del mensaje se transmite por modulación de la portadora, el

receptor realiza la demodulación de la portadora para extraer el mensaje de la sinusoidal transportadora. Dado que la demodulación de la señal se realiza en presencia de ruido aditivo y posiblemente otras distorsiones de la señal, la señal del mensaje demodulada generalmente se degrada a en cierta medida por la presencia de estas distorsiones en la señal recibida. (Proakis, 2014).

## **b. Teoría y conocimiento para radiofrecuencia.**

### **Frecuencia:**

Las expresiones bandas de frecuencia y espectro radioeléctrico se han incorporado a lenguaje de calle en los últimos años, muy verosímilmente debido a la popularización de la telefonía móvil celular y, sobre todo, a las concesiones de licencias para su explotación. Así, que las transmisiones vía radio necesitan una anchura de banda y ocupan una región del espectro es del conocimiento común; Pero no parece ocurrir lo mismo con que es la frecuencia y por qué y cómo diferentes comunicaciones se disponen en bandas distintas. (Figueiras, 2002)

En principio puede asociarse una frecuencia a cualquier fenómeno repetitivo: el número de veces que se produce por unidad de tiempo es su frecuencia fundamental. La inversa de esta cantidad, la duración de cada repetición del fenómeno, se denomina periodo. (Figueiras, 2002)

Naturalmente las ondas que se transmiten no son sinusoides puras ya que no transportarían información, sino que son el resultado de modificar levemente la amplitud, frecuencia o fase del a senoide, portadora; realizando la modificación de forma relacionada con las variaciones de otra señal, moduladora, que es la que representa la información que se desea enviar. Se obtiene de esta forma la señal modulada a transmitir. (Figueiras, 2002)

### c. Onda electromagnética

Es la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio. Y sus aspectos teóricos están relacionados con la solución en forma de onda que admiten las ecuaciones de Maxwell. A diferencia de las ondas mecánicas, las ondas electromagnéticas se propagan por el espacio sin necesidad de un medio, por lo tanto, esta puede propagarse en el vacío. Las ondas electromagnéticas es una combinación de campos eléctricos y campos magnéticos oscilantes como se muestra en la figura 2. Esta se inicia por una partícula cargada, la cual crea un campo eléctrico que ejerce fuerza sobre otras partículas, al acelerarse la partícula, oscila en su campo eléctrico, produciendo un campo magnético. (Nehuen, 2024)

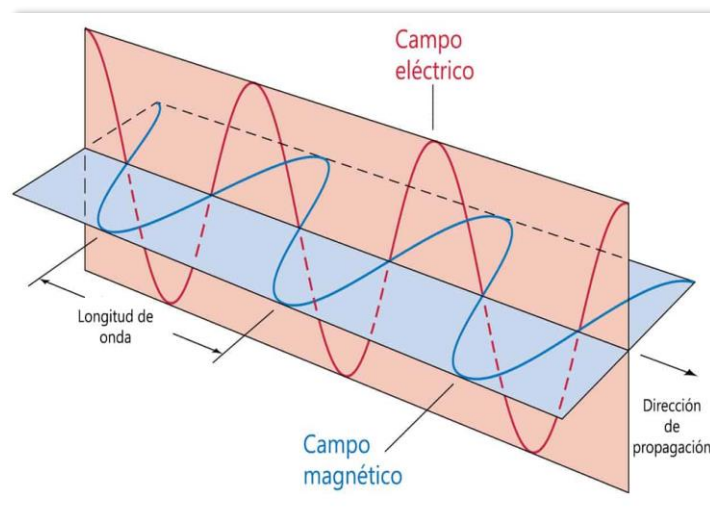


Figura No 2. Campo electromagnético. (Equipo, 2020)

De acuerdo con el libro Antenas Reflectoras de Microondas (Brava, 2013), la onda electromagnética se caracteriza por su frecuencia (**f**) o su longitud de onda (**λ**), ambas relacionadas por la velocidad de propagación en el medio (**c**), según la ecuación siguiente: (Brava, 2013)

$$C = F \cdot \lambda$$

*Ecuacion No. 1. Ecuacion para calcular la longitud de onda. (Brava, 2013)*

#### **d. Ondas electromagnéticas**

El termino Radiofrecuencia o RF, se refiere a la frecuencia de la radiación electromagnética (EM) que se utiliza para transportar información a través del aire. Las ondas de RF son un tipo de radiación electromagnética, y se producen siempre que la energía eléctrica se transmite a través de un conductor, como un cable. El flujo saliente de energía de una fuente en forma de ondas electromagnéticas se le denomina radiación electromagnética. La Radiofrecuencia se localiza en el espectro de la radiación electromagnética menos energética, se define como aquella en que las ondas electromagnéticas tienen una frecuencia entre 3 kHz y 300 GHz. (Castillo, 2014)

No todas las ondas electromagnéticas se comportan de la misma forma en el medio de propagación, la misma procedencia o la manera de interacción con la materia. Debido a esto, el espectro electromagnético de Radiofrecuencia se divide en segmentos o bandas de frecuencias, las cuales son asignadas para diferentes servicios inalámbricos, la gestión y asignación del espectro está en competencia de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), que asigna bandas de frecuencia donde el servicio debe de operar. En la siguiente tabla 1 se pueden apreciar las distintas bandas de frecuencia, su clasificación y aplicaciones. (Castillo, 2014)

Tabla No 1. Bandas del espectro radioeléctrico, (Castillo, 2014)

FRECUENCIA	CLASIFICACION	APLICACIONES
3-30 KHz	VLF (Muy baja frecuencia)	Navegación, Sonar.
3-300 KHz	LF (Baja frecuencia)	Radio guías, ayuda a la navegación
0.3-3 KHz	MF (Media frecuencia)	Radiodifusión AM, servicios marítimos.
3-30 MHz	HF (Alta frecuencia)	Telefonía, telégrafo, banda ciudadana, telefonía mar-tierra y mar-aire.
30-300 MHz	VHF (Muy alta frecuencia)	Tv, radiodifusión FM, control tráfico aéreo, ayuda a la navegación.
0.3-3 GHz	UHF (Ultra alta frecuencia)	Tv, hornos domésticos, comunicaciones satelitales, radares de vigilancia.
3-30 GHz	SHF (Super alta frecuencia)	Radares embarcados, de policías, de aeropuertos, comunicaciones vía satélite, radioenlaces, tv por cable
30-300 GHz	EHF (Extremadamente alta frecuencia)	Radar, localización de misiles

#### e. Bandas de frecuencias no licenciadas

Las bandas de frecuencia de acceso libre pueden ser utilizadas por el público en general, bajo los lineamientos o especificaciones que establezca el instituto regulador de cada país, sin necesidad de concesión o autorización. Las Frecuencias no-licenciadas son una plataforma amplia, barata y rápida para construir sus soluciones inalámbricas. A pesar del gran uso del espectro de licencia libre, sigue siendo una excelente plataforma para construir enlaces inalámbricos de bajo precio, rápidos y confiables. (UPC, 2011)

En la siguiente tabla se muestran las frecuencias inalámbricas de licencia libre que han sido proporcionadas por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC).

Tabla No 2. Bandas de frecuencias libres, (UPC, 2011)

<b>900 MHz vs 2.4 GHz vs 5 GHz Frecuencias Inalámbricas de Licencia Libre</b>			
	<b>900 MHz</b>	<b>2.4 GHz</b>	<b>5 GHz</b>
<b>Popularidad</b>	No usadas ampliamente en redes WISP	Ampliamente usadas	Volviéndose ampliamente usadas
<b>Velocidad</b>	Bajo Throughput Alto	Alto Throughput	Alto Throughput
<b>Costo</b>	no alto costo	No alto costo	No alto costo
<b>Frecuencia</b>	Abarrotado, buen uso Nlos	abarrotado	Alcance promedio
<b>alcance</b>	débil	Promedio	promedio
<b>Aplicación</b>	Mesh, PTMP cortos con muchos obstáculos	Mesh, PTP, PTMP	Backhaul, PTMP PTP,

#### **f. Radio enlace**

Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Además, si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características.

Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz. Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía. Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la

propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región. (Ruesca, 2016)

Los radioenlaces de comunicaciones permiten la transmisión económica, eficiente y simultánea de grandes volúmenes de información sin importar su naturaleza (video, audio o datos) en condiciones que muchas veces son adversas para los medios cableados. (Ruesca, 2016)

El diseño e implementación correcto de un radioenlace genera un sistema de alta capacidad, capaz de transmitir gran cantidad de información de manera económica y eficiente. Los radioenlaces operan en línea de vista, por lo tanto, debe existir en todo radioenlace visibilidad radioeléctrica entre los extremos transmisor y receptor. Un radioenlace opera en el modo full dúplex, es decir que permite transmitir y recibir simultáneamente. (Albornoz, 2007)

#### **g. Zona de Fresnel**

Se determina como zona de Fresnel al volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética, acústica, etc., y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los  $180^\circ$ . Estas zonas representan regiones donde las ondas secundarias tienen un exceso de recorrido, es decir recorren una distancia mayor que la línea de vista. Siendo elipsoides que rodean la ruta directa de la señal. (Albornoz, 2007)

El lugar geométrico de la capa exterior del primer elipsoide está ubicado de tal manera que las señales que llegan al receptor de esta manera tienen un exceso de recorrido de  $\frac{1}{2}$  comparado con la ruta directa. Esta primera región ubicada dentro del primer elipsoide se denomina primera zona de Fresnel. La segunda zona abarca hasta un desfase de  $360^\circ$ , y es un segundo elipsoide que contiene al primero. Del mismo modo se obtienen las zonas superiores como se observa en la figura 3. (Albornoz, 2007)

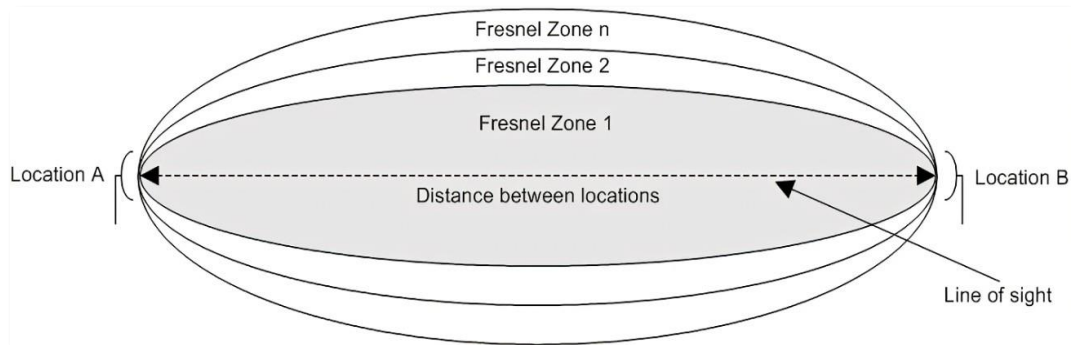


Figura No 3. Zonas de Fresnel. (Albornoz, 2017)

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del valor de K (Curvatura de la tierra), considerando que para un  $K=4/3$  la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con  $K=2/3$  se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel. (Robles, 2008)

#### **h. Red troncal**

Es un enlace que se configura en uno o más puertos de un switch para permitir el paso del tráfico de las distintas VLANs que se configuren. En este caso de conectividad, no hay dudas respecto a su eficacia, pues ahorra la necesidad de utilizar un enlace físico para cada VLAN. (Fernandez, 2024)

#### **i. Definición de red de área local (LAN)**

Local Area Network o Red de Area Local, proporciona el medio más económico y eficaz de manejar las necesidades locales de comunicación de datos. Una red de área local es, un sistema de comunicaciones de datos de propiedad privada, en el que los usuarios comparten recursos, incluyendo programas de cómputo. Una LAN proporciona comunicaciones en dos sentidos, entre una gran variedad de terminales de comunicación de datos y dentro de un área geográfica limitada. (Tomasi, 2013)

#### **j. Definición de VLAN**

VLAN es un acrónimo que deriva de una expresión inglesa: virtual LAN. Esa expresión, por su parte, alude a una sigla ya que LAN significa Local Area Network. De este modo, podemos afirmar que la idea de VLAN refiere a una red de área local (lo que conocemos como LAN) de carácter virtual.

Una VLAN puede formarse con dos redes de computadoras (ordenadores) que se hallan conectadas, en sentido físico, a distintos segmentos de una LAN; sin embargo, actúan como si estuviesen unidos al mismo puerto. Dado que la configuración de la VLAN se realiza a través del hardware, la red virtual tiene una gran estabilidad y fortaleza. (Perez Porto, 2017)

#### **k. Estándar IEEE 802.1Q**

El protocolo IEEE 802.1Q, es el que permite a múltiples redes compartir de forma transparente el mismo medio físico, sin problemas de interferencia entre ellas (Trunking) o enlace troncal. Los troncales se utilizan para transportar tráfico que pertenece a varias VLAN entre dispositivos a través del mismo enlace. Un dispositivo puede determinar a qué VLAN pertenece el tráfico por su identificador de VLAN. El identificador de VLAN es una etiqueta que se encapsula con los datos. ISL y 802.1Q son dos tipos de encapsulación que se utilizan para transportar datos de varias VLAN a través de enlaces troncales.

802.1Q es el estándar IEEE para etiquetar tramas en un enlace troncal y admite hasta 4096 VLAN. Cuando configura un enlace troncal 802.1Q, debe asegurarse de configurar la misma VLAN nativa en ambos lados del enlace troncal. IEEE 802.1Q define una única instancia de árbol de expansión que se ejecuta en la VLAN nativa para todas las VLAN de la red. (CISCO, 2006)

## I. Fenómenos que se representan en la propagación de microondas

En la propagación de ondas se encuentran con los distintos fenómenos de propagación, esto debido a la atmosfera y a la superficie terrestre, por ello al momento de la implementación de una radio enlace, se toma en cuenta el ambiente en general en el que este se llevara cabo. Los fenómenos en la propagación de ondas encontramos: difracción, reflexión, refracción, absorción y dispersión.

### m. Pérdida en el espacio libre

En cualquier tipo de comunicación inalámbrica la señal se dispersa con la distancia. Por tanto, una antena dada con una superficie fija recibirá menos potencia cuanto más alejada esté de la antena emisora. En comunicaciones vía satélite ésta es la principal causa de las pérdidas. Incluso en el caso de que se suponga que no hay otros fenómenos de atenuación o impedimentos, una señal transmitida se atenúa con la distancia debido a que la señal ocupa un área cada vez mayor. Este tipo de atenuación se denomina **pérdida en el espacio libre**, la cual se puede expresar en términos del cociente entre la potencia radiada,  $P_t$  y la potencia recibida en la antena,  $P_r$ , o también en decibelios, multiplicando por 10 el logaritmo del cociente. Para la antena isotrópica ideal, la pérdida en el espacio libre es: Ec.2. (Stallings, 2008)

$$\frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} = \frac{(4\pi f d)^2}{C^2}$$

Ecuacion No. 2. Expresión matemática de Perdida en el espacio libre.

Fuente: (Stallings, 2008)

$P_t$  = potencia de la señal en la antena transmisora.

$P_r$  = potencia de la señal en la antena receptora.

$\lambda$  = longitud de onda de la portadora

$d$  = longitud o separación entre las antenas.

$C$  = velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  m/s)

## n. Fenómeno difracción

La difracción se refiere a la desviación de ondas alrededor de obstáculos y a la propagación de estas ondas después de pasar por una abertura o rendija. Este fenómeno no es exclusivo de las ondas electromagnéticas; también puede observarse en ondas de agua, sonido, entre otras. La principal consecuencia de la difracción es que permite que las ondas se propaguen más allá de los obstáculos, incluso si hay una obstrucción en su trayectoria directa como se muestra en la figura 4. La difracción es un fenómeno fundamental en la naturaleza que describe cómo las ondas, incluidas las electromagnéticas, se desvían alrededor de obstáculos y se propagan después de pasar por aberturas. (Fernández & Coronado, 2023)

Su estudio no solo proporciona una comprensión más profunda de la naturaleza de las ondas y su comportamiento, sino que también ha llevado al desarrollo de diversas aplicaciones tecnológicas y científicas. Reconocer y comprender la difracción es esencial para aquellos que trabajan en campos relacionados con la óptica, la física y la ingeniería, y su relevancia sigue siendo evidente en los avances contemporáneos en estos campos. (Fernández & Coronado, 2023)

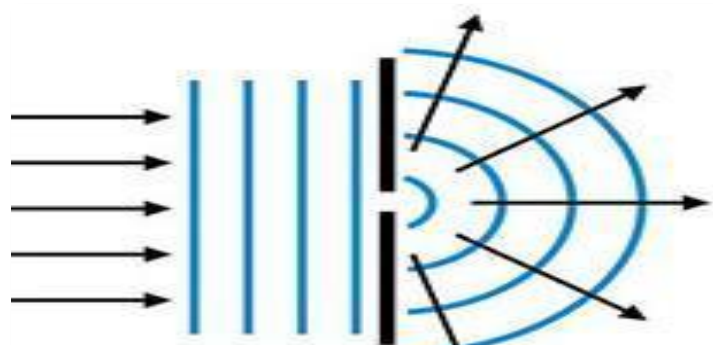


Figura No 4. Fenómeno de difracción. (Fernández & Coronado, 2023)

### **o. Fenómeno de reflexión**

Es el cambio de dirección de los rayos de luz que ocurre en un mismo medio después de incidir sobre la superficie de un medio distinto. Se rige por dos principios o **leyes de la reflexión (Ver figura 5)**:

- El rayo incidente, el reflejado y la normal a la superficie en el punto de incidencia están en el mismo plano.
- El ángulo del rayo incidente  $i$  y el de reflexión  $r$  son iguales (Fernández. & Coronado, 2023)

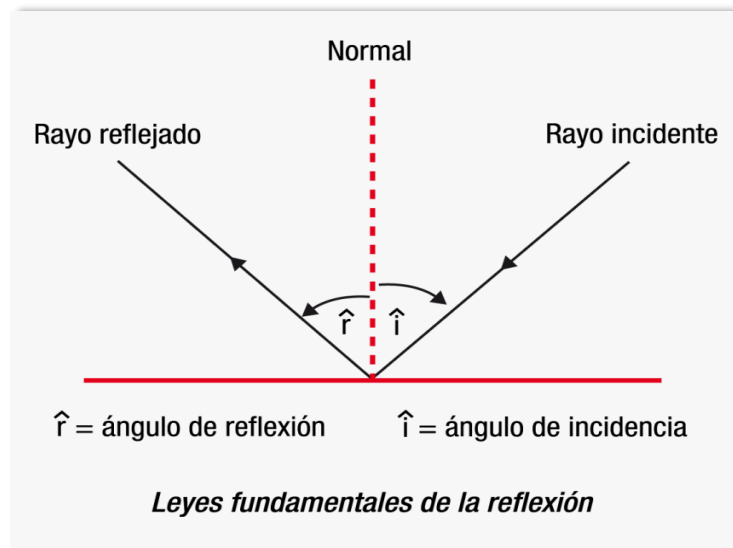


Figura No 5. Fenómeno de reflexión. (Fernández & Coronado, 2023)

**p. Fenómeno de refracción**

Es el cambio de dirección del movimiento ondulatorio que ocurre tras pasar este de un medio a otro en el que se propaga con distinta velocidad como se observa en la figura 6. Se rige por dos leyes:

- El rayo incidente, el refractado y la normal a la superficie en el punto de incidencia están en el mismo plano. (Fernández. & Coronado, 2023)
- La ley de Snell de la refracción, que marca la relación entre el ángulo de incidencia  $i$  y el de refracción  $r$ , y las velocidades de las ondas en los medios 1 y 2,  $v_1$  y  $v_2$ , según: El rayo incidente, el refractado y la normal a la superficie en el punto de incidencia están en el mismo plano. (Fernández. & Coronado, 2023)
- La ley de Snell de la refracción, que marca la relación entre el ángulo de incidencia  $i$  y el de refracción  $r$ , y las velocidades de las ondas en los medios 1 y 2,  $v_1$  y  $v_2$ , según:

$$\sin (i)/\sin (r) = v_1/v_2 = n_{2,1}$$

*Ecuación No. 3. Ecuación de la ley de Snell. (Fernández. & Coronado, 2023)*

Siendo  $n_{2,1}$ , el índice de refracción del segundo medio respecto al primero, una constante adimensional.

En la refracción no cambia la frecuencia de la onda  $f$ , pero al hacerlo su velocidad  $v$ , debe cambiar también su longitud de onda  $\lambda$ . (Fernández. & Coronado, 2023)

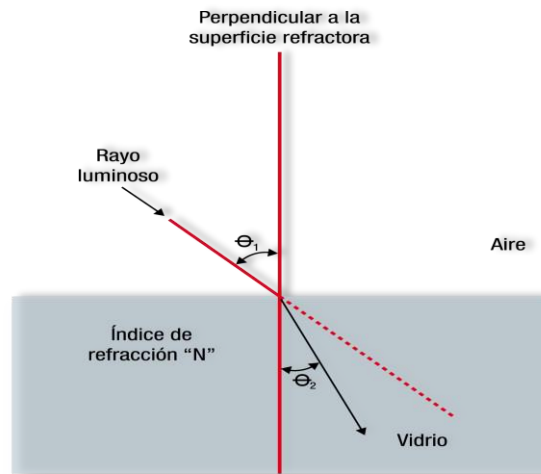


Figura No 6. Fenómeno de refracción. (Fernández & Coronado, 2023)

#### q. Fenómeno de absorción y dispersión

Es el fenómeno por el cual distintas longitudes de onda se refractan con ángulos distintos al atravesar medios materiales. La absorción ocurre cuando una onda electromagnética incide sobre un material y este absorbe parte o toda la energía de la onda como se observa en la figura 7. Es importante señalar que la cantidad de energía absorbida depende tanto de las propiedades de la onda electromagnética (como su frecuencia o longitud de onda) como de las características del material que la absorbe (como su composición química y su estructura). (Fernández. & Coronado, 2023)

Cuando se encuentra condensado el vapor de agua en forma de niebla o lluvia, este produce pérdidas dependiendo de la relación entre la longitud de onda de la señal y del tamaño promedio de las gotas de agua. Las pérdidas serán predominantes si el tamaño de las gotas de agua es muy pequeño, esto es debido a la absorción. Si por el contrario el tamaño de las gotas es comparable a la longitud de onda de la señal, la energía que incide sobre las gotas será dispersada en direcciones aleatorias, como resultado hay un debilitamiento de la potencia de la señal que se recibe, como se observa en la figura 8. (Albornoz, 2007)

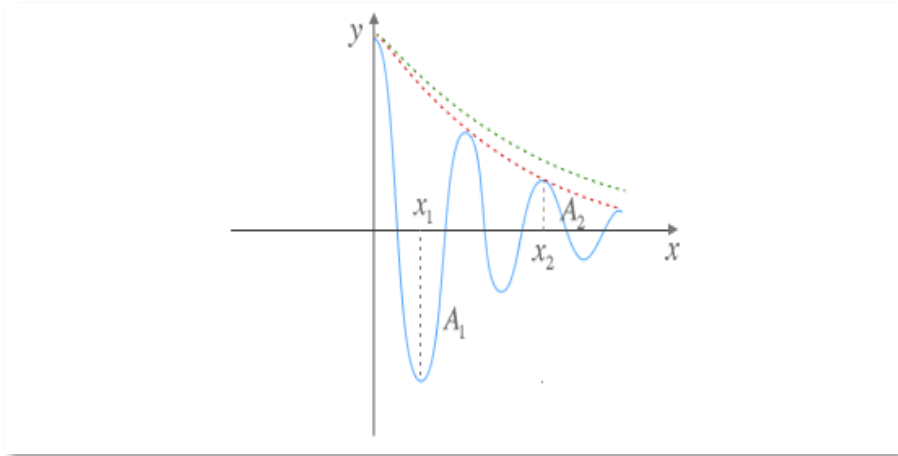


Figura No 7. Fenómeno de absorción. (Yagues, atenuación y absorción del movimiento ondulatorio, 2023)

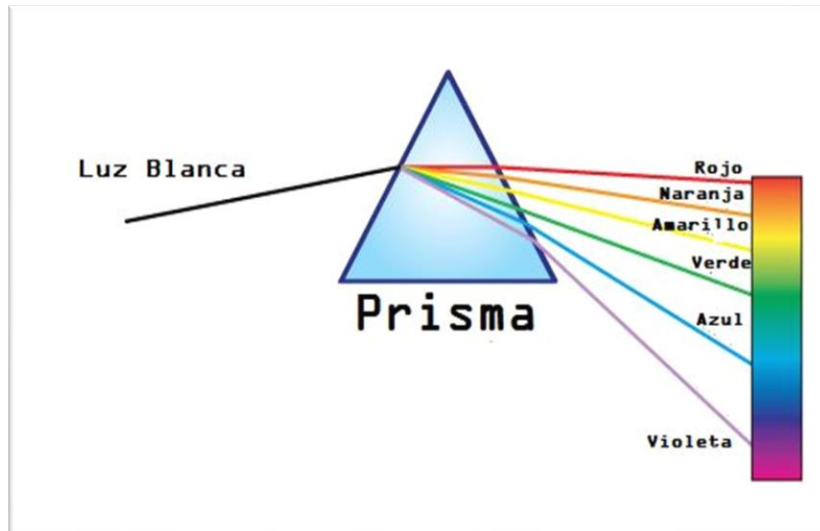


Figura No 8. Fenómeno de dispersión, (Fernández & Coronado, 2023)

#### r. Relación señal ruido

La relación señal-ruido con sus siglas en inglés SNR (Signal to Noise Ratio) es la proporción existente entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Este margen es medido en decibelios (dBm). (XI-Cuatrimestre, 2017)

## s. Diseño del radio enlace

Los radios enlaces se realizan sólo si existe una vista del receptor (LOS, Line Of Sight), proveen conectividad de una manera sencilla y práctica entre dos o más sitios. La línea de visión (LOS) implica que la antena en un extremo del radio enlace debe poder “ver” la antena del otro extremo. (Vargas, 2024)

El diseño de un radio enlace de microondas LOS involucra cuatro pasos básicos:

- Elección del sitio de instalación.
- Relevamiento del perfil del terreno y cálculo de la altura del mástil para la antena.
- Cálculo completo del radio enlace, estudio de la trayectoria de este y los efectos a los que se encuentra expuesto.
- Prueba posterior a la instalación del radio enlace, y su posterior puesta en servicio con tráfico real.

El Radioenlace se encuentra conformado por los siguientes componentes de red:

### 1. Fuente de poder.

Las *fuentes de poder* o fuentes de alimentación son equipos cuya principal función es transformar la energía. Existe la creencia que las fuentes de poder generan energía y esto es falso. Sirven para transformar un tipo de energía en otra necesaria para el correcto funcionamiento de nuestros dispositivos. Se debe de recordar la ley de conservación de la energía que dice: **«La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma»**. (AcMax, 2020)

Si pensamos en una batería, esta al ser una fuente de alimentación transforma la energía química en energía eléctrica. Así mismo, si pensamos en una fuente de poder de computadora esta transforma la energía de corriente de AC del enchufe en corriente alterna DC para que pueda funcionar la computadora. (AcMax, 2020)

## **2. Línea de transmisión**

Una línea de transmisión es un medio físico utilizado para transmitir señales eléctricas de un punto a otro. Se compone principalmente de dos conductores paralelos separados por un aislante que se extienden a lo largo de una distancia determinada. Estos conductores pueden ser cables de cobre, aluminio o acero galvanizado. (Berríos, 2024)

## **3. Radio de transmisión**

La radio transmisión envía información de un lugar a otro a través del aire. La información se envía en ondas de radio. Como forma de comunicación inalámbrica, la radiotransmisión puede ser muy útil en situaciones en las que el cableado no es práctico. Primero está el transmisor. Este es el componente que genera la señal de radio y la envía al aire, luego está el receptor este componente recoge la señal del aire y la convierte de nuevo en formato utilizable. (CDVI, 2023)

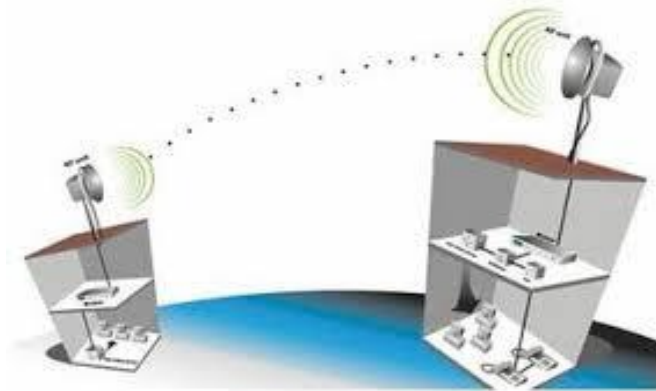
## **4. Propagación en el espacio libre**

La propagación de ondas electromagnéticas por el espacio libre se suele llamar propagación de radio frecuencia, aunque en el espacio libre implica el vacío las ondas de radio transmitidas por la fuente se propagan por la atmosfera terrestre posteriormente se recibe la antena receptora, la radiación y la captura de esta son funciones de las antenas y la distancia entre ellas. (Verdaguer, 2020).

## **5. Punto de acceso (Router)**

Es un dispositivo que genera una red de área local inalámbrica (WLAN). Estos se conectan a los router, switches o hubs mediante Ethernet, lo cual dispara una señal Wi-Fi en un área específica. Pongamos un ejemplo, si quieres habilitar un Wi-Fi en un vestíbulo, pero no tienes un router que lo cubra, podrías instalar un punto de acceso y conectarlo a través de un cable al lugar donde tengas el router. (Plata, 2024)

El Radioenlace, desde la ODU se va a través de un cable STP a un POE AC, posterior se dirige mediante un cable UTP hacia un Router, luego se dirige en un cable UTP hacia un Switch POE, para dar servicio al cliente según requerimientos en los distintos puntos de acceso.



*Figura No 9. Diseño básico de un radio enlace*

### **Tipos de radio enlaces**

Los enlaces punto a punto y multipunto son dos conceptos importantes en las redes de comunicación. A continuación, exploraremos las diferencias y beneficios de cada uno:

#### **Enlaces punto a punto**

Los enlaces punto a punto son conexiones dedicadas establecidas entre dos puntos específicos en una red. Cada enlace punto a punto está diseñado para conectar dos ubicaciones de manera exclusiva, lo que significa que la comunicación ocurre directamente entre esos dos extremos. Estos enlaces son ideales cuando se necesita una conexión confiable y segura entre dos puntos, como enlaces de red entre oficinas remotas o enlaces de acceso a Internet para empresas. (Ricardo, 2002).

Los enlaces punto a punto ofrecen un mayor nivel de control y garantizan un rendimiento constante, ya que no hay interferencia de otros dispositivos o usuarios.

Beneficios de los enlaces punto a punto:

Mayor seguridad: Los enlaces punto a punto ofrecen un alto nivel de seguridad, ya que la conexión es directa y no se comparte con otros usuarios. (Ricardo, 2002)

Mayor ancho de banda: Al ser una conexión dedicada, los enlaces punto a punto tienen un mayor ancho de banda disponible para transmitir datos de manera eficiente. (Ricardo, 2002)

Menor latencia: Al evitar el enrutamiento a través de múltiples nodos, los enlaces punto a punto tienen una menor latencia, lo que resulta en una comunicación más rápida y receptiva. (Ricardo, 2002)



*Figura No 10. Representación de un radio enlace punto a punto*

## **Enlaces multipunto**

Los enlaces multipunto son conexiones que permiten a múltiples puntos comunicarse entre sí en una red. A diferencia de los enlaces punto a punto, donde la comunicación es directa y exclusiva entre dos puntos, los enlaces multipunto permiten que varios puntos se conecten y se comuniquen en un mismo enlace.

Estos enlaces son útiles cuando se necesita una comunicación eficiente y simultánea entre múltiples ubicaciones, como en redes de área local (LAN) o enlaces inalámbricos compartidos.

## Beneficios de los enlaces multipunto:

**Eficiencia en costos:** Los enlaces multipunto permiten compartir recursos de red entre múltiples ubicaciones, lo que puede resultar en una solución más rentable en comparación con múltiples enlaces punto a punto. (Sistema de Radioenlace PaP/PmP, 2012)

**Mayor flexibilidad:** Los enlaces multipunto permiten la comunicación entre múltiples puntos sin la necesidad de configurar y administrar conexiones dedicadas individuales. (LOPEZ, 2012)

**Escalabilidad:** Los enlaces multipunto son escalables y pueden adaptarse a medida que la red y las necesidades de comunicación se expanden. (LOPEZ, 2012)

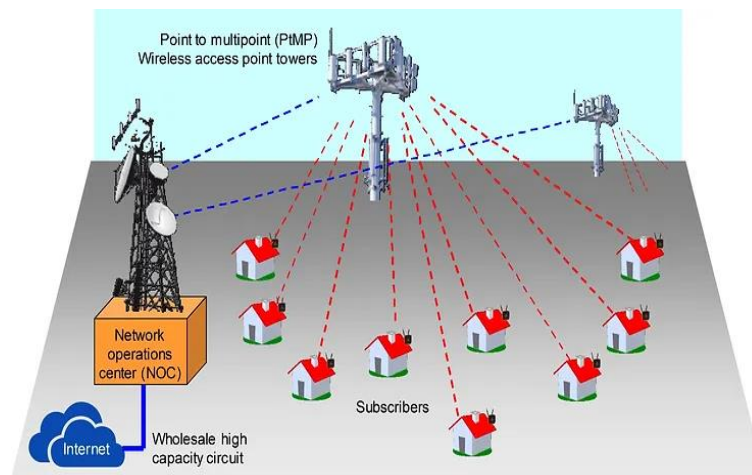


Figura No 11. Representación de un radio enlace punto a multipunto

## t. Definiciones básicas de las unidades logarítmicas que se emplean en un radio enlace.

**Vatio** El vatio o Watt (W): es la unidad de potencia activa del sistema internacional de unidades. Es la potencia eléctrica producida por una diferencia de potencial de 1 voltio y una corriente eléctrica de 1 amperio (1VA). (Freeman, 1998)

Decibel (dB): Es una unidad de medida ampliamente usada en sistemas de transmisiones, el decibel es una unidad relativa de una señal como la potencia, el voltaje, ganancia, etc. (Freeman, 1998)

Decibelio mili vatio (dBm): El dBm es la unidad logarítmica a la potencia de 1 mili vatio, ésta mide la potencia absoluta. Esta unidad de potencia será positiva con valores superiores a 1 mili vatio y negativo para valores inferiores. (Freeman, 1998)

Decibelio Isotrópico (dBi): Es la unidad para expresar la ganancia de una antena en comparación con una antena teórica isotrópica. (Freeman, 1998)

Decibelio dipolo (dBd): Es la unidad de ganancia de una antena en comparación con una antena dipolo a la misma frecuencia. (Freeman, 1998)

Decibel relativo (dBr): Esta unidad se utiliza para caracterizar niveles relativos, es decir para expresar las relaciones de nivel para las señales entre puntos en un trayecto de señal, con el convenio de que uno de los puntos se designa como punto de referencia de nivel con el nivel relativo 0 dBr. (Freeman, 1998)

#### **u. Antenas**

Las antenas desempeñan un papel fundamental en los sistemas de radioenlace, ya que son responsables de la transmisión y recepción de señales electromagnéticas. Existen diversos tipos de antenas utilizadas en aplicaciones de

radioenlace, cada una con características y ventajas específicas. A continuación, se presenta una breve investigación sobre los principales tipos de antenas utilizadas en radioenlace:

1. Antenas dipolo: El dipolo es uno de los diseños más comunes de antenas. Consiste
  2. en un conductor dividido en dos partes iguales y alimentado en el centro. Los
  3. dipolos son omnidireccionales en el plano perpendicular al eje del dipolo, lo que
  4. significa que emiten y reciben señales en todas las direcciones horizontales.
  5. Antenas dipolo: El dipolo es uno de los diseños más comunes de antenas. Consiste
  6. en un conductor dividido en dos partes iguales y alimentado en el centro. Los
  7. dipolos son omnidireccionales en el plano perpendicular al eje del dipolo, lo que
  8. significa que emiten y reciben señales en todas las direcciones horizontales.
- **Antenas dipolo:** El dipolo es uno de los diseños más comunes de antenas. Consiste en un conductor dividido en dos partes iguales y alimentado en el centro. Los dipolos son omnidireccionales en el plano perpendicular al eje del dipolo, lo que significa que emiten y reciben señales en todas las direcciones horizontales. (Sons., 2016)
  - **Antenas Yagi-Uda:** Las antenas Yagi-Uda son muy utilizadas en aplicaciones de radioenlace debido a su alta ganancia direccional. Estas antenas consisten en un conjunto de elementos conductores, incluyendo un elemento activo (el dipolo) y varios elementos pasivos (directores y reflectores) que mejoran la directividad de la antena. (Sons., 2016)
  - **Antenas parabólicas:** Las antenas parabólicas se utilizan para enlaces de larga distancia debido a su alta ganancia y directividad. Estas antenas constan

de una antena receptora o transmisora colocada en el foco de una parábola reflectora. La señal se concentra en el foco, lo que permite una comunicación de largo alcance. (Sons., 2016)

- **Antenas de panel:** Las antenas de panel son antenas direccionales que ofrecen una ganancia moderada y un ángulo de apertura estrecho. Consisten en un conjunto de elementos radiantes en forma de panel, que se utilizan tanto en transmisión como en la recepción. (Sons., 2016)
- **Antenas de microcinta:** Las antenas de microcinta son delgadas y livianas, y se utilizan ampliamente en aplicaciones de radioenlace y comunicación inalámbrica. Estas antenas están fabricadas en sustratos dieléctricos con una estructura de parche metálico en la parte superior, lo que les permite ser integradas en circuitos impresos y dispositivos compactos. (Sons., 2016)

Cabe destacar que esta lista solo presenta algunos de los tipos más comunes de antenas utilizadas en radioenlace. Existen muchos otros diseños y configuraciones de antenas adaptados a diferentes aplicaciones y requisitos específicos. La elección de la antena adecuada dependerá de factores como la distancia de transmisión, la ganancia requerida, el ancho de banda, la dirección de la señal y las condiciones del entorno.

## **ANTENAS RADWIN**

es un proveedor líder de soluciones inalámbricas punto-a-punto y punto-a-multipunto. Incorporando las tecnologías más avanzadas, tales como la antena beamforming y una

innovadora interfaz de aire, los sistemas RADWIN proporcionan el rendimiento óptimo en las condiciones más difíciles, incluyendo alta interferencia y línea de vista obstruida. (Ltd., 2019)

El portafolio RADWIN 2000 ofrece soluciones de banda ancha con y sin licencia en sub-6 GHz, que entregan desde 25 Mbps hasta 750 Mbps, operando en las bandas de 2,3 GHz a 6,4 GHz. (Ltd., 2019)

### **Alta capacidad y largo alcance**

- Rendimiento agregado neto entre 25 Mbps y 750 Mbps
- Modalidad Pay as you grow
- Largo alcance: hasta 120 km (75 millas)
- TDM Nativo (hasta 16 E1/T1) + Ethernet

### **Operación robusta**

- Carrier Class, funciona en condiciones difíciles
- Rendimiento único en espectro ruidoso
- Funcionamiento comprobado en campo en nLOS/NLOS
- Sincronización inter/intra-sitio TDD para maximizar la capacidad de la red
- Capacidad garantizada en paquetes cortos.

## v. RADWIN 2000 D+

La línea RADWIN 2000 D+ es la ampliación más reciente de nuestro completo portafolio de soluciones PtP que han sido desplegadas por los principales operadores, proveedores de servicios y grandes corporaciones. Los radios D+ incorporan funcionalidades y tecnologías avanzadas para responder a la demanda y a las crecientes necesidades de backhaul. (Conectronica, 2015)

Las radios RADWIN 2000 D+ disponen de una avanzada interfaz radio para operaciones sin cortes, tanto en escenarios con severas interferencias, como de no línea de vista (NLOS). Su nueva funcionalidad inteligente de Selección Dinámica de Ancho de Banda de Canal maximiza la capacidad del espectro no licenciado garantizando la robustez y disponibilidad del enlace. (Conectronica, 2015)

A continuación, se muestra una figura 10 y 11, radio RADWIN 2000 D+ y un gráfico de capacidad vs alcance del equipo de radio RADWIN serie D+.



*Figura No 12. Radio RADWIN 2000 D+. (Ltd, 2019)*

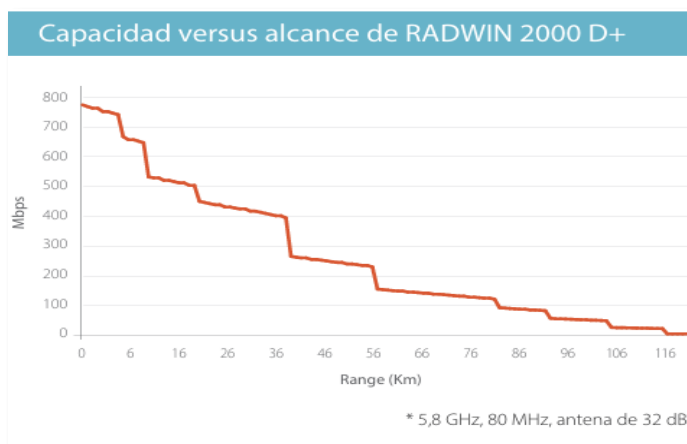


Figura No 13. Gráfico de capacidad vs alcance en radio RADWIN 2000 D+, (Ltd, 2019)

## V. ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

### a. Isletas de Granada

El lago Cocibolca está localizado en los departamentos de Managua, Boaco, Chontales, Río San Juan, Rivas y Granada con una ubicación de 11° 36' y 12° 14' latitud Norte, y entre los 85° 47' y 86° 30' longitud Oeste del meridiano de Greenwich. El lago Cocibolca (lago de Nicaragua) es uno de los mayores del mundo, mide 160 km de longitud de NO a SE por 70 de ancho, encerrando una extensión de 8 000 km<sup>2</sup>, de elevación de 31.40 msnm. A la distancia de 1 km de la ciudad de Granada la costa irregular forma una península rocosa en forma de arco, rodeada por numerosas Isletas, estas Isletas son consideradas el resultado de masivas avalanchas precipitadas de los alrededores del volcán Mombacho, forman un archipiélago de más de 300 pequeñas islas consistentes en bloques de basalto y andesita distribuidos irregularmente cerca de la costa Oeste del Lago. Ellas están separadas por canales de agua calma y están cubiertas con varios tipos de árboles frutales sirviendo de refugio y comida para muchas especies de aves. La región entera con abundantes escenarios y a menudo un interesante potencial para el desarrollo del turismo en esta parte de Nicaragua. (UNAN-MANAGUA, 2017)

Muchas de las isletas han sido pobladas. Algunas son propiedad privada y en ellas se ha construido viviendas o casas vacacionales. Hay también ciertas facilidades para los residentes y turistas. Hoteles y tiendas se encuentran sobre algunas isletas, y tours sobre botes están disponibles. (UNAN-MANAGUA, 2017)

#### **b. Volcán Mombacho**

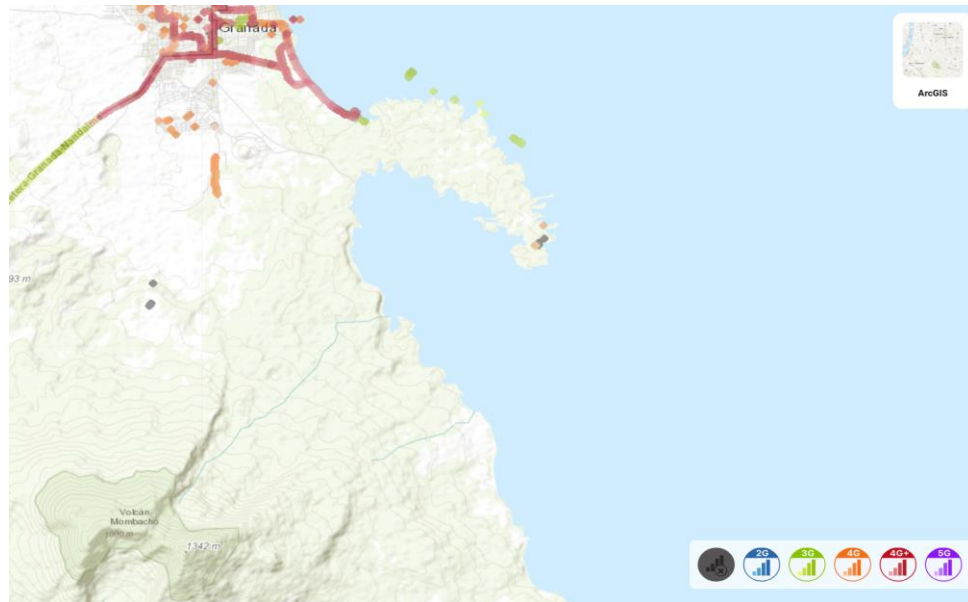
Está ubicado en el Departamento de Granada, a 10 Km. de esta Ciudad y a 50 Km de Managua, en la orilla occidental del lago de Nicaragua, en las coordenadas geográficas de 11° 50´ de Latitud Norte y 85° 59´ de longitud oeste, con una elevación máxima de 1,345 msnm y con una extensión territorial de aproximadamente 578 hectáreas. La Reserva Natural Volcán Mombacho cuenta con un fácil acceso, se encuentra ubicada a la orilla de la carretera, además con una carretera pavimentada y un servicio de transporte el cual lleva a la estación biológica. El clima predominante en las faldas del Volcán Mombacho es tropical seco, se observan dos épocas bien diferenciadas, la de lluvias, desde mayo hasta noviembre, y la seca, que abarca el resto del año. En las cumbres el contraste entre ambas estaciones no está marcado, debido a la humedad constante, característicos de los bosques de neblí selvas. La clasificación de los suelos elaborada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para los suelos del pacífico, centro y norte del país, es la denominada serie Mombacho. Los suelos del Volcán Mombacho se formaron a partir de depósitos de material piro plástico, tales como cenizas volcánicas, coladas de lava y desprendimiento o avalanchas procedentes de las partes más elevadas del Volcán. (Jiménez, 2009)

#### **c. Determinación de la cobertura entre ambos sitios**

El hotel Reith Lake se encuentra en una zona donde la cobertura de red celular móvil es en su totalidad nula, por lo que las isletas de Granada se enfrentan a esta limitante que impacta grandemente a la economía de la zona. Sin embargo, este

estudio técnico brinda una solución para los turistas visitantes del hotel y aporte al crecimiento económico de la zona y sus habitantes.

En la siguiente imagen se muestra la cobertura de acceso de red móvil en la extensión desde el sitio Mombacho (sitio B) hasta el sitio del cliente Hotel El Reith Lake en las isletas de Granada, en los estándares 2G, 3G, 4G, 4G+ 5G.



*Figura No 14. (Imagen propia). Cobertura móvil en extensión del estudio*

Se observa nula cobertura en ubicación del hotel El Reith Lake, que es objetivo para brindar servicio de acceso a internet dedicado a través de un radio enlace. La siguiente lamina nos muestra las velocidades de recepción que se obtienen en sector de estudio, se reporta muy poco o nula conectividad a internet. En velocidades desde 1Mbps hasta 1Gb/s.

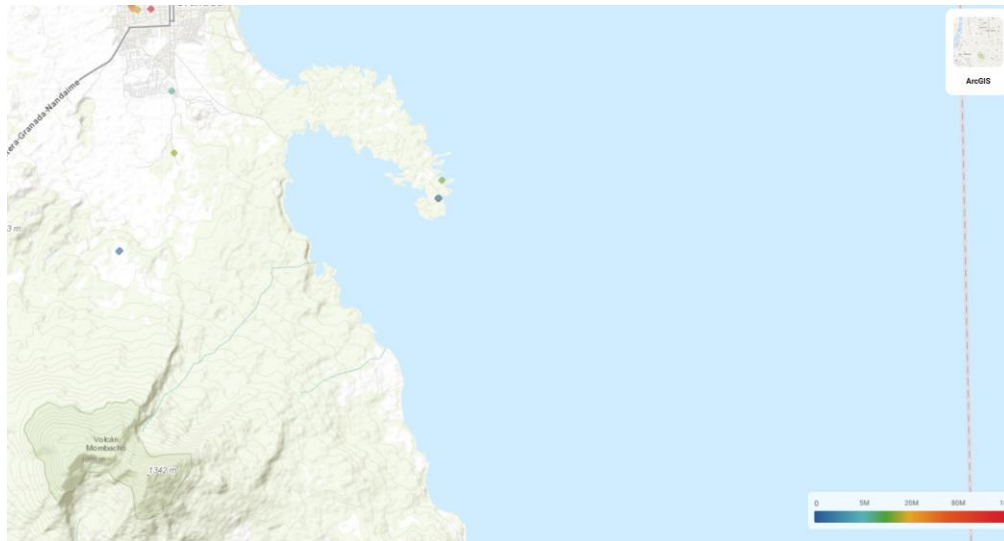


Figura No 15. (Imagen propia). Velocidades de recepción desde 1Mb/s hasta 1Gb/s en zona de hotel

En la siguiente imagen, se observa la cobertura actual de la operadora Claro Nicaragua, respecto al tipo de tecnología, claramente en el perímetro y alrededores del hotel, no se tiene cobertura por parte de la operadora de telecomunicaciones.

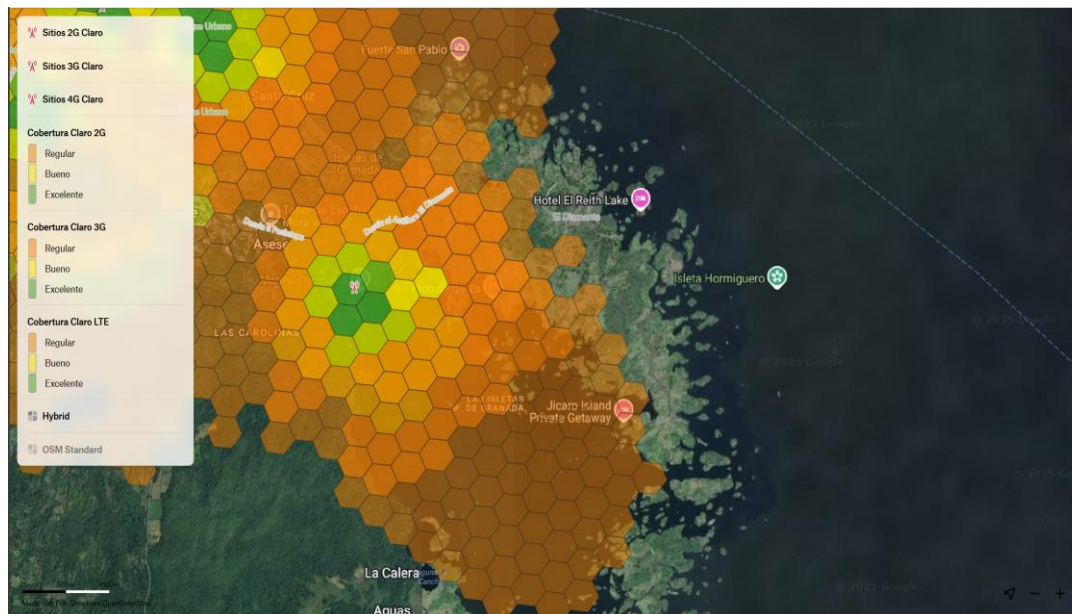


Figura No 16. Mapa de cobertura de red 2G, 3G, 4G de Claro Nicaragua. (NICARAGUA, 2025)

Asimismo, se realizó una investigación de mapa de cobertura de la empresa de telecomunicaciones TIGO Nicaragua, si bien se encuentra en una celda celular, pero la recepción de la señal en el hotel es nula, el cual no permite conexión a 2G, 3G, 4G.

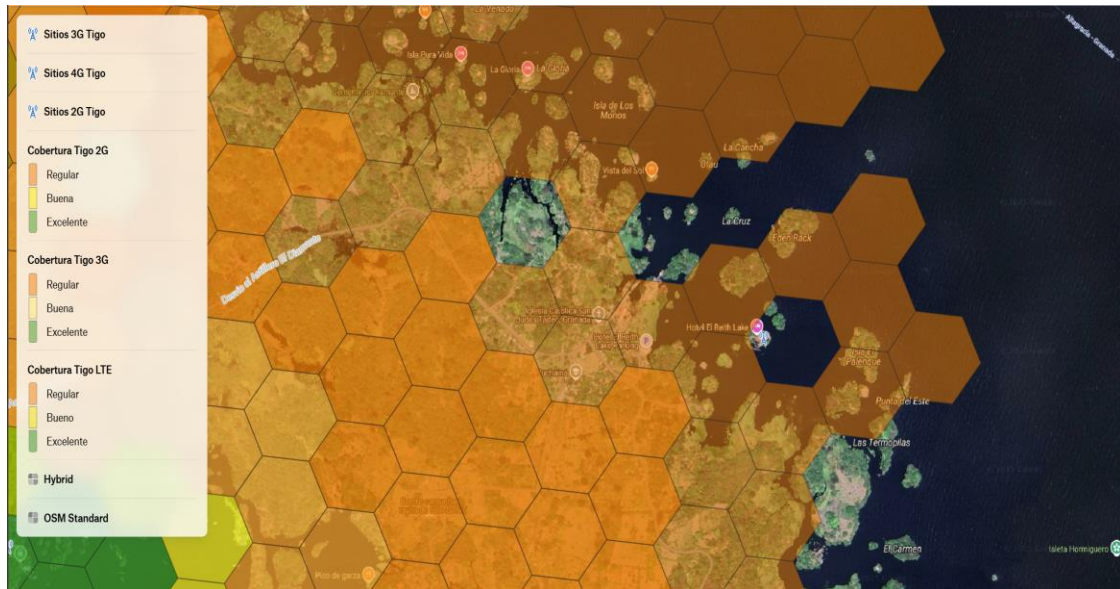


Figura No 17. Mapa de cobertura de red 2G, 3G, 4G de Tigo Nicaragua. (NICARAGUA 2025)

#### d. Análisis preliminar del Hotel Reith Lake

La orden de trabajo preliminar y determinación de la cobertura es una inspección al sitio, en donde se evaluó todos los aspectos dentro del enlace, ya que tiene como objetivo principal proveer la información necesaria para determinar el número y ubicación de los equipos del enlace para proveer la cobertura adecuada. Los aspectos principales son: Coordenadas geográficas, número de antenas instaladas en la torre, condición de la estación, disponibilidad de espacios, estudio de frecuencias.

Primeramente, se realizó un análisis preliminar de la disposición entre ambos sitios de conexión, esto conlleva nombre los sitios, ubicación de sitio "A" y sitio "B", coordenadas, azimut, alturas de las torres en ambos sitios, distancia del enlace, factibilidad de LOS y observación sobre el radio enlace adicional (este en caso de

que se requiera), así como los recursos de asignación o servicio a proveer y el nodo de acceso para el radio enlace. Una vez recolectados estos parámetros, se determinará si el enlace es factible y posterior, su puesta en marcha.

Tabla No 3. Información general del radioenlace

Titulo: Activación Internet Hotel El Reith Lake en Isletas de Granada			
<b>INFORMACION DE CONTROL</b>			
Fecha de Emisión	31-10-2024	Elaborado Por	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Carlos Miguel Benítez Zapata.</li> <li>➤ Nahum de Jesús Juárez López.</li> <li>Heberth Daniel Salablanca Roblero.</li> </ul>
Sitio	Sitio A	Sitio B	-
Nombre	Sitio Volcán Mombacho	Hotel El Reith Lake	-
ubicación	Granada	Isletas de Granada	-
Latitud	11° 50' 3.119" N	11°54'23.71" N	-
longitud	85° 58' 48.291'O	85°53'58.86"O	-
Azimuth	46.84°	226.86°	-
Altura de la torre	60 mts	Torre de 4 tramos equivalente a 12 mts. (ubicación de la torre es en el techo del hotel a una altura de 12 mts de la infraestructura) teniendo una altura máxima de 24 mts.	-
Distancia del enlace	12 km		
LOS	Se tiene factibilidad de línea de vista entre sitio "A" y sitio "B"		
Observación	Se requiere instalación de equipo RADWIN 2000 D+ respectivamente en ambos sitios, con protección 1+0, en una banda de 5 GHz. Se realiza valoración en sitio Mombacho, este es un sitio especial, se toma en cuenta que en mayoría del año se encuentra nublado y la distancia del enlace es de 12km.		

Tabla No 4. Protocolo de enrutamiento

<b>Asignación de recursos</b>
MPLS

Tabla No 5. Nodo de acceso

<b>EQUIPO</b>	<b>BW</b>	<b>CPE</b>
GMOMNIM1N1W1A01A01ENA1 (GR0011)-volcán Mombacho	90Mbps	AR611W

### Requerimientos del radioenlace sitio Mombacho y hotel El Reith Lake

Tabla No 6. Requerimientos técnicos

<b>Frecuencia y banda de operación</b>	<b>Tipo de modulación</b>	<b>Capacidad y ancho de banda</b>	<b>Potencia de transmisión</b>	<b>Antenas y propagación</b>	<b>Equipamiento y protocolo</b>
-5Ghz -5690 MHz	64 QAM	90 Mbps	24 dbm	RW-9721-5158	-RADIO RADWIN 2000DPLUS -TCP/IP MPLS -UPS3000VA FORZA ONLINE TORRE 120V 8 TOMAS FDC-103K.

Tabla No 7. Requerimientos de infraestructura

<b>Ubicación de estaciones</b>	<b>Sistemas de respaldo</b>	<b>Seguridad física</b>
<p>Sitio A: volcán Mombacho.</p> <p>Sitio B: isleta la zorra, Hotel El Reith Lake.</p>	<p>-UPS.</p> <p>-Generador de emergencia.</p>	<p>-Sitio Volcán Mombacho: muro perimetral. Acceso por teleporte.</p> <p>-Sitio cliente Hotel El Reith Lake: isleta segura, torre arriostrada en techo del hotel.</p>

Tabla No 8. Requerimientos regulatorios

<b>Permisos y licencias de operación</b>	<b>Cumplimiento de normas de radiación</b>
<p>El radio enlace será operativo en banda de frecuencia libre.</p>	<p>En este estudio, se cumple con el reglamento técnico de protección contra las radiaciones ionizantes en Nicaragua al momento que el radioenlace este en marcha de implantación.</p>

Tabla No 9. Requerimientos de enlace

<b>Cálculo de presupuesto de enlace</b>	<b>Línea de vista (LOS)</b>	<b>Herramientas de planificación</b>
<p>Presupuesto del enlace: en función de los componentes de red externos e internos del radio enlace.</p> <p>Ganancia de antenas: 28 dbi.</p>	<p>línea de vista optima entre ambos sitios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radio Mobile.</li> <li>- Link Planner</li> <li>-Radwin Link Calculator.</li> <li>- Radwin Planner</li> </ul>

Tabla No 10. Requerimientos de seguridad y calidad

<b>Cifrado de datos</b>	<b>Medidas con interferencias y ataques</b>	<b>Garantía de calidad de servicio (QoS)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguridad cifrada por configuración de enrutamiento dinámico MPLS. Con acceso SSH.</li> <li>- VLAN designada para el equipo de radio, monitoreo desde el Manager WINMANAGE.</li> <li>- Seguridad tipo WPA2-Enterprise con 802.1X para los AP CISCO Meraki MR33</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tunning de red.</li> <li>- Monitoreo y acceso remoto.</li> <li>- Seguridad cifrada y gestionada en la nube.</li> </ul>	<p>Calidad de servicio gracias al desempeño del tipo de radio a implementar y equipo de punto de acceso en hotel, así como sistema de respaldo energético y seguridad física de los equipos externos de la red.</p>

A continuación, se presentan imágenes panorámicas de la infraestructura del hotel Reith Lake, ubicado en las isletas de Granada, en la isleta “La Zorra” donde los AP brindaran cobertura WIFI, según requerimientos y opciones del cliente.



*Figura No 18. (Imagen propia). Vista desde el primer nivel del hotel Reith Lake jardín y puerto*



*Figura No 19. (Imagen propia). Sala de espera del hotel*

En el área de espera o lobby se habilitará un AP para que dé cobertura y conectividad en gestiones administrativas de los trabajadores al momento del ingreso y estadía de los turistas, así cada gestión que se realice sea rápida y segura de obtener, gracias al AP habilitado en esta área.



*Figura No 20. (Imagen propia). Vista del área de pasillos y cuartos en los 3 niveles del hotel*

Se garantiza la cobertura del internet en cada pasillo, habitación y piso del hotel, así como en las áreas de jardín, para que el personal administrativo del hotel y los turistas se sientan seguros del servicio de internet que ofrece el hotel.

En la siguiente imagen se muestra la infraestructura del hotel, el objetivo principal del estudio técnico, es que tanto el personal administrativo, y turistas nacionales y extranjeros, cuenten con el servicio de conectividad a internet, de manera eficiente y segura, esto para que puedan visitar cada área que ofrece el hotel, sin temor a quedar sin conectividad a internet, es por ello, que en este proyecto se instalaran equipos de telecomunicaciones con un alto rendimiento en el transporte de datos y acceso a internet.



*Figura No 21. (Imagen propia). Vista panorámica del hotel Reith Lake*

Nuestro objetivo es que el hotel cuente con un servicio de internet de alta calidad para sus gestiones administrativas, y consumo de turistas nacionales y extranjeros, para que el Hotel Reith Lake en las isletas de Granada, además de ofrecer sus servicios propios y paisajes naturales disponga de una conectividad amplia y robusta, para que la atracción de turistas y eventos especiales sea de gran impacto y crecimiento socioeconómico del hotel.

## **ENTREVISTA**

Se realizó una entrevista al personal administrativo que labora en el hotel para identificar aspectos técnicos de cobertura de internet en la zona, así tomar en cuenta estos datos recopilados para el estudio técnico, de igual manera, se realizó una entrevista a turistas, con el objetivo de tener un respaldo de la población de cómo es la calidad del internet en la zona.

## **INFORMACIÓN GENERAL DEL HOTEL**

- Tamaño del hotel (en metros cuadrados).
- Número de áreas principales del hotel (ej. piscina, lobby, cuartos, restaurante, etc.).
- Número de habitaciones (incluyendo tipo: individuales, dobles, suites).
- Promedio semanal de huéspedes.

- Promedio de ocupación de habitaciones en temporadas alta y baja.

## EXPERIENCIAS DE TURISTAS

- ¿Cómo calificaría la calidad del servicio de internet actual en el hotel? (Escala de 1 a 5)
  - 1 = Muy deficiente
  - 2 = Deficiente
  - 3 = Regular
  - 4 = Bueno
  - 5 = Excelente
- ¿Qué tipo de problemas han experimentado los huéspedes con la conectividad a Internet? (Seleccione todas las que correspondan)
  - Lentitud en la conexión
  - Interrupciones frecuentes
  - Dificultad para conectar múltiples dispositivos
  - Mala cobertura en ciertas áreas del hotel
  - Otros (especifique)
- ¿En qué áreas del hotel los huéspedes han reportado más problemas de conectividad?
  - Habitaciones
  - Piscina
  - Lobby
  - Restaurante
  - Sala de eventos
  - Otras (especifique)

## USO INTERNO DE INTERNET

- ¿Cuántos dispositivos utiliza el hotel simultáneamente para operaciones internas? (ej. Computadoras, celulares, tablets, sistemas de reservas, etc.)
- ¿Con qué frecuencia el personal del hotel experimenta problemas de conectividad durante las actividades laborales?
  - Frecuentemente
  - Ocasionalmente
  - Raramente
  - Nunca
- ¿Qué impacto tienen estos problemas de conectividad en las operaciones diarias del hotel? (Escala de 1 a 5)
  - 1 = No afecta
  - 2 = Afecta mínimamente
  - 3 = Afecta moderadamente
  - 4 = Afecta significativamente
  - 5 = Afecta gravemente
- ¿Qué actividades del hotel son más afectadas por problemas de conectividad? (Seleccione todas las que correspondan)
  - Sistema de reservas
  - Comunicación con clientes
  - Procesos administrativos
  - Servicios de entretenimiento para los huéspedes
  - Otros (especifique)

## EXPECTATIVAS DEL HOTEL

- ¿Qué mejoras le gustaría ver en los servicios de internet del hotel? (Seleccione todas las que correspondan)
  - Mayor velocidad de conexión
  - Mayor estabilidad (menos interrupciones)
  - Mejor cobertura en todo el hotel
  - Mayor capacidad para conectar múltiples dispositivos simultáneamente
  - Otros (especifique)
- ¿Cuáles serían los beneficios de contar con un mejor servicio de conectividad en el hotel? (Seleccione todas las que correspondan)
  - Mejora en la satisfacción de los huéspedes
  - Mayor eficiencia en las operaciones del hotel
  - Aumento de la competitividad frente a otros hoteles
  - Incremento en las reservas y la ocupación
  - Otros (especifique)
- ¿Considera que los huéspedes están dispuestos a pagar más por un servicio de internet de mejor calidad? (Sí / No / No está seguro)

A continuación, se muestran algunos resultados de la encuesta

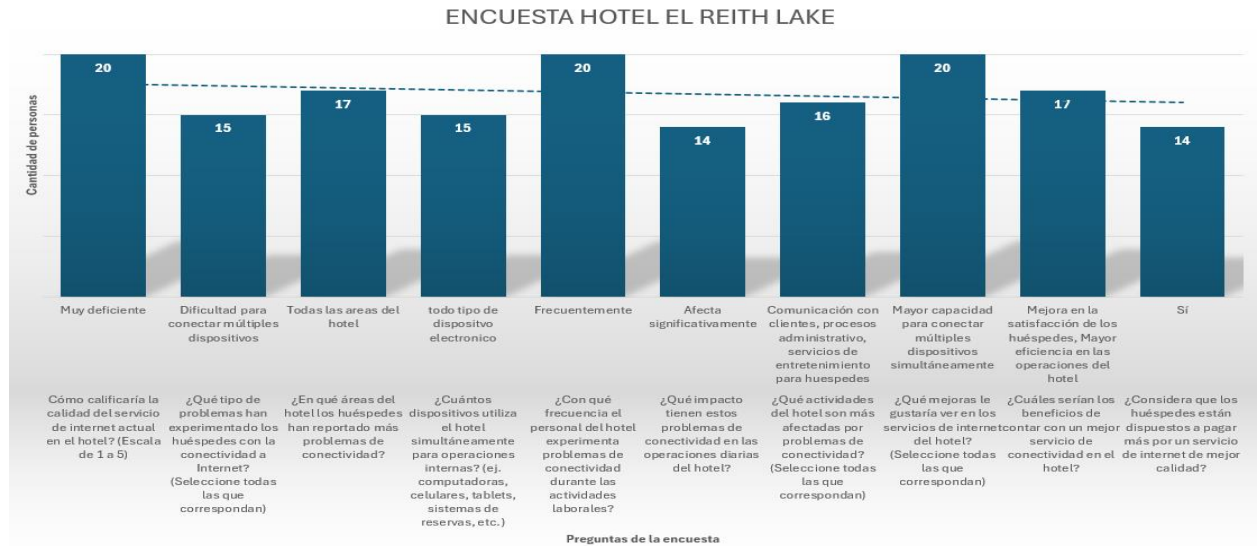


Figura No 22. (Imagen propia). Resultados de preguntas de la encuesta

### e. Estudio línea de vista (LOS)

Se realizó visita en ambos puntos para la visualización del radio enlace y co-ubicación de ambos sitios, asimismo, un estudio de la línea de vista, ya que este parámetro es primordial y es el que determina si el radio enlace se puede llevar a cabo o no al momento de la implementación.



Figura No 23. (Imagen propia). Línea de vista desde el sitio B (Hotel Reith Lake)

En la línea de vista desde el hotel se observa una proyección amplia y sin obstrucción hacia el sitio A (volcán Mombacho), lo que se determina como LOS factible desde sitio “B”.



*Figura No 24. (Imagen propia). Línea de vista desde el sitio A (Volcán Mombacho)*

En la línea de vista desde el sitio Mombacho se tiene una proyección amplia y sin obstrucción hacia el Hotel El Reith Lake, lo que se determina un LOS factible desde sitio “A”.

Se realizó un levantamiento topográfico en ambos sitios, utilizando el sistema de información geográfica de Google Earth, determinando las coordenadas exactas de ambos sitios, distancia total del enlace, perfil de elevación y LOS.

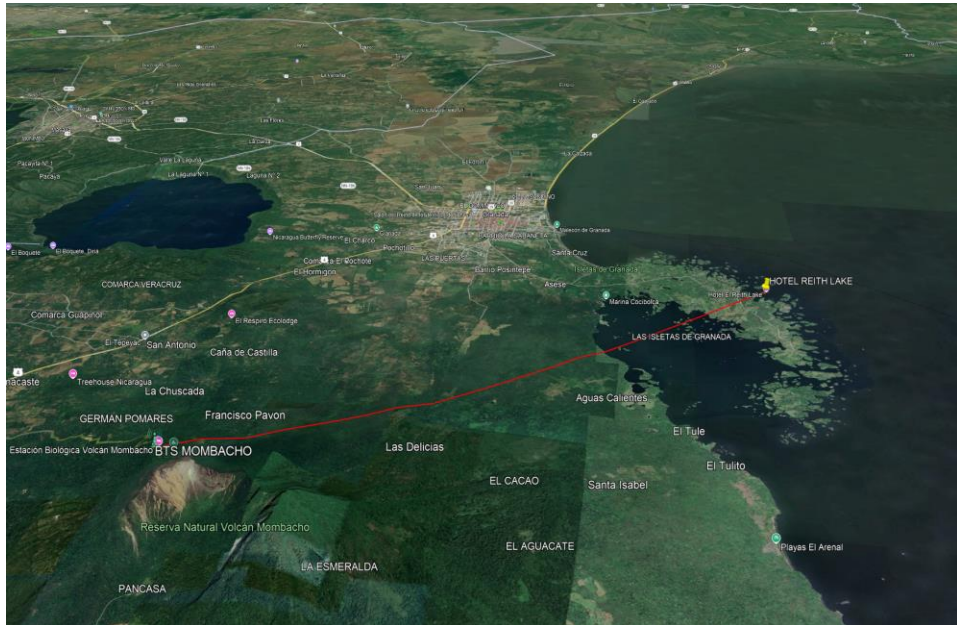


Figura No 25. (Imagen propia). Trayectoria de radio enlace entre ambos sitios

Se realizó marcación de ambos sitios para obtener una trayectoria exacta y realizar los cálculos de pérdida por distancia del radio enlace.

En sitio Volcán Mombacho a como se puede observar se tiene una elevación de 1132 m sobre el nivel del mar, en una distancia de 12 km hacia el Hotel.

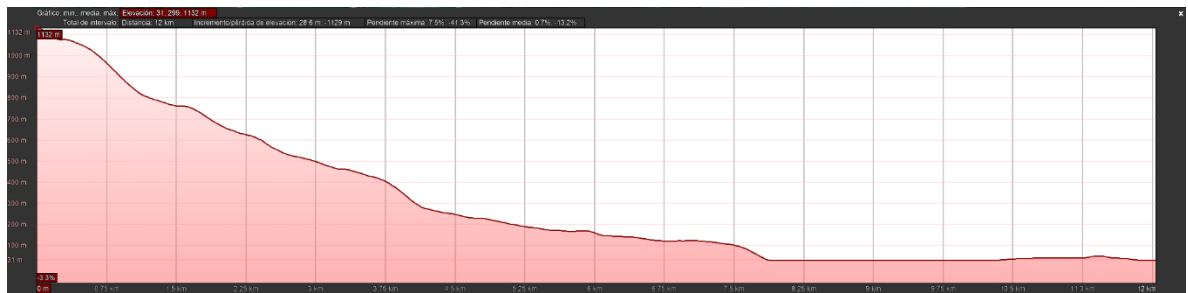


Figura No 26. (Imagen propia). Elevación en sitio A (Volcán Mombacho)

En el hotel a como se puede observar se cuenta con una elevación de 31 m sobre el nivel del mar, en una distancia igualmente de 12 km hacia el sitio Volcán Mombacho.

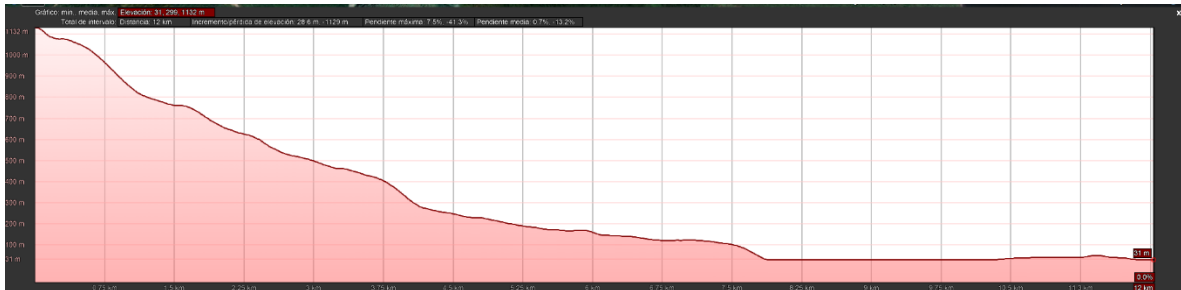


Figura No 27. (Imagen propia). Elevación en el sitio B (Hotel Reith Lake)

## f. Diseño del radioenlace

### i. Selección de equipos

El portafolio RADWIN 2000 ofrece soluciones de banda ancha con y sin licencia en sub-6 GHz, que entregan alto rendimiento de hasta 750 Mbps y funcionan a largo alcance. Las bandas compatibles incluyen: 2,3-2,4 GHz, 3,3-3,8/3,65 GHz, 4,4-6,0 GHz y 5,7-6,4 GHz. Compactos y robustos, los productos RADWIN 2000 proporcionan Ethernet y TDM nativo (hasta 16 E1/T1), facilitando la perfecta migración de TDM a redes completamente IP.

Los radios RADWIN 2000 incorporan tecnologías de vanguardia tales como MIMO, OFDM y esquemas de alta modulación, incluyendo QAM 256. Las capacidades especiales de la interfaz de aire aseguran un rendimiento óptimo y alta eficiencia espectral en entornos de radio densos y condiciones multiruta.

Los radios RADWIN 2000 también son compatibles con QoS y características de red avanzadas tales como VLAN y Q-in-Q. Las radios RADWIN 2000 pueden ser implementadas en topologías punto-a-punto y múltiples punto-a-punto y proporcionan sincronización TDD intra-sitio e inter-sitio para maximizar la

capacidad de la red. Estas radios tienen incorporada redundancia 1+1 y funcionalidad de protección de anillo para maximizar la disponibilidad del servicio.

Los productos RADWIN 2000 cumplen con los estándares y regulaciones de todo el mundo y son implementados a nivel global por los principales operadores, proveedores de servicios, redes públicas y redes privadas que requieren conectividad de alta capacidad.

Características destacadas del portafolio RADWIN 2000:

### **Alta capacidad y largo alcance**

- Rendimiento agregado neto entre 10 y 750 Mbps
- Modalidad Pay as you grow
- Largo alcance: hasta 120 km (75 millas)
- TDM Nativo (hasta 16 E1/T1) + Ethernet
- Operación robusta
- Carrier Class, funciona en condiciones difíciles
- Rendimiento sin igual en entornos de radiofrecuencia densa
- Funcionamiento comprobado en campo en nLOS/NLOS
- Sincronización inter/intra-sitio TDD para maximizar la capacidad

de la red

- Protección del servicio Ethernet por medio de topologías 1+1 y en

Anillo

### **Fácil de instalar y mantener**

- La radio multibanda cuenta con múltiples bandas de frecuencia en

una sola plataforma.

- Capacidades QoS y VLAN

Serie D+ RW 2000: hasta 750 Mbps

Serie C RW 2000: hasta 200 Mbps + 16 E1/T1

Serie B RW 2000: hasta 50 Mbps +8 E1/T1, actualizable a 200 Mbps

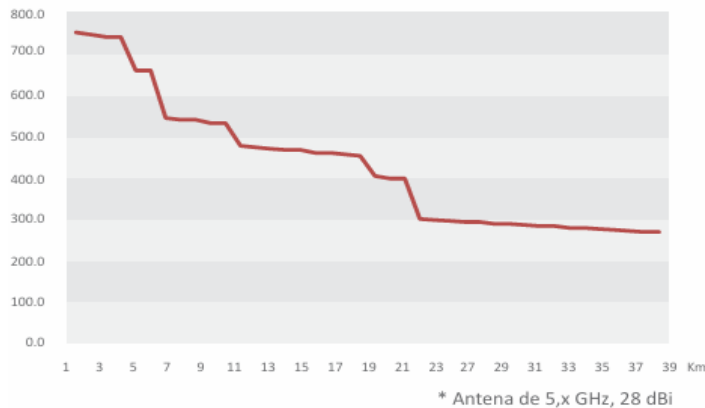
Serie A RW 2000: 10/25/50 Mbps + 2 8 E1/T1, actualizable hasta 100 Mbps

Serie RW 2000i All Indoor: hasta 750 Mbps

### **Serie D+ RADWIN 2000**

La serie D+ RADWIN 2000 proporciona hasta 750 Mbps de rendimiento Ethernet, lo que es ideal para las aplicaciones de backbone IP. La serie D+ RADWIN 2000 proporciona eficiencia de alto espectro empleando el esquema de modulación QAM 256. La serie de radios D+ RADWIN 2000 ofrece alto rendimiento incluso en espectros altamente congestionados, utilizando las técnicas mejoradas de mitigación de interferencia de RADWIN y D-CBS (Selección dinámica de ancho de banda de canal). D-CBS es una característica especial que selecciona el mayor ancho de banda de canal (hasta 80 MHz), sin embargo, con la mínima interferencia para maximizar el rendimiento del enlace. Los radios RADWIN 2000 D+ proporcionan 350 Mbps a 40 MHz y son compatibles con anchos de banda de canal de 20 MHz y 10 MHz. Las soluciones se basan en la extensa experiencia de RADWIN en el diseño de sistemas para operar comercialmente en entornos nLOS/NLOS y sobreponerse a condiciones severas de múltiples rutas.

En la siguiente imagen se muestra el rendimiento total de ancho de banda a 80 MHz de la serie D+ RADWIN 2000 por Mbps y distancia (Km).



*Figura No 28. Rendimiento total del RADWIN 2000 D+ en un canal máximo permitido de 80Mhz y un ancho de banda máximo de 750 Mb/s*

### Características destacadas de la serie D+ RADWIN 2000

- Rendimiento de Ethernet hasta 750 Mbps
- Alcance hasta 120 km (75 millas)
- Maximización de la capacidad del enlace D-CBS en espectros congestionados
- Capacidad asimétrica configurable
- Selección automática entre los modos MIMO y Diversidad para desempeño NLOS óptimo

La solución RADWIN 2000 es lo suficientemente robusta y durable para soportar las condiciones exteriores más difíciles, y es muy fácil de instalar y mantener. Los enlaces de RADWIN han excedido las expectativas técnicas a nivel mundial, en cuanto a capacidad, seguridad y robustez. Es por lo que en este estudio técnico se propone implementar el radio enlace con un equipo RADWIN de la serie 2000D+.

En la siguiente figura se muestran los componentes del equipo RADWIN 2000D+.

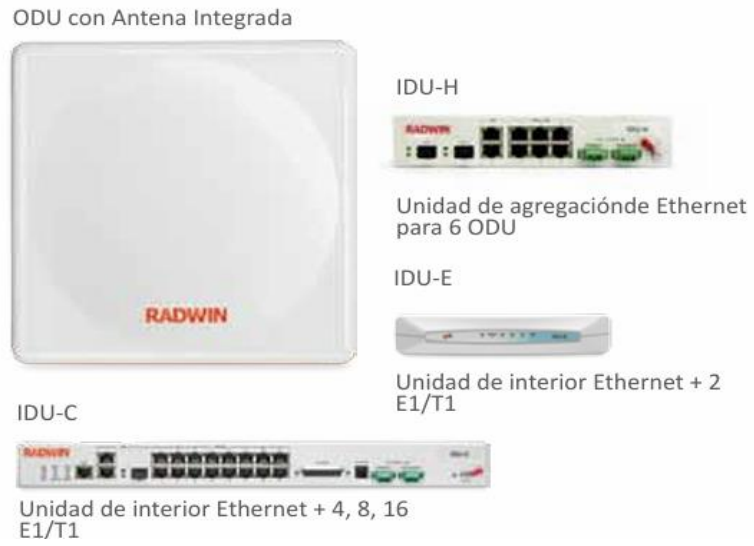


Figura No 29. Componentes de radio para radioenlace

### Posicionamiento de equipo de radio Radwin 2000 D+

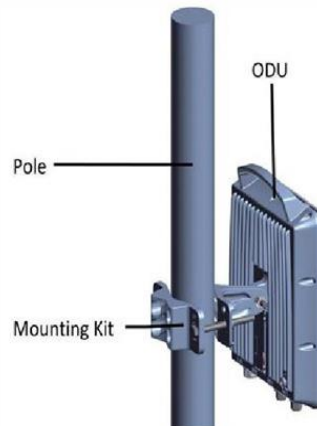
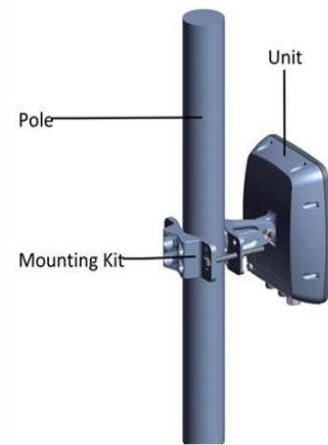
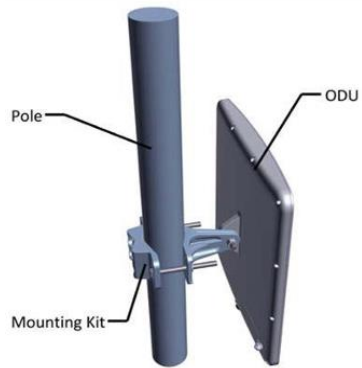


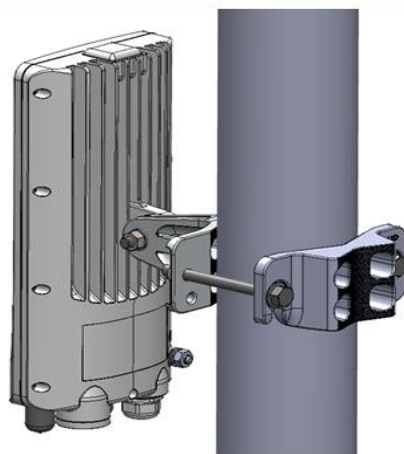
Figura No 30. LFF y Alpha 6.4 ODU montados



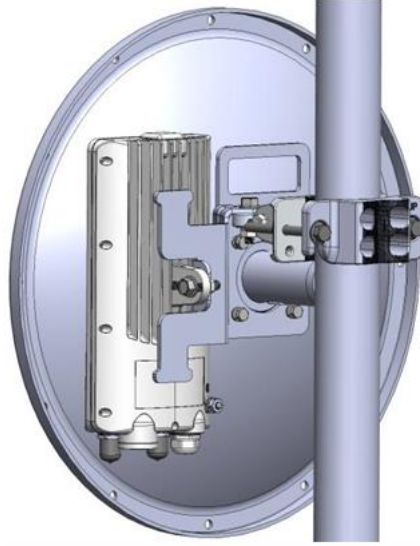
*Figura No 31. SFF ODU o GSU montados*



*Figura No 32. RADWIN 2000 INT ODU montado*



*Figura No 33. RADWIN 2000 E RADU externo montado*



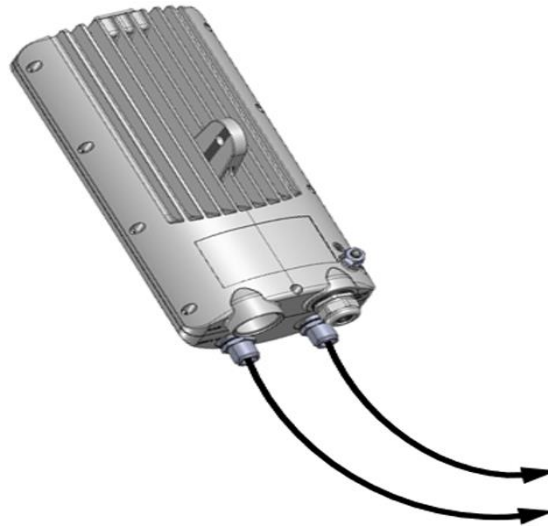
*Figura No 34. Antena parabólica y soporte montados en un kit de montaje estándar*

### Conexión de ODUs externas de RADWIN 2000 a una antena



*Figura No 35. Equipo de radio RADWIN*

1. Conecte la antena externa a las conexiones de la antena ODU como se muestra.



*Figura No 36. Conexiones verticales y horizontales*

#### Conexión de las ODU

Conexión de LFF, SFF, RADWIN 2000 Alpha INT y Alpha

ODU conectorizadas

Al trabajar con la ODU conectorizada alfa:

- Es posible que aparezca un voltaje peligroso de 56 V CC en las conexiones de antena accesibles. Uso de equipo de protección personal (por ejemplo, guantes aislantes) cuando se trabaja con el ODU o la antena.
- Conecte el blindaje del cable coaxial de la antena a la tierra protectora cuando se utiliza cable coaxial.
- Una persona capacitada debe conectar permanentemente la ODU a la tierra protectora usando cableado de 14 AWG mínimo.

1. Conecte un cable CAT-5e al puerto de entrada de la ODU como se muestra a continuación.

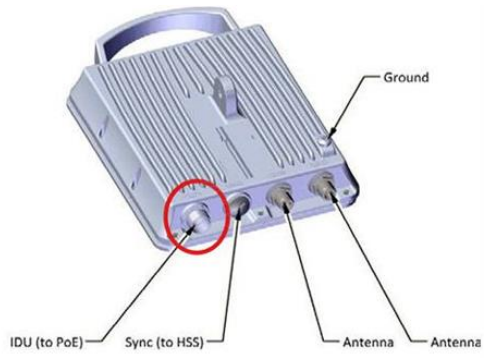


Figura No 37. Puerto de entrada: LFF ODU (Etiqueta de conexión)

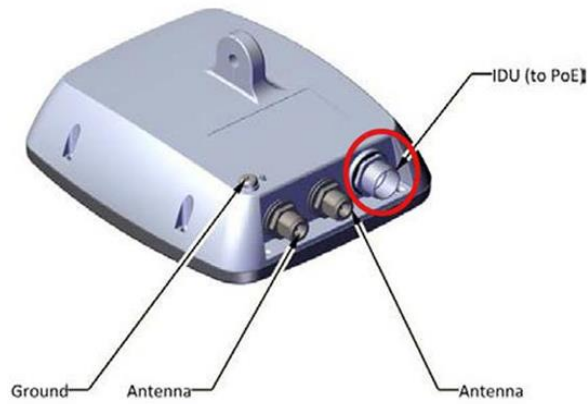


Figura No 38. Puerto de entrada: SFF ODU (Etiqueta de conexión "IDU")

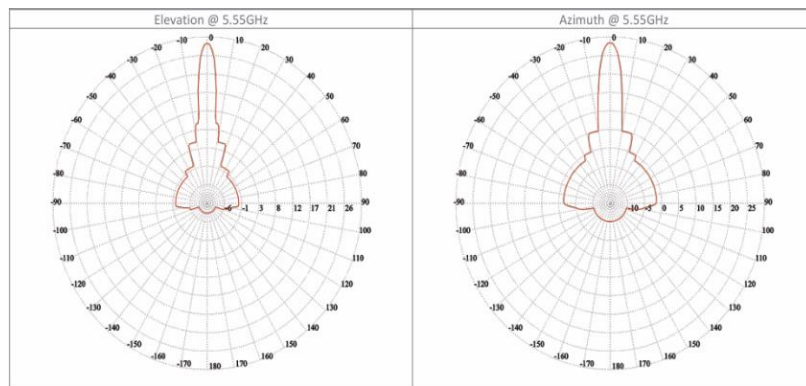


Figura No 39. Puerto de entrada RADWIN 2000 Alpha INT ODU (Sin etiqueta)

En este estudio de radio enlace se plantea instalar equipos RADWIN, con su respectiva antena externa que cumple con los parámetros y demandas del radio enlace. En la siguiente imagen se muestra el modelo y especificaciones de la antena.



*Figura No 40. RADWIN antena ext. Dish 4.9-6.06 GHz 28Dbi*



*Figura No 41. Diagrama de antena RADWIN ext. Dish*

Tabla No 11. Especificaciones técnicas de la antena RADWIN

Eléctricas	
Rango de frecuencia	4.9-6.06 GHz
Ganancia	28 dBi
VSWR	1.5:1 (typ)
3db Ancho de haz Azimut	5.6°
3db Elevación del ancho de haz	5.6°
Polarización	Doble revestimiento (vertical-horizontal)
Nivel de lóbulos laterales	>20dB
Polarización cruzada	>25dB
Relación F/B	35dB
Mecánicas	
Dimensión	Diámetro=725mm; Depth=440mm
Peso	6.3Kg
Radomo	N/A
Medio ambiental	
Rango de temperatura	-20Deg.to+65Deg.
Velocidad del viento	supervivencia 160km/h; Operation 110km/h

## ii. Diseño de la infraestructura del radioenlace

Representación gráfica.

En el sitio terminal Hotel El Reith Lake se estará brindando servicio de internet que saldrán a través del Radwin 2000D+ hacia el sitio nodal que bajara por la otra cara del radio Radwin 2000D+ hacia equipos de datos, permitiendo así el servicio de internet en el sitio de estudio.

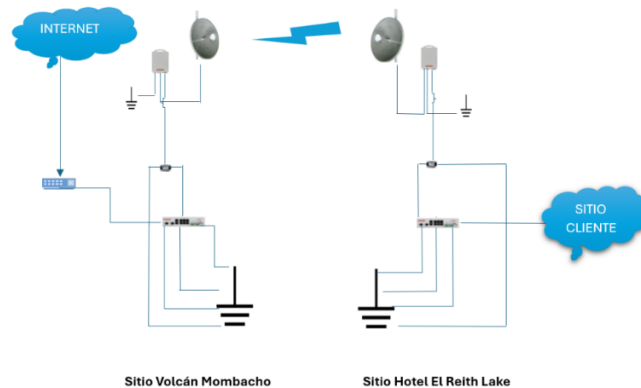


Figura No 42. (Imagen propia). Representación física del enlace en el sitio A (Volcán Mombacho) y sitio B (Hotel Reith Lake)

### g. FACTOR CLIMATICO

Es de suma importancia tener en cuenta el factor climático ya que este puede influir ya sea de manera directa o indirecta en el desempeño de nuestro radio enlace, se usó la herramienta link planner para obtener datos acerca del factor climático y las pérdidas obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla.

*Tabla No 12. Factores climáticos, pérdidas y estándares entre los sitios*

<b>FACTOR CLIMÁTICO, PÉRDIDAS Y ESTÁNDARES</b>			
DN / DH NO SUPERADO EL 1% DEL TIEMPO	-107.47 N units/km	Pérdida de trayectoria del espacio libre (FSPL)	129.1 dB
RUGOSIDAD DEL ÁREA 110X110KM	162.63m	Pérdidas por absorción	0.11 dB
FACTOR GEO CLIMATOLÓGICO	7.26e-06	Tipo de enlace	Línea de vista
FACTOR DE DESVANECIMIENTO (PO)	1.11e-05	Pérdida de trayecto excesiva	0.00 dB
INCLINACIÓN DE TRAYECTO	96.45 mr	Gases atmosféricos	ITU-R P.676-12, ITU-R P.835-6
VALOR K EXCEDIDO 99.99%	0.45	Perdidas de difracción	ITU-R P.526-15
PÉRDIDAS DE TRAYECTORIA EXCESIVA K	0.00 dB	Propagación	ITU-R P.530-17
0.01% PROBABILIDAD DE LLUVIA	77.73 mm/hr	Rain rate	ITU-R P.837-7
ATENUACIÓN POR LLUVIA	0.40 dB/km	Índice de refracción	ITU-R P.453-14

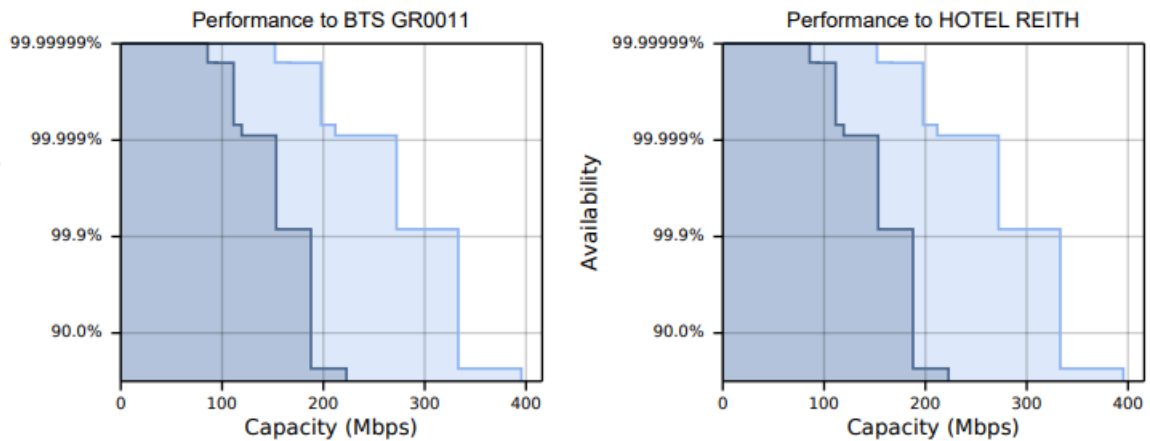


Figura No 43. (Imagen propia). Gráfica de rendimiento entre sitio A y sitio B

La gráfica que se observa en la figura 43 representa una gráfica de rendimiento donde el color azul más oscuro tiene una capacidad simétrica, asumiendo un tráfico saturado en la otra dirección respectivamente mientras que la tonalidad celeste representa alta capacidad, asumiendo que no hay tráfico en la otra dirección

#### **h. CALCULOS MATEMATICOS**

A continuación, se presentan cálculos técnicos relacionados con el diseño de enlaces de radio, los resultados nos permiten evaluar la viabilidad y la confiabilidad del sistema.

#### **i. Cálculo de la zona de Fresnel**

El cálculo de la zona de Fresnel nos ayuda a determinar el área alrededor de la trayectoria directa entre el emisor y el receptor donde la señal puede ser afectada por obstáculos.

$$r_n = \sqrt{\frac{n * \lambda * d_1 * d_2}{d_1 + d_2}} \qquad r_1 = 8.657 * \sqrt{\frac{D}{f}}$$

Ecuación No. 4. Ecuación para calcular zona de Fresnel

$$r_1 = 8.657 * \sqrt{\frac{12km}{5.47Ghz}} = 12.820m$$

$r_1$  = radio en metros

D = distancia en kilómetros ( $d_1 = d_2$ ,  $D = d_1 + d_2$ )

f = frecuencia de la transmisión en Ghz GHz ( $\lambda=c/f$ ).

## ii. **Atenuación y pérdida de trayecto por espacio libre**

Es la pérdida por dispersión debido a que en realidad no se pierde energía, sólo se reparte al propagarse alejándose de la fuente y se reduce a una menor densidad de potencia de determinado punto a determinada distancia de la fuente. Donde se detalla su valor en este estudio técnico.

$$FSL_{(dB)} = 32.4 + [20 \log (5475_{MHz})] + [20 \log (12_{km})]$$

*Ecuación No. 5. ecuación de atenuación y pérdida de trayecto por espacio libre*

$$FSL_{(dB)} = \mathbf{128.751 \text{ dB}}$$

$$\gamma_{\left(\frac{dB}{km}\right)} = (0.0002428) (145 \text{ mm/h})1.5317 = \mathbf{0.496 \text{ dB / km}}$$

De acuerdo con los datos de R, nos dice la recomendación **UIT-P.837-1** que “presenta las características de la precipitación para el modelado de propagación”; que para la disponibilidad del 99.99%, Nicaragua está ubicada en la zona P; equivalente al 0.01% con una intensidad de lluvia de 145 mm<sup>3</sup>/h.

## iii. **Pérdida por conexiones de cables**

Para este radio enlace, se instalará un protector Ethernet a una distancia de 2 metros del radio y un cable de baja pérdida, tomándose en cuenta solamente dicha distancia; esta disposición será para ambos puntos (Transmisor y Receptor). Y se calcula de la siguiente forma:

$$Pérdida_{dB} = L * \Delta$$

*Ecuación No. 6. ecuación para pérdidas por conexión de cables*

$L_{(Tx/Rx)}$  = Longitud de cable a utilizar

$\Delta$  = Atenuación de Protector LMR-400 a 5GHz

$$Pérdida Tx_{dB} = (2 * 0.64) + 0.4 = \mathbf{1.68 dB}$$

$$Pérdida Rx_{dB} = (2 * 0.64) + 0.4 = \mathbf{1.68 dB}$$

Para la pérdida por conectores se instalará 4 conectores por cable dos a cada extremo y se considera una pérdida aproximada de 0.2 dB, con una pérdida total de 0.8 dB.

Así que tenemos:

$$Pérdida Total Tx/Rx_{dB} = 1.68 dB + 1.68 dB = \mathbf{3.36 dB}$$

#### **iv. Pérdida total del radio enlace**

La ecuación de pérdida total del radio enlace nos sirve para saber cuánta potencia se pierde en la transmisión de la señal de un punto a otro.

$$P_{total} = P_{FSL} + P_{T_{Tx/Rx}}$$

*Ecuación No. 7. ecuación para pérdida total del espacio libre*

$$Pérdida Total Radio Enlace_{dB} = 128.751dB + 3.36 dB = \mathbf{132.111 dB}$$

#### **v. Pérdida en la potencia de recepción**

Esta ecuación para determinar cuanta señal llega efectivamente al receptor de nuestro transmisor luego de transmitirse por el medio.

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - P_{Total Radio Enlace}$$

*Ecuación No. 8. ecuación para la pérdida en la potencia de recepción*

$$P_{Rx} = 25dBm + 28dBi + 28 dBi - 132.75dB$$

$$P_{Rx} = 20_{dBm} + 28_{dBi} + 28_{dBi} - 132.111_{dBi} = \mathbf{-56.111 dBm}$$

$P_{Rx}$  = Pérdidas en la potencia recibida (dBm).

$P_{Tx}$  = Potencia del transmisor (dBm).

$G_{Tx}$  = Ganancia de la antena transmisora (dBi).

$G_{Rx}$  = Ganancia de la antena receptora (dBi).

$P_{FSL}$  = Pérdidas por propagación (dB).

## vi. PIRE (Potencial isotrópica radiada efectiva)

Es la potencia equivalente del transmisor lo que significa que es la cantidad de potencia que emitirá una antena isotrópica para producir la densidad de potencia observada en la dirección de máxima ganancia de una antena, y se calcula de la siguiente forma:

$$PIRE = P_T + G_T - L_C$$

*Ecuación No. 9. ecuación para determinar PIRE*

$$PIRE = 20_{dBm} + 28_{dBi} - 0_{dB} = 48_{dB}$$

$$PIRE = 48_{dB} + 3_{dB} = 51_{dB}$$

Como el radio emplea MIMO 2X2 tendrá una ganancia agregada de +3dB.

$P_T$  = potencia de salida del transmisor, en dBW o dBm.

$G_T$  = ganancia de la antena transmisora, en dBi, relativa a una antena isotrópica.

$L_C$  = atenuación de señal en el cable de conexión entre el transmisor y la antena, en dB.

## vii. Margen de desvanecimiento

Esta ecuación nos permite saber cuánto puede soportar nuestro radio enlace las atenuaciones o desvanecimientos en la señal que se recibe sin que haya fallas en el nuestro sistema.

$$F_m = 30 \log(D) + 10 \log(6 ABF) - 10 \log(1 - R) - 70$$

*Ecuación No. 10. ecuación para determinar margen de desvanecimiento.*

$$F_m = 30 \log(12\text{km}) + 10 \log(6 * 4 * 1 * 5.47) - 10 \log(1 - 0.9999) - 70$$

$$F_m = 23.50 \text{ dB}$$

$F_m$ : Margen de desvanecimiento para un determinado objetivo de confiabilidad.

D: Distancia en km.

A: Factor de rugosidad.

B: Factor de análisis del clima.

R: Objetivo de la confiabilidad.

F: Frecuencia GHz.

**En la expresión se observan tres campos específicos que se indican:**

log (D): Efecto de múltiples trayectorias.

log (6ABf): Objetivos de confiabilidad.

log (1-R): Sensibilidad a superficies rocosas, que a su vez se componen de los factores:

**A: Factor de rugosidad adopta los valores de acuerdo con las condiciones siguientes:**

4= Espejos de agua, ríos muy anchos, etc.

3= Sembradíos densos, pastizales, arenales.

2= Bosques (la propagación va por encima)

1= Terreno normal.

0.25= Terreno rocoso disparejo.

**B: Factor climático de acuerdo con las condiciones siguientes:**

1 = Áreas marinas o con condiciones de peor mes, anualizadas.

0.5 = Áreas tropicales calientes y húmedas.

0.25 = Áreas mediterráneas de clima normal.

0.125 áreas montañosas de clima seco y fresco.

## MARGEN DE DESVANECIMIENTO CUANDO SE CONOCE LA SENSIBILIDAD RECEPTOR

$$M_d = P_R - N_u$$

$$M_d = -51.75\text{dB} - (-65\text{dBm}) = 13.25\text{dBm}$$

### viii. Cálculo de indisponibilidad y confiabilidad del radio enlace

#### INDISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD

El cálculo de indisponibilidad y confiabilidad del sistema nos ayudara a evaluar el rendimiento, estabilidad y la calidad en nuestro radio enlace, lo cual es clave para saber si el enlace es fiable y conveniente para el cliente.

$$R = (100 - P) * 100$$

*Ecuación No. 11. ecuación para determinar la confiabilidad del radio enlace*

Donde P se calcula como en la siguiente fórmula:

$$P = 6 * 10^{-7} * A * B * F * D^3 * 10^{Md/10}$$

*Ecuación No. 12. ecuación para despejar valor de P*

$$P = 6 * 10^{-7} * 4 * 1 * 5475 * 12^3 * 10^{-\left(\frac{13.25}{10}\right)}$$

$$\underline{P = 1.0743}$$

$$R = (100 - 1.0743) * 100$$

$$\mathbf{R = 98.92\%}$$

Donde

$$D = 12\text{km}$$

$$A = 4$$

$$B = 1$$

$$F = 5475 \text{ MHz}$$

$$Md = 13.25 \text{ dBm}$$

### ix. Porcentaje de indisponibilidad

Que el objetivo de disponibilidad para un radioenlace digital real destinado a formar parte de un circuito de grado alto dentro de una RDSI, de una longitud, L, comprendida entre 280 y 2500 km sea el siguiente; Según la Recomendación UIT-R F695 indica que el porcentaje de confiabilidad sea mayor a 99.9664 %. Lo cual lo calculamos a partir de la siguiente formula:

$$P_T = 0.3 * \left(\frac{280\text{km}}{2500}\right)\% = \mathbf{0.0336}$$

*Ecuación No. 13. Cálculo para determinar porcentaje de indisponibilidad*

$P_T$  = Porcentaje de indisponibilidad (%)

$$RT = (100 - PT)\%$$

$$RT = (100 - 0.0336)\% = \mathbf{99.9664\%}$$

### x. Angulo crítico

El ángulo crítico es el ángulo de inclinación en el que se produce la perdida de señal por desvanecimiento o atenuación causado por la curvatura de la tierra generalmente y el comportamiento de las ondas electromagnéticas.

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{h1 - h2}{d} \right)$$

*Ecuación No. 14. Cálculo de ángulo crítico*

$$\tan^{-1} \left( \frac{30 - 18}{12000} \right) = \mathbf{0.0573^\circ}$$

donde

h1 = altura del sitio nodal

h2 = altura de cliente

d = distancia

## **i. SIMULACION DEL RADIO ENLACE**

Se simuló el radio enlace usando software especializados con el fin de tener información más clara y concisa, para poder brindar un mejor feedback y mantener una buena calidad del servicio en todo momento.

El estudio técnico plantea la solución con equipos de radio RADWIN 2000D+ por su alta eficiencia y desarrollo en ambientes climáticos difíciles, asimismo, la proyección del radio enlace se realizó con la propia herramienta de cálculos de RADWIN con modelo 2000D+, esto para obtener resultados confiables y con una alta tasa de veracidad y viabilidad en un escenario de implementación. A como nos muestra la imagen siguiente, se realizaron los ajustes paramétricos del radio enlace, como la banda de frecuencia a utilizar, la serie del equipo de radio, el ancho de canal a establecer en el radio enlace, tipo de antena, ganancia

de la antena, coordenadas de cada sitio, altura de las antenas, distancia del enlace, entre otros.

### **5.9.1 Radio Mobile**

También se realizó la simulación del radio enlace en Radio Mobile con el fin de tener mayor fiabilidad, precisión y credibilidad en el estudio, teniendo en cuánto más de un punto de vista en las simulaciones.

En Radio Mobile se tomó en cuenta la misma frecuencia, mismas coordenadas en ambos puntos (Volcán Mombacho y Hotel Reith Lake) y alturas de las antenas con el fin de tener mejores resultados a la hora de la simulación en Radio Mobile dando los siguientes resultados que se muestran a continuación.

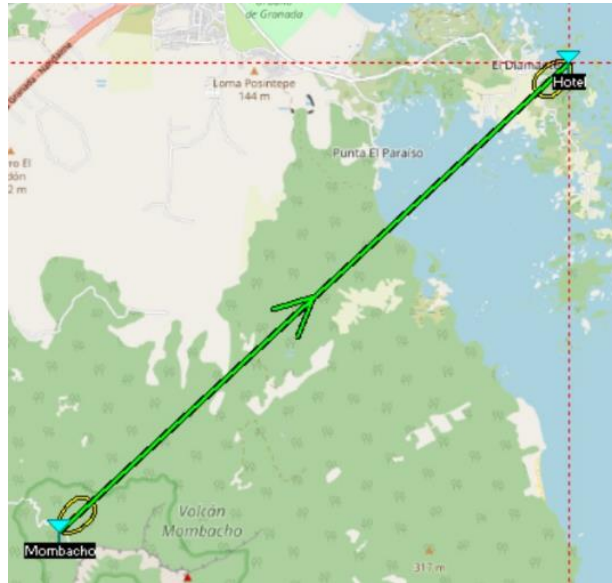


Figura No 44. (Imagen propia). Proyección del radio enlace en Radio Mobile

Como se observa en la imagen, la conexión entre ambos sitios está hecha también se observa una línea de color verde que va desde el Volcán Mombacho hasta el Hotel Reith Lake. Esta línea indica que la calidad de la señal es bastante buena, que tenemos una intensidad de señal fuerte. Si el color del trazo fuera amarillo quiere decir que la señal es aceptable, sin embargo, esta puede sufrir algún tipo de variaciones o interrupciones en la calidad de la señal y si el trazo fuera rojo nos indica una señal deficiente, poco confiable y con problemas de rendimiento.

A continuación, en la siguiente figura observamos el perfil de radio enlace, entre otros parámetros resultantes.

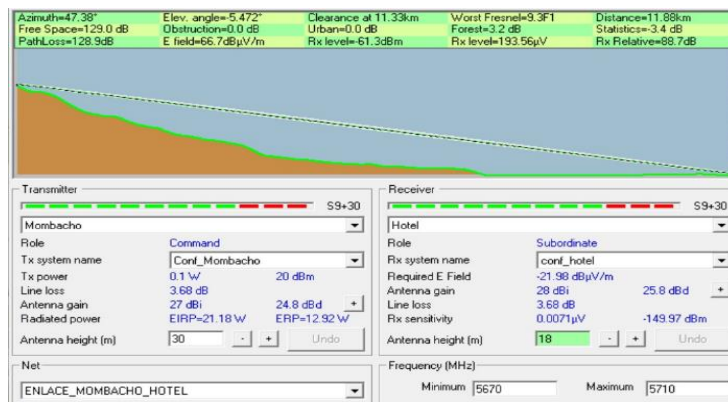


Figura No 45. (Imagen propia). Perfil del enlace en radio mobile

Al igual que en las simulaciones anteriores no hay obstrucción alguna entre las conexiones y se observa también que el agua no es factor negativo.

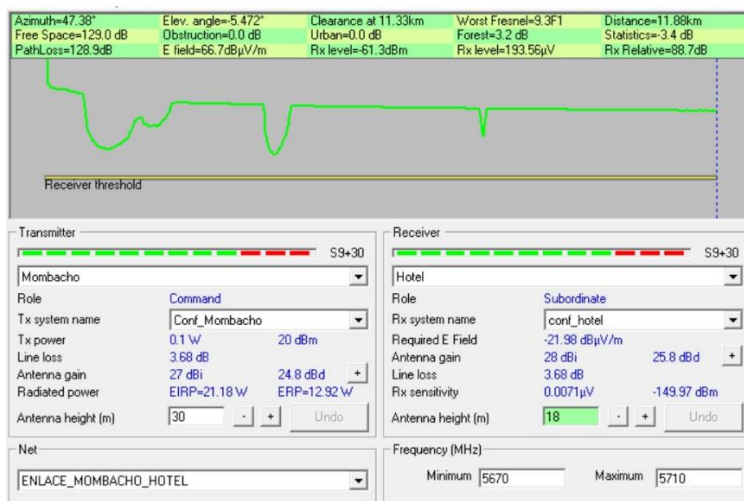


Figura No 46. (Imagen propia). Calidad de recepción de la señal a lo largo del radio enlace

En esta figura observamos que tan bien llega la señal del transmisor al receptor, a pesar de que en algunas partes del radio enlace hay algunas caídas en la señal estas no afectan significativamente la calidad general del radio enlace.

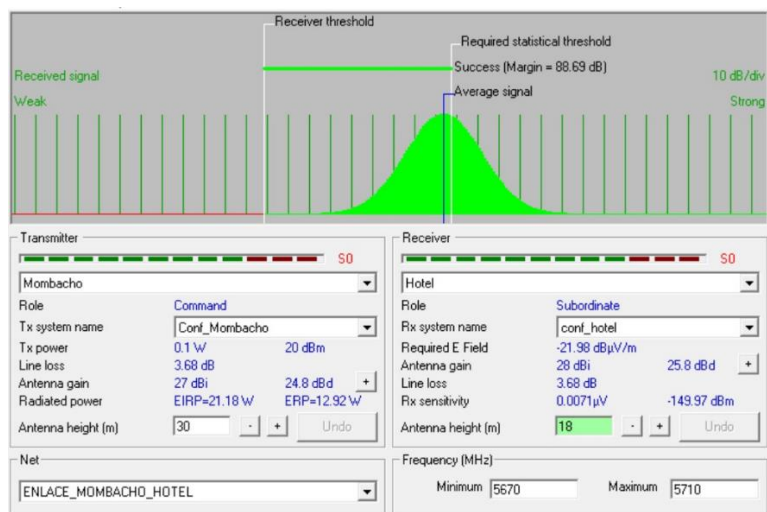


Figura No 47. (Imagen propia). Distribución de la señal

En la distribución de la señal lo que se observa es la distribución de la señal de la intensidad a lo largo del trayecto, tenemos un margen de éxito de 57.14 dB esto quiere decir que se permite tolerar variaciones en la señal sin comprometer la calidad de la conexión, garantizando alto nivel de confiabilidad en la transmisión.

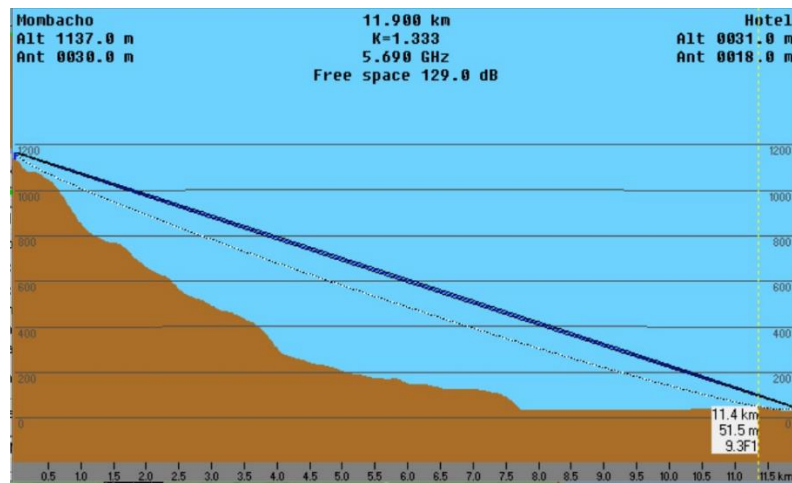


Figura No 48. (Imagen propia). Perfil del enlace

En la figura se observa el perfil del enlace con la primera zona de Fresnel, se puede observar que la primera zona de Fresnel está completamente despejada, esto quiere decir que el radio enlace tiene una buena visibilidad desde punto A (Volcán Mombacho) hasta el punto B (Hotel Reith Lake).

### 5.9.2. Radwin Link Calculator

## RADWIN Link Budget Calculator

RADWIN 5000, 2000, 1000 series JET sector JET 750 sector

RADWIN 2000		RADWIN 5000 HPMP		WinLink 1000	
<b>Product</b>	Band	5.4 GHz FCC Connectorized		5.480-5.715 GHz	
	Series	RADWIN 2000 D+ ?			
	Channel Bandwidth	40 MHz / Auto ?			
	Tx Power	20 dBm [-8 - 20]			
	Antenna Type	Dual +3 dB			
	Antenna Gain	Site A	28.5	Site B	28.5 dBi
<b>Radio</b>	Cable Loss	Site A	1	Site B	1 dB
	EIRP	50.5 dBm / 112.2 Watt Limited to 30 dBm			
		dB			
		vB/s (2 x 256-QAM 0.83) Adaptive <input checked="" type="checkbox"/>			
		iBm			
		Km / 0.2 Miles			
		Km / 12.9 Miles			
		Km Coordinates / Good (C=0.25) ?			
		net Only			
		Close View Set			
	<b>Services</b>	type			
	Ethernet Throughput	322.2 Mb/s (161.1 Mb/s Full Duplex)			
	<b>Installation</b>	Antenna height for LOS			
		11 Meter / 36 Feet			
		8 Meter / 26 Feet (0.6 Fernel)			
		3 Meter / 10 Feet (Boresight clearance)			
		Calculate Help			

Figura No 49. (Imagen propia). Ajustes paramétricos del radio enlace entre el volcán Mombacho y Hotel Reith Lake

Una vez realizados los ajustes paramétricos del radio enlace, nos mostrara la proyección desde sitio A hacia sitio B y su línea de vista respectivamente.

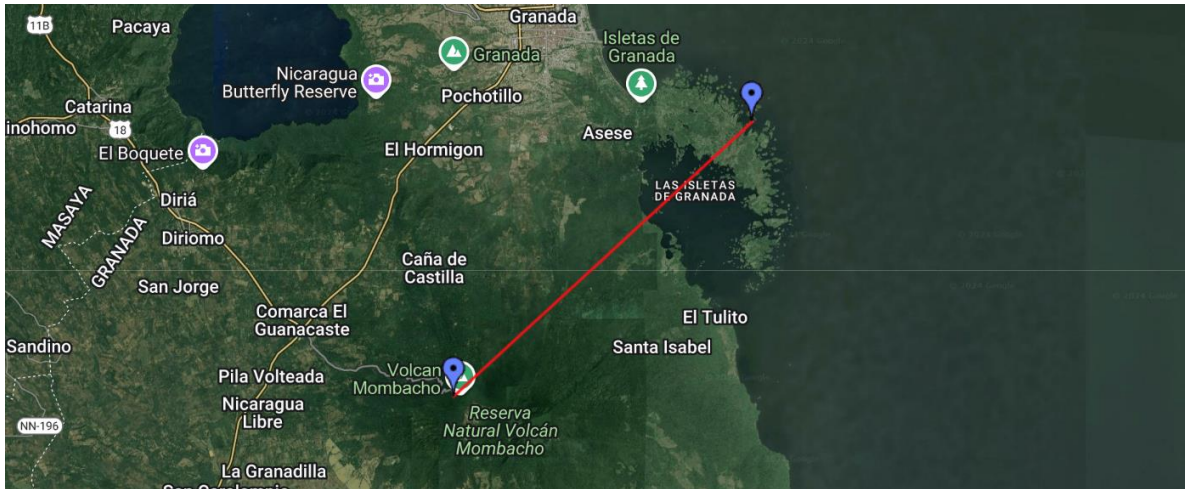


Figura No 50. (Imagen propia). Proyección obtenida del radioenlace en sitio nodal y cliente

Las coordenadas de los sitios a interconectar se tienen que ingresar exactas, ya que se podría obtener una marcación errónea. El comportamiento de cálculo de RADWIN y sus resultados se basan en el tipo de clima predominante en sitios, esto nos permite obtener cálculos que al momento de implementar el radio enlace sean similares.

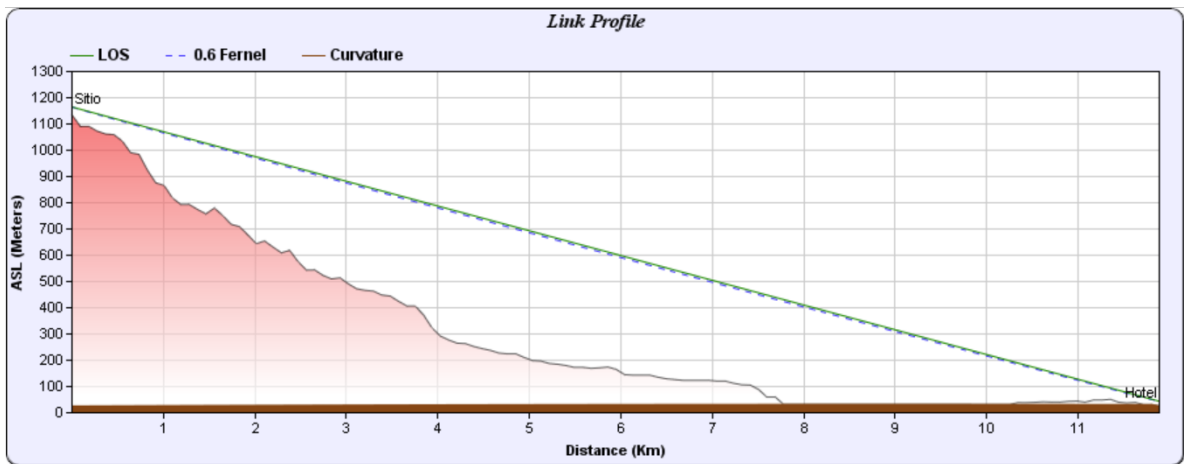


Figura No 51. (Imagen propia). Perfil del radioenlace sitio volcán Mombacho y Hotel Reith Lake

En la imagen anterior nos muestra el perfil del enlace en estudio, y se observa que no se tienen interferencias, una línea de vista totalmente óptima, sin obstrucciones,

y elevación en cada sitio, así como la distancia. Tomando en cuenta que este estudio se realiza en una zona acuática, el rendimiento del radio enlace es óptimo para su implantación, y puesta en marcha para brindar el servicio de internet.

Un aspecto técnico importante que nos muestra la proyección del radio enlace con la herramienta de RADWIN PLANNER es que se tiene 0.6% de Fernel entre ambos puntos. En la siguiente tabla nos muestra los valores de Fernel Clearance en ambos sitios.

*Tabla No 13. Valor obtenido de Fernel Clearance entre ambos sitios*

<b>Fernel Clearance sitio volcán Mombacho</b>	<b>Fernel Clearance sitio Hotel El Reith Lake</b>
776.00%	776.00%

El parámetro de Fernel Clearance es el margen que tendrá la trayectoria de la onda versus obstrucciones geográficas, en este caso obtuvimos que no se tendría obstrucción en la trayectoria del enlace, por lo que se obtuvo un valor alto, y si es así, entonces el enlace será óptimo para su implantación, de lo contrario se reflejaría un valor bajo que afectaría directamente la zona de trayectoria.

A continuación, se muestra el reporte de instalación del enlace PTP entre sitio volcán Mombacho y hotel El Reith Lake.

*Tabla No 14. Información general del sitio Hub*

PTP Hub Site Information			
<b>Site Name</b>	Volcan Mombacho		
<b>Site Address</b>	11.83400, -85.97880	<b>Long / Lat</b>	-85.97880 / 11.83400
<b>Comments</b>			

Nos muestra la información general del sitio Hub, en este caso el sitio volcán Mombacho, y sus respectivas coordenadas, así al momento de reflejar en el maps de la herramienta, nos enviara a la co-ubicación exacta del sitio.

Tabla No 15. Información física del radio RADWIN en el sitio Hub

PTP Hub Radio Physical Installation			
<b>Product Name</b>	RW2000/ODU/D+/WW/EXT/750M		
<b>Model</b>	D+	<b>Throughput (Mbps)</b>	750
<b>Antenna Type</b>	External	<b>Antenna Part Number</b>	RW-9721-5158
<b>Antenna Gain (db)</b>	28	<b>Antenna Beamwidth (°)</b>	5.6
<b>Antenna Height (m)</b>	30	<b>Tower Height (m)</b>	60
<b>Azimuth (°)</b>	46.83	<b>Tilt (°)</b>	-5.4 (Auto)
<b>Notes</b>			

En esta sección se muestra los parámetros físicos del radio, el cual se ajusta de forma manual en la plataforma de planeación, tomando en cuenta la altura de la antena, para obtener el Azimuth, el tilt, el modelo de la antena y el tipo de antena óptima para el radio enlace en estudio.

Tabla No 16. Configuración del radio en sitio Hub

PTP Hub Radio Configuration			
<b>Band Name</b>	5.475-5.720 GHz Universal	<b>Channel (MHz)</b>	5475
<b>CBW (MHz)</b>	40	<b>Tx Power</b>	24
<b>DL/UL Ratio (%)</b>	50 / 50		

En esta parte de la configuración general del radio, se ajusta la banda de frecuencia en la que se encontrara el radio enlace, el canal que se propone en este estudio es de 40 MHz, por ser soportado primeramente por el tipo de radio y por la zona de estudio ya que no se encuentra con interferencia y el servicio contratado es de 90 Mbps y por sus capacidades de transmisión que este depende del medio de transmisión el cual puede ser de 200 Mbps a 400 Mbps. Asimismo, se ajustó el parámetro DL/UL Ratio en una distribución de 50/50.

Una vez que se termina de configurar el sitio Hub, se procede al sitio cliente, las configuraciones de este tienen que ser relativas, para que el resultado del enlace sea positivo y se demuestre que es un enlace óptimo para su implantación.

Tabla No 17. Información general del sitio cliente

PTP Client Radio Configuration			
<b>Band Name</b>	5.475-5.720 GHz Universal	<b>Channel (MHz)</b>	5475
<b>CBW (MHz)</b>	40	<b>CLR/BE Resource (%)</b>	
<b>DL/UL Ratio (%)</b>	50 / 50	<b>Tx Power</b>	24

Tabla No 19. Información física del radio RADWIN en el sitio del cliente

PTP Client Radio Physical Installation			
<b>Product Name</b>	RW2000/ODU/D+/WW/EXT/750M		
<b>Model</b>	D+	<b>Throughput (Mbps)</b>	750
<b>Antenna Type</b>	External	<b>Antenna Part Number</b>	RW-9721-5158
<b>Antenna Gain (db)</b>	28	<b>Antenna Beamwidth (°)</b>	5.6
<b>Antenna Height (m)</b>	18	<b>Tower Height (m)</b>	12
<b>Azimuth (°)</b>	226.84	<b>Tilt (°)</b>	5.4 (Auto)
<b>Notes</b>			

Tabla No 18. Configuración del radio RADWIN sitio del cliente

PTP Client Radio Physical Installation			
<b>Product Name</b>	RW2000/ODU/D+/WW/EXT/750M		
<b>Model</b>	D+	<b>Throughput (Mbps)</b>	750
<b>Antenna Type</b>	External	<b>Antenna Part Number</b>	RW-9721-5158
<b>Antenna Gain (db)</b>	28	<b>Antenna Beamwidth (°)</b>	5.6
<b>Antenna Height (m)</b>	18	<b>Tower Height (m)</b>	12
<b>Azimuth (°)</b>	226.84	<b>Tilt (°)</b>	5.4 (Auto)
<b>Notes</b>			

Como se muestra en la imagen, se ajustó al Hotel Reith Lake como sitio cliente y se introdujeron sus coordenadas.

En la configuración del sitio cliente se ajustó la altura de la torre que es de 12 metros, pero la altura de la antena es de 18 metros, esto porque se toma en cuenta la altura total del hotel que es de tres niveles que equivalen a 12 metros, más los 6 metros de altura que tiene la antena únicamente en torre, esto hace un total de 18 metros, de igual forma se ajustó el azimuth y tilt físico.

Se realizó la configuración del radio en sitio cliente y bajo los mismos niveles del sitio Hub, esto para que el enlace tenga una conectividad positiva al momento de implementarlo.

Una vez que los parámetros correspondientes del radio enlace se encuentren ingresados, la herramienta RADWIN PLANNER detectara si se tiene algún valor erróneo, de lo contrario, procederá con el perfil y performance correcto del radio enlace a como nos muestra en la siguiente lamina.

Tabla No 20. Desempeño del radio enlace punto a punto

Link Performance (Expected)			
RSS DL / UL (dBm)	-52.7 / -52.7	Modulation DL / UL	64-QAM 5/6   64-QAM 5/6
Rate DL / UL (Mbps)	300 / 300	Fade Margin DL / UL (dB)	12.3 / 12.3
Peak Tput DL / UL (Mbps)	118.7 / 120.1	EIRP (dBm)	51 / 51
Availability DL / UL (%)	99.936 / 99.936	Tx Power (dBm)	20 / 20
Distance (km)	11.847		

Nos muestra los distintos valores de desempeño como el RSS DL/UL, Rate DL/UL, el pico de Tput en DL/UL de 118.7/120.1 y la disponibilidad en DL/UL en un porcentaje de 99.936/99.936 en una distancia de 11.8 Km. El tipo de modulación adaptativa 64-QAM.

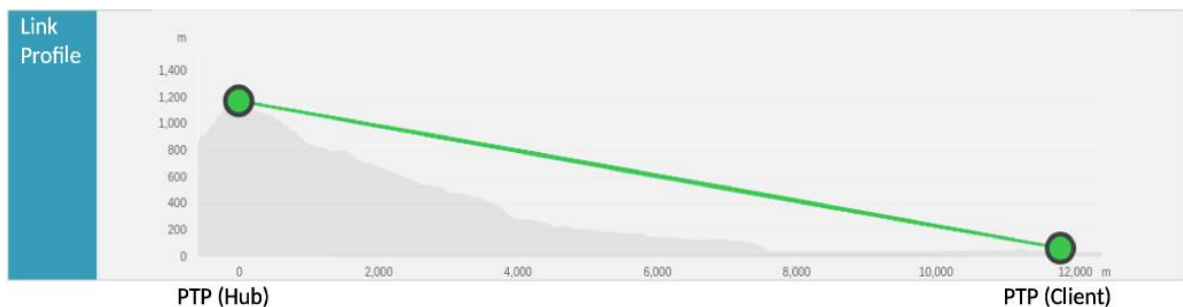


Figura No 52. (Imagen propia). Perfil del radio enlace

La herramienta de planeación nos muestra el perfil de trayectoria del enlace, y se puede observar que no se tiene obstrucción y el agua no es un factor negativo para este radio enlace, es por ello que en este estudio técnico se propone implementar

el radio enlace con equipos RADWIN de la serie 2000D+, ya que nos facilita el tiempo de instalación, configuración y puesta en marcha del servicio de internet, además que económicamente es favorable y técnicamente un equipo y servicio duradero y sin interrupciones gracias a su alto desempeño en ambientes climáticos sumamente difíciles y en zonas acuáticas, manteniendo un enlace óptimo para llevar el servicio de internet.

## **j. EVALUACION DE INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA**

Torre de telecomunicaciones.

La comunicación a distancia ha sufrido una importante evolución desde el siglo XIX hasta la actualidad. Se ha evolucionado desde telégrafos, pasando por teléfonos fijos, hasta teléfonos móviles de última generación. Todo esto motivado por mejorar la comunicación existente y conseguir una comunicación instantánea y a distancia desde cualquier lugar.

Con el objetivo de conseguir la comunicación a distancia surge la necesidad de crear una instalación que permita la comunicación a distancia. Y esto se consiguió mediante las antenas parabólicas. Para que las antenas parabólicas pudieran realizar su función sin perjudicar la salud humana y sin que se vieran alteradas sus emisiones se hizo imprescindible la construcción de una estructura que fuera capaz de alejar el campo magnético, creado por éstas, de las personas y de los obstáculos.

Este problema se soluciona de dos formas diferentes. Primero, puede realizarse la colocación dentro del núcleo urbano mediante la ubicación de la instalación encima de un edificio, o hacerlo de forma aislada de la población realizando una construcción auxiliar (mástil o torre) que sustente las antenas y el campo magnético no se vea interferido por superficies que alteraran su correcto funcionamiento.

En un principio, cuando se empezaron a construir este tipo de instalaciones, la torre no era más que una estructura en celosía, en la actualidad, las torres de telecomunicaciones tienen cualquier forma, siendo algunas auténticas obras de arte.

El tipo y dimensiones de una torre de telecomunicaciones depende fundamentalmente de los siguientes parámetros:

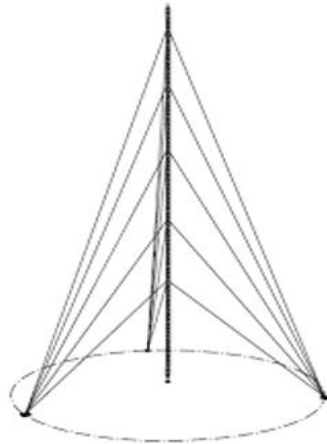
- El terreno disponible.
- Número de antenas a instalar.
- Sistema de comunicación a instalar.

Atendiendo a las características anteriores las torres de telecomunicaciones se pueden dividir en dos familias: torres auto soportadas (autoportantes) y torres ventadas (atirantadas o arriostradas).

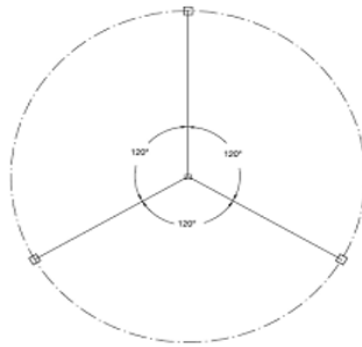
Aspectos técnicos para considerar en las Torres de Telecomunicaciones

Hay una serie de propiedades que se deben de tener en cuenta durante el diseño y el cálculo de una instalación de estas características

- **Huella de la torre:** La huella de la torre es la superficie de terreno necesaria para la instalación de una torre. Dependiendo del tipo de estructura de la torre, esta necesita una mayor huella para su sustentación.



*Figura No 53. Huella torre atirantada o adiestrada*



*Figura No 54. Planta de la huella de una torre atirantada*

- **Localización de la torre:** La localización de la torre es un parámetro fundamental a la hora de su correcto funcionamiento. El emplazamiento de la torre debe realizarse en un lugar plano y sin obstáculos.
- **Cargas de las antenas:** Se debe de tener en cuenta el efecto que tiene la colocación de las cargas sobre la estructura. El efecto que producen las cargas (antenas, cableados, dispositivos de sujeción de la antena, instalación eléctrica...) depende del peso de todos los elementos que conforman la torre, de la resistencia al viento que ofrecen los diferentes elementos y de la altura a la que estén colocados.

- **Corrosión:** El efecto de la corrosión suele acentuarse en las zonas costeras. Para prevenir este fenómeno en la estructura metálica deben adoptarse medidas como pintar la estructura o utilizar un acero galvanizado.

- **Protección contra rayos, sobretensiones y sobreintensidades:** Al ser una estructura metálica, las torres de telecomunicaciones son susceptibles de sufrir descargas eléctricas por lo que es necesario instalar un pararrayos. Además del pararrayos es imprescindible conectar la estructura a tierra para disipar la energía eléctrica de forma que la estructura sufra el menor daño posible. También se deberá de tener en cuenta las posibles subidas de tensión o de intensidad. Para esto es necesario disponer de un sistema de protección frente a sobretensiones y sobreintensidades.

En este proyecto se planteó que el tipo de torre en sitio "A" hotel El Reith Lake, se construiría por encima de la infraestructura del hotel, el cual cuenta con tres niveles de piso. La torre se implantaría en la azotea. La torre contaría con 5 tramos, o bien, 12 metros totales de altura.



Figura No 55. (Imagen propia). Información de torre en sitio A (volcán Mombacho)

Tabla No 21. Información de equipo de radio y antena en volcán Mombacho

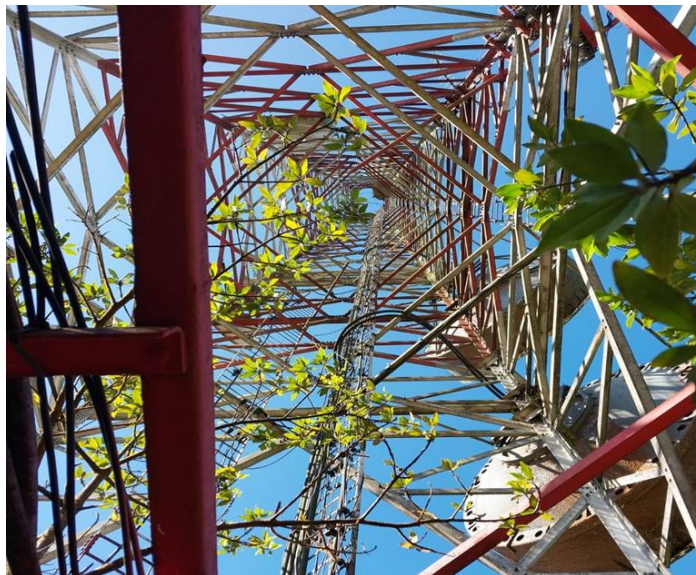
Tamaño	Altura	Ubicación	Existente/nuevo
72.5 cm	30 mts	Sitio Volcán Mombacho	Nuevo

La infraestructura de la torre en el sitio nodal se encuentra protegida y monitoreada, así mismo, cumple con las normativas internacionales de construcción de los sitios de telecomunicaciones.



*Figura No 56. (Imagen propia). Torre sitio Mombacho*

En la siguiente figura, se muestra la perspectiva de la torre del sitio nodal, con presencia de escalerilla, para el personal técnico al momento de realizar el montaje del radio, antena externa conectorizada y cables de baja pérdida.



*Figura No 57. (Imagen propia). Perspectiva de la torre en sitio hub*

la seguridad de acceso al sitio se encuentra monitoreada y se requiere permiso a través de apertura tele-site para ingresar al nodo de Tx. En la siguiente figura se

muestra la sala de Transmisión, el cual se tiene presencia de equipos de transporte de datos, como un Switch ATN Huawei, equipo RAD para la seguridad del transporte de datos, así como distribución y respaldo energético, en una sala climatizada.



*Figura No 58. (Imagen propia). Sala de transmisiones sitio Mombacho*



*Figura No 59. (Imagen propia). Equipo de red transporte en sitio Mombacho*

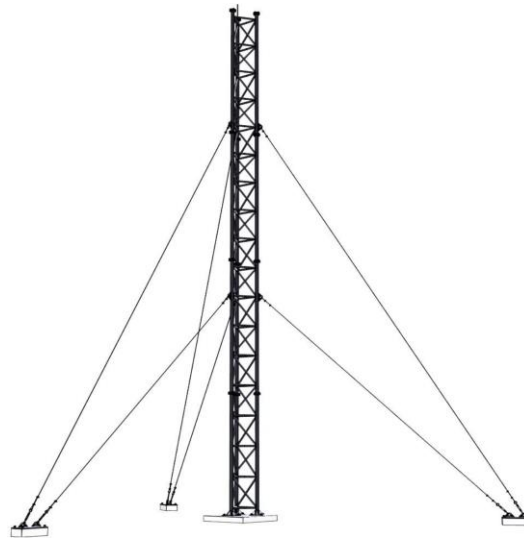
### Información de torre a instalar en sitio del cliente Hotel El Reith Lake

La torre en el cliente se implantará por encima del techo, esto por motivos de infraestructura, ya que en la isleta donde se encuentra ubicado el hotel, y sus respectivas áreas externas de piscina, jardín, puerto y cabaña no permiten instalación en piso firme, es por lo que se realizara una valoración y factibilidad para la instalación de la torre en el techo del hotel.

*Tabla No 22. Información de equipo de radio y antena en el sitio Hotel Reith Lake*

Tamaño	Altura	Ubicación	Existente/nuevo
72.5 cm	18 mts	Sitio cliente Hotel El Reith Lake	Nuevo

La infraestructura del hotel cuenta con 3 niveles de piso, a una altura de 12 metros, el tamaño de la torre a instalar es de 12 metros, pero la colocación de la antena y equipo de radio se encuentra a una altura de 6 metros, únicamente tomando el diámetro de la torre; sin embargo, al tomar en cuenta la altura del edificio y la altura de colocación de los equipos en torre, se tiene una altura máxima de 18 metros.






*Figura No 60. Modelo de torre Hotel Reith Lake*

## k. ANALISIS COSTOS

En toda propuesta de proyecto, al cliente se le brinda un presupuesto que cumpla con los materiales y equipos eficientes para el alcance del objetivo, pero de igual manera se le brindan opciones técnicas para realizar el proyecto. Este estudio técnico plantea utilizar equipos de radio de la marca RADWIN, en la serie 2000D+ por ser el único equipo de radio que ha sido probado que puede operar incluso en condiciones de interferencia RF fuerte, proporcionando rendimiento sin igual, hasta 750 Mbps. como RADWIN 2000 no hay otra tecnología tan eficiente en costos y robusta para operación de larga distancia y sobre el agua. El equipo es muy sencillo de instalar y se puede implementar una red funcionando en tiempo récord.

En la siguiente tabla se detallan otros equipos de radio y sus respectivos parámetros técnicos.

*Tabla No 23. Tabla comparativa de soluciones propuestas*

	<b>HUAWEI RTN 910</b>	<b>HUAWEI RTN 950</b>	<b>RADWIN 2000D+</b>
<b>Especificaciones</b>			
<b>Frecuencia</b>	6 a 42 GHz	6 a 42 GHz	4.9 a 6.90 GHz
<b>Espacio de canal</b>	10-40 MHz	10-40 MHz	10-20-40-80 MHz
<b>Modulación adaptativa</b>	NO	NO	SI
<b>Modo de configuración RF</b>	1+0-2+0	N+0-1+1 XPIC	N+0-1+1
<b>polaridad</b>	Horizontal o vertical	Dual	Dual
<b>STM1-E1</b>	SI	SI	NO
<b>Ethernet</b>	SI	SI	SI
<b>capacidad</b>	84 Mbps	184 Mbps	750 Mbps
<b>precio</b>	\$6,185.70	\$12,020.88	\$ 8,284.27

Este precio equivale al enlace completo con todos sus accesorios y su kit de instalación. Se presentan estas 3 propuestas de equipos para el estudio técnico del radio enlace a los inversionistas y propietarios del hotel El Reith Lake, desde el departamento de ingeniería de datos y proyectos especiales. Tomando en cuenta la parte económica el Huawei RTN 910 sería la primera opción, pero debido a la capacidad de throughput que posee el equipo se encuentra por debajo de los requerimientos del cliente, para lo plasmado en el estudio técnico que es de 90 Mbps, la carencia de modulación adaptativa y la polaridad de antenas nos podría afectar en el desempeño del radioenlace, debido a que la zona donde se encuentra el hotel Reith Lake es húmeda y se encuentra en un lago, el cual se estaría enfrentando al fenómeno de refracción y esto no permitiría un enlace óptimo para el cliente.

El sitio Mombacho se encuentra en un clima húmedo y boscoso, además que, en gran parte del año se encuentra nublado, esto nos generara perdida de paquetes e inestabilidad en el enlace. Por lo cual quedaría descartado ese modelo de radio. El modelo Huawei RTN 950 nos garantiza capacidad de ancho de banda, y una polaridad Dual, pero no nos permite una modulación adaptativa y la trayectoria del radio enlace nos encontramos con un lago y clima nublado, el cual este modelo de radio Huawei RTN 950 no nos garantizaría una conexión segura y robusta en el hotel. Radwin 2000D+ cumple con los parámetros de diseño del enlace, el precio de llevar el servicio de internet es el más elevado; sin embargo, este es el equipo de radio ideal para estos escenarios, donde las telecomunicaciones se ven afectadas al tener presencia de agua, y en un sitio B (Sitio Mombacho) donde las lluvias prevalecen gran parte del año. La inversión a este proyecto es a simple vista alta en costos, pero se garantiza un servicio sin interrupciones a pesar del clima y la zona acuática del cliente.

Los equipos RADWIN son ideales para backhaul móvil, operando en bandas sin licencia, y especialmente compatible con 1588 v2, RADWIN 2000 es la elección ideal para backhaul móvil cuando la fibra óptica o MW son demasiado costosos o no se tiene cobertura de ninguna tecnología.

#### Interfaz de aire robusta

La interfaz de aire especial permite una excepcional mitigación de interferencia y operación fiable del enlace en escenarios sin o casi sin línea de vista (nLOS/NLOS).

#### Planificación profesional, instalación fácil

Rendimiento altamente predecible de redes PtP densas usando la herramienta de planificación de radio de RADWIN, al igual que alineación rápida y puesta en marcha desde un solo lado del enlace.

En los proyectos las vías de soluciones al cliente se presentan de manera sencilla y rápida, por lo que se prioriza necesidad del cliente y por supuesto, la captación de este. Una vez que se da el visto bueno del cliente y por parte de la empresa, se procede a enviar al departamento de compras, para que ejecute la planificación y compras de los equipos y materiales a utilizar, una vez obtenidos todas las compras, se remite al departamento técnico para su pronta instalación, configuración, pruebas, puesta en marcha y, por último, entrega del servicio.

## **I. CUMPLIMIENTO NORMATIVO**

Verificación del cumplimiento de normativas locales (regulación de espectro y emisiones)

Este estudio técnico se recomienda hacer uso de frecuencias libres establecidas por (TELCOR) e internacionales (normas de seguridad de la UIT y ETSI). Esto nos ayudaría a optimizar el tiempo de entrega del servicio al cliente, ya que se evitan gestiones administrativas y técnicas y por supuesto, un menor costo, ya que, si se utiliza frecuencia libre, el cliente no deberá realizar ningún pago adicional por este.

El espectro radioeléctrico es un bien de dominio público de la Nación y de naturaleza limitada, el cual debe aprovecharse al máximo a través de una regulación eficiente, que permita el uso, aprovechamiento y explotación en beneficio de la ciudadanía. Es así como la planificación del espectro radioeléctrico constituye una de las tareas más relevantes del Estado en materia de telecomunicaciones, toda vez que este recurso es el elemento primario e indispensable para las comunicaciones inalámbricas.

En este sentido, como parte de la gestión del espectro radioeléctrico se ha determinado un mecanismo que habilita ciertas porciones del espectro de acceso libre con el objeto de atender necesidades de comunicación inalámbrica para el público en general. Por tal motivo, en Nicaragua se han habilitado bandas de frecuencias que pueden ser utilizadas por el público en general sin que sea necesario contar con una concesión o autorización para su uso.

En consecuencia, en nuestro país existen diversos Acuerdos emitidos por la autoridad competente y publicados en el Diario Oficial de la institución, los cuales indican las bandas de frecuencias que pueden ser utilizadas por el público en general, así como las características técnicas de operación correspondientes.

Estas bandas son utilizadas principalmente para comunicación inalámbrica como Wi-Fi, Bluetooth, radioenlaces, radiocomunicación de dos vías, aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas (ICM), entre otras. En la siguiente tabla se muestra la frecuencia libre a utilizar en MHz.

*Tabla No 24. Descripción del rango de frecuencia a utilizar*

<b>FRECUENCIAS</b>		
<b>Frecuencia nuevo link</b>	<b>TX</b>	<b>RX</b>
<b>Frecuencia (MHz)</b>	5690	5690
<b>Ancho de banda nuevo enlace (MHz)</b>	40	40

En la siguiente tabla se muestra la distribución del ancho de banda propuesto en el radio enlace. Este aspecto técnico es primordial, ya que se determina como será la distribución del enlace desde el sitio A hasta el sitio B.

*Tabla No 25. Distribución del ancho de banda del radio enlace*

<b>Frecuencia mínima (MHZ)</b>	<b>Frecuencia Central (MHZ)</b>	<b>Frecuencia máxima (MHZ)</b>
5670	5690	5710

### **m. INVERSION DEL PROYECTO**

En las siguientes tablas se presentan los costos detallados por componentes del radio enlace, así como la red troncal del cliente y operaciones a realizar por parte del equipo técnico, desde la prefactibilidad técnica del enlace en ambos puntos A y B, hasta la puesta en marcha y entrega del servicio al cliente. A continuación, se muestran los componentes del radio enlace y las actividades a desarrollarse como el suministro, instalación y configuración de los equipos de telecomunicaciones que conforman la arquitectura del radio enlace.

Tabla No 26. Tabla de costo para la prefactibilidad del enlace

ITEM	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIO U (\$)	SUBTOTAL (\$)
1	PREFACTIBILIDAD TECNICA PARA ENLACE DE RADIO INTERNET/ DATOS (2 PUNTOS)	UNIDAD	1	\$21.99	\$21.99
<b>TOTAL, GENERAL</b>					\$21.99

En tabla que se muestra a continuación se encuentran los costos por suministro de cada componente del radio enlace.

Tabla No 27. Tabla de costo de suministro

ITEM	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIO U (\$)	SUBTOTAL (\$)
1	RADIOS RADWIN 2000D+ 750 MB FULL DUPLEX	UNIDAD	2	\$1,500.00	\$3,000.00
2	POE 2.5 GPS	UNIDAD	2	\$130.00	\$260.00
3	ROUTER HUAWEI AR611W	UNIDAD	1	\$300	\$300.00
4	CONECTORES RJ45	UNIDAD	12	\$0.94	\$11.28
5	SFP 9F PARA ANEXAR AL PUERTO SFP	UNIDAD	1	\$108.00	\$108.00
6	PROTECCIONES	UNIDAD	4	\$100.00	\$400.00
<b>SUBTOTAL GENERAL</b>					\$4,079.28
<b>IVA</b>					\$549.00
<b>TOTAL GENERAL + IVA</b>					\$4,628.28

En la siguiente tabla se muestra el suministro de antenas y cables para IDU-ODU los cuales se instalarán en ambos sitios.

Tabla No 28. Tabla de costo de suministro

ITEM	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIO U (\$)	SUBTOTAL (\$)
1	ANTENAS EXTERNAS 28DBI	UNIDAD	2	\$550.00	\$1,100.00
2	CABLES DE BAJA PÉRDIDA	UNIDAD	4	\$60.00	\$240.00
3	CABLES IDU ODO	UNIDAD	2	\$160.00	\$320.00
<b>SUBTOTAL GENERAL</b>					\$1,660.00
<b>IVA</b>					\$249.00
<b>TOTAL GENERAL + IVA</b>					\$1,909.00

En la siguiente tabla se muestra el detalle del servicio general a realizar para implementar el radio enlace.

*Tabla No 29. Tabla de costo por el servicio a realizar*

ITEM	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIO U (\$)	SUBTOTAL (\$)
1	SERVICIO DE INSTALACION DE RADIO ENLACE PUNTO A PUNTO INCLUYE:	UNIDAD	2	\$ 750.00	\$ 1500.00
	1. INSTALACION DE RADIO ENLACE RADWIN 2000D+				
	2. INSTALACION DE ANTENAS EXTERNAS				
	3. ALINEACION DE ENLACE				
	4. INTEGRACION AL GESTOR WINMANAGE				
	5. TUNNING DE RED PARA MEJORAR LA CALIDAD DE EXPERIENCIA DE USUARIO				
<b>SUBTOTAL GENERAL</b>					\$1,500.00
<b>IVA</b>					\$225.00
<b>TOTAL GENERAL + IVA</b>					\$1,725.00

En sitio del cliente se instalará un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS), esto para cuidar y proteger los diferentes equipos para que puedan trabajar de forma eficiente y conseguir la mayor vida útil posible. El no cuidar nuestros equipos puede ocasionar aumentos con relación a los costes de operación y mantenimiento.

*Tabla No 30. Tabla de suministro de UPS*

ITEM	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIO U (\$)	SUBTOTAL (\$)
1	UPS 3000VA FORZA ONLINE TORRE 120V 8 TOMAS FDC-103K	UNIDAD	1	\$ 793.50	\$ 793.50
<b>TOTAL GENERAL</b>					\$ 793.50

En la siguiente tabla, encontramos los materiales a utilizar con sus precios respectivamente en la instalación de la señalización de la torre que se encontrará en el techo del hotel El Reith Lake, cumplirá con los estándares de construcción y señalización.

*Tabla No 31. Tabla de costos señalización de la torre del cliente*

<b>Instalación luces de Balizas</b>	<b>cantidad</b>	<b>unidades</b>	<b>precio unitario C\$</b>	<b>Total C\$</b>
Suministro de baliza de vidrio prismático de luz fija	1	UND	\$166.18	\$ 166.19
Suministro de bujía para baliza	1	UND	\$4.06	\$4.07
Suministro de foto celda 115VAC	1	UND	\$ 33.23	\$ 33.24
Suministro de base para foto celda de 115VAC	1	UND	\$ 28.83	\$ 28.84
Suministro de cable TSJ 3X14	30	MTS	\$ 4.32	\$ 129.75
Suministro de caja lagran 6x6	1	UND	\$ 3.74	\$ 3.74
Suministro de breaker de 1x20 CH	1	UND	\$ 14.77	\$ 14.77
Suministro de Brida de sujeción para baliza	1	UND	\$ 3.02	\$ 3.03
<b>TOTAL GENERAL</b>				\$ 383.63

El cliente no cuenta con torre para colocación de antena, equipo de radio y cables respectivamente, por lo tanto, se realizará el suministro e instalación de torre de 4 tramos, equivalente a 12 metros.

Tabla No 32. Tabla costos para torre del cliente y configuración.

Descripción	U. Medida	Cantidad	P. Unitario	Total
SUMINISTRO E INSTALACION TRAMO DE 10 PIES DE TORRE HASTA 50P FUERA MANAGUA. (MATERIAL GALVANIZADO) PINTADO CADA TRAMO	TRAMO	4	\$ 124.68	\$ 498.75
SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE PARA POLARIZAR ODU EN TORRE SITIO NODAL CABLE VERDE THHN #6	MTS	20	\$ 5.46	\$ 109.37
SUMINISTRO E INSTALACION DE CABLE PARA POLARIZAR ODU EN TORRE DEL CLIENTE CABLE VERDE THHN #6	MTS	30	\$ 5.46	\$ 164.05
SUMINISTRO E INSTALACION DE TENSORES PARA TORRES TUBO GALVANIZADO 5/16 X 4/8 TORRE 10 A 50 PIES, TENSOR 3/8 TORRE DE 60 A 100	UND	6	\$ 28.34	\$ 170.07
VARILLAS COUPERWEIL DE 5/8 X 10FT	UND	1	\$ 26.30	\$ 26.30
INSTALACION DE RADIO ENLACE DE ANTENA INTERNA / EXTERNA	UND	1	\$ 170.24	\$ 170.24
INSTALACION DE VIENTOS DE TORRE (ALAMBRE GALVANIZADO #10 PARA TORRES MENORES O IGUALES A 50)	UND	6	\$ 62.08	\$ 372.48
TERMINAL DOBLE OJO #4	UND	9	\$ 2.95	\$ 26.59
CONFIGURACION DE ROUTER PARA INTERNET Y/O DATOS	UND	1	\$ 7.30	\$ 7.30
SUMINISTRO DE PERNOS DE TRAMOS DE TORRE	UND	9	\$ 4.23	\$ 38.07
				\$
			TOTAL	\$ 1,583.22

El espacio de la antena externa y equipo de radio en el sitio nodal se requiere alquiler, por lo que se muestra a continuación.

Tabla No 33. Alquiler del espacio nodal

<b>ALQUILER DE ESPACIO DE ANTENA Y EQUIPO DE RADIO EN SITIO NODAL</b>	\$ 100
---	--------

Por último, se muestran las actividades a realizar para la red troncal del cliente, así como el precio de cada material. Esta fase del proyecto se realiza posterior a la instalación de lo que respecta planta externa, o bien, la implantación del radio enlace en ambos sitios.

Tabla No 34. Tabla de costos de red troncal del cliente

<b>Instalación de APs Hotel El Reith Lake</b>			
<b>Descripción de Compra</b>	<b>Precio Unitario USD</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Total USD</b>
	<b>NI</b>		
<b>Servicios</b>			
Inst. hasta 25mts cableado interior por cada AP 45-150km fuera de la ciudad. AP MERAKI licenciado.	\$139.67	16	\$2,234.72
Inst. hasta 25mts cableado exterior por cada AP 45-150km fuera de la ciudad.	\$188.49	1	\$188.49
<b>Materiales</b>			
Gabinete	\$295.20	1	\$295.20
<b>Materiales adicionales</b>			
Tarugo tipo Fisher No.8	\$0.02	66	\$1.32
Tornillo para tarugo No.8	\$0.02	66	\$1.32
Roldana simple para tornillo No.8	\$0.02	66	\$1.32
Roldana de presión para tronillo No.8	\$0.02	66	\$1.32
Patch cord UTP Cat6 3 pies	\$6.70	17	\$113.90
Bandeja sencilla para rack	\$31.07	2	\$62.14
Cable UTP Cat6 para exterior	\$2.53	400	\$1,012.00
Cinta para etiquetadora	\$9.50	2	\$19.00
Cincho plástico 10" PK100	\$6.50	2	\$13.00
Conector RJ45 - Incluye Botas	\$1.18	32	\$37.76
<b>TOTAL, USD (Sin IVA)</b>			<b>\$3,981.49</b>
<b>TOTAL, USD</b>			<b>\$4,817.60</b>

A continuación, se muestra el total de la puesta en marcha del proyecto y entrega del servicio de internet al cliente. El estudio del radio enlace, desde la parte técnica y económica, se encuentran basados y estructurados en actividades y valores reales, evitando fraudes por parte de terceros y garantizando una red que cumplan con los estándares de calidad de servicio, tolerancias a fallas, escalabilidad y seguridad.

*Tabla No 35. Tabla de inversión total del proyecto*

<b>TOTAL, GENERAL PROYECTO ACTIVACION DE INTERNET HOTEL EL REITH LAKE</b>	\$ 15,962.22
---	--------------

Las actividades técnicas tienen un tiempo estimado de cinco días hábiles los cuales están detallados a continuación.

*Tabla No 36. Tabla de actividades*

<b>CANTIDAD DE DIAS</b>	<b>ACTIVIDADES POR REALIZAR</b>
1	INSTALACION DE EQUIPOS DE RADIO Y ANTENA EXT EN SITIO NODAL Y EN CLIENTE CON SUS CONEXIONES GENERALES Y CONSTRUCCION DE TORRE EN CLIENTE
2	CONFIG. GENERALES Y AJUSTES FISICOS Y LOGICOS DEL ENLACE DE RADIO EN SITIO A Y SITIO B
3	INSTALACION GENERAL DE RED TRONCAL EN EL CLIENTE
4	CONFIG. DEL SWITCH Y LOS 16 AP EN SITIO DEL CLIENTE Y SE REALIZARAN PRUEBAS DE CONECTIVIDAD A INTERNET EN CADA AP.
5	ULTIMAS PRUEBAS, REVISIONES DEL ENLACE A NIVEL FISICO Y LOGICO, ENTREGA DEL SERVICIO Y PUESTA EN MARCHA DEL RADIO ENLACE

Los siguientes costos no forman parte del presupuesto del estudio técnico, pero si se realiza entrega al cliente para información adicional, esto debido que el hotel El Reith Lake brinda el servicio de eventos privado y especiales, si este lo requiere, se enviaría al personal técnico para dar cobertura al servicio de internet en eventos de gran importancia, y dar un monitoreo a toda la red de forma presencial al sitio.

Tabla No 37. Valor de viatico por personal técnico en cobertura especiales

PAGO POR ESTANCIA EN EVENTO ESPECIALES CORPORATIVO / VIATICO POR ESTANCIA	DIA	C\$ 936.63
---	-----	------------

Tabla No 38. Planta de emergencia KOHLER SDMO 10Kva

Planta de Emergencia	Capacidad	Precio
	10 Kva	\$9,496

Se plantea como una opción energética de backup, una planta eléctrica de 10 Kva, el cual da cobertura a las necesidades del hotel en cuanto al sistema eléctrico. En la siguiente tabla se muestra el costo de suministro de una planta de emergencia marca KOHLER SDMO de 10 Kva.

Un aspecto importante y que se requiere dar a conocer al cliente, es la capacidad de transmisión del equipo de radio RADWIN 2000D+. Este cuenta con una capacidad máxima de throughput neto de 750 Mbps en frecuencias desde 5.1 a 6.0 GHz; sin embargo, el equipo permite dar el servicio de forma libre hasta 350 Mbps, para poder brindar un servicio de hasta 750 Mbps se requiere comprar la licencia de adaptación y configuración del equipo y brindar esa capacidad máxima. En la siguiente tabla se muestra el precio para la licencia en equipos RADWIN 2000D+.

Tabla No 39. Tabla de precio para extensión de throughput de hasta 750 Mbps

<b>Tipo de radio</b>	RADWIN 2000D+
<b>Capacidad máxima con licencia adquirida</b>	750 Mbps
<b>Precio unitario por radio con licencia</b>	\$300

#### n. CATEGORIZACION DEL SERVICIO

El Hotel El Reith Lake pertenece al tipo de categorización corporativo-empresarial, por lo que cuenta con atención inmediata las 24 horas del día y los 7 días de la semana. Asimismo, con un personal técnico y de ingeniera altamente calificado para el diagnóstico, atención y soluciones a fallas en el servicio.

La renta del servicio estaría estructura de la siguiente manera.

Tabla No 40. Renta mensual del cliente por servicio de internet / datos

<b>MENSUALIDAD</b>	C\$ 31, 167.28
<b>SERVICIOS ASOCIADOS</b>	RENTA MENSUAL INTERNET-TX DATOS
<b>TIPO DE PLAN COMERCIAL</b>	PLAN COMERCIAL INTERNET CORPORATIVO
<b>FECHA DE PAGO</b>	SEGUN ESTABLECIDO EN CONTRATO

Reporte e interrupciones en servicio de internet.

Como empresa de telecomunicaciones y estudio técnico, se debe contar con cada detalle estipulado, como en el aspecto técnico, económico y solución de fallas e interrupciones del servicio de internet, asimismo, el reporte, seguimiento y solución de este. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de reporte de falla en el servicio del cliente, el cual lo realiza a través de llamada a un número proporcionado cuando se realice el contrato y entrega del servicio. Este número facilitado al cliente tiene disponibilidad 24/7 para atenciones de llamadas y que se requiera de atención remota o física. Las soluciones a las problemáticas del servicio en el hotel tienen una ventana máxima de 3 horas, pero si el trabajo por parte del cuerpo técnico se excede, se requiere reporte y justificación del tiempo excedido.

Tabla No 41. Tabla de reporte en falla del servicio de internet hotel

<b>REPORTE DE FALLA CLIENTE CORPORATIVO</b>	
<b>Cliente/Enlace</b>	HOTEL EL REITH LAKE-ISLETAS DE GRANADA
<b>Producto</b>	5881787
<b>Dirección del servicio</b>	PLAYA EL DIAMANTE 50 MTRS AL SUR, ISLA LA ZORRA-GRANADA
<b>Contacto en sitio:</b>	Proporcionado por el cliente
<b>#QF TICKET DESPACHO</b>	<b>QF516883</b>
<b>Ultima milla/Tecnología</b>	RADIO RADWIN
<b>PE:</b>	GGRANIGDN2Z1B03A01EID1
<b>Equipo de Acceso:</b>	GMOMNIM1N1W1A01A01ENA1
<b>Puerto/Interface:</b>	25GE 0/2/11
<b>VLAN:</b>	2034
<b>Gateway:</b>	10.34.228.205
<b>IP WAN:</b>	10.34.228.206/30
<b>IP LAN:</b>	192.168.1.1
<b>Problema Reportado</b>	SIN INTERNET/DATOS
<b>Comentarios:</b>	SE VALIDA, CONEXIÓN ESTABLE, SIN SATURACION EN EL ENLACE, SE INGRESA AL ROUTER Y NO SE OBSERVAN EQUIPOS CONECTADOS VIA WIFI. SE VALIDA LOS AP MERAKIS, 15 DE LOS 16 ESTAN FUNCIONANDO CORRECTAMENTE. ENVIAR VISITA TECNICA PARA SOLUCION DE FALLA, VERIFICACION Y ENTREGA DEL SERVICIO.

Si se requiere de cambio de equipo en el cliente en un reporte de falla, tanto la visita como el cambio del equipo no se cobrará; de igual manera, si algún equipo de la red troncal, o equipo de radio es dañado por algún agente externo, se procederá con el cambio y no se le cobrará, ya que esto forma parte de la garantía en el servicio. La arquitectura del radio enlace y red troncal del cliente, se integrarán a puntos específicos y seguros para evitar manipulación y daños de terceros.

## o. DISPONIBILIDAD TRONCAL DEL CLIENTE

En la red troncal del cliente se implementarán 16 AP CISCO MERAKI, cada uno de ellos brindando una cobertura segura, eficiente y estable. En la siguiente imagen se muestra la topología física-lógica de los AP en todo el complejo. El posicionamiento de estos es dependencia de las necesidades del cliente y valoraciones por parte del cuerpo técnico.

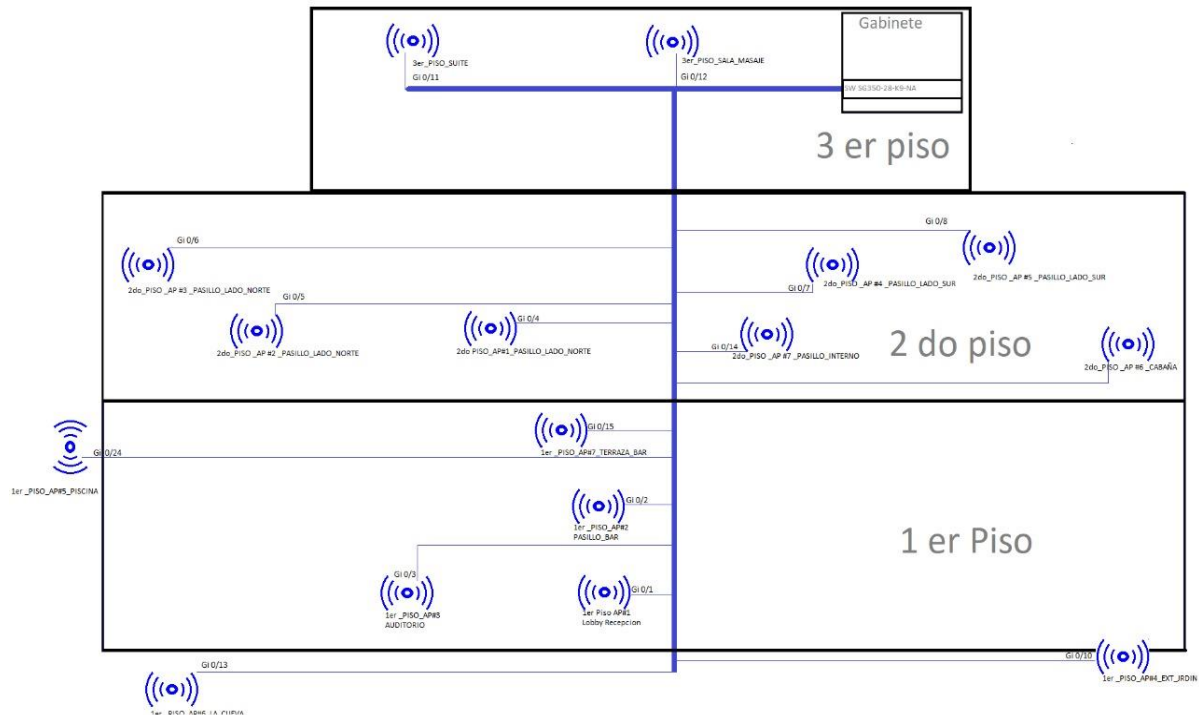


Figura No 61. (Imagen propia). Propuesta de topología física-lógica de los AP CISCO MERAKI en el hotel Reith Lake

En la siguiente figura se muestra la topología con cada uno de los puertos que va a cada punto de acceso (AP) y al switch.

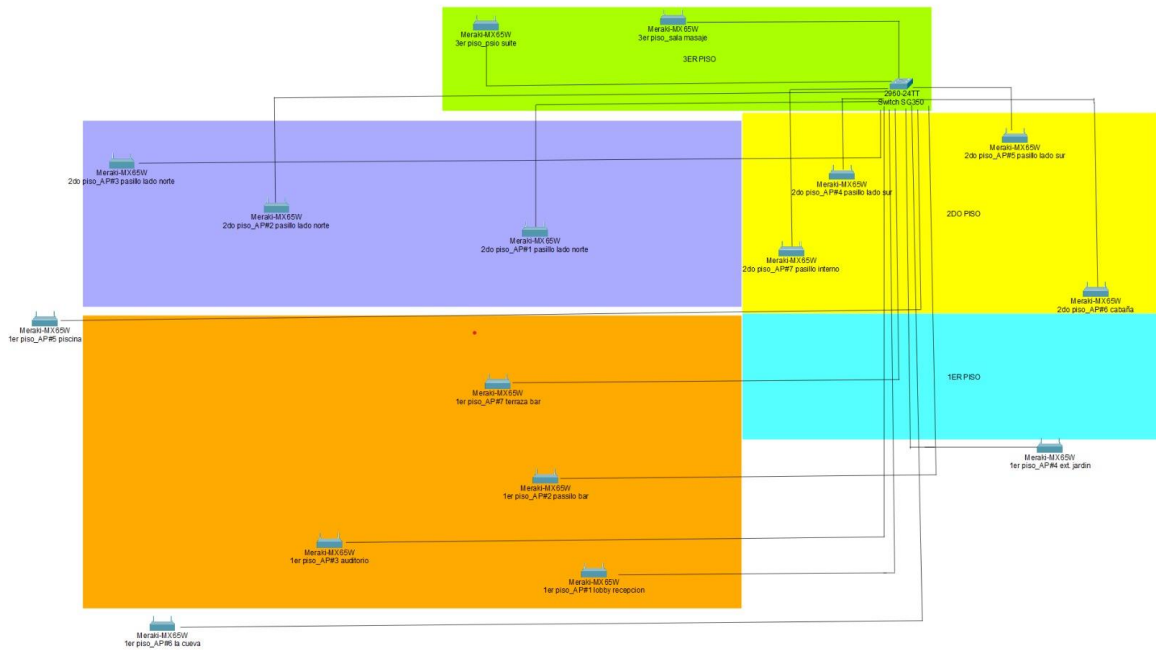


Figura No 62. (Imagen Propia). Propuesta de topología de red para Hotel Reith Lake

Como se puede observar en la imagen anterior, los AP se conectarían a cada puerto del switch SG350-28-K9-NA de manera segura tanto física como lógica. Este switch facilita el acceso en caso de falla en servicio, ya que es administrable de forma remota y cuenta con 28 puertos GI, el cual estarían distribuidos a cada AP del cliente.

El monitoreo de cada AP estaría proporcionado por CISCO MERAKI, ya que se obtendría un Dashboard para verificar el estado de conectividad y comportamiento del servicio en cada punto de acceso. En la siguiente lamina se muestra el listado de los 16 MERAKI en estado activo.

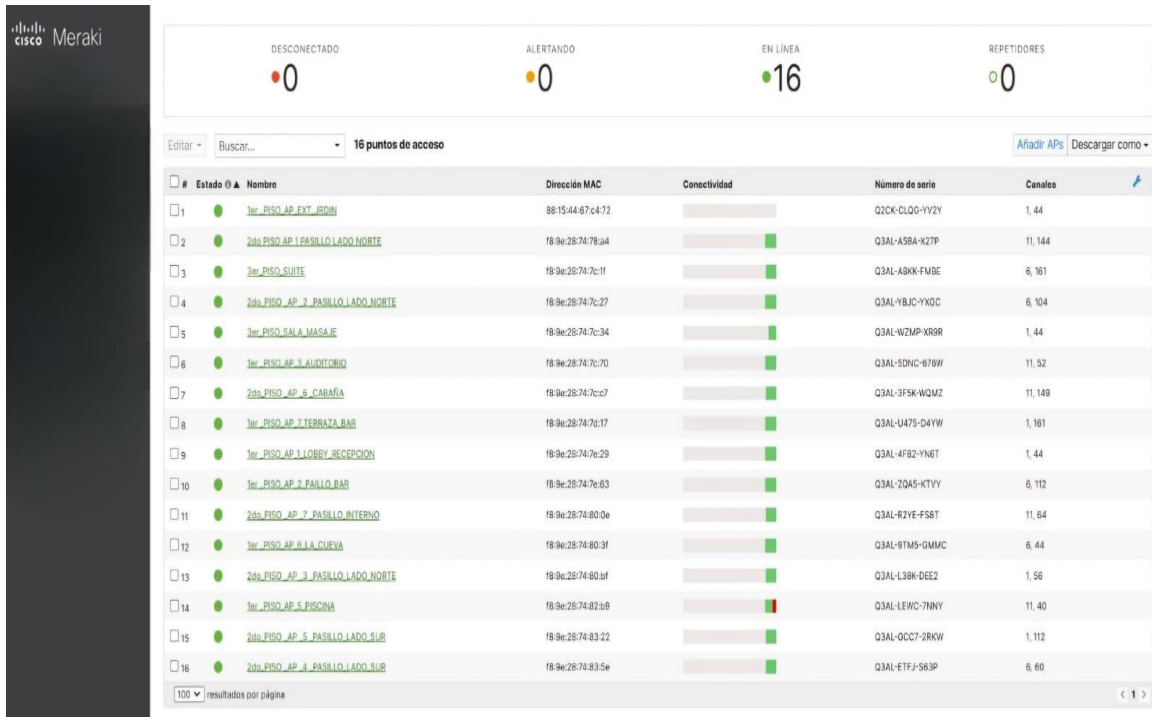


Figura No 63. (Imagen propia). Dashboard de monitoreo de AP CISCO MERAKI

Como se puede observar en la imagen, nos muestra el estado de actividad de cada AP, si se encuentra desconectado o alertando, dirección MAC, número de serie y canales de cada AP.

El Cisco Meraki MR33 es un 2x2:2 de radio cuádruple gestionado en la nube Punto de acceso 802.11ac Wave 2 compatible con MU-MIMO. Diseñado para implementaciones de próxima generación en oficinas, escuelas, hospitales, tiendas, y hoteles, el MR33 proporciona un rendimiento de nivel empresarial seguridad y gestión sencilla.

El MR33 proporciona una velocidad de fotogramas agregada máxima de 1,3 Gbps\* con radios concurrentes de 2,4 GHz y 5 GHz. Una tercera radio dedicada proporciona

WIDS/WIPS en tiempo real con optimización de RF automatizada. Un radio Bluetooth de baja energía (BLE) integrada proporciona balizas y capacidades de escaneo.

La combinación de gestión en la nube, 802.11ac Wave 2, RF a tiempo completo escaneo del entorno y la tecnología Bluetooth integrada ofrece el rendimiento, la fiabilidad y la flexibilidad que requieren las exigentes aplicaciones empresariales como voz y transmisión de video de alta definición.

El MR33 se gestiona a través de la nube de Meraki, con una interfaz basada en navegador que permite una implementación rápida sin capacitación o certificaciones. Dado que el MR33 es auto configurable y Administrado a través de la web, incluso se puede implementar en una ubicación remota sin personal de TI en el sitio.

El MR33 se monitorea las 24 horas del día, los 7 días de la semana a través de la nube de Meraki, que ofrece Alertas en tiempo real si la red tiene problemas. Remoto las herramientas de diagnóstico permiten la resolución de problemas en tiempo real a través de la web, lo que significa que las redes distribuidas de múltiples sitios se pueden administrar de forma remota. El firmware del MR33 siempre se mantiene actualizado desde la nube. Las características, correcciones de errores y mejoras se entregan sin problemas a través de la web, lo que significa que no hay que descargar actualizaciones manuales de software ni parches de seguridad de los que preocuparse. en la siguiente lamina nos muestra la estructura física del CISCO MERAKI MR33.



*Figura No 64. AP CISCO MERAKI*

## **p. PLAN DE MANTENIMIENTO DEL PROYECTO**

Para que los servicios de telecomunicaciones se encuentren óptimos y operativos de forma eficiente, sin interrupciones, se requieren planes de mantenimientos preventivos en ambos sitios, desde la torre comunicaciones del cliente, y su arquitectura de red, hasta el sitio nodal y su estructura.

Los planes de mantenimiento preventivos se realizan en dependencia del cliente y sus necesidades, de igual manera se valora el tipo de servicio y ubicación del servicio. El hotel Reith Lake se encuentra ubicado en una isla, el cual se encuentra rodeada de agua, por ende, de mucha humedad, esto podría ser un factor el cual el servicio se vea afectado, por el fenómeno de la reflexión en el agua, vientos fuertes por estar en zona acuática, entre otros factores que rodeen el ambiente.

A continuación, se muestran tablas de costos según el tipo de mantenimiento requerido en ambos sitios y el tiempo requerido para su ejecución. Especificaciones del tipo de mantenimiento a ejecutar, tiempo establecido según cliente, ubicación del radio enlace y horario orientado por el cliente. En cada mantenimiento se valora las condiciones de cada componente, se procede con el cambio si se requiere para que no se tenga afectación en el servicio. Si se tiene que realizar un cambio o no, este primeramente se notifica al cliente para que dé el aprobado y llevar a cabo el correcto cambio.

Tabla No 42. Información general del mantenimiento a realizar en radioenlace

<b>PLANEACION DE MANTENIMIENTOS HOTEL EL REITH LAKE-ISLETAS DE GRANADA</b>
Tipo de mantenimiento: preventivo-correctivo
Tiempo establecido: semestral. Cada 6 meses mantenimiento de toda la infraestructura del radio enlace
Horario: estipulado por el cliente

En la siguiente tabla se muestra el mantenimiento de red tierra para el cliente.

Tabla No 43. Costo de mantenimiento preventivo por unidades en red tierra del cliente

<b>Mantenimiento Red De Tierra</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>
Sustitución de punta para rayo tipo franklin 5/8 X ft	UND	1	C\$ 1,873.26
Sustitución de base para punta para rayo franklin 5/8 X ft	UND	1	C\$ 967.85
Sustitución de mástil galvanizado de 1 1/12 " X 2 mts	UND	1	C\$ 1,092.73
Sustitución de cable ASR aluminio forrado 2/0	UND	1	C\$ 190.78
Sustitución de varillas - (integración de nuevas varillas)	UND	1	C\$ 1,090.18
Sustitución de cable THHN 2/0 desnudo	MTS	1	C\$ 149.90
Resoldado isotérmico- (nueva soldadura)	UND	1	C\$ 149.90
Sustitución de platina de aluminio 2" X ft	UND	1	C\$ 468.31
Sustitución de Bridas de acero inoxidable	UND	1	C\$ 27.25
Sustitución de Ricolino aislante de platina en torre	UND	1	C\$ 78.22
Sustitución de cable verde THHN 4 AWG	UND	1	C\$ 95.39
Sustitución de terminal doble ojo # 4	UND	1	C\$ 47.00
Sustitución de conector # 4 de aluminio	UND	1	C\$ 399.00

De igual forma el mantenimiento de la estructura de señalización en torre del cliente

Tabla No 44. Costo de mantenimiento preventivo por unidades en balizas de la torre del cliente

<b>Mantenimiento De Luces De Balizas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>
sustitución de baliza de 115 VAC	UND	1	C\$ 624.42
sustitución de bujía de 115 VAC	UND	1	C\$ 93.66
sustitución de foto celda de 115VAC	UND	1	C\$ 530.76
sustitución de base para foto celda de 115VAC	UND	1	C\$ 530.76
sustitución de cable TSJ 3x14	MTS	1	C\$ 95.39
sustitución de caja legran de 6x6"	UND	1	C\$ 504.21
sustitución de brida para sujeción de baliza	UND	1	C\$ 186.20
sustitución de breaker de 1x20 CH	UND	1	C\$ 122.64

En la siguiente tabla se muestran los costos de mantenimiento por cada componente del radio enlace, que corresponden a equipos de planta interna (transmisiones) como equipos de planta externa.

Tabla No 45. Tabla de costos de mantenimiento componentes de radioenlace

<b>Mantenimiento Componentes Radio Enlace</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>
Sustitución de AP (desinstalación, instalación y configuración)	UND	1	C\$ 2,048.96
Reiniciar 1 AP	UND	1	C\$ 718.08
Reiniciar AP adicionales	UND	1	C\$ 705.00
Sustitución de cable de datos en radio (desinstalación e instalación)	UND	1	C\$ 1,561.05
Sustitución de cable de energía de radio (desinstalación e instalación)	UND	1	C\$ 1,779.59
Sustitución de ODU antena integrada/externa datos (desinstalación, instalación, configuración)	UND	1	C\$ 2,629.13
Reiniciar ODU antena integrada/externa (datos)	UND	1	C\$ 718.08
Sustitución de antena externa radio-datos (desinstalación, instalación, alineación)	UND	1	C\$ 2,629.13
Sustitución de IDU-radio datos (desinstalación, instalación)	UND	1	C\$ 1,873.26
Reiniciar IDU (datos)	UND	1	C\$ 404.25
Sustitución de transceiver (desinstalación, instalación, y configuración)	UND	1	C\$ 2,629.13
sustitución de router de internet y datos (desinstalación, instalación y configuración)	UND	1	C\$ 1,643.21
Reiniciar router de internet y/o datos	UND	1	C\$ 269.50
Reiniciar equipo RIC (1e1 Y 4E1)	UND	1	C\$ 404.25
Sustitución de switch (desinstalación, instalación, configuración)	UND	1	C\$ 1,092.73
Sustitución de path cord UTP	UND	1	C\$ 798.00
Suministro de path cord UTP (por metro)	MTS	1	C\$ 54.51
Sustitución de cable entre pararrayos y red de tierra (desinstalación, instalación)	UND	1	C\$ 3,066.12
Sustitución de cable de polarización IDU	UND	1	C\$ 545.09
Sustitución de cable de polarización ODU	UND	1	C\$ 686.86
Sustitución de cable de enlace de red tierra (cable #2/0 cobre)	UND	1	C\$ 1,458.12
Sustitución de pernos de tramos de torre del cliente	UND	1	C\$ 718.08
Sustitución de tensores de viento	UND	1	C\$ 1,305.00
Cambio de grillete de presión de viento	UND	1	C\$ 624.42
Sustitución de vientos de torre (alambre galvanizado #12 para torres menores o iguales a 50)	UND	1	C\$ 2,159.65
Sustitución de vientos de torre (alambre galvanizado #10 para torres menores o iguales a 50)	UND	1	C\$ 2,352.81
Pago por estancia en eventos especiales VIP / corporativo / viatico por estancia en zona pacifico	DIA	1	C\$ 936.63

## **VI. CONCLUSIONES**

### **a. Conclusiones**

#### Determinación de requerimientos específicos

El estudio ha permitido establecer con precisión los requerimientos de ancho de banda, calidad de servicio (QoS) y cobertura necesarios para garantizar la conectividad del Hotel El Reith Lake. Se determinó el ancho de banda mínimo requerido para ser capaz de soportar servicios de transmisión de datos, VoIP y acceso a internet de alta velocidad, asegurando una experiencia óptima para los usuarios. Asimismo, se definieron parámetros esenciales de QoS, incluyendo latencia, jitter y pérdida de paquetes, con el objetivo de garantizar la estabilidad y eficiencia del servicio.

#### Análisis técnico del radioenlace

A través del análisis de línea de vista (LOS), se verificó que el enlace entre el Volcán Mombacho y el Hotel El Reith Lake es viable, cumpliendo con los criterios de despeje de la primera zona de Fresnel para minimizar pérdidas por obstrucción. Se realizaron cálculos detallados de pérdidas de trayecto, considerando factores como la atenuación atmosférica y la absorción por la vegetación en la ruta del enlace. Además, se evaluaron posibles interferencias en la banda de operación seleccionada, concluyendo que la disponibilidad de espectro es adecuada para garantizar un enlace confiable.

## Diseño de la infraestructura del radioenlace

La selección de equipos y materiales se realizó con base en un análisis técnico riguroso, considerando criterios de eficiencia energética, estabilidad operativa y compatibilidad con normativas nacionales e internacionales. Se optó por equipos con tecnología de modulación adaptativa y mecanismos de mitigación de interferencias para optimizar la calidad del enlace. La infraestructura propuesta incluye el diseño de torres de soporte, sistemas de alimentación y protección contra descargas atmosféricas, asegurando la operatividad del sistema bajo condiciones climáticas adversas.

## Reporte técnico detallado y plan de mantenimiento

Se llevaron a cabo cálculos de pérdidas de trayecto, determinando que la potencia recibida en el destino es suficiente para garantizar la operatividad del enlace con un margen adecuado de disponibilidad. La evaluación de la disponibilidad del enlace, considerando el modelo de lluvia de la región, indica que el sistema cumple con los estándares de confiabilidad requeridos. Finalmente, se diseñó un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, incluyendo inspecciones periódicas, monitoreo de desempeño y estrategias de mitigación ante fallas, asegurando la continuidad y estabilidad del servicio de internet para el hotel.

## **b. RECOMENDACIONES**

Para brindar cobertura a gran escala en la zona de las isletas de Granada y disminuir la brecha de no cobertura del servicio de internet, se recomienda implementar un enlace última milla hacia el Hotel Reith Lake a través de fibra óptica marina, cumpliendo los parámetros de implantación para brindar un servicio de transmisión de datos más robusto, a través del medio guiado como lo es la fibra óptica.

De igual forma se recomienda una implementación de una red a través de un controlador centralizado SDN (Red Definida por Software) esto con el objetivo que el hotel cuente con su centro de datos, así optimizar atenciones en plataforma digital e impulsar el teletrabajo y optimizar la atención de los turistas durante su estadía.

Así mismo, una planeación de un despliegue de red LTE y LTE-A en la zona de las isletas de Granada, esto con el objetivo de brindar el servicio de transmisión de voz y datos a cada habitante de las isletas de Granada y turistas nacionales y extranjeros, se toma en cuenta el crecimiento poblacional y turístico que se tiene en la actualidad y como visión a futura, el incremento de usuarios que gocen del servicio de internet.

Por otra parte, este trabajo se lograría tomar en cuenta como orientación en asignaturas de radio enlaces de comunicación para el estudio, diseño e implementación de radio enlaces que se realicen por estudiantes de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y afines, utilizando las herramientas de simulación y planificación de RADWIN Ltd.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- AcMax. (16 de 07 de 2020). *AcMax*. Obtenido de <https://acmax.mx/que-es-una-fuente-de-poder/#:~:text=Las%20fuentes%20de%20poder%20o,correcto%20funcionamiento%20de%20nuestros%20dispositivos>.
- Albornoz, J. M. (2007). Radioenlaces Digitales. *Radioenlaces Digitales*. Academia Española, España. Obtenido de [https://www.academia.edu/3492817/Radioenlaces\\_Digitales](https://www.academia.edu/3492817/Radioenlaces_Digitales)
- Bates, B. D. (2012). Wireless Communication Over MicroLink Systems. . *Wireless Communication Over MicroLink Systems*. . Obtenido de Wireless Communications | IEEE eBooks | IEEE Xplore
- Berrios, J. C. (1 de 9 de 2024). *TELCOM* . Obtenido de <https://telcomplus.org/linea-de-transmision-en-la-red-electrica/>
- Br. Carlos R. Lopez Davila, B. G. (2022). *diseño de un sistema de radiocomunicación para proveer servicio de internet a Ciudad Residencial El Doral*. Universidad Nacional de Ingeniería-UNI, Managua, Managua, Nicaragua. Obtenido de [//ribuni.uni.edu.ni/view/divisions/Telecomunicaciones/](http://ribuni.uni.edu.ni/view/divisions/Telecomunicaciones/)
- Br. Eduardo A. Obando Jacamo, B. F. (2017). *Implementación de enlace microondas como última milla de la red CLARO para disminuir la brecha de las comunicaciones en la comunidad San Pedro del Norte, Bocana de Paiwas, RAAS*. Universidad Nacional de Ingeniería-UNI, Managua, Managua, Nicaragua. Obtenido de <https://ribuni.uni.edu.ni/view/divisions/Telecomunicaciones/>
- Brava, J. A. (2013). Antenas Reflectoras en Microondas. *Antenas Reflectoras en Microondas*. Universidad De La Plata, La Plata.
- Castillo, E. C. (2014). Aplicaciones y Teoría de Ingeniería de Microondas. *Aplicaciones y Teoría de Ingeniería de Microondas*. Universidad Católica San Pablo, Peru, Peru. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/313823162\\_Aplicaciones\\_y\\_Teoria\\_de\\_Ingenieria\\_de\\_Microondas](https://www.researchgate.net/publication/313823162_Aplicaciones_y_Teoria_de_Ingenieria_de_Microondas)
- CDVI, L. (22 de 03 de 2023). *Blog de CDVI en español*. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/c%C3%B3mo-funciona-la-radiotransmisi%C3%B3n-cdvi-latinoam%C3%A9rica>
- CISCO. (2006). CISCO. . *Inter-Switch Link and IEEE 802.1Q Frame Format*. CISCO. Obtenido de <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/lan-switching/8021q/17056-741-4.html>
- Conectronica. (2015). *Radios punto a punto de 5 GHz, RADWIN 2000 D+ Series, que son capaces de entregar hasta 750 Mbps de throughput*. Conectronica: tecnología y elementos de conexión y conectividad. Obtenido de <https://www.conectronica.com/wireless/antenas->

y-enlaces/radios-punto-a-punto-de-5-ghz-radwin-2000-d-series-que-son-capaces-de-entregar-hasta-750-mbps-de-throughput#:~:text=Las%20radios%20RADWIN%202000%20D%2B%20PtP%20destacan%20por,al%20transporte%20de%20f

Dardari, D. C. (2010). Introduction to Wireless Communication Systems. IEEE Transactions on Communications. *Introduction to Wireless Communication Systems. IEEE Transactions on Communications*. Obtenido de Wireless Communications | IEEE eBooks | IEEE Xplore

Equipo, E. (2020). Que son las ondas Electromagneticas. *Que son las ondas Electromagneticas y sus características*. Editorial Equipo. Obtenido de <https://www.significados.com/onda-electromagnetica/><https://www.significados.com/onda-electromagnetica/>

Fernández, J. L., & Coronado, G. (2023). *Fiscalab*. Obtenido de [//www.fiscalab.com/apartado/difraccion-ondas](http://www.fiscalab.com/apartado/difraccion-ondas)

Fernandez, L. (2024). Redes zone. *redes-cable/configurar-enlace-troncal-switch*. Obtenido de <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/configurar-enlace-troncal-switch/>

Fernández, J. L., & Coronado, G. (2023). *Fiscalab*. Obtenido de dispersion de la luz: <https://www.fiscalab.com/apartado/reflexion-refraccion-luz>

Figueiras, A. R. (2002). *UNA PANORAMICA DE LAS TELECOMUNICACIONES*. Madrid: PEARSON EDUCACION, S.A Madrid, 2002.

Freeman, R. L. (1998). Telecommunications transmission handbook 4th edición. *Telecommunications Transmission Handbook, 4th Edition*. John Wiley & Sons, Inc., or related companies, new york, estados unidos. Obtenido de <https://www.wiley.com/en-us/Telecommunications+Transmission+Handbook%2C+4th+Edition-p-9780471240181>

Hjalmar, R. T. (2018). Redes de acceso de muy alta velocidad e internet móvil de banda ancha-tecnologías, regulación y aspectos comerciales. *Redes de acceso*. UNI NICARAGUA, MANAGUA.

Jiménez, J. F. (2009). *Identificación del Impacto del Ecoturismo en la Abundancia, Riqueza y*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA , GRANADA, Granada. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp01v699.pdf>

LOPEZ, J. C. (2012). *Sistema de Radioenlace PaP/PmP*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/PIVB/sistema-de-enlace-punto-a-multipunto>

Ltd., R. (2019). PORTAFOLIO RADWIN 2000. *PORTAFOLIO RADWIN*. RADWIN Ltd., ISRAEL. Obtenido de [https://2686314.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/2686314/RADWIN%202000%20Point-to-Point%20brochure%20-%20ES%20-%20W%20\(1\).pdf](https://2686314.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/2686314/RADWIN%202000%20Point-to-Point%20brochure%20-%20ES%20-%20W%20(1).pdf)

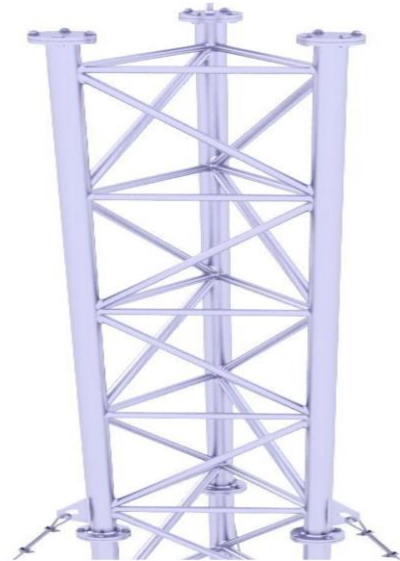
- Nehuen, T. (2024). Radiacion Electromagnetica. *Ondas Electromagneticas*. Ciencias Naturales, fisica.
- NICARAGUA, T. (2025). *Cobertura Móvil de Claro y Tigo*. NICARAGUA, TELCOR, Granada, Nicaragua. Recuperado el Marzo de 2025, de <https://telcor.gob.ni/mapeo-cobertura-movil-claro-tigo/>
- Perez Porto, J. &. (2017). DEFINICIO DE VLAN. *DEFINICION DE VLAN*. Obtenido de <https://definicion.de/vlan/>
- Plata, I. (01 de 09 de 2024). *Importadora Plata*. Obtenido de <https://www.importadoraplata.com/post/qu%C3%A9-es-un-punto-de-acceso-y-sus-asombrosas-ventajas>
- Proakis, G. J. (2014). *Fundamentals of Communication Sytems*. Upper Saddle, Nueva Jersey: Pearson Education.
- Ricardo, R. (2002). *SISTEMAS BASADOS EN ENLACES PUNTO A PUNTO*. Estudiando ciencia de la computacion. Obtenido de [https://estudyando.com/sistemas-basados-en-enlaces-punto-a-punto-definicion-y-usos/#google\\_vignette](https://estudyando.com/sistemas-basados-en-enlaces-punto-a-punto-definicion-y-usos/#google_vignette)
- Robles, J. p. (2008). Zonas de Fresnel. ingeniería en electronica. *Zonas de Fresnel*. Universidad Mesoamericana, Quetzaltenango.
- Ruesca, P. (2016). Radio Comunicaciones. *Radio Comunicaciones*. ITU, Ginebra, Suiza.
- Rugama, B. D. (2014). *Diseño de red LAN y radioenlace por microondas para acceso a internet en la escuela de la comunidad el Coyolito del departamento de Esteli*. Universidad Nacional de Ingeniería-UNI., Managua, Managua, Nicaragua. Obtenido de <https://ribuni.uni.edu.ni/view/divisions/Telecomunicaciones/>
- Sons., J. W. (2016). *Antenna Theory: Analysis and Design*. . New Jersey: John Wiley & Sons.
- Stallings, W. (2008). *Comunicaciones y Redes de Computadores*. España: Pearson Educación, S.A.
- Tomasi, W. (2013). *Sistemas De Comunicaciones Electrónicas, Cuarta Edición*. Pearson Educación. Institute of Technology, PHOENIX, ARIZONA, ARIZONA, MEXICO. Obtenido de [https://drive.google.com/file/d/1-eLsSAC4Lv3wpFJY6CzLr0rgyYMhz\\_Ky/view](https://drive.google.com/file/d/1-eLsSAC4Lv3wpFJY6CzLr0rgyYMhz_Ky/view)
- UNAN-MANAGUA, r. i. (2017). *Condición ambiental y biológica en las Isletas de Granada*. GRANADA: repositorio institucional UNAN-MANAGUA. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/2568/>
- UPC, C. (2011). Bandas de Frecuencias No Licenciadas. *Bandas de Frecuencias No Licenciadas*. UPC Comunicaciones, La Plata, Argentina. Obtenido de <https://comunicacionessupc.wordpress.com/2011/01/15/bandas-de-frecuencias-no>

- Vargas, N. E. (2024). *Radio enlace*. Universidad Surcolombiana , Neiva, Colombia. Obtenido de <https://www.academia.edu/15816526/Radioenlace>
- Verdaguer, G. (05 de 10 de 2020). *SlideShare de Scribd*. Obtenido de Propagación en el Espacio Libre: <https://es.slideshare.net/slideshow/propagacin-en-el-espacio-libre-234122372/234122372>
- XI-Cuatrimestre, I. (2017). Administración de recurso informatico. *Administración de recurso informatico*. Obtenido de <https://recursoinformatico.weebly.com/uploads/1/0/7/3/107381475/snr.pdf>
- Yagües, J. L. (2023). *dispersion de la luz*. dispersion de la luz. Obtenido de <https://www.fiscalab.com/apartado/dispersion-luz>
- Yagües, J. L. (2023). *absorsion y dispersion de las ondas*. *absorsion y dispersion de las ondas*. Obtenido de <https://www.fiscalab.com/apartado/dispersion-luz>
- Yagües, J. L. (2023). *atenuacion y absorcion del movimiento ondulatorio*. *atenuacion y absorcion del movimiento ondulatorio*. Obtenido de <https://www.fiscalab.com/apartado/amortiguacion>
- Yagües, J. L. (2023). *REFLEXION-REFRACCION ONDAS*. Obtenido de <https://www.fiscalab.com/apartado/reflexion-refraccion-ondas>
- Nicaragua. (2023). Ley No. 1156, Ley de Reforma al Decreto-Ley No. 1053, Ley Orgánica del Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos (TELCOR). Gaceta Diario Oficial, (n.º 117), Pag 5846.  
<https://docs.google.com/viewer?url=https%3A%2F%2Ftelcor.gob.ni%2Fbiblioteca%2FpreviewFile%2Fid%2F13219%2Fhash%2F3e68202d5ccf86ebdd5216a30e85f872a02bbff0%2Fkey%2F1923957477%2F&embedded=true>
- Instituto Nicaragüense de Turismo. (2021). Boletín de estadísticas de turismo (Edición No. 32, p. 28). INTUR. <https://www.intur.gob.ni/wp-content/uploads/2022/06/Boletin-de-Estadisticas-Turisticas-Ano-2021-.p>

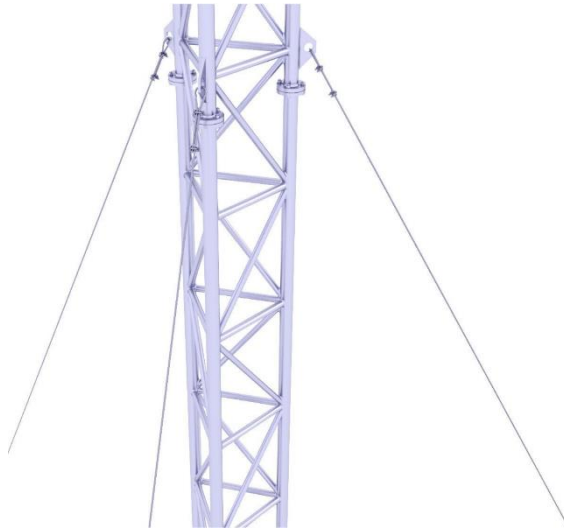
## VIII. ANEXOS



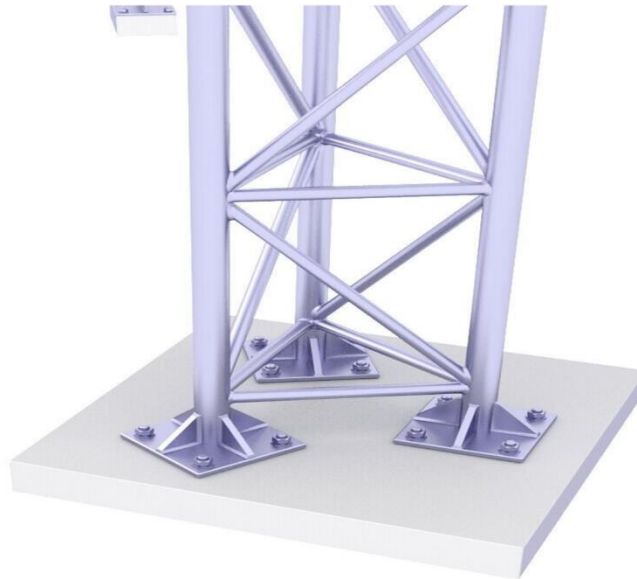
*Figura No 65. Tramo alto de la torre en el sitio cliente*



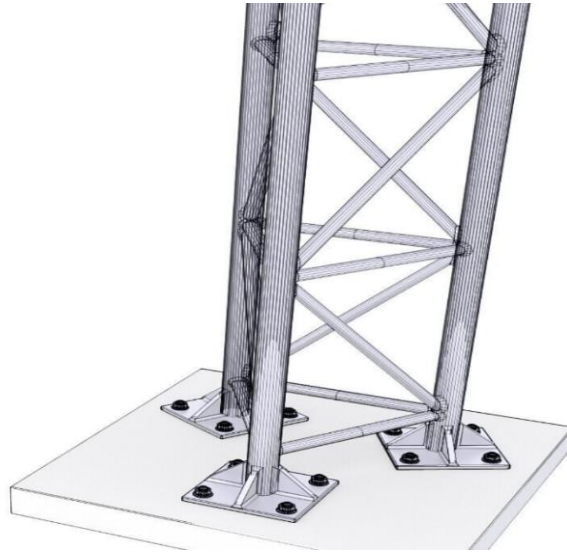
*Figura No 66. Tramo alto de la torre en el sitio del cliente*



*Figura No 67. Tramo medio de la torre del cliente*



*Figura No 68. Base de la torre en el sitio del cliente*



*Figura No 69. Tramo bajo de la torre en el sitio del cliente*

## CONFIGURACION DE ROUTER HUAWEI AR611W EN SITIO DEL CLIENTE

Configuración MPLS y acceso SSH del router HUAWEI AR611W.

```
sysname ETHERNET_HOTEL
#
dns resolve
dns server 8.8.8.8
dns server 190.184.56.72
dns server 216.230.147.90
dns server 216.230.139.8
dns proxy enable
#
dhcp enable
#
acl number 2000
rule 5 permit source 192.168.1.0 0.0.0.255
#
interface LoopBack5
description MONITOREO_A
ip address 10.99.227.9 255.255.255.255
#
acl number 2010
description MONITOREO_B
rule 5 permit source 10.255.24.144 0.0.0.7
rule 10 permit source 190.148.15.192 0.0.0.15
#
acl number 2066
description GESTION
rule 5 permit source 10.0.0.0 0.255.255.255
rule 10 deny
#
ip pool DHCP_POOL
gateway-list 192.168.1.1
network 192.168.1.0 mask 255.255.255.0
lease day 0 hour 12 minute 0
dns-list 8.8.8.8 190.184.56.72 216.230.147.90 216.230.139.8
#
nat address-group 0 200.62.96.234 200.62.96.234
#
interface Vlanif1
description LAN_CLIENTE
```

```

ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
dhcp select global
#
interface GigabitEthernet0/0/0
description PTO_LAN_0
#
interface GigabitEthernet0/0/1
description PTO_LAN_1
#
interface GigabitEthernet0/0/2
description PTO_LAN_2
#
interface GigabitEthernet0/0/3
description PTO_LAN_3
#
interface GigabitEthernet0/0/4
tcp adjust-mss 1200
ip address 10.34.228.206 255.255.255.252
nat outbound 2000 address-group 0
qos car inbound cir 61440 cbs 11520000 pbs 23040000 green pass yellow pass
red discard
qos car outbound cir 61440 cbs 11520000 pbs 23040000 green pass yellow pass
red discard
#
ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 10.34.228.205
#
snmp-agent community write NM15sNmPRo acl 2010
snmp-agent sys-info location default
snmp-agent sys-info version v2c
#
interface NULL0
#
telnet server enable
#
user-interface con 0
authentication-mode aaa
user-interface vty 0
acl 2066 inbound
authentication-mode aaa
user privilege level 15
protocol inbound telnet
user-interface vty 1 4
acl 2066 inbound
authentication-mode aaa
protocol inbound telnet

```

```
#  
aaa  
local-user soportedx password irreversible-cipher $0p0r73dx  
local-user soportedx service-type telnet terminal http  
local-user soportedx privilege level 15
```