



**DISEÑO DE UNA PLATAFORMA  
TECNOLÓGICA DE COMUNICACIÓN  
INALÁMBRICA PARA LA TRANSMISIÓN  
EFECTIVA DE DATOS Y TELEFONÍA IP  
ENTRE EL EDIFICIO DE OPERACIONES Y  
LA SEDE DE LA GERENCIA GENERAL  
DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA  
PRODUCTOS INDUSTRIAL DE  
ALEMANIA C.A. (D.P.I.A.C.A.).**

Autor: T.S.U. Jorge F. Buenaño R  
C.I: 12.817.807  
Tutor Académico: Msc. Deiby Torres

Urbanización Yuma II, Calle N° 3. Municipio San Diego.  
Teléfonos: 0241-8714240 (Master) – Fax: 0241-8712394



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

**DISEÑO DE UNA PLATAFORMA TECNOLÓGICA DE COMUNICACIÓN  
INALÁMBRICA PARA LA TRANSMISIÓN EFECTIVA DE DATOS Y TELEFONÍA IP  
ENTRE EL EDIFICIO DE OPERACIONES Y LA SEDE DE LA GERENCIA GENERAL**

Informe de pasantías para obtener el título de Ing. En Telecomunicaciones

**EMPRESA: DISTRIBUIDORA PRODUCTOS INDUSTRIAL  
DE ALEMANIA C.A. (D.P.I.A.C.A.).**

Autor: T.S.U. Jorge F. Buenaño R  
C.I: 12.817.807  
Tutor Académico: Msc. Deiby Torres

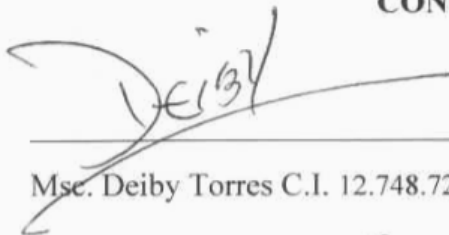
San Diego, junio de 2017

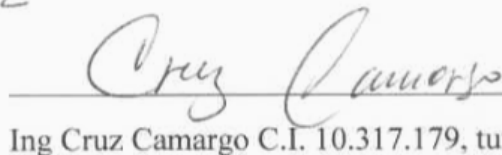


**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO DE UNA PLATAFORMA TECNOLÓGICA DE COMUNICACIÓN  
INALÁMBRICA PARA LA TRANSMISIÓN EFECTIVA DE DATOS Y TELEFONÍA IP  
ENTRE EL EDIFICIO DE OPERACIONES Y LA SEDE DE LA GERENCIA GENERAL  
DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA PRODUCTOS INDUSTRIAL DE ALEMANIA C.A.  
(D.P.I.A.C.A.)**

**CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN**

  
Msc. Deiby Torres C.I. 12.748.723, tutor académico

  
Ing Cruz Camargo C.I. 10.317.179, tutor empresarial



DISTRIBUIDORA PRODUCTOS  
INDUSTRIAL DE ALEMANIA, C.A.  
RIF: J-30563455-6



AUTOR: T.S.U. Jorge F. Buenaño R

C.I. 12.817.807

San Diego, junio de 2017

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>LA EMPRESA</b>	
.	
1.1 Nombre y Ubicación.....	3
1.2 Descripción de la Empresa.....	3
1.3 Reseña Histórica de la Empresa.....	4
1.4 Misión.....	5
1.5 Visión.....	5
1.6 Valores.....	5
1.7 Estructura Organizativa .....	6
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>EL PROBLEMA</b>	
2.1 Planteamiento del Problema.....	9
2.2 Formulación del problema.....	11
2.3 Objetivos de la Investigación.....	11
2.4. Justificación.....	11
2.5 Alcance.....	12
2.6 Limitaciones.....	12
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL</b>	
3.1 Antecedentes.....	13
3.2 Bases Teóricas.....	15
3.2.1 Sistema de Comunicación .....	16
3.2.2 Señales de Datos.....	18
3.2.3 Redes Inalámbricas.....	22

3.2.4 El Modelo de Referencia OSI.....	33
3.2.5 Protocolo TCP / IP.....	36
3.2.6 Voz IP.....	39
3.3 Definición de Términos Básicos.....	41
 <b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>FASES METODOLÓGICAS</b>	
4.1 Fases Metodológicas.....	43
4.1.1 Fase I. Diagnóstico la actual plataforma de comunicación.....	43
4.1.2 Fase II. Determinación la factibilidad técnica, operativa y económica.....	44
4.1.3 Fase III. Diseño de una plataforma tecnológica de comunicación inalámbrica.....	45
 <b>CAPÍTULO V</b>	
<b>RESULTADOS</b>	
Fase I. Diagnóstico la actual plataforma de comunicación.....	46
Fase II. Determinación la factibilidad técnica, operativa y económica.....	55
Fase III. Diseño de una plataforma tecnológica de comunicación Inalámbrica.....	58
 <b>CONCLUSIONES</b> .....	103
 <b>RECOMENDACIONES</b> .....	105
 <b>REFERENCIAS</b> .....	106
Impresas.....	106
Electrónicas.....	107
 <b>ANEXOS</b>	
Anexo A: Matriz de Análisis.....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pp.
Figura 1. Mapa Direccional.....	3
Figura 2. Organigrama de la Empresa .....	6
Figura 3. Estructura organizativa Dpto. Sistemas y Electrónica.....	8
Figura 4. Sistema Básico de comunicaciones.....	17
Figura 5. Enlace Punto a punto.....	23
Figura 6. Zona de Fresnel.....	30
Figura 7. Línea de Vista.....	31
Figura 8. Modelo OSI.....	34
Figura 9. Modelo TCP / IP.....	37
Figura 10. Red enlace actual DPIACA.....	47
Figura 11. Obstáculos línea de vista enlace actual.....	48
Figura 12. Mástil antena edificio de operaciones.....	49
Figura 13. Enrutador usado enlace actual.....	50
Figura 14. Ocupación de canales circundantes a 2,4 Ghz.....	51
Figura 15. Solapamiento de canales entre los diferentes enrutadores de la zona.....	51
Figura 16. Simulación en Radio Mobile del enlace actual DPIACA.....	52
Figura 17. Datos arrojados simulación Radio Mobile del enlace actual DPIACA.....	53
Figura 18. Obstrucción mostrada en Radio Mobile del enlace actual DPIACA	53
Figura 19. Topografía del enlace actual DPIACA.....	54
	Pp.
Figura 20. Ubicación puntos geográficos según coordenadas.....	59

Figura 21.	Perfil Topográfico del trayecto edificio de operaciones DPIACA a base torre repetidora Google Earth.....	60
Figura 22.	Perfil Topográfico del trayecto edificio de operaciones DPIACA a base torre repetidora Radio Mobile.....	61
Figura 23.	Perfil Topográfico del trayecto base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA Google Earth.....	62
Figura 24.	Perfil Topográfico del trayecto base torre repetidora a la sede gerencia general DPIACA. Radio Mobile.....	62
Figura 25.	Radio Rocket5ac PtP.....	64
Figura 26.	Hoja técnica del radio Rocket5ac PtP.....	65
Figura 27.	Tasa de poder transmisión y recepción del radio Rocket5ac PtP.....	66
Figura 28.	Antena RocketDish RD-5G31-AC .....	67
Figura 29.	Antena y radio.....	68
Figura 30.	Vista lateral de la Antena RD-5G31-AC.....	69
Figura 31.	Datos técnicos de la Antena RD-5G31-AC.....	70
Figura 32.	Patrón de radiación, elevación y azimut de la Antena RD5G31-AC	70
Figura 33.	Configuración Datos en Radio Mobile.....	83
Figura 34.	Configuración Unidades en Radio Mobile.....	84
Figura 35.	Configuración sistema en Radio Mobile.....	84
Figura 36.	Mapa Topográfico del enlace edificio de operaciones DPIACA a base torre repetidora en Radio Mobile.....	85
Figura 37.	Trayectoria del enlace edificio de operaciones DPIACA a base torre repetidora en Radio Mobile.....	86

Pp.

Figura 38.	Mapa satelital del enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.....	86
Figura 39.	Datos obtenidos por el Radio Link del enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.....	87
Figura 40.	Rx relativo o margen del enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.....	88
Figura 41.	Margen de umbral del receptor del enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.....	89
Figura 42.	1ra zona de Fresnel, del enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.....	90
Figura 43.	Altura despeje 1ra zona de Fresnel, del enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.....	90
Figura 44.	Orientación de la antena transmisora del edificio de operaciones DPIACA.....	92
Figura 45.	Orientación de la antena receptora de la torre repetidora.....	92
Figura 46.	Mapa topográfico del enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA en Radio Mobile.....	93
Figura 47.	Trayectoria del enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA en Radio Mobile.....	94
Figura 48.	Mapa satelital del enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.....	94
Figura 49.	Datos obtenidos por el Radio Link de la base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.....	95
Figura 50.	Rx relativo o margen de la base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.....	96
		Pp.
Figura 51.	Margen de umbral del receptor enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.....	97

Figura 52.	1ra zona de Fresnel, enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.....	98
Figura 53.	Altura despeje 1ra zona de Fresnel, base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.....	98
Figura 54.	Orientación de la antena transmisora de la base torre repetidora.....	99
Figura 55.	Orientación de la antena receptora sede de la gerencia general.....	100
Figura 56.	Plano General de la red DPIACA con la nueva plataforma de comunicaciones.....	102

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pp.
Gráfico 1. Inversión vs. beneficios económicos generados.....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pp.
Tabla 1. Comparación de los resultados de los cálculos teóricos con los simulados para el enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.....	100
Tabla 2. Comparación de los resultados de los cálculos teóricos con los simulados para el enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.....	101

## INTRODUCCION

La aparición de hombre actual (Homo Sapiens) hace más de 200.000 años atrás, no solamente llegó acompañado de su perfeccionamiento en las técnicas de obtención de alimentos, la ampliación de las formas de organización social, de la religión y de las manifestaciones que darían origen a las diferentes razas humanas. También junto con ellas nació la necesidad de comunicarse, en un principio solo había comunicación a partir de signos abstractos dibujados o esculpidos en piedra y luego con el devenir de los años de papel hecho de hojas de árboles. Luego aparecerían lo que sería los primeros sistemas de comunicaciones (1184 AC) donde podían transmitir mensajes a distancia con señales de fuego, el antiguo imperio Romano y Griego poseían muy buenos sistemas de este tipo, hacia los años 500 AC dos ingenieros de Alejandría usaban un sistema de recepción y transmisión de información solo en la noche, el sistema constaba de dos caminos separados por una colina, dependiendo de cuantas antorchas y como fueran acomodadas en la colina el mensaje podía ser.

Esta necesidad fue acrecentada con el desarrollo de la humanidad hasta la actualidad, de manera tal, que el hombre de esta era pudo dominar algo impensable, como lo era poder transmitir un mensaje a través del espacio libre mediante un principio que sus ojos nunca verían, pero su existencia sería inequívocamente comprobada, nombrando este fenómeno, como ondas electromagnéticas.

Partiendo de este avance científico y de la necesidad de contribuir desde la ingeniería al mejoramiento de la tecnología de comunicación no cableada dentro de las organizaciones, es que se le presenta a la empresa Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A. (D.P.I.A.C.A.), el diseño de una plataforma tecnológica de comunicación inalámbrica para la transmisión efectiva de datos y telefonía IP entre el edificio de operaciones y la sede de la gerencia general, para que puedan comunicarse de forma eficiente y constante, de tal manera, de que se logren los objetivos organizacionales.

Conforme a ello, en el Capítulo I, se desarrollan los aspectos relevantes que identifican a la empresa como es su ubicación, descripción, reseña histórica, misión, visión y su estructura organizativa. Por su parte, en el Capítulo II, se plantea la problemática, la cual se fundamenta en la realidad observada y experimentada en la empresa, seguidamente se establecen los objetivos de la investigación, justificación, alcance y una probable limitación que se pudiera presentar en el desarrollo del estudio. De igual manera, en el capítulo III, se abarcan los aspectos del marco referencial conceptual, como lo son algunos antecedentes, que son trabajos de investigación llevados a cabo sobre la temática, luego se presenta una selección de teorías que brindan validez conceptual y orientan la investigación, algunas de las cuales son: teoría sobre sistemas de comunicación, señales de datos, redes inalámbricas, red WIFI, modelo de referencia OSI, entre otros; para luego señalar la definición de ciertos términos de interés para el presente estudio.

En este orden de ideas, el desarrollo de las fases de la investigación se observa plenamente en el Capítulo IV, donde se hace un diagnóstico de la situación actual de la empresa con apoyo de la técnica de recolección de datos e instrumento seleccionado, en el cual se registraron los aspectos relevantes considerados previamente por el investigador. Seguidamente, se señala el tipo de investigación y un estudio de factibilidad técnica, operativa y económica que determina la viabilidad o no del proyecto. Y para finalizar, en el capítulo V, se brinda los resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidas después de haber considerado los factores descritos en las fases anteriormente mencionadas, culminando con el nuevo diseño que mejor se adecua a los requerimientos contemplados por la empresa.

# CAPÍTULO I

## LA EMPRESA

### 1.1 Nombre y Ubicación

La Distribuidora Productos Industrial de Alemania, C.A. (D.P.I.A.C.A.), se encuentra ubicada en la calle 103 centro comercial empresarial del Este, locales 8,9 y G7 planta baja zona industrial Castillito Valencia Estado Carabobo. (Ver figura 1).



Figura 1. Mapa de ubicación de la empresa DPIACA.

Fuente: Google Maps

### 1.2 Descripción de la Empresa

La Distribuidora Productos Industrial de Alemania, C.A. (D.P.I.A.C.A.), es una empresa importadora y distribuidora exclusiva para Venezuela y el Caribe de equipos de Soldadura que poseen la más avanzada tecnología a nivel mundial en dicho ramo,

auspiciada por la afamada marca Austriaca Fronius, líderes en innovación y tecnología, la cual ha logrado combinar las bondades de la digitalización y electrónica adaptados a la exigencia de los procesos de soldadura, dando como resultado la mayor calidad y ahorro en todos los procesos concerniente al mismo.

De esta manera, la empresa brinda a sus clientes, a través de dichos equipos de última tecnología, la ejecución de trabajos con alta precisión, calidad, rendimiento, bajo consumo energético, livianos y de fácil traslado a muy bajo costo, que la han convertido en una empresa líder por su sólida experiencia con los equipos que ofrece, siendo muestra de ello, su posicionamiento en el mercado en áreas como: naval, petroquímica, minería, construcción y petróleo.

En este sentido, posee en su importante cartera de clientes, entre otras, a las siguientes empresas: Diques y Astilleros Nacionales C.A. (DIANCA), Petroquímica de Venezuela S.A. (PEQUIVEN), Venezolana de Aluminio (VENALUM), Túneles Industriales C.A. (TUNINCA) y Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA).

Por otra parte, para complementar los productos ofrecidos principalmente como son los equipos de Soldadura, también cuenta con un excelente servicio técnico especializado, actualizado anualmente por el desarrollo de nuevos productos, provisión constante de consumibles y partes, así como también la certificación y calibración de los equipos de soldadura y venta de electrodos, alambres y varillas especiales.

### **1.3 Reseña Histórica de la Empresa**

La Distribuidora Productos Industrial de Alemania, C.A. (D.P.I.A.C.A.), fue fundada en 1.998 con aporte de capital extranjero, con el firme propósito de asesorar a la industria venezolana y del Caribe en el sector ligado a los procesos de Soldadura. Desde el momento de su fundación hasta la actualidad, la empresa ha querido destacar la importancia que tiene tomar en cuenta aspectos que contribuyan al desarrollo de cualquier sociedad y es así como Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A (D.P.I.A.C.A.), creyendo en el crecimiento del país y apoyado en los equipos de alto nivel tecnológico en soldadura a nivel mundial que ofrece la marca Fronius, abre en el 2011 el Centro Avanzado de

Tecnología en Soldadura (CENATECSO), con el objetivo de concentrar técnicas y adiestramiento a disposición de las empresas y el público en general para acrecentar el desarrollo potencial del país en el ramo de la soldadura ofreciendo para tal fin un novedoso centro de pruebas y entrenamiento provisto de excelentes espacios para la enseñanza, así como equipos de soldadura incluyendo un novedoso sistema Virtual de Soldadura donde se podrá simular y aprender sin la necesidad de incurrir en gasto de material, energía, y con la más alta seguridad para el participante.

#### **1.4 Misión**

La Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A (D.P.I.A.C.A.), tiene como propósito lograr el bienestar de sus accionistas, trabajadores y demás colaboradores a través de su crecimiento, reconocimiento y permanencia en los mercados nacionales e internacionales. Para ello contamos con tecnología de punta y un recurso humano competente, orgulloso de pertenecer a la organización; pilares fundamentales para ofrecer a nuestros clientes productos de alta calidad y confiabilidad con competitividad en precios, servicios y permanente actualización.

#### **1.5 Visión**

Consolidar a la Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A (D.P.I.A.C.A.) como empresa líder en la comercialización de equipos, accesorios y consumibles, combinando las bondades de la digitalización adaptados a la exigencia de los procesos de soldadura, aunado a la prestación de servicios de calidad, en compromiso con el cliente y su talento humano.

#### **1.6 Valores**

En la Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A (D.P.I.A.C.A.) se distinguen como valores fundamentales para el logro de sus objetivos los principios siguientes: honestidad, compromiso, respeto, perseverancia, lealtad, calidad en el servicio,

responsabilidad, innovación y trabajo en equipo, así como también un compromiso social ambiental para el mejoramiento de nuestro planeta.

## 1.7 Estructura Organizativa

Como se puede observar (ver figura 2) la estructura central de la empresa se ha dividido en tres áreas que son área operaciones, administrativa y comercial.

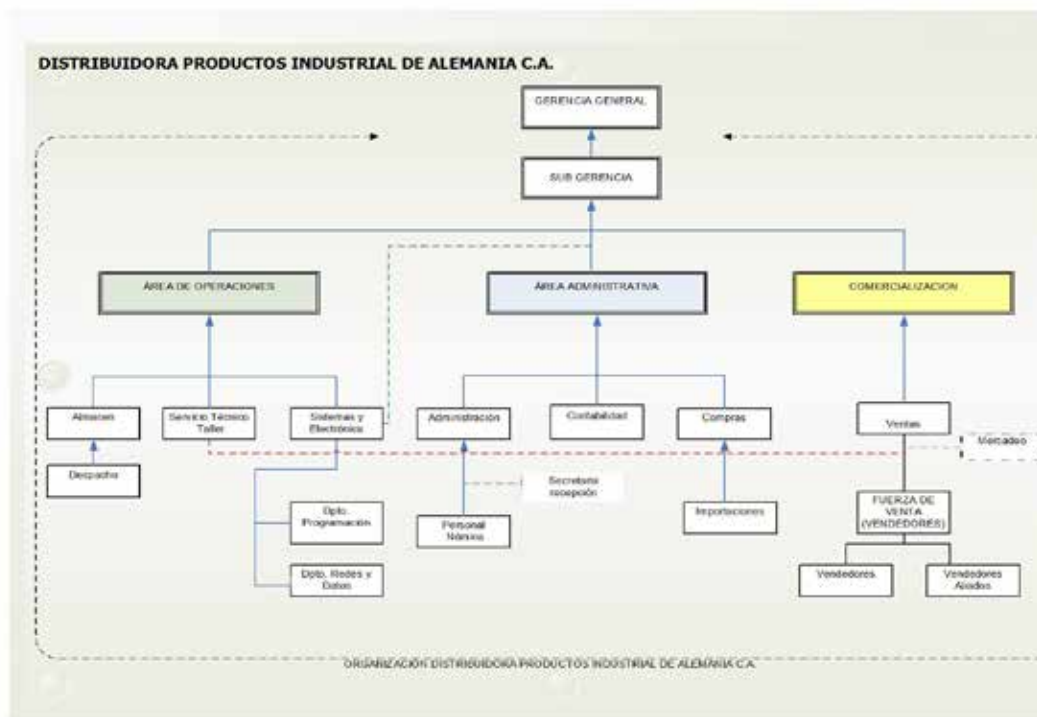


Figura 2. Organigrama de la empresa DPIACA.

Fuente: La empresa

a) **Operaciones**, que está enfocada a reunir los departamentos con competencia operativa para la empresa como son: Servicio Técnico o Taller, Sistemas y electrónica y se deja asentado un departamento adicional que es almacén con su respectiva subordinación que es Despacho. Es de hacer notar que el departamento de Servicio Técnico tiene una línea de staff o apoyo directamente al Departamento de Ventas, como soporte a demostraciones, garantías y

reparaciones en el que pueda estar incurso el área de comercialización. Así mismo lo hace el departamento de Sistemas y electrónica directamente como apoyo a las áreas centrales (Operaciones, Administrativa y Comercialización) a cargo directo de la sub gerencia, ya sea en funciones de operativas o administrativas en general.

b) **Administrativa**, donde se realiza las funciones de tipo legal y de administración de los recursos de la empresa, por esto se divide en: Departamento de Administración del cual depende directamente el personal y como apoyo y subordinación al mismo la secretaria o recepcionista de la empresa. Así mismo, el departamento de contabilidad y compras del cual se le subordina las importaciones.

c) **Comercialización**, esta área netamente enfocada a las tareas de venta o comercialización, mercadeo de la empresa, por esto se observa un departamento de venta al cual están subordinados la fuerza de ventas o vendedores, y como apoyo al mismo una consultoría de mercadeo para la ayuda en las labores de impulso y mercadotecnia de los productos.

Para la efectiva coordinación e intercomunicación entre las áreas competentes se anexa la sub gerencia subordinado a la gerencia general, el cual justificaría su función en lo concerniente a:

- Coordinación, apoyo logístico y supervisión de los procedimientos administrativos y técnicos de la empresa, con el objetivo de interconectar más eficientemente las áreas involucradas.
- Soporte en la planificación y control de proyectos (análisis, factibilidad, estructuras de procedimientos, control de fechas, seguimientos y evaluación de resultados) en conjunto con los departamentos involucrados.
- Planificar las necesidades de servicios, como lo son el talento humano y material de la empresa, en la logística cotidiana de la empresa, en lo concerniente a los proyectos que se estén o vayan a ser realizados con antelación para una mejor efectividad en el uso y en la ejecución de los mismos.
- Cualquiera otra actividad operacional requerida por la gerencia general.

La gerencia general cuya labor esencial se establece en la dirección, control y representación global de la empresa y sus directivos, manejo efectivo del talento humano, materiales, financieros y legales de la misma, así como la planificación de estrategias gerenciales para la manutención y proyección de la empresa y cuales quiera otra actividad exigida por la presidencia o junta de accionista de la misma.

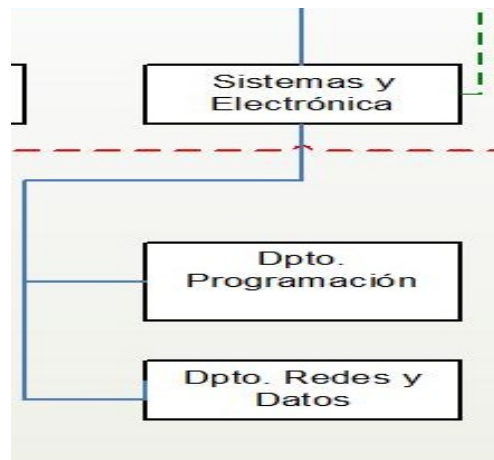


Figura 3. Estructura organizativa Dpto. Sistemas y Electrónica.

Fuente: La empresa

El departamento de sistemas y electrónica (ver figura 3) es el encargado de brindar toda la plataforma tecnológica de la empresa siendo su objetivo la planificación, ejecución y control de todas las actividades relacionadas con la programación y desarrollo de sistemas, planeación y estructuración de las redes tanto alámbricas como inalámbricas, verificación de los equipos generadores y de soportes eléctricos o electrónicos, soporte a la red telefónica interna, central, extensiones analógicas digitales o IP, soportado en sus dos divisiones como lo son el Departamento de Programación y el Departamento de redes y datos.

## **CAPÍTULO II**

### **EL PROBLEMA**

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

El poder comunicarse siempre ha llevado a la mente humana a buscar y desarrollar métodos e instrumentos que le permitan acortar las distancias entre los mismos, desde hace más de 5.000 años el hombre primitivo dejó huella escrita esculpida en piedra o tallada en madera de lo que quería expresar y así en los sucesivos años fue cambiando de formas y métodos cada vez diversificando y ampliando las estructuras de los medios de comunicación, es así como se desarrollaron entre otros, mensajes a distancia con señales de fuego donde alguien transmitía y otros recibían información, utilizaron las hojas de los árboles como papel para plasmar ideas que luego fueron el objeto a transportar por tierra en carruajes o por mar en barcos y hasta por aire en palomas que cruzaron las distancias necesarias para llevar los mensajes requeridos.

De esta manera, con el devenir de los tiempos y a raíz del desarrollo del sistema de numeración decimal con el cual se logró encontrar la facilidad de representar números largos con la adición de ceros decimales nacieron otros sistemas como el telégrafo con sus distintas formas, a saber: el óptico, electroquímico hasta llegar al alámbrico o de hilos donde la telegrafía marca una era en telecomunicaciones la cual sienta las bases a la invención del teléfono como sistema alámbrico.

En este orden de ideas y apoyados en las teorías de grandes científicos como Maxwell se comienza a trabajar en algo impensado como era el poder transmitir por medio de señales electromagnéticas usando el espacio como medio de transmisión, y es así luego de muchos experimentos en el año 1894 el inglés Lodge, en el Real Instituto de Londres, utilizando un excitador Hertz y un cohesor Branly, establece la primera comunicación en morse a 36 metros de distancia, para que meses más tarde el Italiano Marconi efectúa la transmisión de señales inalámbricas a través de una distancia de 2 millas (3.21869 Km).

Bajo este influjo nace la comunicación inalámbrica que es el factor fundamental para el desarrollo de sistemas más avanzados de hoy día como: la radio, la televisión, la telefonía móvil, las comunicaciones satelitales que llevan las transmisiones a un nivel de mayor de alcance y en consecuencia acortando las distancias que había de sortear el hombre a lo ancho del planeta tierra en su pasado reciente, catapultando así un futuro inalámbrico que propone hoy en día la nueva sociedad globalizada que utiliza extensivamente y de forma optimizada las oportunidades que ofrecen las tecnologías de la información y las comunicaciones como medio para su desarrollo personal, profesional, laboral, empresarial, entre otros.

Al respecto, la empresa Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A (D.P.I.A.C.A.), no escapa de esa realidad, por lo que en virtud de considerar a la información como un factor clave del éxito y proyección de la empresa, cuenta con una plataforma tecnológica para la transmisión de datos y telefonía IP, que fue implantado con la finalidad de comunicar el edificio de operaciones de la empresa con la oficina sede de la gerencia general, pero que en la actualidad, no funciona, debido a que se observan alturas inadecuadas de las torres de transmisión, pues existen alrededor obstáculos que comprometen la línea de vista en la orientación de las antenas, así como la existencia de equipos circundantes transmitiendo en frecuencia y canales de 2,4 GHZ, lo que pudiese estar creando interferencias en la transmisión.

Todo esto aunado al deterioro de los equipos que se encuentran a la intemperie los cuales también llevan más de cuatro años de uso, generando que la gerencia general no pueda recibir la información de forma oportuna enviada desde sus diversos departamentos y en consecuencia la toma de decisiones se vea afectada lo que ha significado que, en algunos casos, por no identificar a tiempo debilidades y sectores vulnerables, no se hayan logrado los objetivos planteados por la organización, tales como mantener un alto nivel competitivo dentro del mercado y obtener mayor capacidad de desarrollo.

## **2.2 Formulación del Problema**

En virtud de la realidad expuesta, se evidencia la necesidad de plantear a la empresa una solución, por lo que surge la siguiente interrogante: ¿Qué plataforma tecnológica de comunicación inalámbrica para transmisión de datos y telefonía IP se puede implementar entre el edificio de operaciones de la empresa Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A. (D.P.I.A.C.A.) y la sede de la gerencia general?

## **2.3 Objetivos de la Investigación**

### **2.3.1 Objetivo General**

Diseñar una plataforma tecnológica de comunicación inalámbrica para la transmisión efectiva de datos y telefonía IP entre el edificio de operaciones y la sede de la gerencia general de la empresa Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A. (D.P.I.A.C.A.).

### **2.3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la actual plataforma de comunicación para la transmisión de datos y telefonía IP de la empresa Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A. (D.P.I.A.C.A.).
- Determinar la factibilidad técnica, operativa y económica de la nueva plataforma tecnológica de comunicación inalámbrica para la transmisión de datos y telefonía IP.
- Elaborar el diseño de una plataforma tecnológica de comunicación inalámbrica para la transmisión efectiva de datos y telefonía IP entre el edificio de operaciones y la sede de la gerencia general de la empresa Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A. (D.P.I.A.C.A.).

## **2.4 Justificación**

La dinámica de las empresas dentro de la sociedad actual globalizada requiere de una rápida conversión y actualización de los datos que maneja en sus diversas áreas, sin importar la distancia que puedan estar una de otras, para que puedan lograr una mayor

eficiencia en el desempeño de sus roles, por lo que resulta necesario que cuenten con una plataforma de comunicación que le brinde la posibilidad de materializar la interconexión entre sus departamentos.

En este sentido, la empresa DPIACA, no escapa de esa realidad, por lo que en virtud de que presenta debilidades en su sistema de comunicación, se plantea un diseño de plataforma tecnológica para la transmisión efectiva de sus datos y telefonía IP con la utilización de redes inalámbricas en frecuencias de 5 GHz, la cual es superior a la mayoría circundante, evitando el solapamiento entre canales de igual frecuencia, brindando un amplio ancho de banda para la transmisión y una mayor ganancia ante la pérdidas de señal con la restitución de nuevas antenas y equipos transceptores, permitiendo de esta manera a la empresa, la oportuna y constante comunicación entre sus sedes, trayendo como resultado una toma de decisiones fundamentada en el flujo de una información veraz, oportuna y confiable, lo que se traduce en lograr un elevado nivel competitivo dentro del mercado nacional e internacional.

## **2.5 Alcances de la Investigación**

Diseñar una plataforma tecnológica de comunicaciones que permita a la empresa Distribuidora de Productos Industrial de Alemania C.A. (D.P.I.A.C.A) la oportuna y constante comunicación entre sus sedes, como alternativa de mejora a la actual plataforma de comunicaciones.

## **2.6 Limitaciones**

Por estar la sede principal de la empresa DPIACA situada en un condominio comercial empresarial, se debe solicitar a la junta administradora del mismo así como a los propietarios, un permiso especial para acceder a la zona de la platabanda en donde se tendrían que realizar los estudios y medidas que tienen que ver con la ubicación de las torres y antenas de transmisión, situación está que pudiera retrasar y hasta entorpecer el curso de la investigación por la demora en el acuerdo la aceptación del mismo.

## CAPÍTULO III

### MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

#### 3.1. Antecedentes

El desarrollo de este apartado permite identificar el conocimiento existente y disponible para vincularlo con el objeto de estudio de la investigación, tal como lo afirma Hernández, R. y Méndez, S. (2009) “Ello implica exponer y analizar las teorías, las conceptualizaciones, las investigaciones previas y los antecedentes en general que se consideren válidos para el correcto encuadre del estudio” (p.54). En ese sentido, se revisaron algunas investigaciones las cuales guardan relación con el presente estudio, tal es el caso del trabajo de grado de Chávez, C. (2014), intitulado: “Implementación de un enlace última milla para la nueva sede de la empresa Servidi C.A”, presentado ante la Universidad José Antonio Páez, para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones, quien realizó un estudio para proveer de los servicios básicos de telecomunicaciones adaptado a las necesidades de la nueva sede de dicha empresa, concluyendo el mismo con la implementación de un enlace última milla.

Sobre la base de la consideración anterior, se pueden destacar como aspectos que contribuyen a la presente investigación, la importancia de conocer los factores que pueden afectar un enlace, así como el factor limitante de la propagación de la señal en los enlaces, el cual es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe estar libre de obstáculos. De igual manera, el estudio determina que en la transmisión inalámbrica es importante el conocimiento del terreno donde se va a levantar el sistema de transmisión, así como información general de la red, conectividad, topología, antenas a utilizarse, mapas de planificación, cálculo radioeléctrico, recomendaciones de alturas de torre con su ubicación y métodos de mitigación de interferencias.

Por su parte, Bejarano, G. y Herrera, A. (2014), en su trabajo de grado intitulado: “Diseño de un sistema de redes Vlan dinámicas en la Empresa papeles Venezolanos C.A.”, presentado ante la Universidad José Antonio Páez, para optar al título de Ingeniero

Telecomunicaciones, cuyo objetivo fue el mejoramiento del manejo de los datos en la red para la empresa PAVECA a través del diseño de una red Vlan, aseguran en su estudio, que para el manejo de información es importante además del sistema físico, tener en cuenta el protocolo de comunicación que se va establecer para la comunicación efectiva de los datos y en este caso hacen referencia al TCP/IP (Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet). Es así como concluyen que, el protocolo TCP / IP es el común utilizado por la gran mayoría de sistemas y redes de comunicación, pues es compatible con cualquier hardware y sistema operativo, ya que no es un único protocolo, sino que es en realidad un conjunto de protocolos que cubren los distintos niveles del modelo OSI (Open Systems Interconnection). Los dos protocolos más importantes son el TCP (Transmission Control Protocol) y el IP (Internet Protocol), que son los que dan nombre al conjunto. La arquitectura del TCP/IP consta de cinco niveles o capas en las que se agrupan los protocolos y que se relacionan con los niveles OSI.

En este mismo orden de ideas, Montero, V. y Remon, R. (2013), en su trabajo de grado intitulado: “Diseño de una red telefónica conmutada IP para la organización Multivisión C.A”, presentado ante la Universidad Rafael Urdaneta, para optar al título de Ingeniero de Telecomunicaciones, realizó una investigación de tipo experimental y diseño de campo con una población finita cuya muestra fue no probabilística, ya que la selección de la misma, no dependió de la probabilidad sino de los criterios del investigador, la técnica de recolección de datos consistió en la observación directa e indirecta y entrevistas formales e informales.

En su estudio reconocen como alternativa a los sistemas de comunicaciones tradicionales alámbrico como el caso de Venezuela provisto por la Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV), el uso de la telefonía IP a través del protocolo TCP / IP, lo que resulta de interés para esta investigación, pues las ventajas económicas y tecnológicas que ofrece dicho protocolo permite que muchas empresas e instituciones vean en esta tecnología una forma de reducir costos y de aumentar la productividad.

De igual manera, el estudio asegura que, a nivel tecnológico, el servicio de Telefonía IP ofrece ciertos beneficios programables para cada estación digital, tales como:

servicio de identificación de llamada, desvío de llamadas, llamada en espera, servicio de transferencia de llamadas, además, permite una mejor comunicación entre usuarios a cortas o largas distancias, con menos distorsión y retraso que el servicio de telefonía convencional, también permite hacer uso de centrales, equipos, hardware, estaciones, servidores, gateways, entre otros, totalmente digitales, obteniendo un mayor rendimiento y ahorro de energía en el área de telefonía dentro de una empresa.

Ahora bien, es pertinente en este apartado citar a Di Paolo, M. y Giménez G. (2010), con su trabajo de grado intitulado: “Diseño de una red WIFI y su cobertura en la maternidad Concepción Palacios”, presentado ante la Universidad Católica Andrés Bello, para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones cuyo objetivo fue estudiar y diseñar una red WIFI (Wireless fidelity) por medio de un software de simulación llamado RPS, lo cual resulta interesante para esta investigación, pues en ella se definieron algunos elementos a considerar en la constitución de una red inalámbrica bajo la clasificación IEEE 802 para la transmisión de información como: características de los componentes, antenas, alcance, estándares para la velocidad de transmisión, entre otros.

Con referencia al trabajo anterior y como aporte para el presente estudio, también se llevó a cabo la verificación de la cobertura y propagaciones de ondas asociadas al estándar 802.11n, así como el cálculo de las ubicaciones óptimas de los puntos de accesos a instalar. En esta misma dirección, la investigación señala cómo las ondas electromagnéticas pueden ser perturbadas por diferentes fenómenos que se deben tomar en cuenta a la hora de realizar un proyecto de este tipo como lo son las pérdidas por absorción, reflexión, difracción, entre otros factores que se presentan y que alteran la transmisión ideal de las ondas irradiadas para tal fin.

### **3.2 Bases Teóricas**

En esta sección de la investigación se pretende incorporar el problema en áreas del conocimiento donde este tenga sentido y lo convierta en un planteamiento sólido para que le de validez.

### **3.2.1 Sistema de Comunicación.**

Entre los aportes teórico pertinentes al presente estudio, se puede mencionar la teoría matemática de la información creada por Claude Shannon y Warren Weaver en el año de 1947, quienes diseñan un nuevo modelo de comunicación, si bien éste aporta entendimiento para el estudio y comprensión de las comunicaciones humanas mediada, a través de soportes electrónicos, facilitando su comprensión, lo hace desde el punto de vista tecnológico, esclareciendo desde este aspecto, la construcción expositiva del estímulo. Su trabajo, ha sido definido acertadamente como una teoría físico-matemática de la información.

Nuevos conceptos aparecen en este modelo, que no estaban previstos en los anteriores, como lo son el de: fuente de información, codificador que se encarga de enviar el mensaje a través del medio o canal y el concepto de ruido, es decir, una interrupción o distorsión de la señal que llega a un decodificador, modificando en parte el mensaje o la posible interpretación del mismo al pasar al destinatario, en este modelo, se previó que el destinatario podría responder al estímulo recibido.

Ahora bien, el propósito de un sistema de comunicación es transmitir señales que contienen información generada por una fuente localizada en cierto sitio geográfico, a un destino localizado en otro sitio (Tomasi, W. 2003). El método más adecuado para las comunicaciones es utilizar una señal generada electrónicamente, porque una señal de este tipo puede ser generada, transmitida y detectada. Por otra parte, esta puede ser almacenada temporal o permanentemente así como transmitida en grandes volúmenes de información dentro en un período corto de tiempo.

El concepto básico de la teoría de comunicaciones es que una señal tiene al menos dos estados diferentes que pueden ser detectados. Los dos estados se representan con un cero (0) y un uno (1), los cuales pueden significar también encendido o apagado. Tan pronto como los dos estados puedan ser detectados, la capacidad de mover información desde un sitio a otro, existe. Las combinaciones específicas de dichos estados (los cuales son conocidos también como códigos) pueden representar cualquier carácter alfabético o numérico y podrán ser transmitidos en forma pura de información o de manera

representativa (el código) para que permita el reconocimiento de la información por los humanos. Couch, L. (1998) aclara que los sistemas de telecomunicaciones están diseñados para transmitir voz, datos e información visual desde una distancia determinada.

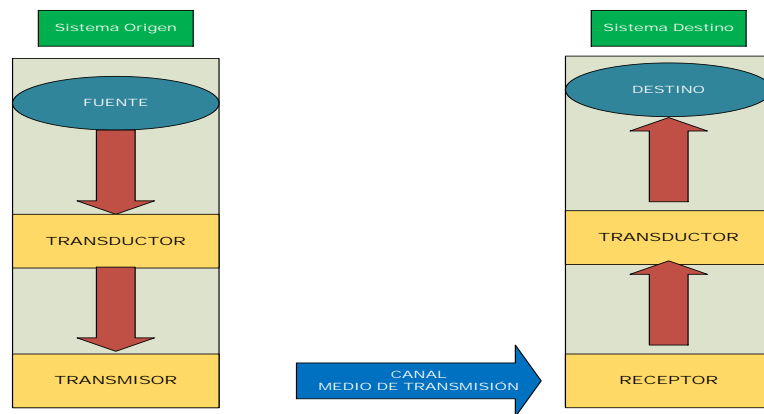


Figura 4. Sistema Básico de comunicaciones.

Fuente: El autor

En la figura anterior, se muestran los principales elementos que intervienen en un sistema de comunicación, agrupándolos de manera generalizada como el sistema origen, el medio de transmisión y el sistema destino. Las definiciones de los componentes se detallan a continuación:

- **Fuente:** Es quien genera el mensaje o data a transmitir.
- **Transductor:** Debe convertir el mensaje o data a la forma de energía adecuada para la transmisión, que generalmente es una señal eléctrica.
- **Transmisor:** Toma como entrada la señal generada por el transductor de entrada y, utilizando alguna forma de codificación, transmite la señal al canal de comunicación.
- **Canal:** Medio por el cual se transmite la información.

- **Receptor:** Toma como entrada la señal que llega por el canal de comunicación y la decodifica para entregarla al transductor de salida y que este pueda procesarla en forma más adecuada.
- **Destino:** Es a quien va dirigido el mensaje o la data.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, estas teorías de los sistemas de comunicaciones, se convierten en el soporte principal para el desarrollo de la presente investigación, ya que que todos sus elementos (transmisor, mensaje, canal, receptor) están involucrados en esencia en la constitución de un enlace inalámbrico, ya que en el mismo, debe existir un equipo en el cual en un momento dado, sea quien envía una señal y otro quien la reciba, así como el medio o canal, que para este caso, es el espacio libre y para finalizar, la señal en sí, que lleva consigo el mensaje a transmitir.

### 3.2.2 Señales de Datos.

Forouzan, B. (2002) establece que la palabra datos se refiere a hechos, conceptos e instrucciones presentados en cualquier formato acordado entre las partes que crean y utilizan dichos datos. Para transmitir datos a través de un sistema de comunicación es necesario utilizar señales que los representen y se propaguen a través del canal de comunicación. Estas señales pueden clasificarse en:

- **Señales Analógicas:** Las señales analógicas varían continuamente en el tiempo y pueden tomar un número infinito de valores dentro de un cierto intervalo. Ejemplos de estas señales son las señales eléctricas o electromagnéticas para transmitir datos.
- **Señales Digitales:** Estas señales, en teoría, solamente pueden tomar un número finito de valores diferentes y por lo general, solo pueden cambiar de valor en periodos predeterminados. Las señales digitales pueden ser señales eléctricas, rayos infrarrojos o rayos láser principalmente.

Estas señales transmitidas en un sistema de comunicación son utilizadas para comunicar datos los cuales pueden clasificarse en:

- **Datos Analógicos:** Proviene de variables que cambian continuamente en el tiempo y pueden tomar un número infinito de valores dentro de un cierto intervalo. Ejemplo de estas variables son temperatura ambiente, presión atmosférica, ondas sonoras, entre otros.
- **Datos Digitales:** Surgen de variables que solamente pueden tomar un número finito de valores discretos. Algunos ejemplos de estas variables son: los diferentes caracteres que componen un texto, el conjunto de números, el conjunto de números reales enteros que pueden ser representados por una computadora y en general, toda la información generada por equipos de cómputo.

Es importante resaltar que la transmisión de la información se clasifica en:

- **Transmisión Analógica:** Las señales analógicas sufren una menor atenuación y distorsión que las señales digitales, aunque también se atenúan y se distorsionan. Estas señales son más complicadas de generar que las señales digitales, pero pueden viajar a mayores distancias antes de que la atenuación y la distorsión provoquen que la señal no se pueda recuperar.

De manera similar a lo que ocurre con las señales digitales, las señales analógicas sufren mayor atenuación y distorsión tanto al viajar a mayores distancias como al variar más rápidamente. En las transmisiones analógicas se utilizan amplificadores para sustituir en la señal la potencia perdida debido a la atenuación. Estos amplificadores también pueden tener ecualizadores para compensar parcialmente el efecto de la distorsión. Los amplificadores restituyen potencia a las señales analógicas, pero amplifican el ruido, lo cual no ocurre con los repetidores regenerativos utilizados en las transmisiones digitales.

- **Transmisión Digital:** Las señales digitales son más fáciles de generar que las analógicas, sin embargo, cuando se transmite una señal digital por un conductor

eléctrico, ésta sufre una mayor atenuación y distorsión que una señal analógica. La atenuación y distorsión dependen de las características del medio (conductor eléctrico) y de la velocidad de transmisión, siendo más grandes a mayores velocidades y distancias. Para contrarrestar estos problemas se utilizan repetidores cada cierta distancia. La función de un repetidor es reconocer o decodificar la señal digital que le está llegando y generar una señal restablecida idéntica nueva. Por esta razón, también se le denomina repetidor regenerativo. En una transmisión digital no se utilizan amplificadores. En este orden de ideas, en cuanto a la atenuación y ganancia de las señales, hay que considerar que la transmisión de la misma, se realiza a través de un determinado medio, por ejemplo: un cable de cobre, el aire, entre otros; y debido a diferentes fenómenos físicos, la señal que llega al receptor difiere de la emitida por el transmisor.

Si la suma de todos los efectos no produce una gran diferencia entre ambas señales, se conseguirá una transmisión libre de errores. Por el contrario, cuando la señal recibida difiera en exceso de la señal transmitida el receptor puede interpretar incorrectamente la información y se dice entonces, que se produce un error de transmisión. Evidentemente, no todas las señales sufren los mismos efectos al atravesar los distintos medios de transmisión (Davidson, J. & Peters, J. 2001).

Por otra parte, con respecto a la velocidad de transmisión de los datos, al enviarlos por líneas de comunicación se habla frecuentemente de la velocidad en "bits por segundo" (bps) y de los "bauds" o "baudios", es común que estos términos se confundan. La velocidad en bits por segundo es simplemente la cantidad de bits que se transmiten por segundo, en cambio, los "baudios" se refieren a número de cambios de estado en la línea de transmisión en un segundo.

Como ejemplo, supóngase que en una línea de transmisión sólo se manejan dos estados, uno para representar el cero y otro para representar el uno. En este caso los bits por segundo y los "baudios" son equivalentes. Ahora bien, si en una línea de comunicación se manejaran cuatro estados, podría codificarse dos bits en cada uno de los estados (00, 01, 01 y 11) y, por consiguiente, el número de bits por segundo sería el doble de los cambios de

estado en línea, es decir, de los "baudios". Si se manejaran ocho estados, los bits por segundo serían tres veces los "baudios", ya que cada estado podría representar tres bits (000, 001, 010, 100, 101, 110 y 111). Algo importante a tomar en cuenta es que el ancho de banda de una línea de comunicación limita el número de bits por segundo que se pueden transmitir.

Otro aspecto relevante a resaltar, son los sistemas dinámicos los cuales responden en forma diferente a excitaciones de señales sinusoidales de frecuencias distintas. Una señal sinusoidal está determinada por los siguientes parámetros: amplitud, frecuencia y fase. La frecuencia  $f$  (en Hertz o ciclos por segundo) es el inverso del período. Al excitar un sistema dinámico lineal con una señal sinusoidal de cierta frecuencia (señal de excitación), el sistema responde con otra señal sinusoidal, pero en esta última la amplitud se atenúa o se amplifica dependiendo de la frecuencia. Esta señal también sufre un retraso o adelanto en tiempo, que puede ser considerado como un retraso o adelanto en su fase respecto a la señal de excitación, o aún más, una inversión. En líneas de comunicación, generalmente la amplitud se atenúa y la fase se atrasa al aumentar la frecuencia.

Ahora bien, el ancho de banda de un canal de comunicación se define con el intervalo de frecuencias en el cual la amplitud de la señal de salida es mayor que la amplitud de la señal de entrada dividida entre la raíz cuadrada de 2, esto es aproximadamente 0.707 veces la amplitud de entrada. Las atenuaciones en canales de comunicación se miden en decibeles (db). Si la amplitud de entrada es  $A_e$  volts y la de salida es  $A_s$  volts, su relación en decibeles es 20

En consecuencia, el aporte de esta temática para la investigación, es que se debe considerar que los datos pueden según su forma de tratamiento enviarse con ciertas cualidades que van a generar un mejor o peor desempeño dependiendo de la característica que se escoja para su transmisión, modulación o su codificación, en tal sentido ayuda a definir algunos elementos como las capacidades de los canales o el ancho de banda, las posible tasa de bit o de errores en una transmisión entre otros factores que son importantes a tener en cuenta para generar una comunicación efectiva de un enlace.

### **3.2.3 Redes Inalámbricas**

Este apartado encuentra su sustento en teorías como la electromagnética, creada por James Clerk Maxwell en el año de 1873, en la cual se propone que luz, magnetismo y electricidad son parte de un mismo campo, llamado electromagnético, y en el que se mueven y propagan en ondas transversales. Las ondas electromagnéticas pueden atraerse o repelerse según el sentido en el que viajen, es decir, cuando dos corrientes eléctricas circulan en el mismo sentido, se atraen y si circulan en sentido contrario, se repelen, propagándose libremente a la velocidad de la luz, su visibilidad depende de la longitud de la onda. Maxwell, utilizó cuatro ecuaciones para demostrar su teoría, la cuales dan la base a varios campos de estudio de la física moderna.

A partir de este momento, se inició una era de estudios teóricos y experimentales, como las demostraciones de Nikola Tesla (1891), usando descargas de alto voltaje y de alta frecuencia, para lo cual inventó una bobina, llamada bobina de Tesla, que posteriormente fue de utilidad para las comunicaciones inalámbricas, así como los trabajos de William Crookes (1892) sobre las bases para utilizar ondas electromagnéticas, como medio para transmitir señales telegráficas a través del espacio, también es pertinente citar al físico inglés Oliver Lodge (1894), el cual desarrolló el primer sistema de comunicación inalámbrica y finalmente al ingeniero italiano Guglielmo Marconi (1895) con su transmisión de señales a grandes distancias. Todos ellos convirtiendo sus experimentos en fundamento para el desarrollo de lo que hoy, se conoce, como redes inalámbricas.

Ahora bien, tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se procede a teorizar a una red inalámbrica como una interconexión de dispositivos enlazados por medio de ondas de radio o de luz, las cuales facilitan la operación en lugares donde el acceso mediante medios alámbricos se ve impedido, tales como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos. En los enlaces a distancia y en exteriores, las soluciones inalámbricas permiten reducir los costos y agrandar las configuraciones posibles. Las redes inalámbricas llevan años ofreciendo la posibilidad de unir puntos de difícil acceso, y además le permiten moverse dentro de un entorno manteniendo su conectividad.

Las redes inalámbricas poseen diversos tipos de topologías, a saber: punto a multipunto, multipunto a multipunto y punto a punto, siendo ésta última, fundamento de la presente investigación, por lo que se considera oportuno resaltar que, es una conexión (ver figura 5), cuyos enlaces pueden usarse para extender su red a grandes distancias y ofrecen el mayor caudal posible entre todos los tipos de topologías porque hay muy poca contienda por el uso del canal. Los enlaces que constituyen una red punto a punto pueden ser de tres tipos: Simplex, cuando la transmisión sólo puede efectuarse en un sentido; Semi-dúplex o “half-duplex”, cuando la transmisión puede hacerse en ambos sentidos, pero no simultáneamente y Dúplex o “full-dúplex”, cuando la transmisión puede efectuarse en ambos sentidos a la vez.



Figura 5. Enlace Punto a punto

Fuente: <http://elandadorinc.net/enlaces/enlaces-inalambricos/enlaces-punto-a-punto.html>

En este orden de ideas, es importante resaltar que un mecanismo usado en las redes inalámbricas, es la red WIFI, la cual surgió de la necesidad de poder comunicar distintos dispositivos, con diferencias tanto en modelos, uso y fabricantes. En consecuencia, se puede afirmar que es una red de comunicaciones de datos no cableados que certifica que se cumplan con los estándares de las normativas IEEE 802.11X.

Ahora bien el término red inalámbrica (Wireless network en inglés) es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física (cables), ésta se da por medio de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos y, por lo tanto, permite conectar servidores, PC, impresoras, etc., con la particularidad de realizarlo sin necesidad de cableado.

De manera purista, vale a decir, que el acrónimo WIFI se utiliza para identificar los productos que incorporan cualquier variante de la tecnología sin hilos de los estándares IEEE 802.11, que permiten la creación de redes de área local sin hilos conocidas como WLAN4 y que son plenamente compatibles con los de cualquier otro fabricante que utilice estos estándares.

Las características generales de funcionamiento de una red WIFI son las mismas que las de una red con cableado. La particularidad es que el WIFI utiliza el aire como medio de transmisión y sus componentes básicos son:

- El punto de acceso (AP), que es la unión entre las redes con cableado y la red WIFI o entre diversas zonas cubiertas por redes WIFI, que actúa entonces como repetidor de la señal entre estas zonas (celdas).
- Unas o más antenas conectadas al punto de acceso.
- Un terminal WIFI, el cual puede tener forma de dispositivo externo WIFI, que se instala en el PC del usuario o bien puede encontrarse ya integrado, como sucede habitualmente con los ordenadores portátiles.

De igual manera, es importante destacar que en las redes WIFI podemos encontrar dos tipos de topologías:

- **Redes sin infraestructura**, las cuales no necesitan un sistema fijo que interconecte algunos elementos de la arquitectura. Son redes que no han tenido un importante éxito comercial. Los ejemplos más habituales que podemos encontrar son las redes ad hoc, (o Peer-to-Peer) y las redes pescadas trilladas o MESH, en inglés. Las primeras consisten en un grupo de terminales que se comunican cada uno directamente con los otros a través de las señales de radio sin utilizar ninguno punto de acceso. Los terminales de esta red WIFI que quieren comunicarse entre sí tienen que utilizar el mismo canal radio y configurar un identificador específico de WIFI (nombrado ESSI) en modo ad hoc.

Las configuraciones ad hoc son comunicaciones de tipo punto a punto. Un ejemplo de red ad hoc sería la comunicación directa entre dos ordenadores mediante señales de radio. En cambio, las redes tipos MESH utilizan puntos de acceso que trabajan con diferentes canales de frecuencia. Por una parte, ofrecen cobertura a los terminales portátiles, y por la otra, se comunican entre sí formando una red pescada/trillada que les permite cubrir grandes superficies sin necesidad de un cableado previo.

- **Red en modo infraestructura**, que trabaja utilizando puntos de acceso. Presenta una eficiencia superior a la red ad hoc, ya que este modo gestiona y transporta cada paquete de información en su destino, mejorando la velocidad del conjunto. En este modo de funcionamiento, la tarjeta de red se configura automáticamente para utilizar el mismo canal radio que utiliza el punto de acceso más próximo de la red. En una red en modo infraestructura, los puntos de acceso pueden trabajar como interconexión entre dos redes. En esta topología se encontrarían dos posibilidades: la primera consiste a que el punto de acceso actúe como interconexión entre la red WIFI y otra red sobre cables, como una red de área local, un acceso ADSL, entre otros. El segundo escenario consiste que el punto de acceso actúe como interconexión entre dos

puntos de acceso que dan acceso WIFI a usuarios ubicados en zonas diferentes.

Es importante resaltar, que la creación de los estándares que han dado lugar al WIFI es una tarea llevada a cabo por el International Electrical and Electronic Engineers (Asociación Internacional de Ingenieros Electrónicos y de Telecomunicaciones), conocido por las siglas IEEE. Este organismo es una asociación profesional que se encarga de la publicación de artículos, realización de conferencias y redacción de estándares, como el muy popular Ethernet.

El IEEE dispone de una extensa familia de estándares correspondientes a las redes de área local, la 802. Dentro de esta familia se encuentran iniciativas bien diferentes, separadas esencialmente por el alcance que se pretende obtener, así, la subfamilia 802.15.4, más conocida como ZigBee, está dedicada a la estandarización de protocolos orientados a redes de sensores, donde el bajo consumo y la alta variabilidad de la topología son fundamentales.

En contraparte, el Bluetooth (802.15.1), está orientado en las redes personales, donde los diferentes accesorios que un individuo puede llevar encima o en su entorno inmediato (pocos metros) se han de interconectar. Algunos ejemplos son el teléfono móvil con el equipo de sonido del coche o el móvil con el micrófono sin hilos. Por otra parte, el 802.16, más conocido como WiMAX, busca dar un alcance de hasta el vigésimo de kilómetros, con capacidades de centenares de Mbps.

Lógicamente, la complejidad, costo y consumo del sistema son muy superiores a los casos anteriores. Para el caso concreto de las redes sin hilos de alcance reducido, con coberturas de menos de 100 metros y capacidades de unos pocos Mbps (es decir, para el nicho entre WiMAX y ZigBee o Bluetooth), se creó la subfamilia de estándares nombrada 802.11, popularmente conocida como Wi-Fi. Las redes WIFI cumplen los estándares genéricos aplicables a las XAL5 cableadas (Ethernet o equivalentes) pero necesitan una normativa específica adicional que defina el uso de los recursos radioeléctricos y la manera o el orden en qué cada uno de los dispositivos en red envía la información a los otros.

Los estándares del IEEE no se configuran nunca de manera cerrada, es decir, que se van mejorando mientras es posible, por eso a lo largo del tiempo van apareciendo nuevos sub estándares que implementan mejoras o variantes sobre algún aspecto. La nomenclatura que se sigue en estos casos consiste a ir añadiendo letras minúsculas detrás del número 802.11, que es el del estándar principal.

Por otra parte, los dispositivos WIFI pueden operar en diversos modos, cada uno de los cuales tiene restricciones de operación específicas y los radios sólo pueden operar en un modo en un momento determinado, ellos son:

- Master (AP access point).
- Managed (también llamado cliente o estación).
- Ad-hoc (usado en redes en malla).
- Monitor (no usado normalmente para comunicaciones).
- Otros modos no 802.11 (por ejemplo, Mikrotik Nstreme o Ubiquiti AirMAX).

En relación al área de cobertura, es pertinente aclarar que ésta depende de tres factores: la potencia de los equipos, el patrón de radiación de las antenas y las condiciones geométricas (condiciones del terreno). Las zonas de cobertura en realidad no son figuras regulares, de hecho, son proporcionales al patrón de radiación de la antena que se coloque y se distorsionan dependiendo de los obstáculos del terreno.

Cuando una señal inalámbrica se desplaza en el espacio, ésta viaja expandiéndose y degradándose conforme avanza; se difracta, se refleja y se atenúa. Por ese motivo el área de cobertura debe planearse para cubrir puntos donde exista únicamente línea de vista (LOS), la posición del equipo y el patrón de radiación de la antena con respecto de los clientes es crucial.

En el marco de las observaciones anteriores, resulta necesario mencionar que los cálculos de transmisión de los enlaces inalámbricos se hacen utilizando dos herramientas básicas: el presupuesto de potencia (fórmula de Friis) y el cálculo por condiciones

geométricas (zonas de Fresnel). Ambas deben cumplirse para tener un enlace confiable, a continuación, se desarrollan cada una:

- **Presupuesto de potencia:** es una herramienta de cálculo basada en la fórmula de Friis. Básicamente se parte de que los equipos tienen una determinada sensibilidad de recepción (una potencia mínima para recibir datos con una tasa de error aceptable), una potencia de transmisión limitada y pérdidas en los diversos medios por los cuales pasa la señal. El presupuesto de potencia suma todas las ganancias, resta las pérdidas a lo largo del enlace inalámbrico, y predice si el nivel de la señal será lo suficientemente alto para que el enlace trabaje confiablemente.

Utilizamos diversos medios para aumentar esta potencia de transmisión de tal forma que llegue a los parámetros necesarios para alcanzar un enlace de buena calidad con cierto rango de holgura en la sensibilidad de recepción. La fórmula de Friis se muestra a continuación:

$$P_{r} = P_{t} + G_{at} + L_{ct} + L_{it} + L_{o} + G_{ar} + L_{cr} + L_{ir} - S + k$$

Donde:

$P_{t}$  =Potencia de transmisión (en dBm).

$G_{at}$  =Ganancia de antena transmisora (en dBi).

$G_{ar}$  =Ganancia de antena receptora (en dBi).

$L_{ct}$  =Pérdida del cable del transmisor (en dB).

$L_{it}$  =Pérdidas de inserción en el transmisor (por conectores, en dB).

$L_{o}$  =Pérdida de espacio libre (en dB)

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

$L_{cr}$  =Pérdida del cable del receptor (en dB).

$L_{ir}$  =Pérdidas de inserción en el receptor (en dB).

$S$  =Sensibilidad del Receptor (en dBm).

$k$  =Margen de holgura (en dBm).

Las pérdidas de espacio libre se calculan a partir de la siguiente ecuación:

$PEL (dB) = 92.4 + 20 \log(d) + 20 \log(f)$ . Donde  $d$  es la distancia en metros y  $f$  la frecuencia en GHz. Las pérdidas por espacio libre, son las pérdidas debidas a la distancia recorrida por la señal a través de espacio (la longitud total del enlace), estas pérdidas aumentan con la frecuencia y la distancia del enlace.

Las pérdidas en cable se calculan a partir de una tabla dada por el fabricante, usualmente en dB/metro o dB/pie según cierto rango de frecuencias. Éstas pérdidas son resultado del efecto capacitivo e inductivo del cable más las pérdidas por ley de ohm.

Las pérdidas de inserción son las ocasionadas por el contacto de los conectores en las uniones con la antena y los equipos de transmisión, normalmente el fabricante proporciona estas pérdidas dadas las frecuencias de operación.

- **Condiciones geométricas:** cuando una señal inalámbrica encuentra una obstrucción, la señal es siempre atenuada y usualmente reflejada o difractada. Normalmente cuando una señal inalámbrica en exteriores encuentra un obstáculo la atenuación provocada por éste es tan alta que no queda suficiente señal para realizar el enlace.

Cuando se diseña un enlace inalámbrico de área metropolitana es prioritario alcanzar enlaces con línea de visión (LOS). Un enlace con línea de visión típicamente requiere que exista visibilidad entre los equipos más una zona despejada adicional para esparcir la señal inalámbrica. Ésta zona adicional se le conoce como Zona de Fresnel (ver figura 6). La cual es un elipsoide con sus extremos en las antenas de los equipos de transmisión, tienen la propiedad de que una onda que partiendo de la antena transmisora, se reflejara sobre la superficie del elipsoide y después incidiera sobre la antena receptora, habría recorrido una distancia superior a la recorrida por el rayo directo en múltiplos de media longitud de onda. Es decir, la onda reflejada se recibiría con un retardo respecto al rayo

directo equivalente a un desfase múltiplo de 180°. Precisamente este valor del múltiplo determina el n-ésimo elipsoide de Fresnel.

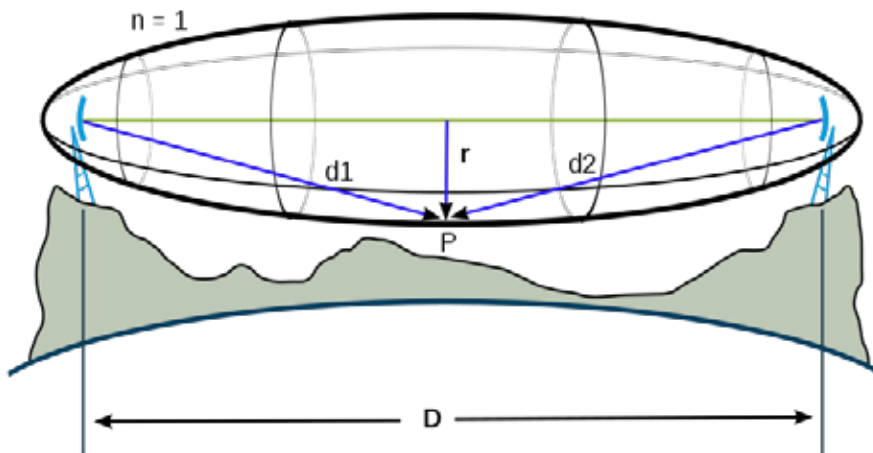


Figura 6. Zona de Fresnel.

Fuente: <http://mundotelecomunicaciones1.blogspot.com/2014/10/zona-de-fresnel.html>.

$$D = 2r = \sqrt{\frac{n\lambda(d_1)(d_2)}{(d_1+d_2)}} \quad \text{Ec.1}$$

La fórmula mostrada en la ecuación 1, permite calcular *la n-ésima* zona de Fresnel, dentro de la primera zona puede conservarse el 80% de la energía que llega al receptor, el resto de la energía se encuentra contenida en las siguientes zonas hasta el infinito, cada una conteniendo una energía cada vez menor.

Ahora bien, a la hora de plantear el diseño de un enlace, es oportuno recordar, que las ondas de microondas, por sus características de propagación, son de una gran direccionalidad, por lo que cualquier obstrucción en su paso las atenúa considerablemente. En consecuencia, si se quiere evaluar en una primera instancia la viabilidad de un enlace,

de debe realizar una inspección visual desde uno de los puntos de donde se planea instalar la antena *A*. Así, si a primera vista (o con ayuda de binoculares) se puede localizar el otro punto donde estará la antena *B*, entonces se podrá sugerir viabilidad positiva en esa primera instancia, claro que habrá que seguir inspeccionando los siguientes parámetros de transmisión, tales como ganancias y pérdidas a fin de realizar el balance final de factibilidad.

En el caso de que se presentará obstrucción en la línea vista, se tendrá que evaluar la factibilidad del enlace de acuerdo a la eficiencia que se quiera obtener de él, por ejemplo, si la obstrucción fuera un cerro, lomaje o una cadena de edificios, la posibilidad al enlace se hace casi nula, por lo que habría que buscar otras soluciones, como por ejemplo, instalar repetidores, en tanto que, si la obstrucción la presentan una fila de álamos, es muy probable que en otoño e invierno el enlace sea factible atenuándose muy poco, esto debido a que en esa época los árboles se ven desprovistos de las hojas despejando así el camino a las ondas.

En relación a la distancia máxima de línea de vista, se presenta la circunferencia verde de radio  $r_t$ , la cual representa a la superficie del planeta (geoide) a nivel del mar y en donde se puede calcular, por medio del conocido teorema de Pitágoras, la distancia máxima de línea vista que alcanzaría entre antenas (ver figura 7).

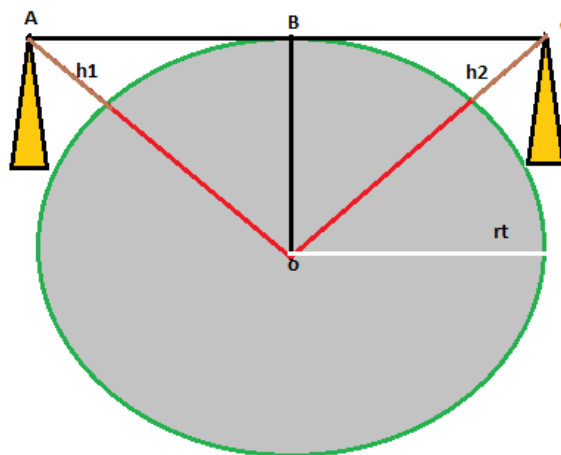


Figura 7. Línea de vista.  
Fuente: El autor.

La fórmula quedaría así:

$$\overline{AC} = 3568 \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \text{ Ec.2}$$

Siendo más realistas, se consideran algunas aproximaciones dado que la ecuación 2 es para un caso geométrico ideal. El radio de la superficie terrestre es mayor en la línea ecuatorial que en los polos por lo que se considerara un radio promedio de 6367 kms. Otra consideración está dada por la disminución de la constante dieléctrica del medio debido a la diferencia que pudiera existir en la densidad atmosférica a lo largo del enlace, lo cual hará que también disminuya el índice de refracción (que es proporcional a la raíz cuadrada de la misma).

Esta variación del índice de refracción hace que las ondas de radio sean desviadas desde las zonas de baja constante dieléctrica hacia las zonas de alta constante dieléctrica de forma semejante a lo que produce la ionosfera "curvando" la trayectoria de la señal hacia el suelo. Esto determina que el horizonte efectivo para las ondas de radio se encuentre normalmente algo más allá del horizonte real (óptico) y, en término medio, todo sucede como si el radio de la tierra fuera aproximadamente un 33% mayor que el radio real (pues la constante dieléctrica está fuertemente determinada por el vapor de agua presente en la atmósfera y su concentración varía con las condiciones meteorológicas. Cabe destacar que el agua tiene un valor elevado de constante dieléctrica), además la presencia de aire caliente por encima de una capa de aire frío (inversión térmica) agudiza el fenómeno notablemente en algunas oportunidades.

Ahora bien, es fundamental destacar que esta investigación, está sustentada en la constitución de todas las características físicas, técnicas, de protocolo, geométricas que brindan las comunicaciones inalámbricas, de allí la importancia de reconocer todos estos parámetros para poder incorporarlos en la selección de la conformación más idónea del

sistema de comunicaciones a diseñar, es así, como se pueden estudiar situaciones como la zona de Fresnel, que trata sobre el despeje y el debido cuidado de los obstáculos en la línea de vista, también del balance de potencia del sistema, fundamental para la conclusión de la viabilidad del mismo, el entendimiento de los fenómenos físicos de propagación, la ubicación de la topología de red a usar y demás aspectos que surgen en la generación de una red inalámbrica para la comunicación eficiente de información.

### **3.2.4 El Modelo de Referencia OSI**

Es el modelo principal para las comunicaciones por red, aunque existen otros modelos, en la actualidad la mayoría de los fabricantes de redes relacionan sus productos con el modelo de referencia OSI, especialmente cuando desean enseñar a los usuarios cómo utilizar sus productos. Los fabricantes consideran que es la mejor herramienta disponible para enseñar cómo enviar y recibir datos a través de una red.

Más importante aún, el modelo de referencia OSI, es un marco que se puede utilizar para comprender cómo viaja la información a través de una red, además, se puede usar el modelo de referencia OSI para visualizar cómo la información o los paquetes de datos viajan desde los programas de aplicación (por ejemplo, hojas de cálculo, documentos, entre otros), a través de un medio de red (por ejemplo, cables, entre otros), hasta otro programa de aplicación ubicado en otro computador de la red, aun cuando el transmisor y el receptor tengan distintos tipos de medios de red.

En este orden de ideas, se presentan las capas del modelo OSI (ver figura 8), las cuales les permiten a los usuarios ver las funciones de red que se producen en cada capa, ellas tienen un conjunto de funciones que deben realizar para que los paquetes de datos puedan viajar en la red desde el origen hasta el destino, a saber, capa física, de enlace de datos, de la red, de transporte, de sesión, de presentación, de aplicación las cuales podemos observar a continuación:

## Las 7 capas del modelo OSI



Figura 8. Modelo OSI.

Fuente: <https://sites.google.com/site/ivangarciasanchez90/objetivos/desarrollo-tema-1/60>

- **Capa 1, la Capa Física:** define las especificaciones eléctricas, mecánicas, de procedimiento y funcionales para activar, mantener y desactivar el enlace físico entre sistemas finales. Las características tales como niveles de voltaje, temporización de cambios de voltaje, velocidad de datos físicos, distancias de transmisión máximas, conectores físicos y otros atributos similares son definidas por las especificaciones de la capa física.
- **Capa 2, la Capa de Enlace de Datos:** proporciona tránsito de datos confiable a través de un enlace físico. Al hacerlo, la capa de enlace de datos se ocupa del direccionamiento físico (comparado con el lógico), la topología de red, el acceso a la red, la notificación de errores, entrega ordenada de tramas y control de flujo. Una manera de recordar esta capa es pensar en tramas y control de acceso al medio.
- **Capa 3, la Capa de Red:** es una capa compleja que proporciona conectividad y selección de ruta entre dos sistemas de *hosts* que pueden estar ubicados en redes

geográficamente distintas. Selecciona la ruta, direcciona y hace enrutamiento. Algunos conmutadores de red trabajan en esta capa.

- **Capa 4, la Capa de Transporte:** segmenta los datos originados en el host emisor y los re-ensambla en una corriente de datos dentro del sistema del host receptor. El límite entre la capa de transporte y la capa de sesión puede imaginarse como el límite entre los protocolos de aplicación y los protocolos de flujo de datos. Mientras que las capas de aplicación, presentación y sesión están relacionadas con asuntos de aplicaciones, las cuatro capas inferiores se encargan del transporte de datos.
- **Capa 5, la Capa de Sesión:** la capa de sesión establece, administra y finaliza las sesiones entre dos hosts que se están comunicando, así como proporciona sus servicios a la capa de presentación. También sincroniza el diálogo entre las capas de presentación de los dos hosts y administra su intercambio de datos. Además de regular la sesión, la capa de sesión ofrece disposiciones para una eficiente transferencia de datos, clase de servicio y un registro de excepciones acerca de los problemas de la capa de sesión, presentación y aplicación.
- **Capa 6, la Capa de Presentación:** garantiza que la información que envía la capa de aplicación de un sistema pueda ser leída por la capa de aplicación de otro. De ser necesario, la capa de presentación traduce entre varios formatos de datos utilizando un formato común.
- **Capa 7, la Capa de Aplicación:** es la capa del modelo OSI más cercana al usuario; suministra servicios de red a las aplicaciones del usuario. Difiere de las demás capas, debido a que no proporciona servicios a ninguna otra capa OSI, sino solamente a aplicaciones que se encuentran fuera del modelo OSI.

Es de hacer notar, que el modelo OSI, representa una referencia importante dentro de la red del enlace propuesto en el presente estudio, puesto que en la interconexión suceden situaciones que se pueden ubicar fácilmente en el contexto del modelado. Por ejemplo, se puede clasificar en la red los protocolos a usar, las conexiones que van a tener lugar en sus

diferentes capas con sus diferentes equipos y funciones sobre todo para el departamento de sistemas, que va a ser el encargado de procesar la información y retransmitirla oportunamente entre los usuarios del sistema.

### **3.2.5 Protocolo TCP / IP**

Aunque el modelo de referencia OSI sea universalmente reconocido, el estándar abierto de Internet desde el punto de vista histórico y técnico es el Protocolo de control de transmisión/Protocolo Internet (TCP/IP). El modelo de referencia TCP/IP y la pila de protocolo TCP/IP hacen que sea posible la comunicación entre dos computadores, desde cualquier parte del mundo, a casi la velocidad de la luz.

Las siglas TCP/IP se refieren a un conjunto de protocolos para comunicaciones de datos. Este conjunto toma su nombre de dos de sus protocolos más importantes, el protocolo TCP (Transmission Control Protocol) y el protocolo IP (Internet Protocol). La evolución del protocolo TCP/IP siempre ha estado muy ligada a la de Internet.

El protocolo TCP/IP fue creado antes que el modelo de capas OSI, así que los niveles del protocolo TCP/IP no coinciden exactamente con los siete que establece el OSI. Existen descripciones del protocolo TCP/IP que definen de tres a cinco niveles. Los datos que son enviados a la red recorren la pila del protocolo TCP/IP desde la capa más alta de aplicación hasta la más baja de acceso a red. Cuando son recibidos, recorren la pila de protocolo en el sentido contrario.

El modelo de referencia TCP/IP necesita funcionar sobre algún tipo de red o de medio físico que proporcione sus propios protocolos para el nivel de enlace de datos. Por este motivo, hay que tener en cuenta que los protocolos utilizados en este nivel pueden ser muy diversos y no forman parte del conjunto TCP/IP. Sin embargo, esto no debe ser problemático puesto que una de las funciones y ventajas principales del TCP/IP es proporcionar una abstracción del medio, de forma que sea posible el intercambio de información entre medios diferentes y tecnologías que inicialmente son incompatibles.

Para transmitir información a través de TCP/IP, ésta debe ser dividida en unidades de menor tamaño, lo cual proporciona grandes ventajas en el manejo de los datos que se

transfieren y, por otro lado, esto es algo común en cualquier protocolo de comunicaciones. En modelo de referencia TCP/IP cada una de estas unidades de información recibe el nombre de "datagrama" (datagram), y son conjuntos de datos que se envían como mensajes independientes.

El protocolo IP se ha diseñado para redes de paquetes conmutados no orientadas a conexión, lo cual quiere decir que cuando dos equipos quieren conectarse entre sí no intercambian información para establecer la sesión. IP tampoco se encarga de comprobar si se han producido errores de transmisión, confía esta función a las capas superiores. Todo ello se traduce en que los paquetes de datos contienen información suficiente como para propagarse a través de la red sin que haga falta establecer conexiones permanentes. Para el protocolo IP un datagrama es el formato que debe tener un paquete de datos en la capa de red.

Bajo este enfoque, se presentan las capas del modelo TCP/IP (ver figura 9).

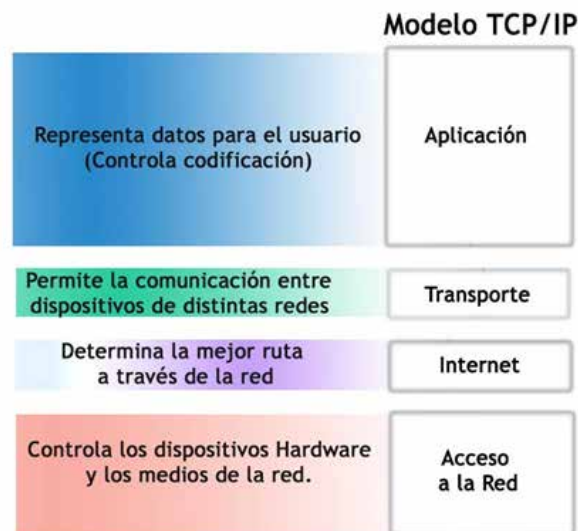


Figura 9. Modelo TCP/IP.

Fuente: <http://eltallerdelbit.com/modelo-tcp-ip/>

- **Capa 4 o aplicación:** equivale a las capas aplicación, presentación y sesión de OSI. Incluye protocolos destinados a ofrecer servicios, como correo electrónico (SMTP), gestión de nombres (DNS), transferencia de ficheros (FTP, TFTP, NFS), conexión remota (TELNET), protocolo HTTP (Hypertext transfer protocol).
- **Capa 3 o capa de transporte:** coincide con el nivel de Transporte OSI. Esta capa crea una conexión lógica entre el host emisor y el receptor, segmentando y reensamblando los datos enviados desde las capas superiores en la misma conexión lógica. TCP y UDP, protocolos de este nivel, se encargan de aportar confiabilidad al manejo de datos y a su transporte.
- **Capa 2 internet:** Se encarga de seleccionar la mejor ruta para enviar paquetes a través de la red. IP proporciona un enrutamiento no orientado a conexión de máximo esfuerzo. Protocolos en esta capa: ICMP (Protocolo de mensajes de control en Internet) ARP (Protocolo de Resolución de Direcciones) determina la dirección de la capa de Enlace de Datos (MAC) para las direcciones IP conocidas. RARP (Protocolo de Resolución inversa de Direcciones) determina la dirección IP a partir de una MAC.
- **Capa 1 Acceso a Red:** es la interfaz de red real. Ethernet, Fast Ethernet, Frame Relay, CSMA/CD.

En consecuencia, el protocolo TCP/IP brinda el soporte o medio de interconexión necesario para el diseño de la propuesta objeto del presente estudio, en lo que refiere al modo de comunicación entre equipos, que no tan solo se van a referir a los terminales de computación sino también a los de telefonía basadas en IP, su importancia es que permite esquematizar su funcionamiento el cual puede ser de gran ayuda para el manejo efectivo de la red de datos y de voz que se requiere estructurar, a la vez que soporta la gran mayoría de los protocolos que a diario son las bases del intercambio de información.

### **3.2.6 Voz IP**

Es una tecnología de comunicaciones que utiliza el protocolo de Internet o IP, en lugar de los sistemas análogos tradicionales. Es tipo de técnica permite el enrutamiento de conversaciones de voz en forma de paquetes de datos sobre Internet o a través de alguna otra red basada en IP, donde utiliza ciertos tipos de protocolos para transportar o transmitir señales de voz sobre la red IP, es decir, que es un sistema de conmutación de paquetes que permite unir o integrar las redes voz y datos en una misma red que luego pueden ser transportadas a través de la misma, en lugar de usar las líneas telefónicas tradicionales.

El crecimiento y fuerte implantación de las redes IP, tanto en local como en remoto, el desarrollo de técnicas avanzadas de digitalización de voz, mecanismos de control y priorización del tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, así como el estudio de nuevos estándares que permitan la calidad de servicio en redes IP, han creado un entorno donde es posible transmitir voz sobre el protocolo IP.

La evolución de la transmisión conmutada por circuitos, a la transmisión basada en paquetes, toma el tráfico de la red pública telefónica y lo coloca en redes IP bien provisionadas. Las señales de voz se encapsulan en paquetes IP que pueden transportarse como IP nativo o como IP por Ethernet, Frame Relay, ATM o SONET.

Las arquitecturas interoperables de voz sobre IP se basan en la especificación H.323, en el protocolo SIP o el protocolo IAX. La especificación H.323 define gateways (interfaces de telefonía con la red) y gatekeepers o servidores IP (componentes de conmutación interoficinas) y sugiere la manera de establecer, enrutar y terminar llamadas telefónicas a través de Internet, mientras que en el protocolo SIP la manera de estructurar la red es más avanzada dejando atrás el protocolo que nació con la telefonía IP (Montoya, 2006).

La telefonía IP es una aplicación de la tecnología voz sobre IP, de forma que permita la realización de llamadas telefónicas ordinarias sobre redes IP u otras redes de paquetes utilizando un PC, gateways y teléfonos estándares, en general, servicios de comunicación (voz, fax, aplicaciones de mensajes de voz) que son transportadas vía redes IP, Internet normalmente, en lugar de ser transportados vía la red telefónica convencional.

Al igual, esta tecnología unifica las múltiples delegaciones que una organización pueda tener en una única red convergente. Además, promete ahorro de costos al combinar la voz y los datos en una misma red que puede ser mantenida centralizadamente, así como ahorrar las elevadas tarifas repercutidas por llamadas entre delegaciones, este tipo de tecnología o telefonía de transmisión de voz paquetizada es una aplicación de la voz sobre IP que funciona convirtiendo la voz en paquetes de datos.

Se puede decir que la telefonía IP surge como una alternativa a la telefonía tradicional, brindando nuevos servicios al cliente y una serie de beneficios económicos y tecnológicos con características especiales como Inter operatividad con las redes telefónicas actuales, calidad de servicio garantizada a través de una red de alta velocidad en la telefonía IP, así mismo, el concepto de calidad incluye aspectos como: red de alta disponibilidad que ofrece hasta de un 99,99% de recursos, calidad de voz garantizada (bajos indicadores de errores, de retardo, de eco, entre otros), servicios de valor agregado como el actual prepago y nuevos servicios como la mensajería unificada

Los elementos que se utilizan en voz sobre IP, también llamados dispositivos de voz IP son los que conforman la red en general y cada uno juega un papel importante en el sistema para la comunicación con cualquier otro terminal o teléfonos IP, que a saber, son dispositivo de conmutación de paquetes utilizados en la telefonía de voz sobre IP, es decir son físicamente teléfonos normales, con apariencia tradicional donde estos incorporan un conector RJ 45 para conectarlo directamente a una red IP en Ethernet, estos dispositivos no pueden ser conectados a líneas telefónicas normales, estos terminales utilizan tecnología voz IP y normalmente pueden realizar funcionalidades avanzadas como lo es llamada en espera, transferencia de llamada, se configuran desde los menús del propio teléfono o por interfaz web, entre otras. Algunos teléfonos disponen de dos conectores RJ 45 e implementan funciones de suiche, de esta forma no es necesario tirar cableado para los nuevos dispositivos.

Para este diseño el aporte descriptivo sobre los elementos anteriormente señalados, referencia con claridad la utilización de los equipos telefónicos que se conectaran en la red ayudando a comprender las características y bondades que esta tecnología va entregar a la

plataforma de comunicaciones, siendo esta, la interlocutora principal en lo que refiere el poder comunicarse mediante el uso de la voz.

### **3.3 Definición de términos básicos**

**802.11a:** Segundo estándar de modulación del conjunto IEEE 802.11. Éste utiliza la banda de 5.8 GHz y opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbps.

**802.11g:** El 802.11g es el tercer estándar de modulación del conjunto IEEE 802.11. Éste utiliza la banda de 2.4 GHz (al igual que el estándar 802.11b) pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s.

**ADSL** (acrónimo en inglés de Asymmetric Digital Subscriber Line) es un tipo de tecnología de línea de abonado digital (DSL). Consiste en la transmisión analógica de datos digitales apoyada en el cable de pares simétricos de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado.

**ATM:** El modo de transferencia asíncrona (asynchronous transfer mode, ATM) es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones.

**Fórmula de Friis:** Describe la transmisión de potencia entre una estación transmisora y una receptora en un enlace directo.

**IAX** (Inter-Asterisk eXchange protocol) es uno de los protocolos utilizado por Asterisk, un servidor PBX (central telefónica) de código abierto patrocinado por Digium. Es utilizado para manejar conexiones VoIP entre servidores Asterisk, y entre servidores y clientes que también utilizan protocolo IAX.

**IEEE:** El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, leído i-triple-e en Latinoamérica; en inglés Institute of Electrical and Electronics Engineers es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la estandarización y el desarrollo en áreas técnicas.

**SIP:** Session Initiation Protocol (SIP o Protocolo de Inicio de Sesiones) es un protocolo desarrollado por el grupo de trabajo MMUSIC del IETF con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario donde

intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos en línea y realidad virtual.

**SONET:** La red óptica sincronizada (en idioma inglés Synchronous Optical Network) es un estándar para el transporte de telecomunicaciones en redes de fibra óptica.

**Zona de Fresnel:** Es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración, además de haber una visibilidad directa entre dos antenas.

## CAPÍTULO IV

### FASES METODOLÓGICAS

#### 4.1 Fases Metodológicas

##### **4.1.1 Fase I: Diagnóstico de la actual plataforma de comunicación para la transmisión de datos y telefonía IP.**

Para dar inicio a esta primera fase, fue oportuno partir de la definición de diagnóstico planteada por Labrador y Otros (2002), los cuales exponen que consiste en detallar de forma objetiva la realidad observada por el investigador, quien detecta debilidades por lo que plantea un proyecto de acción para restaurarla, corregirla o enriquecerla. En tal sentido, para poder realizar dicha labor, fue pertinente definir las técnicas de recolección de datos que, para Hurtado, J. (1998) las conceptualiza como: las acciones y método que debe seguir el investigador para adquirir la información esencial y así responder a la pregunta de investigación. De esta manera, en el presente estudio, hizo uso de la técnica de observación específicamente de tipo estructurada, por ser un instrumento preciso, pues como la misma autora señala, en ella, el investigador, previamente establece los elementos relevantes que han de observarse, estableciendo categorías y subcategorías, y la actividad de observación con frecuencia, queda reducida a registrar la presencia, la ausencia o la intensidad de determinadas situaciones o características.

Partiendo de lo anterior, se procedió a seleccionar el instrumento de recolección de datos para orientar la atención del investigador hacia el tipo de información específica que es relevante, para impedir que se aleje del punto de interés. Para tal efecto, se utilizó el instrumento denominado Matriz de Análisis, que es definido por la autora citada como:

(...) instrumentos diseñados para extraer información, por lo regular no tan evidente, ya sea de un documento o de una situación real (...). La matriz de análisis (...) es uno de los instrumentos que se engloban dentro de las técnicas de

observación, porque los indicios son detectados directamente por el investigador a partir de la observación de las unidades de estudio sin recurrir al interrogatorio o al diálogo con otras personas (...) (p.439).

En tal sentido, con el apoyo de la técnica de recolección de datos y su correspondiente instrumento, identificados anteriormente, se realizó una inspección del estado actual de la red de comunicación, lo que permitió determinar con precisión la información pertinente al estado y funcionamiento de los equipos, tales como: antenas, cableado, transmisores, receptores, enrutadores, central telefónicas, switches y demás dispositivos que conforman el actual sistema de comunicación. Del mismo modo, se revisó la información pertinente a manuales de procedimientos, formatos de mantenimiento y cualquiera otra bibliografía existente donde se pudiera reflejar información pertinente al manejo, servicio y mantenimiento del sistema en cuestión.

#### **4.1.2 Fase II: Determinación de la factibilidad técnica, operativa y económica de la nueva plataforma de comunicación.**

En este apartado fue fundamental enmarcar la propuesta de este estudio dentro de un tipo de investigación, siendo el más pertinente, el denominado proyecto factible, por estar dirigido a investigar y elaborar una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de una organización, apoyado en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades (UPEL, 2006).

Conforme a ello, el diseño de una plataforma tecnológica de comunicación inalámbrica para la transmisión efectiva de datos y telefonía IP entre el edificio de la sede principal y la oficina de la gerencia general de la empresa Distribuidora de Productos Industrial de Alemania C.A. (D.P.I.A.C.A.), pretende brindar la oportunidad de lograr una constante y eficiente comunicación entre sus sedes, contribuyendo a que la toma de decisiones se soporte en una información veraz, oportuna y confiable, que le permita elevar su nivel competitivo.

Ahora bien, de acuerdo a lo expuesto anteriormente, fue pertinente realizar un estudio analítico que permitiera precisar la factibilidad del proyecto, por lo cual se partió de su definición, que, para Gómez (2000), es el estudio que indicará la posibilidad de desarrollar un proyecto, tomando en consideración la necesidad detectada, beneficios, recursos humanos, técnicos, financieros, entre otros. De esta manera, en el presente estudio, se seleccionó el desarrollo de la factibilidad técnica, operativa y económica, las cuales se ajustaron al interés de la investigación por aportar la información necesaria para determinar la viabilidad del diseño de la propuesta.

De acuerdo a las consideraciones que anteceden, se evaluó la capacidad técnica de los equipos a disposición, se realizaron las mediciones pertinentes al enlace, se realizaron simulaciones, que constataría el nuevo enlace a diseñar, así como se analizaron las interfaces entre los sistemas actuales y el propuesto, a fin de observar si su aplicación impactaría en los usuarios de manera positiva o no, también se examinó la disponibilidad de tecnología que satisficiera las necesidades existentes para el nuevo enlace, así como los recursos económicos disponibles y materiales necesarios para el desarrollo de la misma.

#### **4.1.3 Fase III: Diseño de una plataforma tecnológica de comunicación inalámbrica para la transmisión efectiva de datos y telefonía IP.**

Para la ejecución de esta fase, se procedió a tomar en cuenta todos los aspectos inherentes recabados en la investigación que permitieron diseñar la nueva plataforma tecnológica en función de las necesidades de la empresa, para esto, el nuevo diseño enmarcó, entre otras cosas: el planteamiento planométrico del enlace inalámbrico a desarrollar, apoyados en el software Radio Mobile, el cual permitió con precisión predecir el funcionamiento de los enlaces, así mismo, se plantearon las sugerencias de los equipos que mejor se adecuaron según las necesidades y limitantes que existían para el momento del levantamiento del diseño, en conjunto con la información técnica descriptiva que bien pudiera apoyar e ilustrar todo el diseño en general.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **Fase I: Diagnóstico de la actual plataforma de comunicación para la transmisión de datos y telefonía IP.**

Esta sección tuvo su fundamento en los datos registrados en el instrumento de recolección de datos denominado matriz de análisis, el cual estuvo compuesto por 11 dimensiones que incluyen un total de 33 indicadores, que representan los aspectos considerados como relevantes para el diagnóstico de la plataforma tecnológica de comunicación inalámbrica de dicha empresa. En dichos indicadores se estableció un modo de respuesta definida como: a) si y b) no, y un reglón para anotar alguna observación pertinente sobre el aspecto a evaluar (ver Anexo A).

De tal manera, que el mencionado instrumento permitió registrar la observación estructurada, que se utilizó para identificar en la actual plataforma de comunicación de la empresa Distribuidora Producto Industrial de Alemania, C.A (DPIACA), el funcionamiento operativo de los dispositivos que conforman la red de transmisión (ver figura 10) del enlace inalámbrico entre el edificio principal de la empresa Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A. (D.P.I.A.C.A.) y la sede de la gerencia general y viceversa.

En esta dirección, resulta pertinente mostrar los resultados del diagnóstico para evidenciar o no la relevancia de diseñar una plataforma tecnológica de comunicación inalámbrica para la transmisión efectiva de datos y telefonía IP entre el edificio de la sede principal y la oficina de la gerencia general de la empresa Distribuidora de Productos Industrial de Alemania C.A. (D.P.I.A.C.A.).

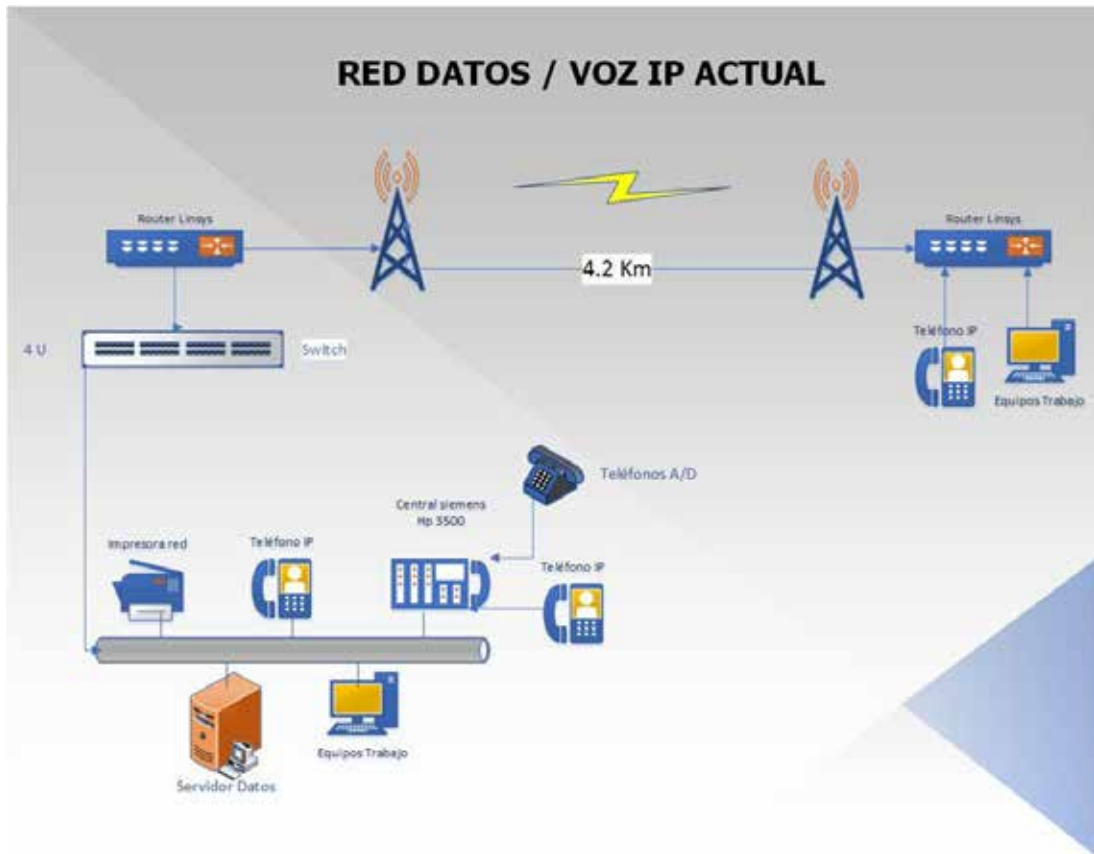


Figura 10. Red enlace actual DPIACA.  
Fuente: El autor

Es así como la aplicación del instrumento de recolección de datos permitió evidenciar las siguientes situaciones:

- 1) La línea de vista de las antenas en la dirección actual está seriamente comprometida, debido a que en la zona circundante existe edificaciones de tipo galpones industriales que interceptan la misma, con el agravante, que los mismos, están fabricados de láminas metálicas lo que los convierten en una superficie altamente reflectora (ver figura 11).



Figura 11. Obstáculos línea de vista enlace actual.

Fuente: El autor

- 2) La antena del edificio central presenta desalineación con respecto a la otra, debido a que se observa que fueron movidas de su posición original por algún factor externo.
- 3) El mástil de la sede principal solo alcanza 3 metros de altura (ver figura 12) con respecto al suelo donde está instalado (la platabanda del edificio), siendo insuficiente dicha altura para sortear los obstáculos mencionados anteriormente.



Figura 12. Mástil antena sede principal.

Fuente: El autor

- 4) Referente al mástil de la oficina de la gerencia, también se alza a escaso 2,80 metros con respecto al suelo donde está instalado, evidenciando una altura insuficiente.
- 5) Se detectó un deterioro en el enrutador (ver figura 13) instalado en el edificio de la sede principal, ya que dicho dispositivo quedó a la intemperie exponiéndose a los elementos naturales a pesar de estar protegido.



Figura 13. Enrutador usado enlace actual.

Fuente: El autor

- 6) También se observaron que, en un radio aproximado de 20 m, en la sede principal existen otros dispositivos circundantes que se encuentran transmitiendo en las mismas frecuencias de 2.4 Ghz (ver figura 14) y en los mismos canales, pudiendo solapar las frecuencias (ver figura 15) e inclusive el canal en el que se encuentra funcionando.



Figura 14. Ocupación de canales circundantes a 2,4 Ghz.  
Fuente: El autor



Figura 15. Solapamiento de canales entre los diferentes enrutadores de la zona.  
Fuente: El autor

En consecuencia, se determina que la comunicación efectiva del actual enlace no cableado se encuentra seriamente comprometido, por los factores anteriormente descritos.

En este sentido, para confirmar las observaciones recabadas en el instrumento de recolección de datos (ver anexo A) resultó oportuno utilizar el software Radio Mobile para simular el enlace actual, suministrándole al mismo las coordenadas geográficas y condiciones de operabilidad al cual estaba sometido, a saber:

- Frecuencia de trabajo 2,4 Ghz.
- Altura de las antenas, 10 m edificio + 3 m para antena de sede principal para un total 13 m de altura y 5 m de la oficina Gerencia + 3 m para la antena para un total de 8 m de altura.
- Atenuaciones por líneas y conectores.
- Potencia de Transmisión 250 mW.
- Ganancias antenas 25 dbi.
- Umbral de recepción -60 db.

Arrojando los resultados que se muestran a continuación:



Figura 16. Simulación en Radio Mobile del enlace actual DPIACA.

Fuente: El autor

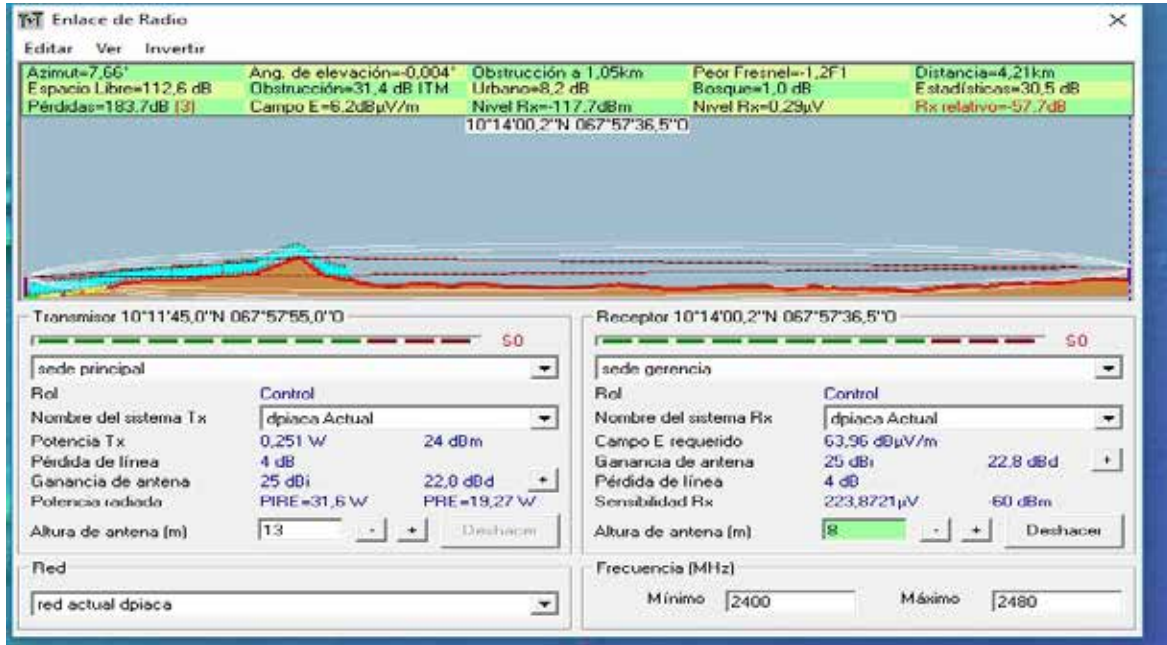


Figura 17. Datos arrojados simulación en Radio Mobile del enlace actual DPIACA.  
Fuente: El autor

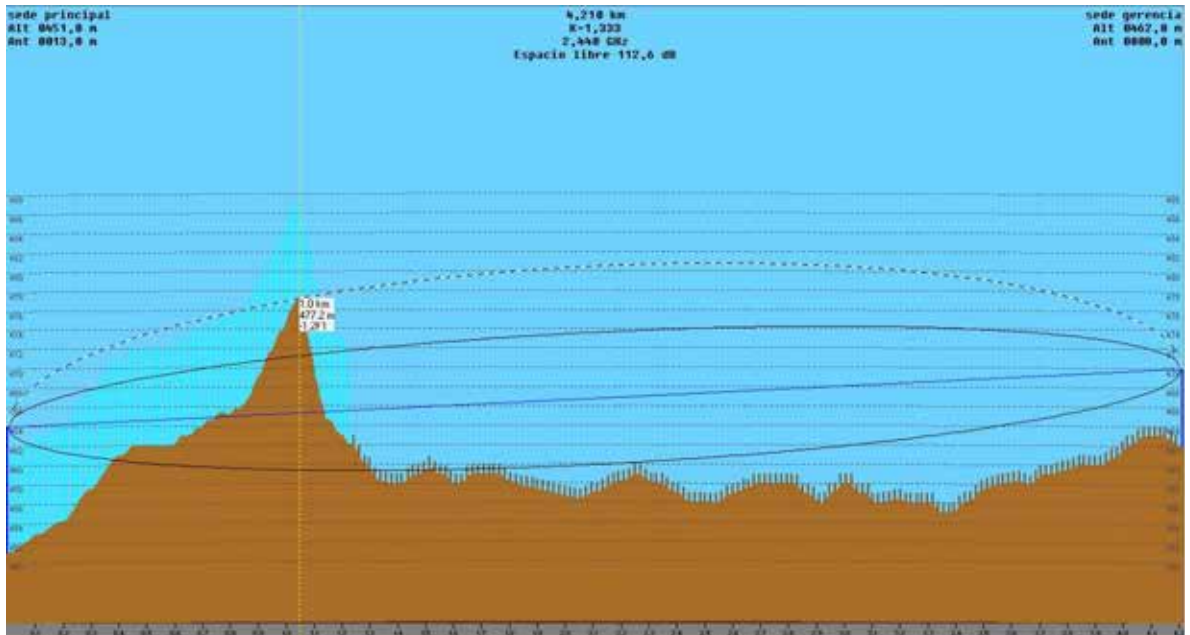


Figura 18. Obstrucción mostrada en Radio Mobile del enlace actual DPIACA.  
Fuente: El autor

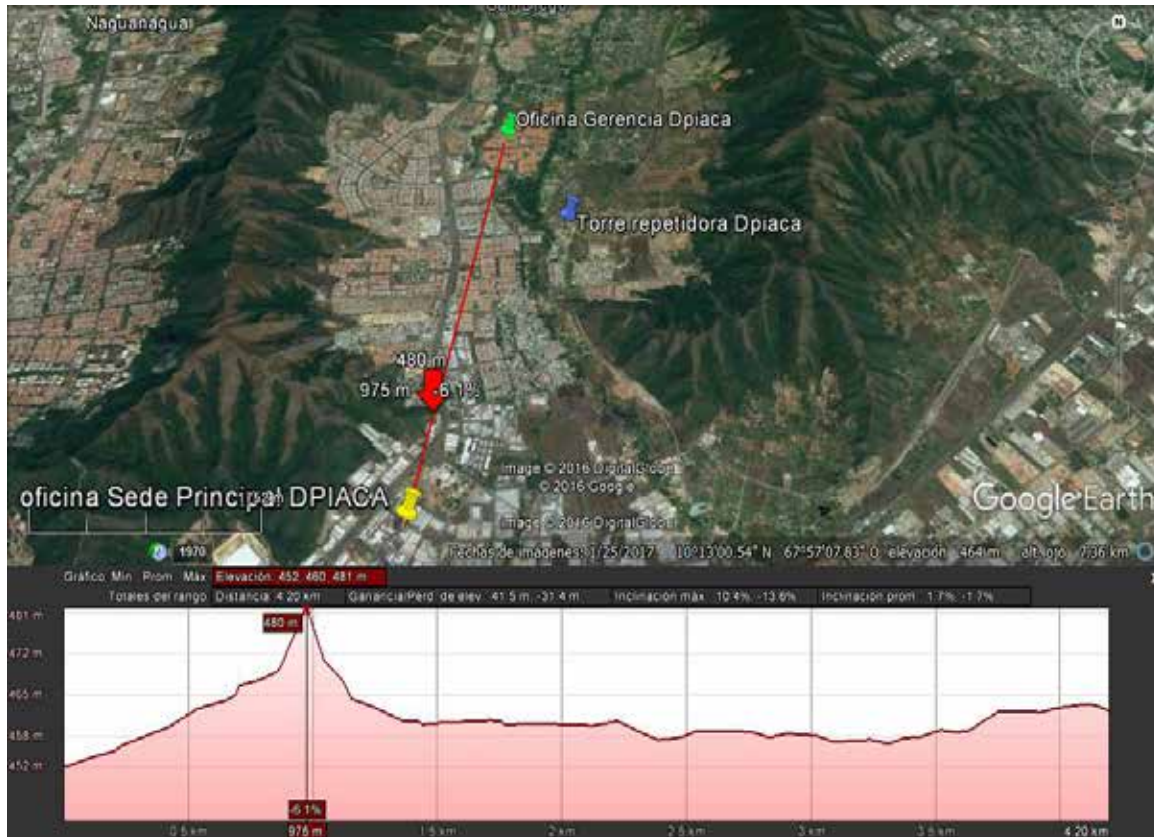


Figura 19. Topografía del enlace actual DPIACA.

Fuente: Google Earth

Como se puede observar el enlace está señalado por una línea de color rojo (ver figura 16 y 19) lo cual significa el mal funcionamiento o la nula operatividad del mismo, debido a factores tales como: obstrucción por parte del terreno adyacente producido por una elevación o cerro que intercepta la línea de vista a escasos 1,05 km (ver figura 17 y 18) de distancia de la sede principal de DPIACA, igualmente como se aprecia en la fotografía de obstáculos de línea vista del enlace actual (ver figura 11), así como también se puede notar que la peor situación de Fresnel es de  $-1,2F1$  superando el mínimo requerido para que un enlace por la simulación de Radio Mobile funcione, siendo aceptable para el mismo, un valor que debe ser igual o mayor a  $0,6F1$  para que exista un paso de energía suficiente que pueda llegar al receptor (Rx).

Entre otros factores, no menos importantes como: las atenuaciones por ruido urbano, condiciones atmosféricas, pérdidas en el espacio libre (ver figura 17), también se pueden observar derivado de este estudio, el nivel de recepción (Rx) que muestra la simulación es de -117,7 dBm el cual está muy por debajo del nivel sensibilidad o umbral requerido por el receptor según datos recabados de su configuración que es de aproximadamente -60 dBm para que reciba algún nivel de energía de la señal transmitida por el transmisor. Cabe destacar que este sistema, por ser full dúplex está configurado de la misma forma y arrojando los mismos resultados cuando trabaja de forma inversa, queriendo decir con esto, la oficina de la gerencia como transmisor y sede principal como receptor.

En consecuencia, se determina que la comunicación efectiva del actual enlace no cableado se encuentra seriamente comprometido, por los factores anteriormente descritos, por lo que resulta necesario, diseñar una nueva plataforma tecnológica de comunicación inalámbrica para la transmisión efectiva de datos y telefonía IP que brinde la operatividad requerida.

## **Fase II: Determinación de la factibilidad técnica, operativa y económica de la nueva plataforma de comunicación.**

El estudio de factibilidad de la propuesta objeto de esta investigación, arrojó con respecto a la factibilidad técnica, que efectivamente, es posible enlazar dos sedes de la empresa Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A. (D.P.I.A.C.A.), mediante la tecnología de comunicación inalámbrica de radios Rocket Ac de Airmax y antenas RocketDisch AC para airMax de la marca Ubiquiti Networks, generando que la mencionada empresa, utilice el más reciente nivel de tecnología de comunicaciones no cableadas. La empresa actualmente cuenta con los equipos, herramientas y personal capacitado para el momento en el que se desee implementar dicha tecnología.

Cabe destacar, que los equipos actuales de la red tienen la capacidad técnica para soportar todo el requerimiento de transmisión de los nuevos componentes del sistema y que estos últimos, pueden brindar todo el potencial requerido como lo son: el ancho de banda, potencia y frecuencias que demanda una transmisión de voz y datos, con la versatilidad de poder ser extendido con facilidad si así se requiriera en el futuro, igualmente garantizando la exactitud, confiabilidad, facilidad de acceso y seguridad de los datos allí manejados.

En cuanto a la factibilidad operativa, la tecnología Ubiquiti expone como una característica sobresaliente de la misma, el acople fácil y rápido al sistema de red de comunicaciones sin que se incurra en un impacto mayor para los usuarios y el personal técnico encargado de realizar el ensamblaje y posterior mantenimiento de los dispositivos. Así mismo, este sistema cuenta con los elementos necesarios para configuración, manejo y monitoreo por medio de software de control que viene presentado de manera amigable ya incorporado en el núcleo de los mismos, incluso con capacidad de actualización de su Firmware así como soporte en línea mediante su web, con el respaldo de guías, manuales y software de utilidades para la interconexión, verificación y modelado del enlace que se quiera diseñar o instalar, proporcionando así gran viabilidad de manejo para el equipo a cargo involucrado en las tareas antes mencionadas.

Para poder dar un contexto más exacto a la factibilidad económica de este diseño, se investigó sobre los costos solo de los equipos necesarios para emprender la marcha del proyecto, puesto que ya la empresa cuenta con partes de los mismos por lo que se cotizaron los siguientes:

- Cuatro (4) radios Rocket5ac PtP. 187,20 USD C/u. Total 748,80 USD.
- Cuatro (4) antenas RD-5G31-AC. 470,52 USD C/u. Total 1.882,07 USD.

Para la compra en el exterior se incurriría en un gasto de 2630,87 USD. Sin incluir el manejo de la importación y flete puesto que la empresa manejaría la misma.

- Diecisiete (17) tramos para torre de aluminio triangular de 30 cm de lado y 3 metros de largo cada tramo, para alcanzar las alturas estipuladas, cada tramo a un costo de Bs. 95.000,00 para un total de inversión Bs. 1.615.000,00.
- Se requieren de tres (3) sistemas de protección atmosférica (pararrayos), tipo punta franklin 5/8 x 20 base fija, uno para cada torre, cuyo costo individual es de Bs. 70.000,00, para una inversión por este concepto de Bs. 210.000,00.
- El importe total para la compra de equipos en el país sería de Bs. 1.825.000,00.

La inversión total para este proyecto en moneda nacional para el momento de esta investigación se estimó en Bs. 14.979.350,00. La ganancia que representa el usar estos enlaces se estimó para el momento en Bs. 3.515.000,00 que sería el costo a dejar de pagar por el servicio dedicado prestado por una operadora para tal fin. Por lo que el retorno de la inversión en 12 meses sería: Bs. 41.180.000,00 de la ganancia en 12 meses menos la inversión de Bs. 14.979.350,00 todo esto dividido entre la inversión, el cual da un ROI de 1,8 lo cual significa que se recupera por cada bolívar invertido 1,8 adicional. En el Gráfico 1 se observa que el beneficio económico supera considerablemente la inversión propuesta.

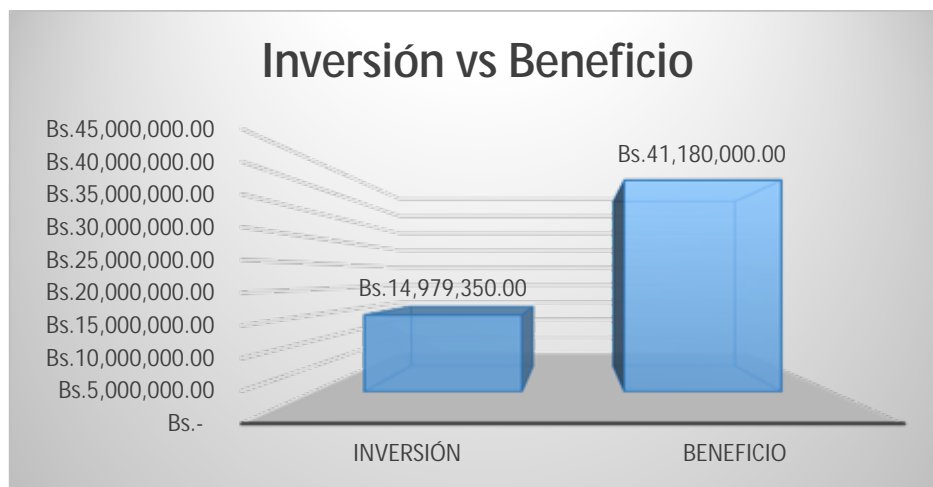


Gráfico 1. Inversión vs. beneficio económico generado.

Fuente. El Autor

Tomando en cuenta los costos anteriormente mencionados, así como el retorno de la inversión, se puede concluir que este proyecto es económicamente factible, porque la empresa se encuentra en capacidad de adquirir todos aquellos equipos y herramientas que sean necesarios para implantar el enlace inalámbrico con la tecnología mencionada. Por ser una empresa de capital extranjero y de experiencia en el ramo de las importaciones, está en capacidad, si es necesario, de ubicar los dispositivos como radios y antenas con el fabricante o proveedores de los mismo en sus respectivas oficinas de ventas. Por otra parte, le ahorraría dinero a la empresa Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A. (D.P.I.A.C.A.), a mediano y largo plazo, puesto que el hecho de no depender de otra compañía de servicio para comunicarse comienza a traducirse en una rebaja de costos, así como el tiempo que gana la gerencia para poder hacer uso inmediato de la información de la sede principal lo que se traduce en una posible y acertada toma de decisión y por ende una ganancia a la empresa.

### **Fase III: Diseño de una plataforma tecnológica de comunicación inalámbrica para la transmisión efectiva de datos y telefonía IP.**

En virtud del desarrollo de las fases anteriores, se presenta la propuesta objeto de este apartado de la siguiente manera:

#### **Coordenadas geográficas del nuevo enlace.**

Para este nuevo diseño se estudiaron los sitios geográficos actuales así como otras posibilidades que ayudaran a mejorar la conectividad y efectividad de la plataforma de comunicación, determinando que a las coordenadas actuales, se le debe agregar una nueva coordenada, donde es apropiado instalar una base repetidora con el objeto de permitir sortear los obstáculos e irregularidades del terreno que obstruían la línea de vista del enlace actual, aprovechando la disposición de una locación propiedad de la empresa, provista para este proyecto, obteniendo de esta manera, una red con un sistema común y dos enlaces, el primero de ellos el enlace del trayecto del edificio de operaciones DPIACA a la

base torre repetidora y el segundo enlace del trayecto de la base torre repetidora a la sede de la gerencia general de DPIACA. Las coordenadas en cuestión (ver figura 20) son las siguientes:

- Edificio Sede operaciones 10°11'45,00" latitud Norte, 67°57'55,10" longitud Oeste.
- Base torre repetidora 10°13'22,50" latitud Norte, 67°57'15,22" longitud Oeste.
- Oficina sede gerencia general 10°14'00,20" latitud Norte, 67°57'36,54" longitud Oeste.

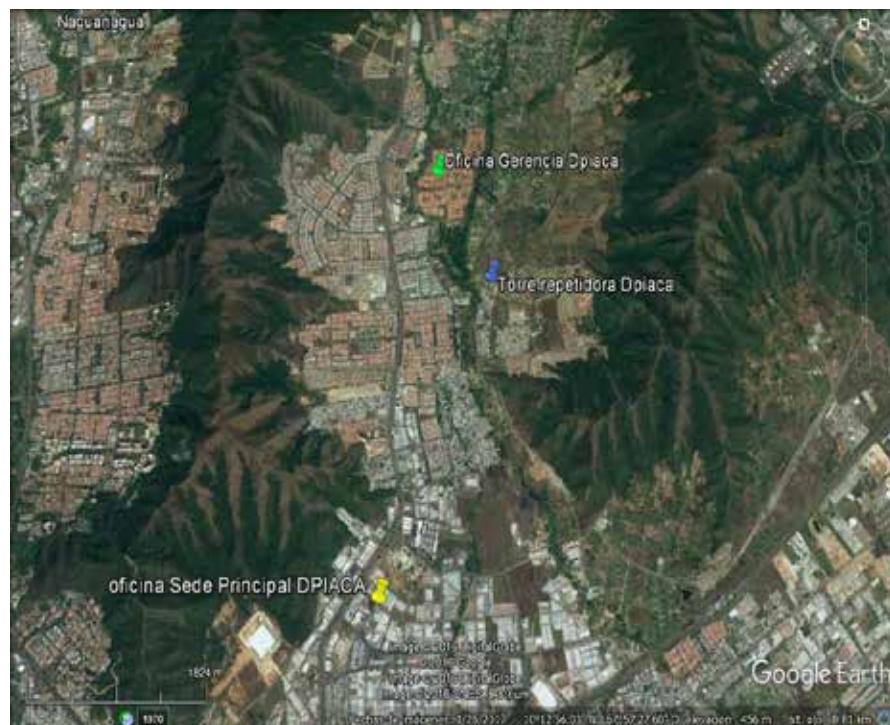


Figura 20. Ubicación puntos geográficos según coordenadas.

Fuente: Google Earth

**Perfil topográfico enlace trayecto edificio de operaciones DPIACA a base torre repetidora.**



Figura 21. Perfil Topográfico del trayecto del edificio de operaciones DPIACA a base torre repetidora  
Fuente: Google Earth

Se realizó una inspección del perfil topográfico con el fin de corroborar las alturas del terreno, así como los posibles obstáculos que pudieran intervenir negativamente en el recorrido de esta parte del enlace. Para esto, se hizo uso de dos herramientas que cuentan con la opción de analizar o graficar mediante cartas topográficas y mapas generados satelitalmente, el terreno en una locación con dirección en coordenadas geográficas o una trayectoria seleccionada.

Por una parte, se usaron los datos proporcionados por Google Earth (ver figura 21) donde se pudo apreciar las distancias entre los dos puntos seleccionados (3,24 Km), así como las diferentes alturas involucradas con referencia al suelo de la topografía, señalando que para el punto de la sede principal marca una altura de 452 m y para el punto de la base repetidora una altura de 460 m, adicional a esto, se evidenció una elevación de 464 m en la línea

de vista que debe ser tomado en cuenta a la hora de determinar la manera de sortearlo efectivamente para el buen desarrollo del enlace.

De igual manera, se analizaron y constataron los datos con el software Radio Mobile (ver figura 22) el cual presentó los mismos resultados topográficos anteriormente señalados.

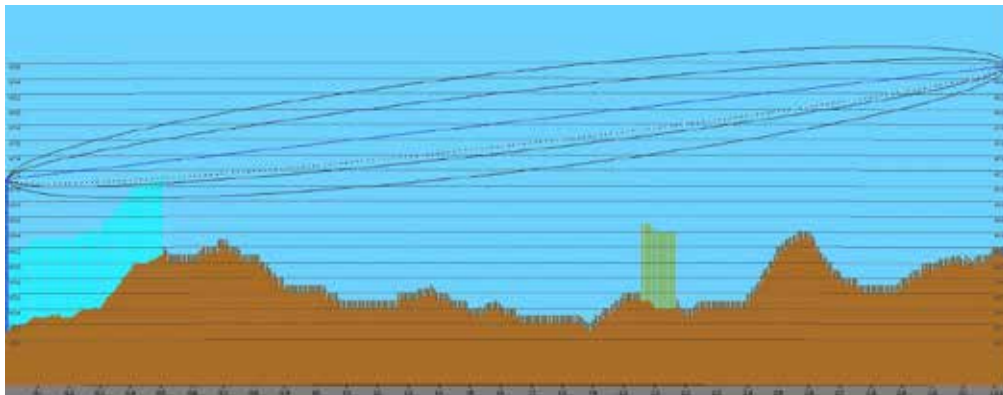


Figura 22. Perfil Topográfico del trayecto del edificio de operaciones  
DPIACA a base torre repetidora  
Fuente: Radio Mobile

### **Perfil topográfico enlace trayecto base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.**

Siguiendo el análisis anteriormente descrito para la inspección del perfil topográfico y usando de igual manera las herramientas antes mencionadas, para este perfil en particular, se puede concluir que, de los datos proporcionados por Google Earth (ver figura 23) donde se puede apreciar las distancias entre los dos puntos seleccionados (1,33 Km), así como las diferentes alturas involucradas con referencia al suelo de la topografía, señalando que para el punto de la base repetidora marca una altura de 460 m y para el punto de la oficina de la gerencia general una altura de 462 m, adicional a esto, se evidencia una elevación de 467 m en la línea de vista que debe ser tomado en cuenta a la hora de determinar la manera de sortearlo efectivamente para el buen desarrollo del enlace.



Figura 23. Perfil Topográfico del trayecto base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.

Fuente: Google Earth

De igual manera, se analizaron y constataron los datos con el software Radio Mobile (ver figura 24) el cual presentó los mismos resultados topográficos anteriormente señalados.

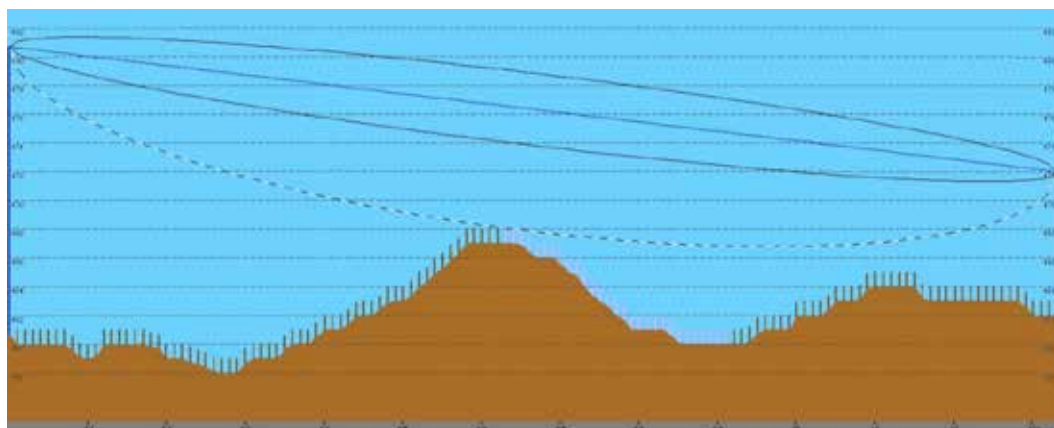


Figura 24. Perfil Topográfico del trayecto base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.

Fuente: Radio Mobile

### **Tecnología y equipos propuestos para la nueva plataforma de comunicación.**

Para el diseño de este proyecto se ha determinado el uso conveniente de radios Rocket Ac de AirMax y antenas RocketDisch AC para airMax de la marca Ubiquiti Networks la cual se ha especializado en equipos para instalaciones al aire libre por medio de la plataforma AirMax. La característica más resaltante de esta tecnología es que el núcleo de la plataforma airMAX usa como protocolo Ubiquiti TDMA (acceso múltiple por división de tiempo), que proporciona rendimiento, capacidad y escalabilidad para enlaces de alta velocidad y de clase operadora.

Dicho protocolo, asigna dinámicamente tiempo a los clientes activos y proporciona un mayor rendimiento de inmunidad al ruido en comparación con el convencional 802.11 CSMA / CA (acceso múltiple con detección portadora / Prevención de Colisiones). Al dividir el canal inalámbrico en ranuras de tiempo predeterminadas para cada estación conectada, hace que se elimine esencialmente la posibilidad de que las estaciones al mismo tiempo colisionen en la de recepción de la información. El protocolo TDMA realiza un seguimiento de las estaciones que están activas y divide el tiempo de esas estaciones.

De igual manera, permite manejar el acceso prioritario para voz y vídeo, al poder controlar la programación del tiempo de acceso en una sesión de voz o de vídeo lo cual hace automáticamente sin necesidad de configurar los propios clientes, QoS Inteligente (calidad, prioridad de voz y video) garantizando Streaming sin interrupciones con menor latencia. Así mismo, la tecnología AirMAX ac soporta altas velocidades de datos, que requieren una modulación densa: 256QAM, soportan hasta 500 + Mbps para (Ancho máximo del canal de 80 MHz) TCP / IP. Ahora bien, en relación a los equipos se sugieren los siguientes:

- **Radio Rocket5ac PtP:** Es un radio de alto rendimiento y facilidad de instalación para trabajo outdoor con protección para intemperie (ver figura 25). Trabajan en la banda de frecuencias de 5 GHz (ver figura 26) las cuales son sin licencia de espectro. La conexión Gigabit Ethernet de entrega alta se realiza a través de cable UTP.

Es importante destacar que usa energía pasiva sobre Ethernet (PoE), tanto el poder como los datos son por un solo cable Ethernet, también se puede combinar perfectamente con las antenas airMAX las cuales tienen un montaje o anclaje especial para los radios Rocket, por lo que no se necesitan herramientas adicionales.

Los canales disponibles pueden incluir anchos de banda de 10,20,30,40,50,60 y 80 MHz (ver figura 26). Con la tecnología airPrism puede significativamente filtrar las frecuencias para la cual fue configurado, sin tener interferencias no deseadas por otros equipos circundantes, facilita la co-localización del radio es vital en muchos escenarios. Con la tecnología airPrism, se puede Co-localizar puntos de acceso y mejorar el rendimiento de la red inalámbrica.



Figura 25. Radio Rocket5ac PtP.

Fuente: El autor.

R5AC-PTP			
Dimensions	198.5 x 86.4 x 44.1 mm (7.82 x 3.40 x 1.74")		
Weight	295 g (10.41 oz)		
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE Adapter		
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)		
Max. Power Consumption	8.5W		
Operating Frequency	Worldwide	USA: U-NII-2C	USA: U-NII-3
	5470 - 5875 MHz	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Processor	Atheros MIPS 74Kc, 720 MHz		
Memory	128 MB DDR2 SDRAM, 16 MB NOR FLASH		
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Mbps		
RF Connections	(2) RP-SMA (Waterproof)		
LEDs	Power, LAN, (4) Signal Strength		
Channel Sizes	PtP Mode	PtMP Mode	
	10/20/30/40/50/60/80 MHz	10/20/30/40 MHz	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic		
Supported Voltage Range	20-26VDC		
ESD/EMP Protection	± 24KV Air / Contact		
Operating Temperature	-40 to 80° C (-40 to 176° F)		
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing		
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4		
Wireless Approvals	FCC, IC, CE		
RoHS Compliance	Yes		
Modes	Access Point, Station		
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet, Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing		
Utilities	Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test		
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode		
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CL		
Security	WPA2 AES Only		
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User Customer Level: High/Medium/Low		
Statistical Reporting	Up Time, Packet Errors, Data Rates, Wireless Distance, Ethernet Link Rate		
Other	Remote Reset Support, Software Enabled/Disabled, VLAN Support, 256QAM		
Ubiquiti Specific Features	30/50/60 MHz Channels, airMAX ac Mode, Traffic Shaping with Burst Support, Discovery Protocol, Frequency Band Offset, Ackless Mode		

Figura 26. Hoja técnica del radio Rocket5ac PtP.

Fuente: El autor.

Como se puede observar en la figura 27, las diferentes tasas de poder de salida para el caso del transmisor y el umbral de sensibilidad para el caso del receptor dadas en dBm con su nivel de tolerancia, así como también las especificaciones de modulación que competen a cada tasa de poder seleccionada que ofrece el radio rocket5ac. Para el caso de este diseño, se ha seleccionado la que se encuentran enmarcadas de color rojo, a saber: tasa de poder para el trasmisor (Tx) igual a 27 dBm con una sensibilidad en el receptor (Rx) de -83 dBm en una modulación de 64 QAM.

R5AC-PTP Output Power: 27dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
<b>airMAX ac</b>	1x BPSK (1/2)	27 dBm	± 2 dB	<b>airMAX ac</b>	1x BPSK (1/2)	-96 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (1/2)	27 dBm	± 2 dB		2x QPSK (1/2)	-95 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (3/4)	27 dBm	± 2 dB		2x QPSK (3/4)	-92 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (1/2)	27 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (1/2)	-90 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (3/4)	27 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (3/4)	-86 dBm	± 2 dB
	<b>6x 64QAM (1/2)</b>	<b>27 dBm</b>	<b>± 2 dB</b>		<b>6x 64QAM (1/2)</b>	<b>-83 dBm</b>	<b>± 2 dB</b>
	6x 64QAM (3/4)	26 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (3/4)	-77 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (5/6)	25 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (5/6)	-74 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (3/4)	23 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (3/4)	-69 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (5/6)	22 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (5/6)	-65 dBm	± 2 dB

Figura 27. Tasa de poder transmisión y recepción del radio Rocket5ac PtP.

Fuente: El autor.

- **Antena RocketDish RD-5G31-AC carrier Class 2x2 Bridge Dish:** es una antena que fue diseñada para integrarse con los radios Rocket, al unir la radio Rocket5ac (ver figura 29) con esta antena se está asegurando un alcance efectivo para el alto rendimiento del enlace Punto a punto (PtP). La RocketDish RD-5G31-AC (ver figura 28) posee un aislamiento y una relación Front-to-Back (F / B), siendo su principal beneficio la mejora de la relación Señal / Ruido (S / N o SNR). Dicha relación, hace que los lóbulos laterales reduzcan la interferencia de otros transmisores montados en la misma torre.



Figura 28. Antena RocketDish RD-5G31-AC.

Fuente: El autor.

La relación S / N mejorada permite modulación de orden superior a utilizar, por ejemplo, 256QAM en lugar de 16QAM. Esto a su vez, aumenta el número de bits por segundo para un ancho de banda, que también se conoce como velocidad de datos. Debido a su ingeniería

avanzada, El RocketDish RD-5G31-AC proporciona: Co-localización mejorada, mejor interpretación, alcance adicional. Entre sus características resaltantes tenemos:

Diseño mecánico innovador montaje robusto (ver figura 30). El soporte de montaje es diseñado para asegurar y mantener la posición del plato durante las duras condiciones al aire libre.

Peso reducido del plato y los soportes de montaje hecho de aluminio ligero. Instalación conveniente el nivel de burbuja permite alineación fácil.

Diseño resistente a la intemperie, con un domo que protege componentes internos, mientras que la cubierta metálica protege cables y conectores de los elementos más ásperos de la naturaleza.

El plato y los soportes de montaje y sujetadores son resistentes a la corrosión, hechos de acero inoxidable.



Figura 29. Antena y radio.

Fuente: El autor.

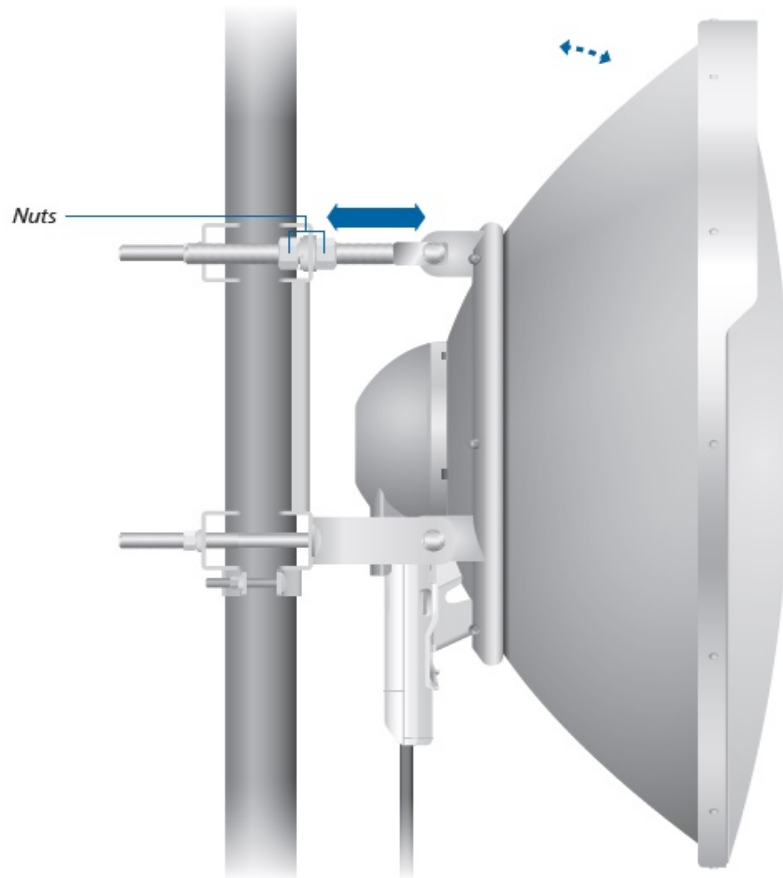


Figura 30. Vista lateral de la Antena RD-5G31-AC.

Fuente: El autor.

En la figura 31, se puede observar las características de funcionamiento de la antena RD-5G31-AC, de donde es importante destacar los siguientes datos: frecuencia de trabajo de 5 a 5,8 Ghz, ganancia 31 dBi, diámetro de 0,7 metros, y 7,6 kg de peso, particularidades trascendentales para la transmisión y comunicación efectiva del enlace. Así mismo, se muestra el patrón de radiación, la elevación y azimut de la antena (ver figura 32), tanto en su posición vertical como horizontal, datos convenientes para la escogencia de la polarización de la misma.

RD-5G31 AC Antenna Characteristics	
Dimensions	748 x 748 x 349 mm (29.45 x 29.45 x 13.74 in)*
Weight	7.6 kg (16.76 lb) (Mount Included)**
Frequency Range	5.1 - 5.8 GHz
Gain	31 dBI
Max. VSWR	1.4:1
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	1,028 N @ 200 km/h (231 lbf @ 125 mph)
Polarization	Dual-Linear
Cross-pol Isolation	35 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketIM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included

Figura 31. Datos técnicos de la Antena RD-5G31-AC.  
Fuente: El autor.

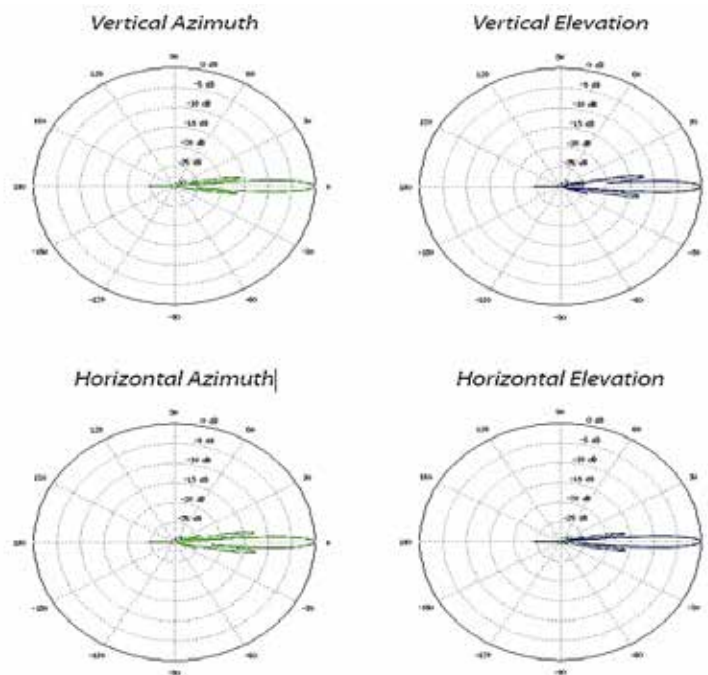


Figura 32. Patrón de radiación, elevación y azimut de la Antena RD-5G31-AC.  
Fuente: El autor.

### **Cálculos teóricos para el enlace de la plataforma de comunicaciones entre el edificio de operaciones DPIACA a la sede de la gerencia general DPIACA.**

Después de haber estudiado las características necesarias de los equipos anteriormente descritos, se procedió a realizar los cálculos del presupuesto del sistema para poder corroborar la interconexión efectiva de todo el sistema de telecomunicación, donde podemos observar lo siguiente:

Frecuencia de operación del Radio: 5470 Mhz a 5870 Mhz.

Frecuencia promedio:  $f = \frac{5875+5470}{2} = 5673 \text{ M z.}$

Potencia de transmisión para todas las unidades. Ptx = 27 dBm.

Equivalente a 0,501 W.

Sensibilidad de recepción para todas las unidades. Cmin = -83 dBm.

Longitudes de las líneas 0,3 m cable RF LM-400, Atenuación para frecuencias de 5 Ghz 35,5 dB/100 m.

Conector RP-SMA, 0,5 dBm de Atenuación.

Ganancia de las antenas Gtx = Grx = 31dBi.

Altura antena edificio operaciones 25 m.

Altura antena base repetidora 25 m.

Altura antena sede gerencia general 15 m.

De los datos aquí presentados, todos ellos aportados por las hojas técnicas del fabricante, conseguimos determinar los cálculos que a continuación se presentan:

**Pérdida de la línea:**  $L_L = \frac{0,3\text{m} \times 35,5 \text{ dB}}{100\text{m}} = 0,11 \text{ dB.}$

**Pérdida por Conectores:**  $L_B = 2 \times 0,5 \text{ dB} = 1 \text{ dB.}$

**Pérdida total por cada línea:**  $L_{LB} = 0,11 + 1 \text{ dB} = 1,11 \text{ dB.}$

**Pérdida en el espacio libre:** La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire, aún en el vacío, una onda de radio pierde energía que se irradia en direcciones diferentes a la que puede capturar la

antena receptora. La Pérdida en el Espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia. En decibeles el cálculo de la misma resulta de la siguiente ecuación:

$$PEL = 32,45 + 20 \text{ Log} (D \text{ en km}) + 20 \log (F \text{ en Mhz}). \text{ Ec. 3.}$$

Donde, F es la frecuencia y D es la distancia.

1. Enlace edificio de operaciones a la base torre repetidora DPIACA, distancia 3,24 Km. Usando la ecuación 3, para este enlace resultó:

$$PEL = 32,45 + 20 \log (3,24) + 20 \log (5673) = 117,73 \text{ dB.}$$

2. Enlace la base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA, distancia 1,33 Km. Usando la ecuación 3, para este enlace resultó:

$$PEL = 32,45 + 20 \log (1,33) + 20 \log (5673) = 110,00 \text{ dB.}$$

**Potencia entregada a la Antena:** Es la potencia entregada por el transmisor menos las atenuaciones causadas por el cable y conectores en la línea. Su ecuación es:  $PEA = 10 \log (P_{tx}) - L_{LB}$  Ec. 4.

Para el diseño de este proyecto, por ser la configuración de los equipos igual en ambos sistemas, a saber: edificio sede principal a base torre repetidora y base torre repetidora a la oficina gerencia general de la Empresa DPIACA, usando la ecuación 4 se estableció el cálculo para las mismas en:

$$PEA = 10 \log(0,501\text{w}) - 1,11\text{dB} = -4,11 \text{ dBw.}$$

$$PEA = 10^{\frac{-4,11}{10}} = 0,388 \text{ W.}$$

**Potencia Efectiva Radiada:** La potencia radiada por una antena con la dirección marcada por la misma, se calcula al multiplicar la potencia del

transmisor alimentada a la antena (PEA) por la ganancia en potencia (Gtx) de la antena, en decibeles la relación queda:

$$\text{PER} = \text{PEA} + \text{Gtx dBd. Ec. 5.}$$

Igualmente, como se explicó para el cálculo anterior, ambos sistemas se sustentan del mismo resultado. La ganancia de la antena se debe convertir a dBd:

$$\text{dBd} = \text{dBi} - 2,15.$$

$$\text{dBd} = 31 \text{ dBi} - 2,15 = 28,85 \text{ dBd.}$$

Sustituyendo en la ecuación 5, se obtiene:

$$\text{PER} = -4,11 \text{ dBw} + 28,85 \text{ dBd} = 24,74 \text{ dBw.}$$

$$\text{PER en Vatios} = 10^{\frac{24,74}{10}} = 297,85 \text{ W.}$$

$$\text{PER en dBm} = 24,74 \text{ dBw} + 30 = 54,74 \text{ dBm.}$$

**Potencia Isotrópica Radia Efectiva PIRE:** Es la energía evidente transmitida hacia el receptor, si se asume que la señal está irradiada igualmente en todas las direcciones, es decir, como onda esférica que emana de una fuente del punto. Se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{PIRE} = 10 \log (\text{Ptx}) + \text{Gtx dBi.} - L_{LB} \text{ Ec. 6.}$$

Este cálculo es valedero para ambos sistemas por lo que sustituyendo los valores de la ecuación 6, se obtuvo:

$$\text{PIRE} = 10 \log (0,501 \text{w}) + 31 \text{ dBi} - 1,11 \text{ dB} = 26,89 \text{ dB}$$

$$\text{PIRE en Vatios} = 10^{\frac{26,89}{10}} = 488,65 \text{ W.}$$

**Campo eléctrico  $E$   $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ :** El campo eléctrico en una medida que predice el voltaje y potencia recibida esperada a la entrada de un receptor en el trayecto del enlace dado. Su cálculo se realizó de la siguiente forma:

$$E \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m} = \text{PER dBm} - 20 \log (\text{Distancia en Km}) + 38,7 \text{ Ec. 7.}$$

$$\text{P(dBm)} = E (\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) + \text{Grx(dBi)} - 20 \log F(\text{MHz}) - 77,2 \text{ Ec. 8.}$$

En este caso, debido a que el campo depende de la distancia, se calculó para cada enlace de la siguiente manera:

1. Enlace edificio de operaciones a la base torre repetidora DPIACA, distancia 3,24 Km. Usando la ecuación 7, para este enlace resultó:

$$E \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m} = 54,74 - 20\log(3,24) + 38,7 = 83,23 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}.$$

Para el nivel de potencia en referencia al campo eléctrico expresados en dBm se aplica la ecuación 8, resultando:

$$P(\text{dBm}) = 83,23 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m} + 31\text{dBi} - 20 \log(5673) - 77.2$$

$$P(\text{dBm}) = -38,04 \text{ dBm}.$$

2. Enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA, distancia 1,33 Km. Usando la ecuación 7, para este enlace resultó:

$$E \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m} = 54,74 - 20\log(1,33) + 38,7 = 90,96 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}.$$

Para el nivel de potencia en referencia al campo eléctrico expresados en dBm se aplica la ecuación 8, resultando:

$$P(\text{dBm}) = 90,96 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m} + 31\text{dBi} - 20\log(5673) - 77.2$$

$$P(\text{dBm}) = -30,31 \text{ dBm}.$$

**Despeje 1ra zona de Fresnel:** La primera zona de Fresnel, es una área de despeje que siempre hay que tener en consideración en un enlace microonda punto a punto, además de tener una visibilidad directa entre las dos antenas. Este factor, se deriva de la teoría de ondas electromagnéticas que se refieren a la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre y que al pasar sobre un obstáculo provoca reflexiones y cambios de fase, dando como resultado un aumento o disminución en el nivel de intensidad de la señal recibida, para lo cual se debe considerar

la curvatura de la tierra con un factor (k), que dependiendo del caso puede tomar diferentes valores y en el peor de ellos se tomaría un valor  $K= 2/3$  y en el caso más óptimo  $k=4/3$ .

En la práctica, para que el nivel de recepción sea equivalente al obtenido en el espacio libre, es suficiente tener libre al menos el 60% de la primera zona de Fresnel a lo largo de todo el trayecto. El radio  $F_1$  en cualquier punto del elipsoide de la primera zona de Fresnel se calcula con la siguiente ecuación:

$$R_n(m) = 548 \sqrt{\frac{n \times d1(km) \times d2(km)}{d(km) f(GHz)}} \text{ Ec. 9.}$$

Si se considera las distancias  $d1=d2$ , la ecuación 10 asegura que el valor más exacto de la primera zona de Fresnel sean si las mismas al obstáculo son iguales, así se podrá calcular fácilmente la primera zona de Fresnel:

$$R_n(m) = 548 \sqrt{\frac{n \times d(km)}{(4) f(MHz)}} \text{ Ec. 10.}$$

En conjunto a la zona de Fresnel también se comprobó la altura del despeje sobre los posibles obstáculos que pudieran interferir en dicha zona, afectando la comunicación efectiva del enlace, para esto se usó la siguiente ecuación:

$$H_d(m) = h1 + \frac{d1}{d} + \left( 2 \right) \left( H + \frac{d1 \times d2 \times 1000}{2 \times k \times 6371} \right) \text{ Ec. 11.}$$

Dónde:

$H_d(m)$  Altura de despeje desde el obstáculo hasta la línea de vista.

$h1$ =Altura del punto A (incluyendo la torre).

$h2$ =Altura del punto B (incluyendo la torre).

$H$ =Altura del obstáculo.

$d$ =Distancia total del enlace.

$d1$ =Distancia desde el transmisor hasta el obstáculo.

$d2$ =Distancia desde el obstáculo hasta el receptor.

$k$ =Coeficiente de radio efectivo de la Tierra, valor tomado como 4/3 para la atmósfera estándar.

6370 metros, radio promedio de la tierra.

Para el caso de este estudio se debió verificar en ambos enlaces la 1ra zona de Fresnel, puesto que las distancias son diferentes.

1. Enlace edificio de operaciones a base torre repetidora DPIACA, distancia 3,24 Km. Usando la ecuación 10, para este enlace resultó:

$$R_1 (m) = 548 \sqrt{\frac{1 \times 3,24}{(4)(5673)}} = 6,55 \text{ m.}$$

Teniendo en cuenta este resultado, se procedió con la ecuación 11 a calcular el despeje:

- $h_1 = 451 \text{ m} + 25 \text{ m de la torre} = 476 \text{ m.}$
- $h_2 = 460,7 \text{ m} + 25 \text{ m de la torre} = 485,7 \text{ m.}$
- $H = 461 \text{ m.}$
- $d = 3,24 \text{ km.}$
- $d_1 = 0,75 \text{ km.}$
- $d_2 = 2,49 \text{ km.}$

$$H_d (m) = 476 + \frac{0,75}{3,24} + (485,7 - 476) \left( 461 + \frac{0,75 \times 2,49 \times 1000}{2 \times \frac{3}{4} \times 6371} \right)$$

$$H_d (m) = 24,82 \text{ m.}$$

$$H_d (m) > R_1 ; 24,82 \text{ m} > 6,55 \text{ m}$$

Se pudo verificar que  $H_d (m)$  (altura de despeje) es mayor que  $R_1$  (radio de la primera zona de Fresnel) por lo tanto, se puede concluir que la primera zona de Fresnel queda totalmente despejada.

2. Enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA, distancia 1,33 Km. Usando la ecuación 10, para este enlace resultó:

$$R_1 (m) = 548 \sqrt{\frac{1 \times 1,33}{(4)(5673)}} = 4,20 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta este resultado se procedió con la ecuación 11 a calcular el despeje:

- $h_1 = 460,7 \text{ m} + 25 \text{ m de la torre} = 480,7 \text{ m}.$
- $h_2 = 462 \text{ m} + 25 \text{ m de la torre} = 477 \text{ m}.$
- $H = 467 \text{ m}.$
- $d = 1,33 \text{ km}.$
- $d_1 = 0,63 \text{ km}.$
- $d_2 = 0,7 \text{ km}.$

$$H_d(m) = 480,7 + \frac{0,63}{1,33} + (477 - 480,7) \left( 467 + \frac{0,63 \times 0,7 \times 1000}{2 \times \frac{3}{4} \times 6371} \right)$$

$$H_d(m) = 10,44 \text{ m}.$$

$$H_d(m) > R_1 ; 10,44 \text{ m} > 4,20 \text{ m}$$

Se pudo igualmente verificar que  $H_d(m)$  (altura de despeje) es mayor que  $R_1$  (radio de la primera zona de Fresnel) por lo tanto, se pudo concluir que la primera zona de Fresnel queda totalmente despejada.

**Margen de desvanecimiento:** El margen de desvanecimiento es un dato de atenuación incluido en la ecuación de ganancia del sistema que considera las características no ideales y menos predecibles de la propagación de ondas de radio, como la propagación de múltiples

trayectorias (pérdida de múltiples trayectorias) y sensibilidad a superficie rocosa. Su ecuación a continuación se describe:

$$F_m \text{ (dB)} = 30 \log D + 10 \log (6 \times A \times B \times F) - 10 \log (1 - R) - 70 \text{ Ec. 12.}$$

D: Distancia del transmisor al objetivo, en Km.

F: Frecuencia de la portadora en GHz.

R: Objetivo de confiabilidad de la transmisión, en formato decimal.

**A - Factor de Rugosidad de Terreno** (Valores característicos):

4,00 espejos de agua, ríos muy anchos, etc.

3,00 sembrados densos; pastizales; arenales

2,00 bosques (la propagación va por encima)

1,00 terreno normal

0,25 terreno rocoso (muy) despajeado

**B - Factor de Análisis climático anual** (del tipo promedio, anualizado):

1,000 área marina o condiciones de peor mes

0,500 prevalecen áreas calientes y húmedas

0,250 áreas mediterráneas de clima normal

0,125 áreas montañosas de clima seco y fresco

Por lo tanto, para este diseño se tomaron como factor de rugosidad de terreno = 1 y el factor de análisis climático anual=1, debido a que el margen está en función de la distancia, por lo que se consideró el cálculo para ambos enlaces de la siguiente forma:

1. Enlace edificio de operaciones a base torre repetidora DPIACA, distancia 3,24 Km. Usando la ecuación 12, para este enlace resultó:

$$Fm \text{ (dB)} = 30 \log (3,24) + 10 \log (6 \times 1 \times 1 \times 5.673) - 10 \log (1 - 0.99999) - 70$$

$$Fm(\text{dB}) = 10,63 \text{ dB}$$

2. Enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA, distancia 1,33 Km. Usando la ecuación 12, para este enlace resultó:

$$Fm \text{ (dB)} = 30 \log (1,33) + 10 \log (6 \times 1 \times 1 \times 5.673) - 10 \log (1 - 0.99999) - 70$$

$$Fm(\text{dB}) = -0,96 \text{ dB}$$

**Potencia en el receptor:** Es la cantidad de potencia que puede ser absorbida por el receptor luego de haber sido transmitida una onda electromagnética asumiendo las pérdidas y ganancias del sistema respectivo. Para este cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$Prx = Ptx + Gtx + Grx - L_{LB}Tx - L_{LB}Rx - PEL - Fm \text{ Ec. 13.}$$

Donde:  $L_{LB}Tx = L_{LB}Rx = 1,11 \text{ dB}$ .

Para el cálculo en este diseño, la potencia percibida por el receptor se computó para ambos enlaces, debido a que el margen de desvanecimiento es propio de cada uno de ellos, a saber:

1. Enlace edificio de operaciones a base torre repetidora DPIACA. Usando la ecuación 13, para este enlace resultó:

$$Prx = 27 \text{ dBm} + 31 \text{ dbi} + 31 \text{ dbi} - 1,11 \text{ db} - 1,11 \text{ db} - 117,73 \text{ db} - 10,63 \text{ dB}$$

$$Prx = - 41,58 \text{ dBm}$$

2. Enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA. Usando la ecuación 13, para este enlace resultó:

$$Prx = 27 \text{ dBm} + 31 \text{ dbi} + 31 \text{ dbi} - 1,11 \text{ db} - 1,11 \text{ db} - 110 \text{ db} - (-0,96) \text{ dB}$$

$$Prx = - 22,26 \text{ dBm}$$

**Margen dinámico:** Es la diferencia en decibeles entre el nivel de entrada mínimo necesario para discernir una señal y valor de entrada que sobreexcita o satura al receptor. Su ecuación es la siguiente:

$$Dm = Prx - Cmin \text{ Ec. 14.}$$

El cálculo del Margen Dinámico se realizó de igual forma para ambos enlaces, donde se obtuvo:

1. Enlace edificio de operaciones a la base torre repetidora DPIACA. Usando la ecuación 14, para este enlace resultó:

$$Dm = - 41,58 \text{ dBm} - (-83 \text{ dBm}) = 41,42 \text{ dBm.}$$

2. Enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA. Usando la ecuación 14, para este enlace resultó:

$$Dm = - 22,26 \text{ dBm} - (-83 \text{ dBm}) = 60,74 \text{ dBm.}$$

**Ganancia del sistema:** Se dice que el sistema tiene ganancia cuando se cumple la siguiente igualdad:

Ganancia del sistema = ganancia > perdidas.

$$Gs = Ptx - cmin > Fm + PEL + L_{LB}Tx + L_{LB}Rx - Gtx - Grx \text{ Ec. 15.}$$

Para ambos sistemas, se calcularon las ganancias y pérdidas obteniendo los siguientes resultados:

1. Enlace edificio de operaciones a la base torre repetidora DPIACA. Usando la ecuación 15, para este enlace resultó

$$\text{Perdidas} = Fm + PEL + L_{LB}Tx + L_{LB}Rx - Gtx - Grx.$$

$$\text{Perdidas} = 10,63 \text{ dB} + 117,73 \text{ db} - 31 \text{ dbi} - 31 \text{ dbi} + 1,11 \text{ db} + 1,11 \text{ db}$$

$$\text{Perdidas} = 68,58 \text{ dB.}$$

$$\text{Ganancias} = Ptx - Cmin = 27\text{dBm} - (-83 \text{ dBm}) = 110 \text{ dBm.}$$

$$Gs = 110 \text{ dBm} > 68,58 \text{ dBm.}$$

2. Enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA. Usando la ecuación 15, para este enlace resultó:

$$\text{Perdidas} = F_m + \text{PEL} + L_{LB}Tx + L_{LB}Rx - G_{tx} - G_{rx}.$$

$$\text{Perdidas} = -0,96 \text{ dB} + 110 \text{ db} - 31 \text{ dbi} - 31 \text{ dbi} + 1,11 \text{ db} + 1,11 \text{ db}$$

$$\text{Perdidas} = 49,26 \text{ dB}$$

$$\text{Ganancias} = P_{tx} - C_{min} = 27\text{dBm} - (-83 \text{ dBm}) = 110 \text{ dBm}.$$

$$G_s = 110 \text{ dBm} > 49,26 \text{ dBm}.$$

Luego de concluir los cálculos matemáticos, los cuales arrojaron una proyección estimada del comportamiento del sistema de telecomunicaciones y del balance de potencia del mismo, se puede destacar que se comenzó por seleccionar una frecuencia promedio de 5673 Mhz para realización de todos los cálculos puesto que el comportamiento de la misma, no va diferir en gran magnitud de la escogencia final de las frecuencias de trabajo en el rango establecido por el fabricante del transmisor. Para este sistema, las pérdidas asociadas tanto a las líneas como a los conectores son realmente bajas, esto debido a que las unidades o radios de transmisión y recepción son sistemas Outdoor o ODU (Unidades de exteriores) que van acoplados directamente a las antenas por medios de patch cord o cables de una longitud no mayor de 30 cm, generando de esta manera, reducir en gran medida las pérdidas antes mencionadas.

Continuando con las apreciaciones más resaltantes, es importante citar el despeje de la primera zona de Fresnel, que para el caso de ambos enlaces, a saber: desde el edificio de operaciones de la empresa DPIACA hasta la base torre repetidora y desde la base torre repetidora hasta la sede de la gerencia general de la empresa DPIACA, se pudo verificar que las alturas a la que se sugieren se sitúen las torres en conjunto con la elevación del terreno, dejan suficiente margen para que el radio de la primera zona de Fresnel quede completamente despejado o libre de obstrucciones contribuyendo de este modo a garantizar la conectividad del sistema de comunicación.

También se observó, que los márgenes de desvanecimiento que son pérdidas asociadas a los factores climáticos y rugosidad del terreno son bajas para ambos enlaces, escogencia que se concibió de esa manera por la baja pluviosidad de la zona, así como condiciones de terreno normal de la trayectoria, acotando que para simplicidad de los cálculos, no se tomó en cuenta otros factores como el ruido del urbanismo, pero que al final para este enlace no implicaría mayor problema. Finalmente, la potencia percibida por el receptor da como resultado un buen margen dinámico, lo que hace concluir que la ganancia del sistema en ambos enlaces es la suficiente necesaria para mantenerse muy por encima de los límites de umbral de recepción y de la sensibilidad requerida por el receptor, logrando que exista una comunicación efectiva entre las unidades involucradas en toda la plataforma de comunicaciones requeridas a instalar.

### **Simulación de los enlaces en Radio Mobile.**

En este apartado, se realizó la simulación de ambos enlaces apoyados en Radio Mobile que es un software de simulación de radio propagación desarrollado por Roger Coudé para predecir el comportamiento de sistemas de radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radio comunicaciones, entre otras funciones. El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo Longley-Rice. Radio Mobile utiliza datos de elevación del terreno que se descargan fácilmente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3-D y animaciones de vuelo.

Para la elaboración de esta simulación, se procedió a cargar los mismos datos (ver figura 33) de entrada con que se realizaron los cálculos anteriormente descritos, con la finalidad de constatar la predicción del funcionamiento a la que se llegó con los mismos. Estos datos son los siguientes:

Frecuencia de operación del Radio: 5470 Mhz a 5870 Mhz.

Frecuencia promedio:  $f = \frac{5875+5470}{2} = 5672,5 \text{ M z.}$

Potencia de transmisión para todas las unidades. Ptx = 27 dBm.

Equivalente a 0,501 W.

Sensibilidad de recepción para todas las unidades. Cmin = -83 dBm.

Longitudes de las líneas 0,3 m cable RF LM-400, Atenuación para frecuencias de 5 Ghz 35,5 dB/100 m.

Conector RP-SMA, 0,5 dBm de Atenuación.

Ganancia de las antenas Gtx = Grx = 31dBi.

Altura antena edificio de operaciones 25 m.

Altura antena repetidora 25 m.

Altura antena sede de la gerencia general 15 m.

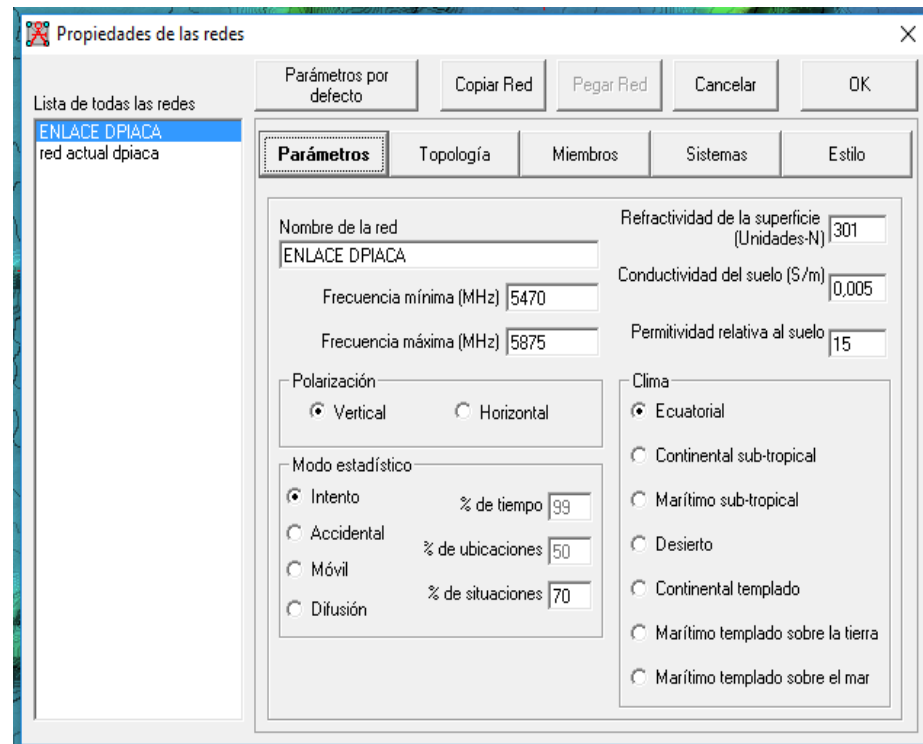


Figura 33. Configuración Datos en Radio Mobile.

Fuente: El autor.

Para esto se crearon cuatro unidades (ver figura 34) llamadas: oficina principal, torre rprx, torre rptx, oficina gcia dpia, todas estas miembros de un sistema en común nombrado DPIACA (ver figura 35), el cual fue dispuesto de esa manera debido a que se utilizaron para todos ellos los mismos datos de entrada, situación obedecida a la estandarización de los equipos a usar en dos enlaces distintos, el primero desde la oficina principal de la empresa DPIACA hasta la torre repetidora con la unidad de recepción y el otro enlace desde la torre repetidora con la unidad de transmisión hacia la oficina de gerencia general de la empresa DPIACA, ambos, enmarcado en una sola red llamada enlace DPIACA.

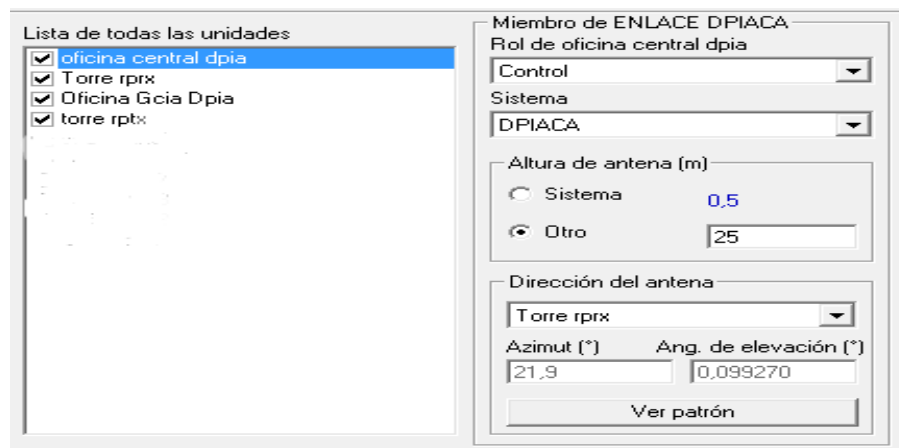


Figura 34. Configuración Unidades en Radio Mobile.

Fuente: El autor.

00	▼	Seleccionar desde VHF ... UHF ...	▼
Nombre del sistema			
DPIACA			
Potencia del Transmisor (Watt)	0,5011872	(dBm)	27
Umbral del receptor (µV)	15,8489	(dBm)	-83
Pérdida de la línea (dB)	1,11	( Cable+cavidades+conectores )	
Tipo de antena	RD-5G31-AC-Vpol.ant	▼	Ver
Ganancia de antena (dBi)	31	(dBd)	28,85
Altura de antena (m)	0,5	( Sobre el suelo )	
Pérdida adicional cable (dB/m)	0	( Si la altura de la antena difiere )	
Agregar a Radiosys.dat		Remover del Radiosys.dat	

Figura 35. Configuración sistema en Radio Mobile.

Fuente: El autor.

Una vez ingresado los datos, se procedió por medio de la opción enlace de radio a verificar todos los parámetros de la simulación, por lo que se pudo constatar para el primer enlace que va desde el edificio de la sede principal de la empresa DPIACA a la base torre repetidora rprx con una distancia de 3,24 km, la topología del terreno por donde se quiere transmitir este enlace, se encuentra con franca vista sin que se vea afectado directamente por causas topográficas (ver figura 36).

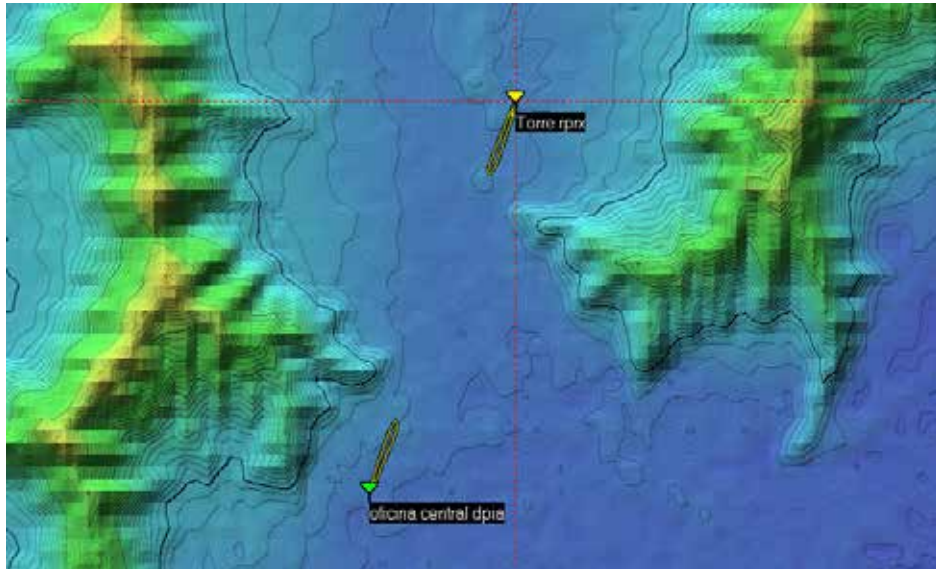


Figura 36. Mapa Topográfico del enlace edificio de operaciones DPIACA a base torre repetidora en Radio Mobile.

Fuente: El autor.

Así mismo, se puede corroborar que la línea de conexión para el enlace se muestra de color verde (ver figura 37), significando esto, que el mismo tiene una efectiva transmisión y que los valores con el cual fue provisto cumple los requerimientos mínimos necesarios para que exista una comunicación entre las unidades involucradas. En la figura 38, se puede observar una vista satelital del enlace, constatando lo anteriormente descrito.

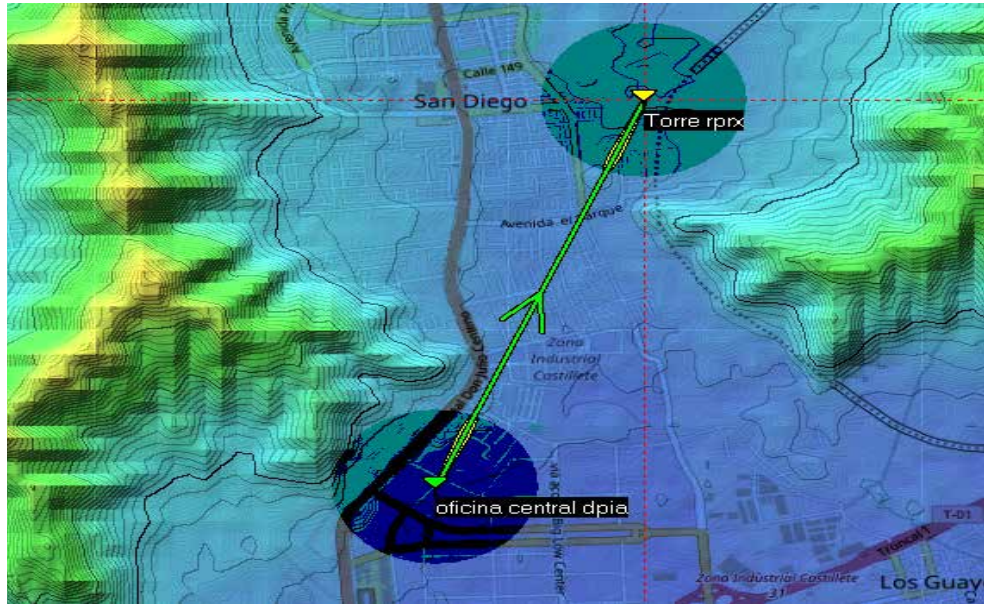


Figura 37. Trayectoria del enlace edificio de operaciones DPIACA a base torre repetidora en Radio Mobile.  
Fuente: El autor.



Figura 38. Mapa satelital del enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.  
Fuente: Google Earth.

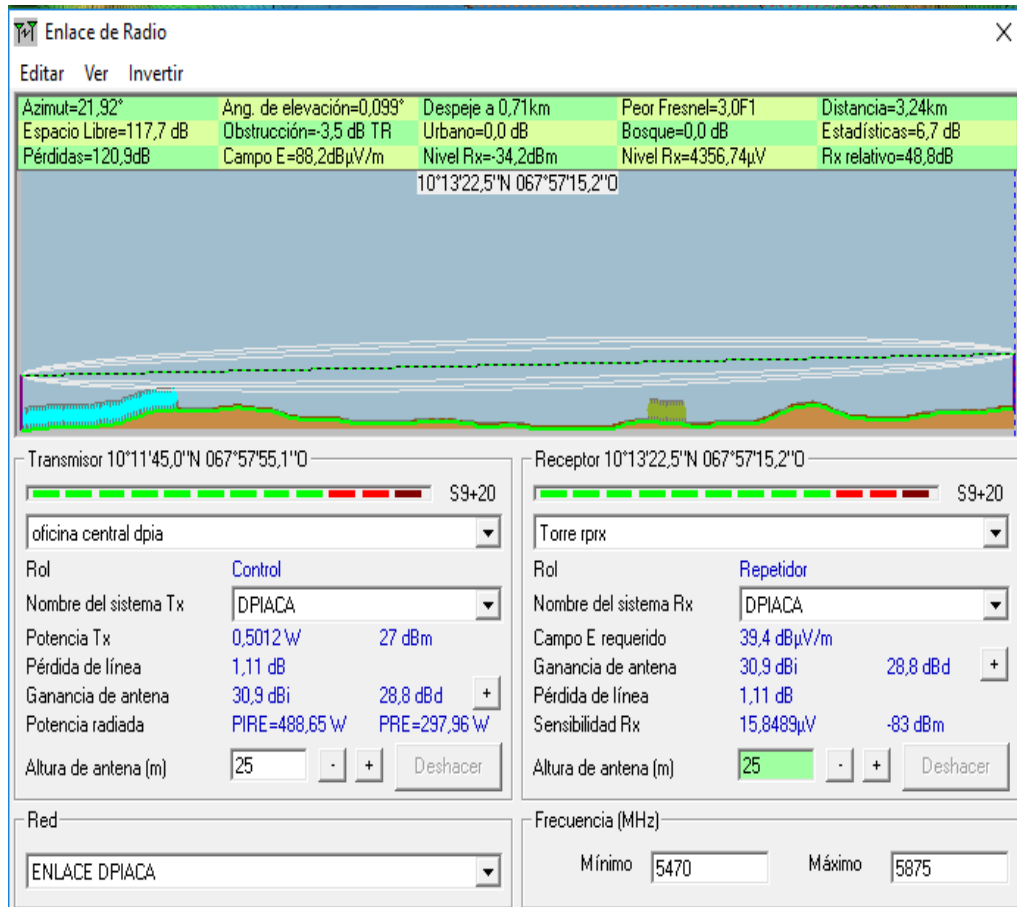


Figura 39. Datos obtenidos por el Radio Link de enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.

Fuente: El autor.

Seguidamente se analizaron los resultados, producto de la simulación, la cual se realizó en el software Radio Mobile, mediante la herramienta Radio Link o enlace de radio (ver figura 39) mencionada anteriormente, para esto se concentró el análisis en los parámetros a continuación descritos:

- **PIRE:** La Potencia Isotrópica Radiada Efectiva, o EIRP, en inglés y que está referida a la ganancia de una antena isotrópica, viene dada por la siguiente expresión:  $PIRE = \text{Potencia del transmisor (dB)} - \text{Pérdida cable (dB)} + \text{Ganancia antena (dBi)}$ . Se puede observar que resulta con un valor de 488,65 W, en (dB) igual a 26,89.

- PER: Que como el PIRE son niveles con los que la señal sale de la antena, teniendo en cuenta la potencia del transmisor, la pérdida en el cable y la ganancia de la antena, dando como resultado 297,96 W.
- PEL: Perdida en el espacio libre calculado por el Radio Mobile arroja un valor de 117,73 dB.
- Rx Relativo lo procesa el Radio Mobile de la siguiente forma: el nivel Rx (-34,2 dBm) menos la sensibilidad Rx (-83dBm) percibido en el receptor, en este caso, se obtuvo el valor de 48,8 dB (ver figuras 40 y 41) valor este que, cuanto mayor sea, hay más garantía que llegue la señal. En el caso de los cálculos del diseño propuesto, este valor estuvo aproximado en 41,42 dB referido al margen dinámico.

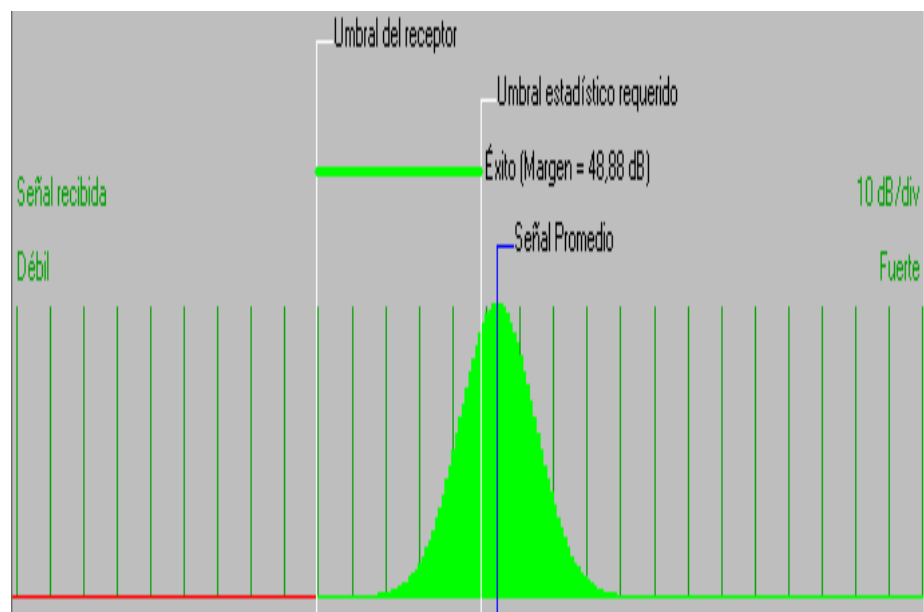


Figura 40. Rx relativo o margen del enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.

Fuente: El autor.

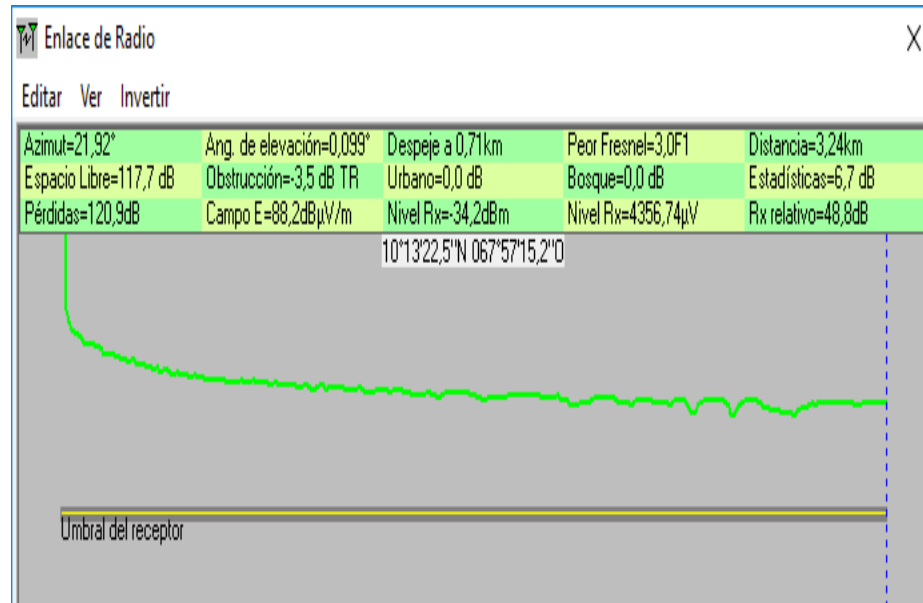


Figura 41. Margen de umbral del receptor enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.

Fuente: El autor.

- Campo E: Referido al campo eléctrico percibido  $E$   $dB\mu V/m$  arrojando como resultado  $88,2$   $dB\mu V/m$ .
- Pérdidas de propagación: Es la suma de la pérdida del espacio libre (117,73) más las pérdidas por Obstáculos (-3,5 dB) más las pérdidas estadísticas (6,7 dB) que en este caso sumaron 120,9 dB.
- Peor Fresnel: Expresa el valor más comprometido en la 1era zona de Fresnel (ver figura 42), en este caso, da como resultado 3,01F1 y está referido a un objeto que pudiera causar alguna atenuación situado a 0,71 km. Sin embargo, en la figura 43, se puede observar, la distancia de holgura en la que se libra este obstáculo siendo unos 16,19 m.

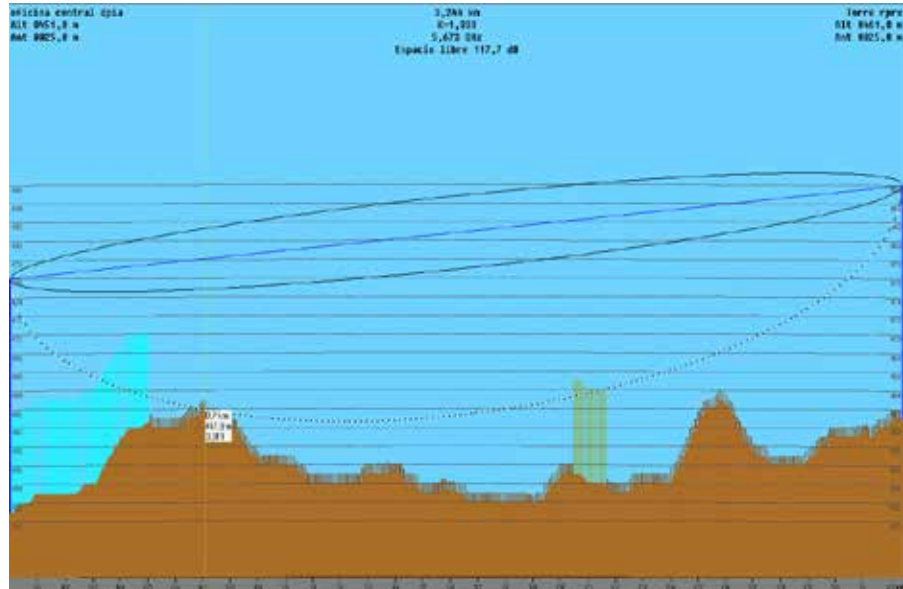


Figura 42. 1ra zona de Fresnel, enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.  
Fuente: El autor.

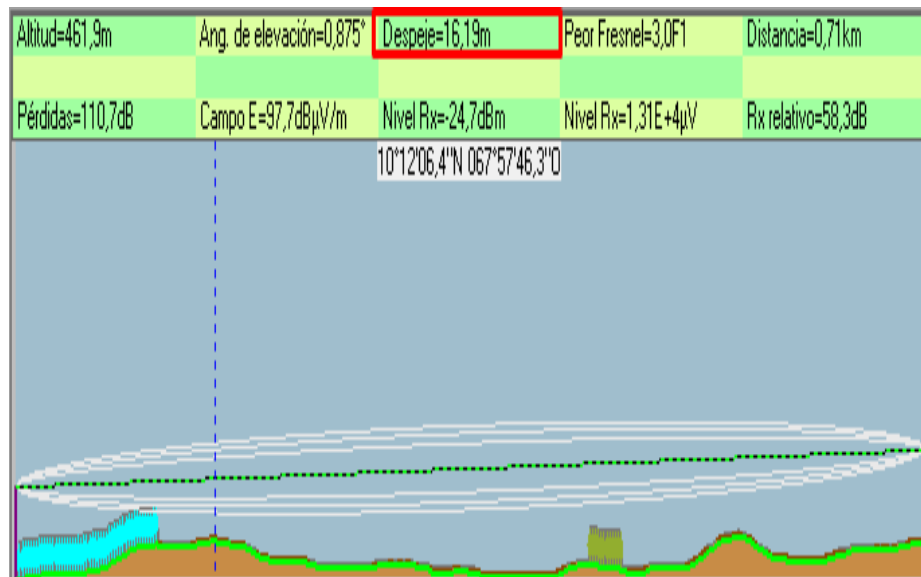


Figura 43. Altura despeje 1ra zona de Fresnel, enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.  
Fuente: El autor.

- Como se pudo verificar, en la simulación del software Radio Mobile, el enlace propuesto entre el edificio operaciones de la empresa DPIACA y la base torre repetidora, es viable, ya que la potencia de recepción resulto ser de -34,2 dBm con un margen sobre el nivel de recepción del receptor de 48,8 dB, de este modo, al realizar el balance de potencia del mismo se pudo corroborar lo siguiente:

$$\text{Perdidas sistema} = \text{Perdidas de propagación} + L_{LBTx} + L_{LBRx} - G_{tx} - G_{rx}.$$

$$\text{Perdidas sistema} = 120,9 \text{ dB} - 31 \text{ dBm} - 31 \text{ dBm} + 1,11\text{db} + 1,11\text{db} = 61,12 \text{ dB}.$$

$$\text{Ganancias} = P_{tx} - C_{min} = 27\text{dBm} - (-83 \text{ dBm}) = 110 \text{ dBm}.$$

$$G_s = 110 \text{ dBm} > 61,12 \text{ dBm}.$$

- El modelado del enlace por Radio Mobile arroja un dato importante para el montaje del mismo, que es la orientación horizontal de la antena trasmisora o Azimut, que, en este caso, da un valor de 21,90°. Como se puede observar, en la figura 44, se dibuja el patrón de la antena en dirección a los grados del valor del azimut refiriendo también la escala de ganancia en dBi de la misma. Así mismo, se puede observar otro dato también significativo, como la elevación vertical de la antena con respecto a la tierra en grados, llamada ángulo de elevación, que para este caso, dio 0,099°, por lo que ambos valores, deben ser tomados en cuenta a la hora de realizar el montaje físico de los equipos, en especial las antenas. En la figura 44, se pueden verificar los datos de orientación de la antena trasmisora y en la figura 45 los de la antena receptora.

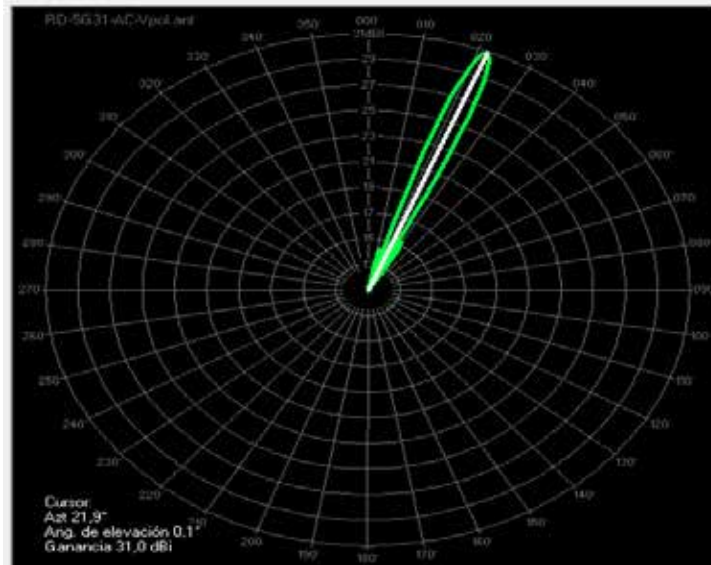


Figura 44. Orientación de la antena transmisora  
Edificio de operaciones DPIACA.  
Fuente: El autor.

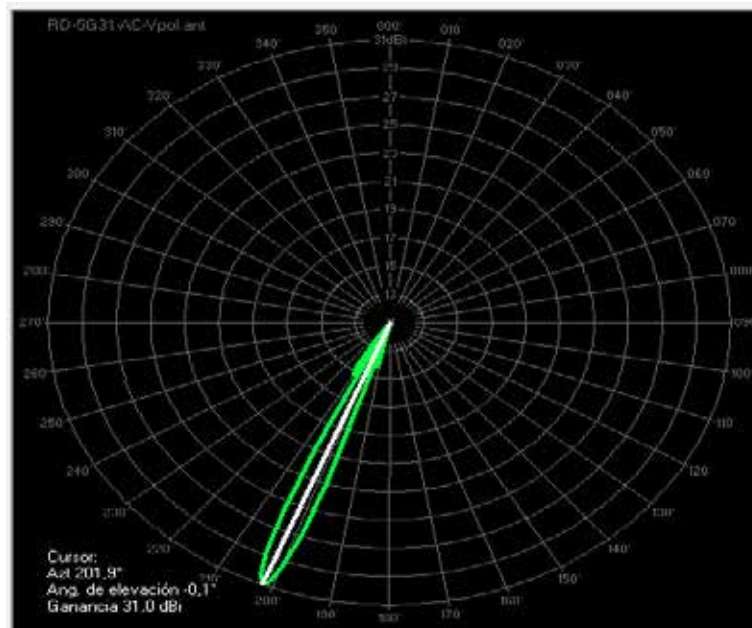


Figura 45. Orientación de la antena receptora de la  
base torre repetidora.  
Fuente: El autor.

Seguidamente, después de haberse analizado los cálculos y la simulación del primer enlace, se procedió de la misma forma, con el segundo enlace, cuya trayectoria inicia en la base torre repetidora rptx y culmina en la sede de la gerencia general de la empresa DPIACA cubriendo una distancia de 1,33 km, en donde se observó la topología del terreno (ver figura 46) por donde se quiere transmitir este enlace, determinando, que no se ve afectada la trayectoria del mismo por causas topográficas.

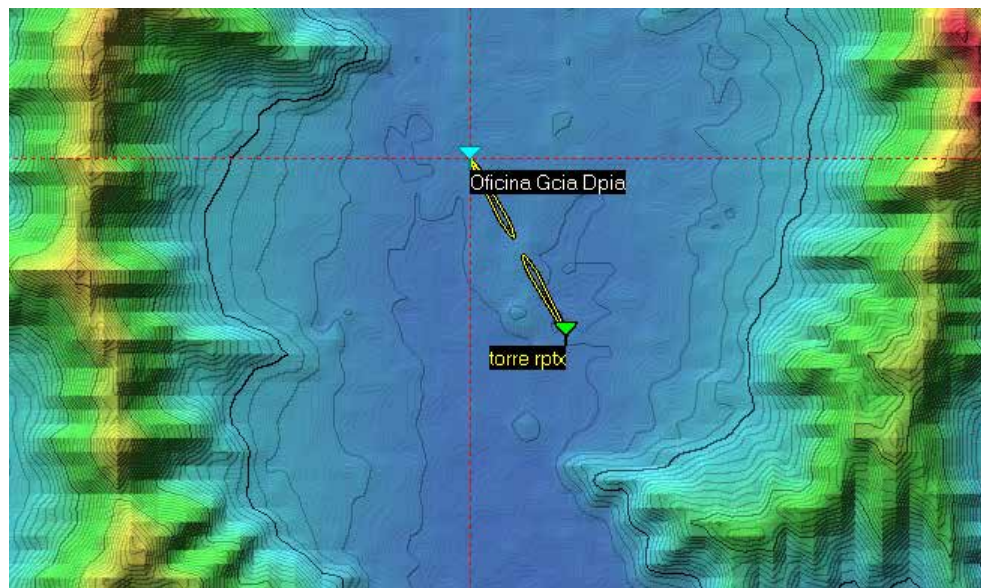


Figura 46. Mapa topográfico del enlace base torre repetidora a la Sede de la gerencia general DPIACA en Radio Mobile.

Fuente: El autor.

Es de hacer notar que, al estar la línea de conexión de la trayectoria de color verde (ver figura 47), muestra indicios de que la transmisión se llevará de forma satisfactoria, cumpliendo con los requisitos necesarios para que exista una comunicación entre las unidades involucradas. Así mismo, en la figura 48, se puede observar una vista satelital del enlace, constatando lo anteriormente descrito.

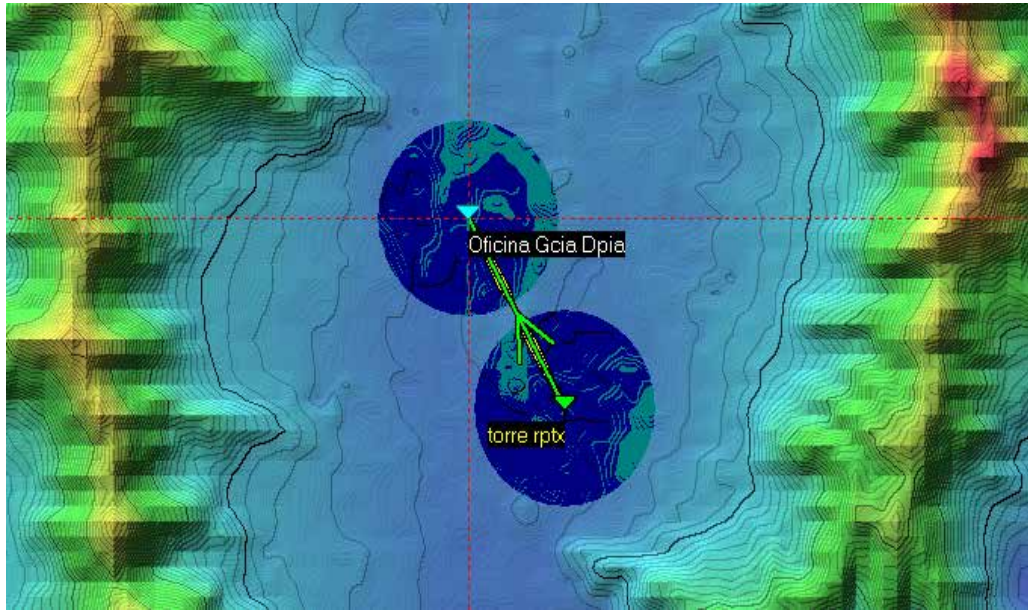


Figura 47. Trayectoria del enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA en Radio Mobile.

Fuente: El autor.



Figura 48. Mapa satelital del enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.

Fuente: Google Earth.

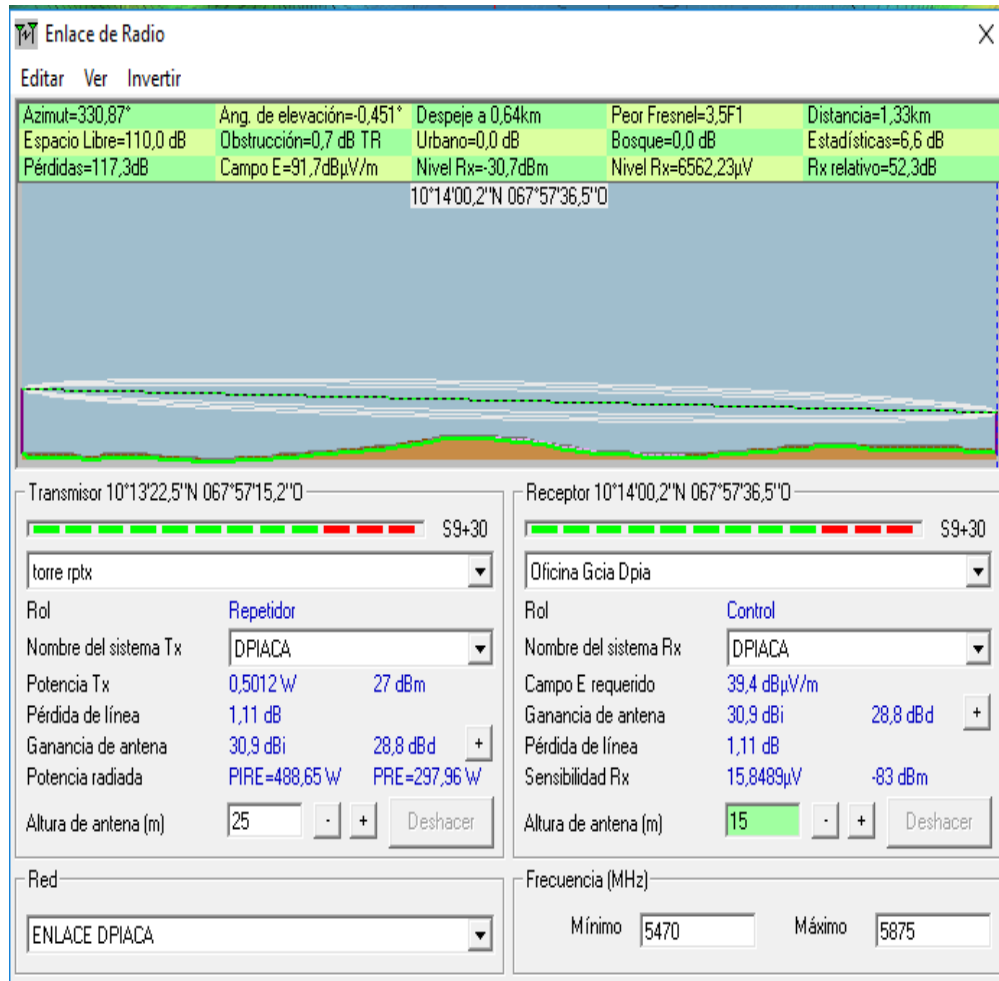


Figura 49. Datos obtenidos por el Radio Link de la base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.

Fuente: El autor.

Tomando en cuenta que, en la simulación anteriormente presentada del primer enlace, se realizaron las explicaciones de los cálculos correspondientes y que esta es aplicable en su totalidad en el desarrollo de la presente simulación, se consideró pertinente solo mostrar las formulas y sus correspondientes resultados, con el apoyo, igualmente, de la herramienta Radio Link o enlace de radio (ver figura 49), a saber:

PIRE: Potencia del transmisor (dB) - Pérdida cable (dB) + Ganancia antena (dBi). Se puede observar que resulta con un valor de 488,65 W, en (dB) igual a 26,89 dB.

- PER: Da como resultado 297,96 W.
- PEL: Perdida en el espacio libre calculado por el Radio Mobile en 110 dBm
- Rx Relativo = sensibilidad Rx menos el nivel Rx percibido en el receptor, en este caso se obtuvo el valor de 52,3 dB, en las figuras 50 podemos observar el margen relativo señalado por una línea verde horizontal entre el umbral del receptor y el umbral estadístico requerido, la figura 51 muestra la señal por encima del umbral como era de esperarse.

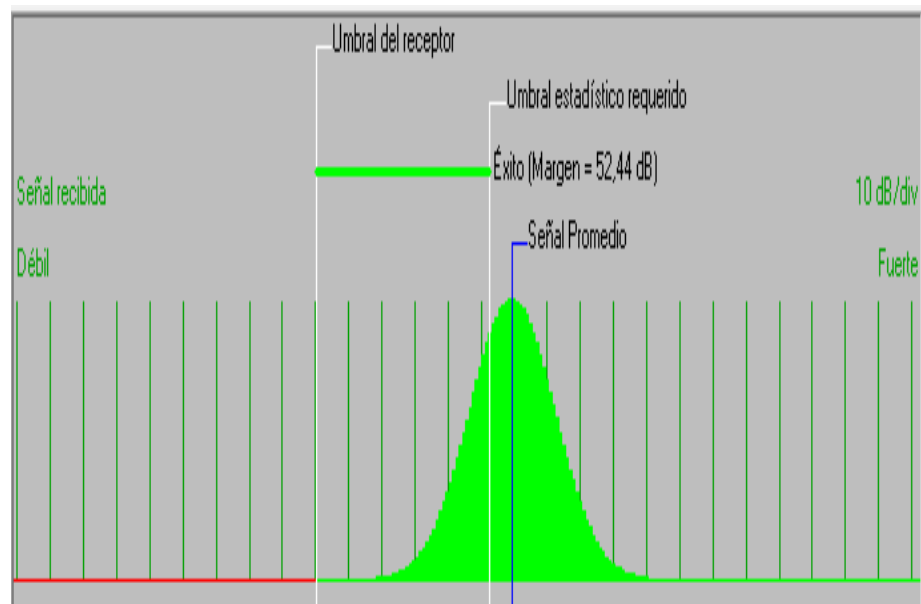


Figura 50. Rx relativo o margen de la base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.

Fuente: El autor.

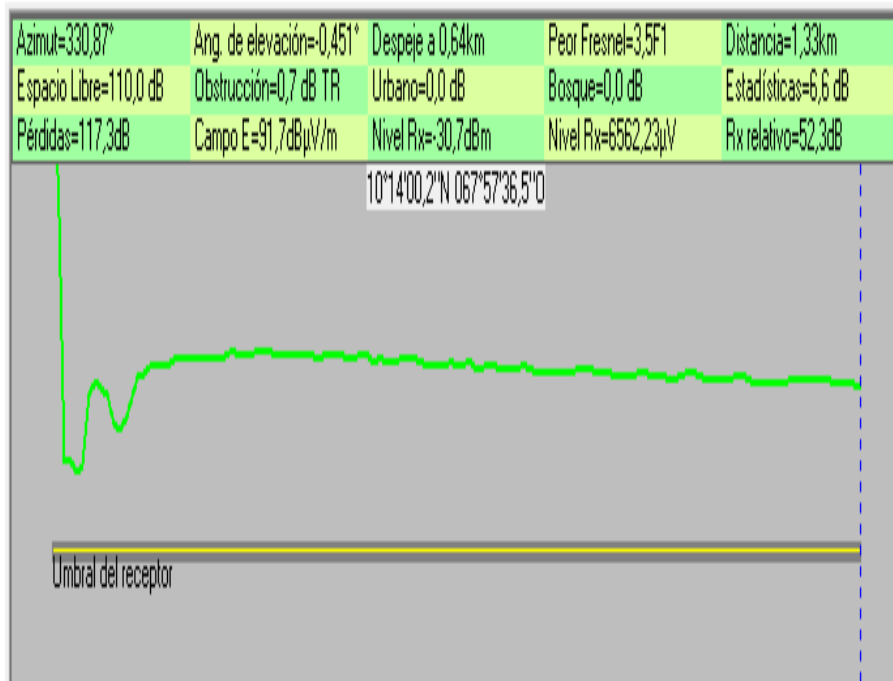


Figura 51. Margen de umbral del receptor enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.

Fuente: El autor.

- Campo E:  $91,70 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$  .
- Pérdidas de propagación: Es la suma de la pérdida del espacio libre (110 dB) más las pérdidas por Obstáculos (0,7 dB) más las pérdidas estadísticas (6,6 dB) que en este caso sumaron 117,3 dB.
- Peor Fresnel: Proporciona el valor más comprometido en la 1era zona de Fresnel (ver figura 52), en este caso, da como resultado 3,51F1 y está referido a un objeto situado a 0,64 km. En la figura 55 que a continuación se muestra, se puede observar que la distancia en la que se libra este obstáculo es a unos 14,64 m.

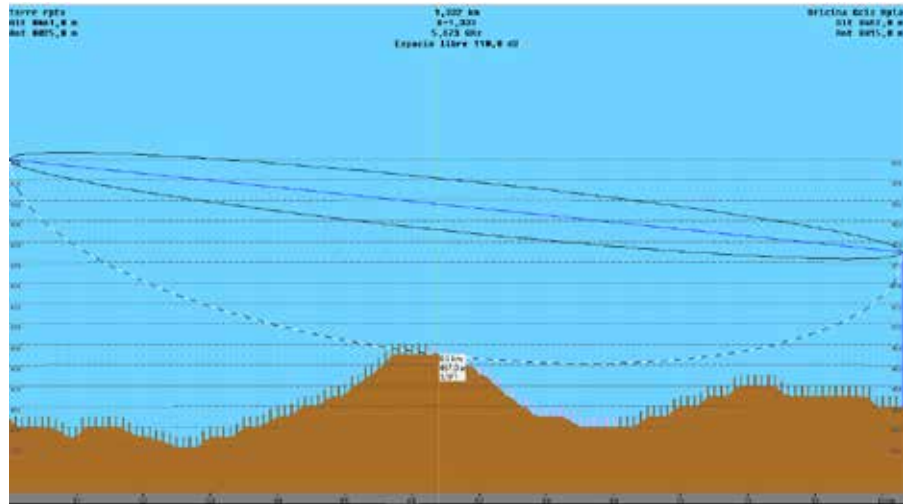


Figura 52. 1ra zona de Fresnel, enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.

Fuente: El autor.

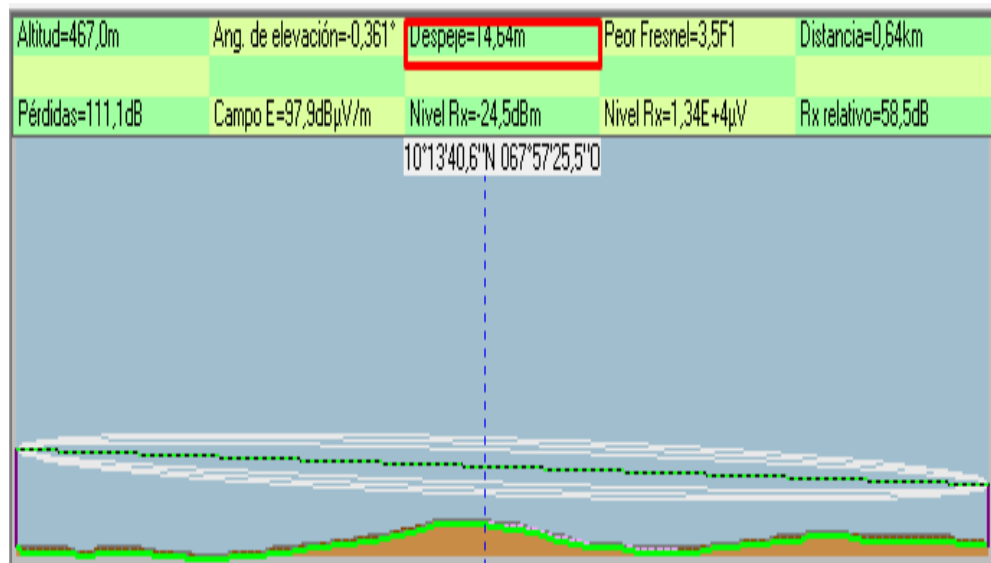


Figura 53. Altura despeje 1ra zona de Fresnel, base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.

Fuente: El autor.

- Igualmente, en la simulación del software Radio Mobile, el enlace propuesto entre la base torre repetidora y la sede de la gerencia general de la empresa DPIACA, también es posible debido a las siguientes consideraciones:

La potencia de recepción resulto ser de -30,7 dBm.

Margen sobre el nivel de recepción del receptor de 52,3 dB.

Perdidas del sistema = Perdidas de propagación +  $L_{LB}Tx$  +  $L_{LB}Rx$  -  $Gtx$  -  $Grx$ .

Perdidas sistema = 117,3 dB - 31 dBm - 31 dBm + 1,11dB + 1,11db = 53,00 dB.

Ganancias =  $Ptx$  -  $Cmin$  = 27dBm - (-83 dBm) = 110 dBm.

$Gs$  = 110 dBm > 53,00 dB.

- Para el Azimut, nos da un valor de 330,87°. (Ver figura 54).
- El ángulo de elevación, arrojó un valor de 0,45°.

En la figura 54, se pueden confirmar los datos de orientación de la antena transmisora y en la figura 55, los de la antena receptora.

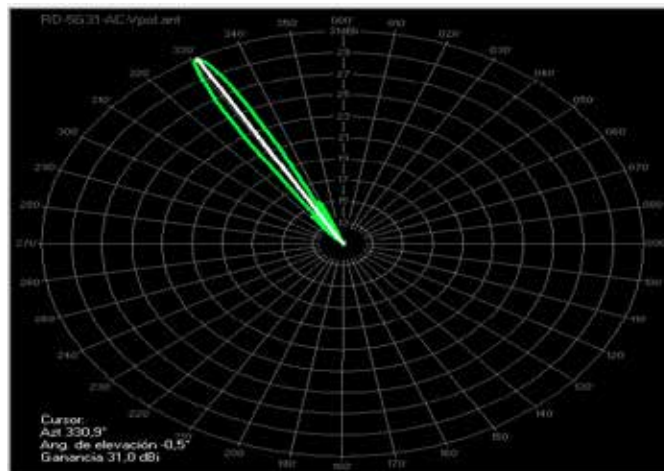


Figura 54. Orientación de la antena transmisora de la base torre repetidora.

Fuente: El autor.

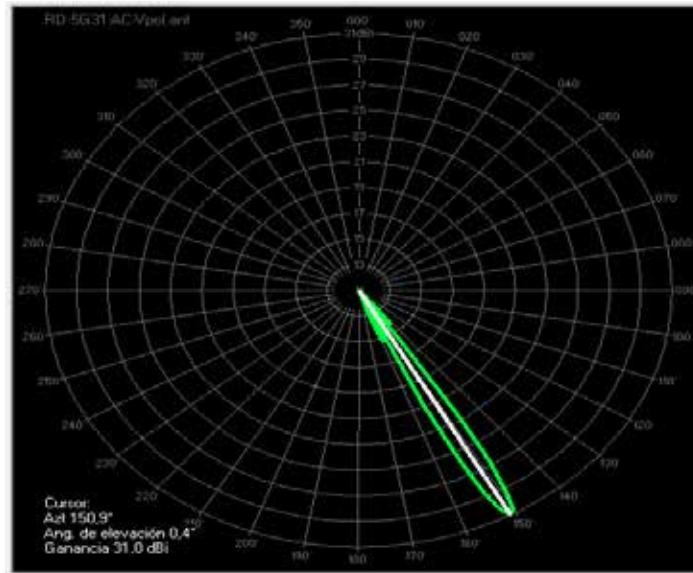


Figura 55. Orientación de la antena receptora  
Sede de la gerencia general.  
Fuente: El autor.

Tabla 1. Comparación de los resultados de los cálculos teóricos con los simulados para el enlace edificio de operaciones DPIACA a la base torre repetidora.

Indicador	Teóricos	Simulado
PIRE	488,65 W/ 26,89 dB	488,65 W/ 26,89 dB
PER	297,96 W	297,96 W
PEL	117,73 dB	117,73 dB
Nivel Rx	-41,58 dBm	-34,2 dBm
Rx Relativo	41,42 dB	48,8 dB
Campo E	83,23 $dB\mu V/m$	88,2 $dB\mu V/m$
Despeje	24,82	16,19

Fuente: El autor.

Tabla 2. Comparación de los resultados de los cálculos teóricos con Los simulados para el enlace base torre repetidora a la sede de la gerencia general DPIACA.

Indicador	Teóricos	Simulado
PIRE	488,65 W/ 26,89 dB	488,65 W/ 26,89 dB
PER	297,96 W	297,96 W
PEL	110,00 dB	110,00 dB
Nivel Rx	-30,7 dBm	-22,26 dBm
Rx Relativo	60,74 dB	53,3 dB
Campo E	91,70 $dB\mu V/m$	90,6 $dB\mu V/m$
Despeje	10,44 m	14,64 m

Fuente: El autor.

En las tablas 1 y 2 se puede apreciar, que una de las columnas corresponde a los valores obtenidos mediante cálculos matemáticos, y otra de ellas para el resultado de las simulaciones, con el objetivo de compararlos. La razón por la cual, tanto en la tabla 1 como en la tabla 2, se tabulan los resultados obtenidos para la potencia de recepción, pérdidas por propagación en el espacio libre y pérdidas en general, debido a que estos son los parámetros en torno a los cuales gira el cálculo del presupuesto de enlace y ganancia del sistema. Cabe destacar que, la ganancia de estas evaluaciones está predeterminada al valor dado por los equipos a utilizar y no por los fenómenos climáticos, geográficos y otros.

Algunas diferencias observadas, entre los cálculos matemáticos y simulados, se debe a que se implementa el margen de desvanecimiento el cual envuelve fenómenos difíciles de predecir para la simulación, así como aspectos de efecto multitrayectoria. Cabe acotar que, los valores obtenidos también son válidos si el trayecto es realizado de manera inversa. A pesar de las diferencias presentadas, se puede asegurar la efectividad tanto de los cómputos teóricos

como la del programa de simulación, por lo cual se puede concluir que la constatación de ambos es satisfactoria y que sus resultados están enmarcados en la efectiva interconectividad de los enlaces.

La figura 56, muestra un plano general de red resumiendo la nueva plataforma de comunicaciones propuesta en este diseño.

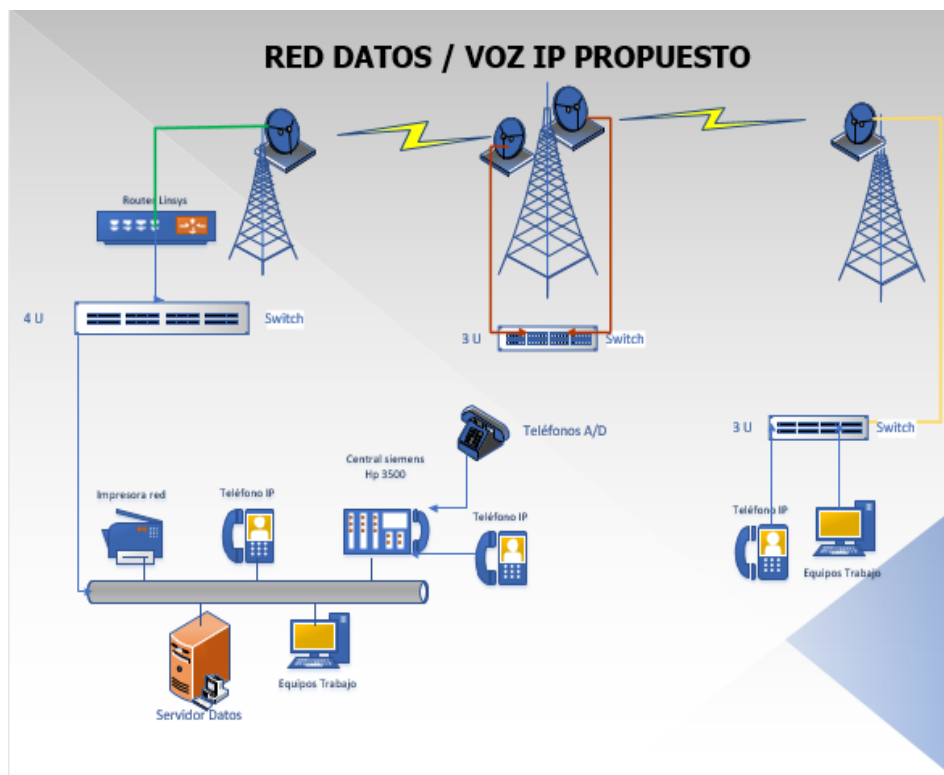


Figura 56. Plano General de la red DPIACA con la nueva plataforma de comunicaciones.

Fuente: El autor.

## CONCLUSIONES

Las comunicaciones inalámbricas no han dejado de ser las favoritas a la hora de establecer una conexión a distancia entre dos puntos, donde las fuentes cableadas de interconexión no puedan ofrecer el apoyo necesario para tal fin. En el caso de la Empresa Distribuidora de Productos Industrial de Alemania C.A., a pesar de que contaba con una plataforma inalámbrica, no le fue posible establecer una comunicación efectiva entre su sede principal de operaciones y la sede de la gerencia general de la misma, que le ayudara a mantener un intercambio de información oportuna para la mejor toma de decisiones en el momento que lo requiriera, con este fundamento se planteó realizar un estudio donde se determinó si esto era posible y que mecanismos pudiera llevar a cabo para cumplir dicho cometido.

En este sentido, se efectuó un estudio en el sitio, donde primeramente se recolectó toda la información pertinente para determinar o poner en contexto los problemas que aquejaba a la actual plataforma de comunicaciones, luego de haber identificado las fallas, se realizó el análisis correspondiente de cómo y de qué forma se podría mejorar dicha situaciones para lo que se obtuvieron y estudiaron las mediciones oportunas del caso, concluyendo que una reestructuración de la plataforma actual era beneficiosa para sortear todos los inconveniente acarreados hasta momento.

De esta forma, se planteó hacer un diseño que mejorara sustancialmente toda la problemática existente, comenzando el mismo, por el reconociendo de nuevos perfiles topográficos y el estudio de equipos de última generación de fácil instalación, manejo amigable y bajo mantenimiento. A su vez, fue pertinente la verificación matemática de todas las variables involucradas en el desarrollo de enlaces punto a punto y para frecuencias ya consideradas de microondas. Con la ayuda del software Radio Mobile se simularon

todas estas nuevas condiciones contrastando lo calculado matemáticamente, determinando satisfactoriamente que, todo lo seleccionado para conformar la nueva plataforma de comunicaciones se comportaría como se esperaba en los cómputos y en las tablas descriptivas de los equipos seleccionados para tal fin.

En consecuencia, surgen dos nuevos enlaces punto a punto que permitirán la comunicación efectiva entre la sede principal y la oficina de la gerencia general de la empresa DPIACA. Es oportuno también mencionar, que el estudio aquí realizado no solamente es funcional para los equipos escogidos, ya que al ser un estudio bajo el criterio de radio enlaces, es perfectamente aplicable a equipos de microondas manteniendo las salvedades del caso.

## **RECOMENDACIONES**

- A la empresa DPIACA, se le sugiere la instalación de nuevas torres adaptadas a los requerimientos de telecomunicaciones con las alturas prevista en este diseño, para este caso, se pueden usar las torres ventadas o soportadas por tirantes dada su versatilidad y comodidad de armado y transporte.
- También el uso de protección atmosférica o pararrayos como defensa de los equipos en las torres, además del aterramiento necesario para las mismas.
- Para el caso de la base torre repetidora, que por ser nueva su creación, no cuenta con un soporte ante las caídas de tensión o falla de suministro eléctrico, se recomienda instalar un sistema de respaldo o backup que permita soportar una demanda de consumo de poco más de 20 W producida por el sistema en ese punto.
- Se deben realizar manuales de procedimientos para el mantenimiento, cuidado y manipulación de los equipos por parte del personal encargado para este fin.

## REFERENCIAS

### Impresas

- Balestrini, M. (2002). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación*. 6ta. Edición. Editorial Consultores Asociados. Caracas, Venezuela.
- Bejarano, G. y Herrera, A. (2014). *Propuesta de diseño de un sistema de redes vlan dinámicas en la empresa papeles venezolanos C.A.* Trabajo Especial de Grado. Universidad José Antonio Páez. Valencia, Venezuela.
- Chávez, C. (2014). *Implementación de enlace última milla para la nueva sede de la empresa SERVIDICA ubicada en la zona industrial castillito.* Trabajo Especial de Grado. Universidad José Antonio Páez. Valencia, Venezuela.
- Couch, L. (1998). *Sistemas de comunicación digitales y analógicos*. 5ta edición. Editorial: Prentice Hall, Mexico.
- Davidson, J., & Peters, J. (2001). *Fundamentos de Voz sobre IP*. Editorial Pearson Education, Madrid.
- Forouzan, B. (2002). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*. 2da edición. Editorial Mcgraw-Hill, España.
- Gómez, C. (2000). *Proyectos Factibles*. Editorial Predios. Valencia.
- Hernández, R y otros. (2003). *Metodología de la Investigación*. 3era. Edición. McGraw-Hill. D.F, México.
- Hernández, R. y Méndez, S. (2009). *Marco teórico. Manuscrito no publicado*. Universidad de Celaya, Guanajuato, México.
- Hurtado, J. (1998). *Metodología de la Investigación Holística*. Ediciones Fundación Sypal. 2da. Edición. Caracas, Venezuela.
- Labrador y Otros, (2002). *Metodología*. Valencia.

- Montoya, R. (2006). *Diseño y Configuración de dos plataformas de Interfonía H.323*. Sevilla.
- Montero, V. y Remon, R. (2013). *Diseño de una red telefónica conmutada IP para la organización multivisión c.a.* Trabajo Especial de Grado. Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela.
- Tomasi, W. (2003). *Sistema de telecomunicaciones electrónica*. 4ta Edición. Editorial Prentice Hall, Mexico.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. 4ta. Edición. Reimpresión año 2007. Fondo editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (FEDUPEL). Caracas, Venezuela.

### **Electrónicas**

- Di Paolo, M. y Giménez G. (2010). *Diseño y estudio de una red WiFi y su cobertura en la Maternidad Concepción Palacios*. [Trabajo de grado en línea]. Consultado el 15 de diciembre de 2016 en:  
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS1406.pdf>
- Durán, H. y Espina D. (2009). *Cálculo de la capacidad de enlace de la capa física de WiMax móvil IEEE 802.16e*. [Trabajo de grado en línea]. Consultado el 15 de diciembre de 2016 en:  
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS1406.pdf>
- The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics. *Introducción a las redes WiFi. Material de entrenamiento para instructores de redes inalámbricas*. [Documento en línea]. Consultado el 28 de diciembre de 2016 en:  
[http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/05-Introduccion\\_a\\_las\\_redes\\_WiFi-es-v2.3-notes.pdf](http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/05-Introduccion_a_las_redes_WiFi-es-v2.3-notes.pdf)

### Anexo A: Matriz de Análisis

**Matriz de Análisis:** Funcionamiento operativo de los dispositivos que conforman la red de transmisión del enlace inalámbrico entre el edificio principal de la empresa Distribuidora Productos Industrial de Alemania C.A. (D.P.I.A.C.A.) y la sede de la gerencia general y viceversa.

**Fecha de Elaboración: 07/11/2016 al 18/11/2016**

N°	Dimensión	Indicadores	Si	No	Observación
1	Comprobación de la comunicación.	¿Se establece una comunicación (transmisión de voz) efectiva por marcado de tono desde las extensiones telefónicas análogas de la sede principal al teléfono de la oficina de la gerencia general?		x	
		¿Se establece una comunicación (transmisión de voz) efectiva por marcado de tono desde las extensiones telefónicas digitales de la sede principal al teléfono de la oficina de la gerencia general?		x	

Anexo A Cont.

N°	Dimensión	Indicadores	Si	No	Observación
1	Comprobación de la comunicación.	¿Se establece una comunicación (transmisión de voz) efectiva por marcado de tono desde las extensiones telefónicas digitales de la gerencia general a la sede principal?		x	
2	Verificación del cableado que va desde la central telefónica SIEMENS HIPATH 3500 al enrutador Linsys de la sede principal.	Está bien conectado	x		
		Está partido		x	
		Está desprendido de los conectores		x	
		Otro daño en algún punto del camino (doblado, entre otros).		x	
		Tiene alguna fuente de energía eléctrica cercana		x	

Anexo A Cont.

N°	Dimensión	Indicadores	Si	No	Observación
3	Verificación del cableado que va desde enrutador Linsys al suiche principal.	Está bien conectado	x		
		Está partido		x	
		Está desprendido de los conectores		x	
		Otro daño en algún punto del camino (doblado, entre otros).		x	
		Tiene alguna fuente de energía eléctrica cercana		x	
4	Verificación de la comunicación desde cualquier punto de la red hacia la central telefónica	¿Se certificaron los puntos de las extensiones telefónicas por medio de tester para conexión rj11 hasta el punto en la tarjeta analógica o digital de la central?	x		

Anexo A Cont.

N°	Dimensión	Indicadores	Si	No	Observación
4	Verificación de la comunicación desde cualquier punto de la red hacia la central telefónica	¿Se certificaron los puntos de las extensiones telefónicas IP por medio de tester para las conexiones Rj45 instalados al suiche principal?	x		
		¿Se certificaron los puntos de las extensiones telefónicas IP por medio de tester para las conexiones Rj45 instalados desde el suiche principal a la central?	x		
5		¿El Software de comunicación y programación HIPATH 3000 Manager certifica la comunicación desde cualquier punto de la red hacia la central telefónica?	x		

Anexo A Cont.

N°	Dimensión	Indicadores	Si	No	Observación
6	Verificación de la comunicación entre el router de la sede principal hasta el router de la oficina de la gerencia general.	¿Existen errores en la transmisión y recepción de los paquetes de información?	x		
		¿La calidad de la señal es óptima?		x	Se detecta ruido en la señal y poca ganancia en la misma. Potencia de transmisión 0,251 mW.
		¿Los niveles de señal a ruido afecta la comunicación?	x		Umbral de recepción entre -40 / -30 db como óptimo.
		¿Se evidencia cercanías de redes adyacentes transmitiendo a la misma frecuencia y en el mismo canal?	x		Se encontraron otros dispositivos transmitiendo en las mismas frecuencias de 2.4 Ghz y en los mismos canales.

Anexo A Cont.

N°	Dimensión	Indicadores	Si	No	Observación
7	Evaluación de las antenas.	Están conectados correctamente los cables de la antena al enrutador.	x		
		El estado de la antena es óptimo.	x		
		¿La Frecuencia de trabajo es adecuada?	x		2,4 – 2,5 Ghz con ganancia de 25 dBi
		¿La orientación de las antenas es la más óptima?		x	Se encuentran fuera del eje establecido.
8	Evaluación de la línea de vista.	¿Se observa algún obstáculo que comprometa la línea de vista?	x		Galpones metálicos y un cerro.
9	Evaluación del mástil.	¿El mástil de la sede principal posee la altura adecuada con respecto a la superficie?		x	Se consiguió a 3 metros de altura, insuficiente para evitar los obstáculos.
		¿El mástil de la oficina de la gerencia general posee la altura adecuada con respecto a la superficie?		x	Se consiguió a 2,80 metros de altura y con respecto al suelo su altura es poca 5m.

Anexo A Cont.

N°	Dimensión	Indicadores	Si	No	Observación
10	Fuentes de alimentación.	¿Funcionan correctamente las fuentes de energía que proveen la atención de los dispositivos conectados?	x		
11	Evaluación de los equipos.	¿Se encuentra en excelente estado el suiche de la sede principal?	x		
		¿Se encuentra en excelente estado el suiche de la oficina de la gerencia general?	x		
		¿Se encuentra en excelente estado el enrutador de la sede principal?		x	Se evidencio humedad dentro del equipo y sulfatación de la tarjeta.
		¿Se encuentra en excelente estado el enrutador de la gerencia general?	x		
		¿Se encuentra en excelente estado la central telefónica?	x		

Fuente: El autor (2017).