



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**TÍTULO:**

**“Análisis del efecto del ruido, latencia e interferencias en la comunicación de datos por un enlace de radio desde el nodo Mapasingue al Banco Bolivariano Agencia Alborada de la ciudad de Guayaquil, para migrar la información por enlace de radio a un enlace de fibra óptica.”**

**AUTORA:**

Katherine Isabel Painii Carriel

**Previa la obtención del Título**

Ingeniera en Telecomunicaciones

**TUTOR:**

M. Sc. Carlos B. Romero Rosero

Guayaquil, Ecuador

2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Srta. **Katherine Isabel Painii Carriel**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **Ingeniera en Telecomunicaciones**.

TUTOR

---

M. Sc. Carlos B. Romero Rosero

DIRECTOR DE CARRERA

---

M. Sc. Miguel A. Heras Sánchez

Guayaquil, a los 14 del mes de Marzo del año 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN EMPRESARIAL DE TELECOMUNICACIONES

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Katherine Isabel Painii Carriel**

**DECLARÓ QUE:**

El trabajo de titulación **“Análisis del efecto del ruido, latencia e interferencias en la comunicación de datos por un enlace de radio desde el nodo Mapasingue hasta el Banco Bolivariano Agencia Alborada de la ciudad de Guayaquil, para migrar la información por enlace de radio a un enlace de fibra óptica”** previa a la obtención del Título de Ingeniera en Telecomunicaciones, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 14 del mes de Marzo del año 2016

LA AUTORA

---

Katherine Isabel Painii Carriel



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN EMPRESARIAL DE TELECOMUNICACIONES

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Katherine Isabel Painii Carriel**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Análisis del efecto del ruido, latencia e interferencias en la comunicación de datos por un enlace de radio desde el nodo Mapasingue hasta el Banco Bolivariano Agencia Alborada de la ciudad de Guayaquil, para migrar la información por enlace de radio a un enlace de fibra óptica”**, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, a los 14 del mes de Marzo del año 2016

LA AUTORA

---

Katherine Isabel Painii Carriel

## **DEDICATORIA**

A mis padres Cecilia y Elías por su guía, paciencia, comprensión y sobre todo su amor infinito; Por enseñarme que con esfuerzo, esmero, dedicación y constancia somos capaces de cumplir todo en cuanto anhelamos en la vida.

A mi hermano Elías por su inmenso apoyo fraternal.

A Uds. dedico la culminación de este proyecto como reconocimiento a su incondicional entrega y soporte.

LA AUTORA

Katherine Isabel Painii Carriel

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por sus infinitas bendiciones, por brindarme la sabiduría necesaria para la culminación de este proyecto.

A mis padres y mi hermano quienes siempre han cuidado por mi bienestar y educación; brindándome su amparo y confianza entera en cada reto que me he propuesto, sin dudar de mi inteligencia y capacidad.

Al Ing. Carlos Romero Rosero, por su paciencia, colaboración, enseñanzas impartidas en la cátedra e innumerables contribuciones.

A Cristopher por su paciencia e incondicional apoyo en todo momento.

LA AUTORA

Katherine Isabel Painii Carriel

## Índice General

Índice de Figuras .....	X
Índice de Tablas .....	XIII
Índice de Graficas .....	XIV
Resumen.....	XV
Abstract .....	XVI
<b>CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>17</b>
1.1. Introducción. ....	17
1.2. Hecho científico.....	17
1.3. Planteamiento del problema.....	18
1.4. Justificación del problema. ....	18
1.5. Objetivos del problema de Investigación. ....	19
1.5.1 Objetivo general.....	19
1.5.2 Objetivos específicos. ....	19
1.6. Tipo de investigación.....	19
1.7. Hipótesis.....	20
1.8. Metodología de la investigación.....	20
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO.....</b>	<b>21</b>
2.1. Antecedentes.....	21
2.2. Radioenlace .....	22
2.2.1. Antenas.....	23
2.2.2. Tipos de Antenas.....	26
2.2.3 Transmisor.....	28
2.2.4 Receptor .....	29

2.2.5	Estructura de Soporte de antenas .....	30
2.2.6	Cables utilizados para los radio enlaces .....	31
2.2.7	Diseño de un radio enlace .....	33
2.2.8	Implementación de un radio enlace.....	33
2.2.9	Línea de vista y claridad.....	33
2.2.10	Reflexión, atenuación, difracción, latencia .....	34
2.2.11	Zona de Fresnel .....	35
<b>2.3.</b>	<b>Fibra óptica.....</b>	<b>35</b>
2.3.1.	Estructura de la fibra óptica .....	36
2.3.2.	Propiedades de la fibra óptica.....	37
2.3.3.	Formas de propagación de la información en la fibra óptica.....	38
2.3.4.	Tipos de Fibras ópticas.....	39
2.3.5.	Parámetros de la fibra óptica .....	41
2.3.5.1	Parámetros estáticos de la fibra óptica .....	42
2.3.5.2	Parámetros dinámicos .....	43
2.3.6.	Comunicaciones por Fibra óptica .....	47
<b>CAPÍTULO 3: APORTES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....</b>		<b>48</b>
3.1.	Descripción del radio enlace Mapasingue-Banco Bolivariano, características técnicas y parámetros.....	48
3.1.1.	Características técnicas de la antena Ubiquiti “ <i>Nanostation M5 5ghz</i> ” del Radio enlace Mapasingue-Banco Bolivariano.....	50
3.1.2.	Parámetros del radio enlace Mapasingue-Banco Bolivariano .....	51
3.2	Parámetros que caracterizan un enlace de fibra óptica, características técnicas.....	62
3.2.1	Características técnicas de la fibra monomodo utilizada en este enlace ....	67
3.3	Funciones de un sistema de radio enlace y fibra óptica.....	70
3.3.1	Las funciones de los sistemas de radio enlace se basan en: .....	70

3.3.2	La funcionalidad del sistema de fibra óptica para el Banco Bolivariano de la Alborada de la ciudad de Guayaquil:.....	71
3.4	Relación de la velocidad, eficiencia y alcance de la transmisión de la señal de información del radio enlace con respecto a la fibra óptica.....	71
3.5	Determinar los pasos en la migración de la señal de información de un sistema de radio enlace a un enlace de fibra óptica. ....	74
<b>CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>77</b>
4.1.	Conclusiones.....	77
4.2.	Recomendaciones.....	78
<b>Bibliografía .....</b>		<b>79</b>
<b>Glosario de términos .....</b>		<b>82</b>
<b>Anexo 1 .....</b>		<b>83</b>

## Índice de Figuras

### Capítulo 2

<b>Figura 2. 1:</b> Radio <i>enlace punto a punto</i> .....	23
<b>Figura 2. 2:</b> <i>Patrones de radiación de una antena</i> .....	24
<b>Figura 2. 3:</b> <i>Tipos de Polarización</i> .....	25
<b>Figura 2. 4:</b> <i>Propagación de microondas en la atmosfera</i> .....	26
<b>Figura 2. 5:</b> <i>Patrón de radiación de una antena omnidireccional</i> .....	27
<b>Figura 2. 6:</b> <i>Lóbulos de radiación de una antena directiva</i> .....	28
<b>Figura 2. 7:</b> <i>Diagrama de bloques del transmisor</i> .....	29
<b>Figura 2. 8:</b> <i>Diagrama de bloques del receptor</i> .....	30
<b>Figura 2. 9:</b> <i>Estructura de soporte de antenas</i> .....	31
<b>Figura 2. 10:</b> <i>Tipos de cable en función de la frecuencia de operación a utilizarse en el radio enlace.</i> .....	32
<b>Figura 2. 11:</b> <i>Zona de Fresnel</i> .....	35
<b>Figura 2. 12:</b> <i>Fibra óptica: Estructura</i> .....	37
<b>Figura 2. 13:</b> <i>Ley de reflexión y ley de snell</i> .....	38
<b>Figura 2. 14:</b> <i>Fibra Monomodo</i> .....	39
<b>Figura 2. 15:</b> <i>Tipo de fibra óptica multimodo. Índice escalonado.</i> .....	40
<b>Figura 2. 16:</b> <i>Tipo de fibra óptica multimodo: índice gradual</i> .....	41
<b>Figura 2. 17:</b> <i>Formas que adopta el índice de refracción en el recorrido de la fibra</i> .....	42

<b>Figura 2. 18:</b> <i>Interferencias en la fibra óptica</i> .....	43
<b>Figura 2. 19:</b> <i>Muestra del nivel de pérdida y atenuación</i> .....	44
<b>Figura 2. 20:</b> <i>Tipo de dispersión modal de la fibra óptica</i> .....	45
<b>Figura 2. 21:</b> <i>Dispersión en el material y espectro de la longitud de onda</i> ...	46
<b>Figura 2. 22:</b> <i>Detalle de la Dispersión causada por los efectos de las guías de ondas</i> .....	46
 <b>Capítulo 3</b>	
<b>Figura 3. 1:</b> <i>Conexión del radio enlace Mapasingue- Banco Bolivariano “AgenciaAlborada”</i> .....	48
<b>Figura 3. 2:</b> <i>Simulación del enlace de datos Mapasingue-Banco Bolivariano</i> .....	49
<b>Figura 3. 3:</b> <i>Antena Ubiquiti situada en el nodo Mapasingue de la ciudad de Guayaquil</i> .....	50
<b>Figura 3. 4:</b> <i>Pérdidas en el espacio libre del Radio enlace</i> .....	54
<b>Figura 3. 5:</b> <i>Simulación mediante Radio Mobile</i> .....	55
<b>Figura 3. 6:</b> <i>Simulación Radio Mobil, detallando nivel de sensibilidad del receptor</i> .....	56
<b>Figura 3. 7:</b> <i>Muestra n°1 tomada por el simulador Radio Mobile</i> .....	57
<b>Figura 3. 8:</b> <i>Muestra n°2 tomada por el simulador Radio Mobile</i> .....	57
<b>Figura 3. 9:</b> <i>Muestra n°3 tomada por el simulador Radio Mobile</i> .....	57
<b>Figura 3. 10:</b> <i>Muestra n°4 tomada por el simulador Radio Mobile</i> .....	58
<b>Figura 3. 11:</b> <i>Muestra n°5 tomada por el simulador Radio Mobile</i> .....	58
<b>Figura 3. 12:</b> <i>Muestra n°6 tomada por el simulador Radio Mobile</i> .....	58
<b>Figura 3. 13:</b> <i>Muestra n°7 tomada por el simulador Radio Mobile</i> .....	59
<b>Figura 3. 14:</b> <i>Muestra n°8 tomada por el simulador Radio Mobile</i> .....	59
<b>Figura 3. 15:</b> <i>Muestra n°9 tomada por el simulador Radio Mobile</i> .....	59

<b>Figura 3. 16:</b> <i>Muestra n°10 tomada por el simulador Radio Mobile</i> .....	60
<b>Figura 3. 17:</b> <i>Perfil topográfico del recorrido de la fibra óptica desde el nuevo nodo hasta la agencia del banco bolivariano.</i> .....	64
<b>Figura 3. 18:</b> <i>Vista exterior del banco bolivariano agencia alborada de la ciudad de Guayaquil</i> .....	65
<b>Figura 3. 19:</b> <i>Recorrido de la fibra óptica desde el nodo a la Caja de distribución para su posterior conducción hacia las canalizaciones existentes del banco Bolivariano.</i> .....	65
<b>Figura 3. 20:</b> <i>Recorrido de la fibra óptica las canalizaciones hasta los pozos de telecomunicaciones existentes en el banco Bolivariano</i> .....	66
<b>Figura 3. 21:</b> <i>Ingreso de la Fibra óptica hacia las instalaciones de la Agencia en las cuales se encuentran las canalizaciones por donde debe pasar la fibra óptica.</i> .....	66
<b>Figura 3. 22:</b> <i>Rack Ubicado dentro de las instalaciones del Banco Bolivariano donde se ubica el switch desde el cual se realiza la transmisión de datos del enlace de radio.</i> .....	67
<b>Figura 3. 24:</b> <i>Características mecánicas de la fibra monomodo</i> .....	68
<b>Figura 3. 24:</b> <i>Cálculos de atenuación de la fibra utilizando la ventana de 1550nm para el enlace utilizando un Otdr.</i> .....	73

## Índice de Tablas

### Capítulo 2

<b>Tabla 2. 1:</b> <i>Resumen de los parámetros de la fibra óptica</i> .....	41
--	----

### Capítulo 3

<b>Tabla 3. 1:</b> <i>Coordenadas geo referenciales de los puntos a enlazados a través del radio enlace</i> .....	49
---	----

<b>Tabla 3. 2:</b> <i>Resumen de los parámetros del radio enlace Mapasingue-Banco Bolivariano</i> .....	53
---	----

<b>Tabla 3. 3:</b> <i>Tabla de muestras con parámetros de sensibilidad del receptor, perdida en el espacio libre y campo eléctrico</i> .....	60
--	----

<b>Tabla 3. 4:</b> <i>Parámetros ópticos de la fibra monomodo</i> .....	68
---	----

<b>Tabla 3. 5:</b> <i>Características mecánicas de la fibra monomodo</i> .....	68
--	----

<b>Tabla 3. 6:</b> <i>Parámetros geométricas de la fibra monomodo</i> .....	69
---	----

<b>Tabla 3. 7:</b> <i>Características ambientales de la fibra monomodo</i> .....	69
--	----

<b>Tabla 3. 8</b> <i>Coefficientes de pérdida de la fibra óptica monomodo utilizada en este enlace</i> .....	73
--	----

<b>Tabla 3. 9</b> <i>Calculo de parámetros establecidos para el nuevo enlace a insertar del Banco Bolivariano</i> .....	74
---	----

## Índice de Graficas

### Capítulo 3

**Grafica 3. 1:** *Sensibilidad del enlace en relación a las muestras tomadas.* 61

**Grafica 3. 2:** *Nivel de pérdida en el espacio libre.....* 61

**Grafica 3. 3:** *Nivel de Campo eléctrico.....* 62

## **Resumen**

El propósito principal de este proyecto es la migración de la señal de información transmitida desde un sistema de radio enlace ubicado en el sector del Cerro de Mapasingue a otro medio de transmisión, debido a que la transmisión de datos que recibe el Banco Bolivariano Agencia Alborada ubicado en el norte de la ciudad de Guayaquil se ha influenciado por ruido, latencia e interferencias en la señal recibida; los trabajadores y usuarios que realizan uso del servicio de esta transmisión sienten inconformidad con el servicio; Solicitan a Ingenieros expertos en el área de las telecomunicaciones una solución factible, los cuales plantean la migración de este enlace a un sistema de Fibra óptica como el mejor medio de transmisión conocido actualmente, el cual es inmune al ruido, con latencia despreciable y niveles de atenuación mínimos, beneficiando a trabajadores y usuarios de la compañía financiera para que estos puedan seguir brindando un servicio de calidad.

## **Abstract**

The main purpose of this project is the migration of the information signal transmitted from a system of radio link located in the area of Cerro de Mapasingue to other means of transmission, because the transmission data received by the Bolivarian Bank Agency Alborada located in the north of the city of Guayaquil it has been influenced by noise, latency and interference in the received signal; workers and users who make use of this transmission service feel dissatisfaction with the service; They ask experts Engineers in the area of telecommunications a feasible solution, which pose migration this link to a fiber optic system as the best means of transmission now known, which is immune to noise, with negligible latency and levels minimum attenuation, benefiting workers and users of financial company so that they can continue to provide quality service.

## **CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Introducción.**

Las telecomunicaciones han tenido un trascendental progreso a través de la tecnología en el lapso de estas últimas décadas en diferentes áreas, adquiriendo como resultado un proceso que está cerca de ser transparente dentro de la comunicación siendo eficiente para los requerimientos que demanden cada uno de los usuarios. Una de estas áreas es la comunicación a distancia que se ha influenciado por modificaciones valiosas en los últimos tiempos; desde los telégrafos, centralitas manuales, teléfonos fijos, que han tenido una permanente evolución formando nuevas estructuras de comunicación con la implementación de dispositivos y la utilización de nuevos medios de transmisión cuyo objetivo fundamental es brindar comunicaciones constantes, sin interrupciones y con alcances globales. En la actualidad nuestro entorno está rodeado de emisiones radioeléctricas las cuales envían todo tipo de información de múltiples medios, ofreciendo diversos tipos de servicios al usuario, procurando en gran manera de que la comunicación sea eficaz y de alta calidad con velocidades de transmisión óptimas.

### **1.2. Hecho científico.**

Interferencias en la señal de información que se transmite por enlace de radio en la corporación privada de la agencia del Banco Bolivariano de la Alborada en la ciudad de Guayaquil actualmente.

### **1.3. Planteamiento del problema.**

¿Cómo afectan el ruido, latencia e interferencias en la comunicación de datos de la señal de información que se transmite por enlace de radio en la corporación privada del Banco Bolivariano agencia Alborada de la ciudad de Guayaquil actualmente?

### **1.4. Justificación del problema.**

Al realizar la proposición del problema de investigación, detallamos razones que afectan a la señal de información que está siendo transmitida por un enlace de radio, lo cual puede provocar resultados no deseados de la señal esperada. Esta investigación permitirá mejorar la calidad de la señal emitida, disminuyendo considerablemente las interferencias al migrar el medio de transmisión de un radio enlace a fibra óptica. De esta migración se pueden beneficiar trabajadores y usuarios de esta corporación privada de la ciudad de Guayaquil cuyo fin será mejorar la transmisión de datos, como es el caso de la conexión de la sucursal del Banco Bolivariano localizado en la Alborada de la ciudad de Guayaquil. Ya que se permitirá mediante este estudio académico buscar otra alternativa de transferencia de la señal de información por medio de la migración a otro medio de transmisión.

## **1.5. Objetivos del problema de Investigación.**

### **1.5.1 Objetivo general.**

Analizar el efecto del ruido, latencia e interferencias de la señal de información que se transmite por un enlace de radio desde el nodo “Mapasingue” hasta el Banco Bolivariano Agencia Alborada en la ciudad de Guayaquil, para migrar la señal de información por enlace de radio a un enlace de fibra óptica.

### **1.5.2 Objetivos específicos.**

- Describir las características técnicas y parámetros de un radio enlace.
- Describir los parámetros y características técnicas de un enlace de fibra óptica.
- Enumerar funciones de una red diseñada con un radio enlace y fibra óptica.
- Relacionar velocidad, eficiencia, alcance de transmisión de la señal de información del radio enlace con respecto a la fibra óptica.
- Determinar los pasos en la migración de la señal de información de un sistema de radio enlace a un enlace de fibra óptica.

## **1.6. Tipo de investigación.**

El presente Trabajo de Titulación es una investigación descriptiva, explicativa y cuantitativa debido a que usaremos conocimientos y bases teóricas en la semejanza de los enlaces de Radio y Fibra óptica proponiendo los procesos para migrar la señal de información que se

Transmite en este enlace, cuya transmisión de datos es utilizada por la agencia del Banco Bolivariano localizado en La Alborada de la ciudad de Guayaquil.

### **1.7. Hipótesis.**

Con este estudio encontraremos una solución viable para evitar interferencias al momento de realizar la transmisión de datos, las cuales están siendo afectadas por interrupciones momentáneas o sostenidas. Este estudio permitirá tener una señal de información inmune al ruido y una latencia despreciable al realizar la transmisión de la señal de información desde un nodo con tecnología Sdh a la agencia Alborada del Banco Bolivariano de la ciudad de Guayaquil, de la cual se beneficiaran los trabajadores de la compañía brindando un mejor servicio a los usuarios de esta localidad.

### **1.8. Metodología de la investigación.**

En el presente proyecto la metodología se basa en el método deductivo con un enfoque cuasi cuantitativo. Con lo cual se pretende afirmar lo detallado en la hipótesis, es decir tener una señal de información con menor ruido, latencia e interferencias al realizar la transmisión de la señal de información a través de otro medio de transmisión.

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes**

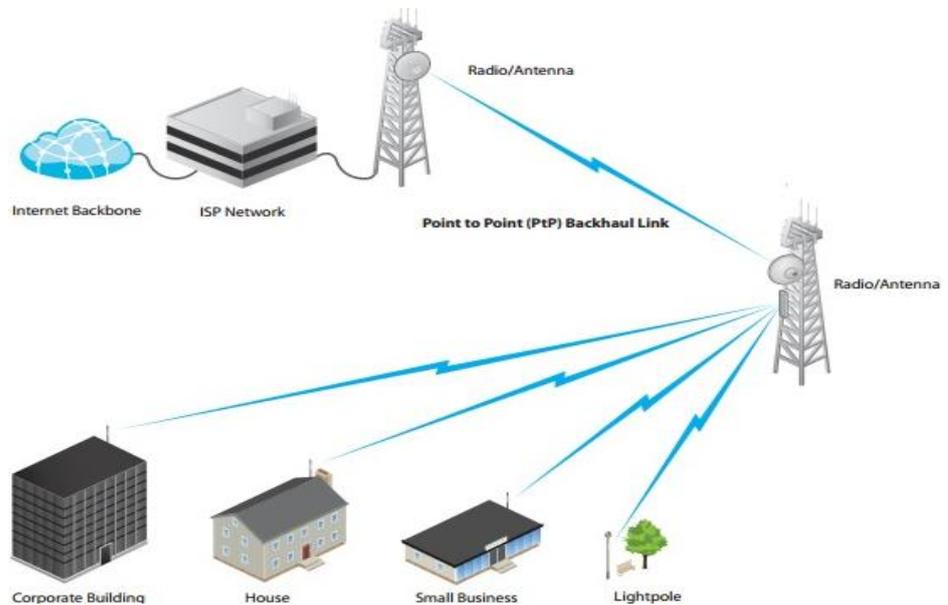
Antiguamente antes de establecer los sofisticados sistemas de comunicación el ser humano utilizaba varias formas de comunicación ya sea mediante sonidos o señales logrando emitir cierto tipo de mensaje que el receptor pudiera comprender. Podemos asegurar que es el factor primordial en el desarrollo de la civilización ya el hombre siempre ha tenido la imprescindible necesidad de comunicarse. (Torres N. , 2012). Esta necesidad ha transformado el mundo entero, no en los 5 continentes, sino en una "Aldea Global". (Marshal, 1995) Ha sido posible difundirla instantáneamente gracias a los medios de transmisión mediante el cual el emisor y el receptor establecen la comunicación; estos medios pueden tener transmisión guiada y no guiada. En ambos casos la transmisión se realiza mediante ondas electromagnéticas, para el caso de los medios guiados estas ondas se conducen a través de cables a diferencia de los no guiados los cuales transmiten vía inalámbrica.(Morgado, Jimenez, & Ferrer, 2005). En este estudio se permitirá analizar el efecto del ruido, la latencia e interferencias en la señal de información por el medio de transmisión de un enlace de Radio (No guiado) y a su vez un enlace de Fibra Óptica (Guiado), para ello es necesario enfocarnos en los conceptos teóricos relacionados a estos medios ya que el radio enlace como tecnología inalámbrica se utiliza para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física (Cables), ésta se da por medio de ondas electromagnéticas ya que la transmisión y la recepción se realizan a través de puertos a diferencia de la

Fibra óptica el medio de transmisión más destacado en comunicación de datos de las telecomunicaciones, con agilidades en transmisión e inclusive recepción de la información ya que las interferencias se han disminuido casi en su totalidad. (Silva, 2011)

## **2.2. Radioenlace**

Es un sistema de comunicación que transmite vía inalámbrica, es decir, no necesita cables, utilizado por las grandes empresas que operan a nivel nacional como global por sus capacidades de transmisión en el espectro electromagnético. Su capacidad de cobertura oscila entre 800 MHz y 42 GHz. Tanto el transmisor como el receptor usan una portadora modulada para poder efectuar la comunicación, que en este caso es de tipo dúplex. Es fundamental que entre la antena receptora y transmisora exista una excelente línea de vista con una altura adecuada para evitar pérdida de señal y que la transmisión de la información se realice mediante el radiocanal, que no es más que las frecuencias del transmisor y receptor usadas para la comunicación.

Se detallan los elementos que intervienen, ya que de estos depende que la comunicación entre los terminales para que la transmisión pueda ejecutarse: antenas, transmisores, receptores, estructura de soporte de antenas, cables.



**Figura 2. 1:** Radio enlace punto a punto

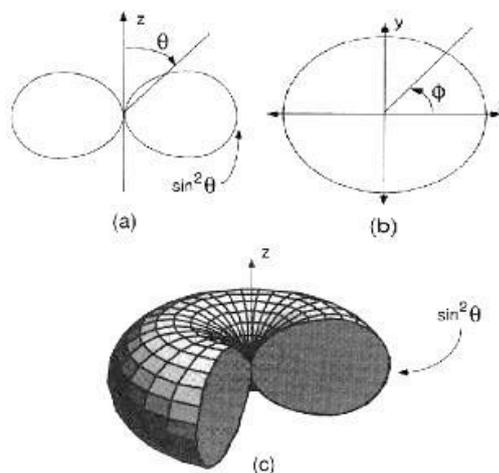
**Fuente:**(Del Río, 2014)

### 2.2.1. Antenas

Son dispositivos utilizados para emitir o detectar ondas electromagnéticas, si radia las ondas se define como la antena transmisora; pero si la finalidad es captar, se define como receptora. Para favorecer la propagación de las ondas electromagnéticas en el espacio libre, las antenas se encuentran compuestas de sustancias conductoras que realizan la función de acoplamiento entre la línea de transmisión y el espacio libre. (Delgado&Jaramillo, 2014)

Se detallan los parámetros que influyen en el funcionamiento de un radio enlace de tipo microondas:

- **Patrón de radiación de una antena:** Comprende de dos factores importantes que son el azimuth, que no es más que la energía radiada desde la parte superior de la antena y el patrón de elevación que comprende la energía radiada por la antena enfocado desde la parte lateral. Estos dos factores conforman el patrón de radiación de una antena.



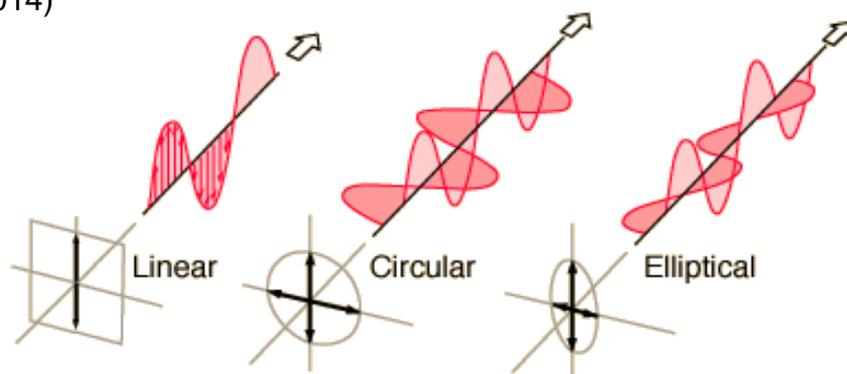
**Figura 2. 2:** *Patrones de radiación de una antena*

**Fuente:**(Delgado&Jaramillo, 2014)

- **Densidad de potencia Radiada:** Es igual a la potencia por unidad de superficie que radiará una antena siendo esta inversamente proporcional a la distancia. Se obtendrá como el módulo del vector de *Poynting* por lo que dependerá de los campos eléctricos y magnéticos. Viene expresada en  $w/m^2$ , su fórmula será expresada de la siguiente manera:

$$\Phi = \frac{1}{2} R [\vec{E} \cdot \vec{H}] [w/m^2]$$

- **Directividad:** Es la capacidad que posee la antena, para poder concentrar su valor máximo de radiación en una dirección establecida; si una antena irradia de la misma manera en todas las direcciones, se estima una direccionalidad de cero. (Delgado&Jaramillo, 2014)
- **Ganancia de una antena:** Es la relación que debe existir entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia sin pérdidas y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión, para que ambas antenas produzcan en una dirección dada, la misma intensidad de campo, o la misma densidad de flujo de potencia, a la misma distancia. (ITU-R).
- **Polarización:** La polarización de una antena se relaciona con la orientación del campo eléctrico que esta irradia. Las antenas pueden polarizarse de forma lineal, circular o elíptica. (Delgado&Jaramillo, 2014)

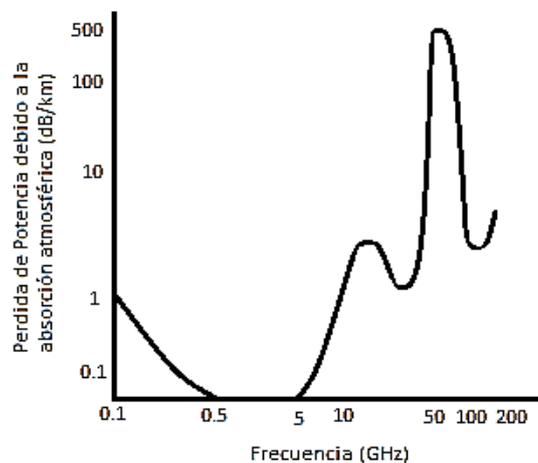


**Figura 2. 3:** Tipos de Polarización

**Fuente:**(Nave)

### 2.2.2. Tipos de Antenas

Las antenas usadas para enlaces de microonda se caracterizan por ser altamente directivas, de las cuales podemos mencionar las antenas parabólicas, usadas para radioenlaces de microondas terrestres punto a punto, se sitúan en el rango de frecuencias de 2 a 18 GHz dado a las características de propagación en la atmosfera. En la a figura 2.4 se puede observar para el rango de frecuencias comprendido entre 1 y 5 GHz la atenuación debido a la absorción atmosférica es prácticamente nula. La presencia de lluvias también afecta absorbiendo y dispersando las microondas, pero su efecto es muy reducido por debajo de los 10 GHz. (Delgado&Jaramillo, 2014)

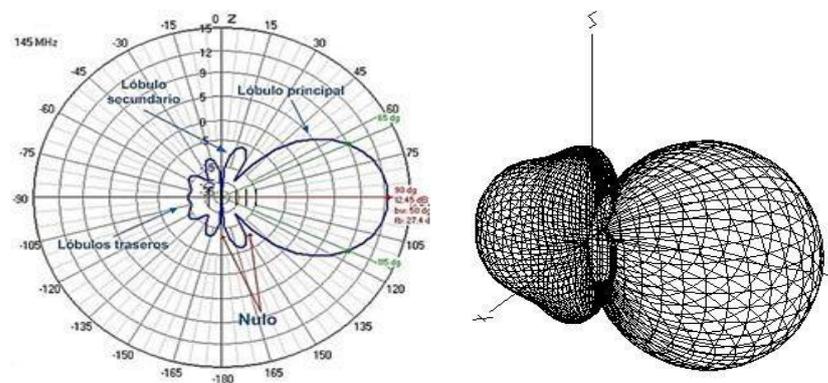


**Figura 2. 4:** *Propagación de microondas en la atmosfera*

**Fuente:** (Delgado&Jaramillo, 2014)

En relación al patrón de radiación las antenas se pueden dividir en dos grandes grupos:

- **Antenas omnidireccionales:** Es la que puede irradiar energía en cualquier orientación ya que trata de cubrir áreas de gran capacidad, intentando ser parejo en todos los sentidos, es decir tiene una cobertura de 360°. (Delgado&Jaramillo, 2014)

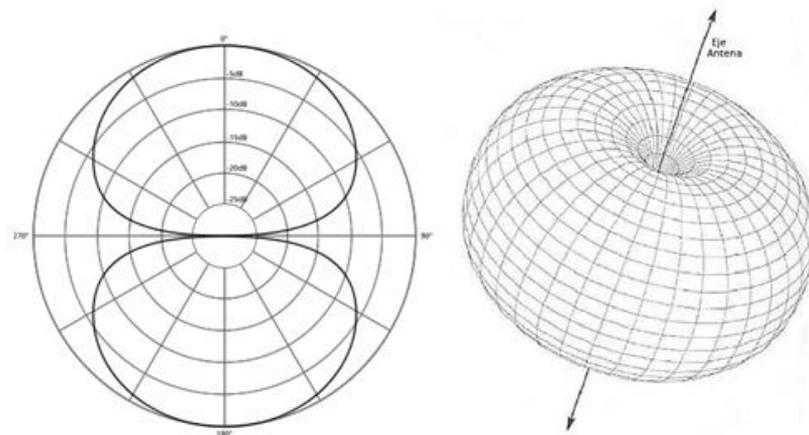


**Figura 2. 5:** *Patrón de radiación de una antena omnidireccional*

**Fuente:** (Delgado&Jaramillo, 2014)

- **Antenas direccionales:** Estas antenas irradian el mayor porcentaje de su energía en una dirección específica. El patrón de radiación de estas antenas se identifica por los lóbulos de radiación que se forman: principal, lateral y posterior. En el lóbulo principal se encuentra condensada gran parte de la energía y debe estar lo más cerrado posible ya que así la antena obtiene una mayor direccionalidad. El lóbulo lateral también conocido como secundario, es aquel en

Donde se concentra la energía no deseada, ya que genera un impacto negativo en la recepción de las señales, llegando a provocar cierto tipo de interferencia. El lóbulo posterior está localizado en dirección contraria al lóbulo principal. (Delgado&Jaramillo, 2014)



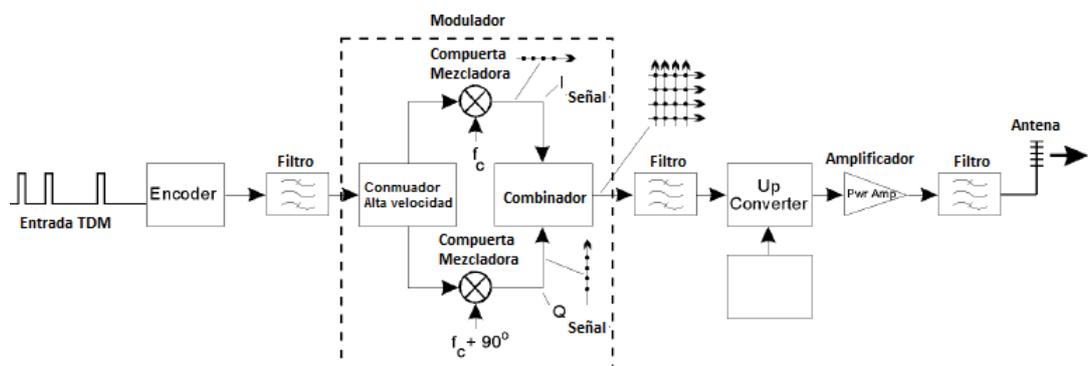
**Figura 2. 6:** *Lóbulos de radiación de una antena direccional*

**Fuente:** (Delgado&Jaramillo, 2014)

### 2.2.3 Transmisor

Es un dispositivo electrónico que tiene la función de transformar señales mecánicas, eléctricas u ópticas en ondas electromagnéticas para que mediante la intervención de una antena estas ondas puedan ser irradiadas. La figura 2.7 evidencia el diagrama de bloques de un transmisor, donde la señal digital llega al codificador y se guarda temporalmente para que se le incluya información adicional de paridad. La señal luego realiza su paso por un filtro paso banda para eliminar el ruido y armónicos. Después la señal es

Enviada al modulador donde un conmutador de velocidad alta conduce la información binaria a una de las dos compuertas mezcladoras, dependiendo del estado binario. Una compuerta brinda una señal portadora a una frecuencia intermedia y otra compuerta brinda la misma frecuencia pero con un desplazamiento en fase de  $90^\circ$ . La señal puede ir a otro mezclador o al *up-converter*, el cual actúa de interfaz transformando las señales de banda base de los equipos a la banda de frecuencias de la antena. (Delgado&Jaramillo, 2014)



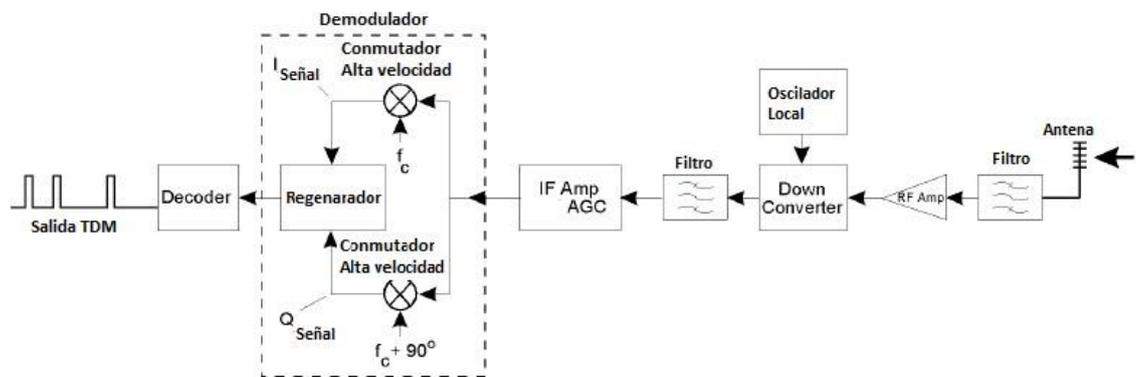
**Figura 2. 7:** Diagrama de bloques del transmisor

**Fuente:** (Delgado&Jaramillo, 2014)

## 2.2.4 Receptor

Es un dispositivo electrónico que recibe las ondas de radio para que sean convertidas en información, se utiliza una antena ya que se encarga de interceptar las ondas electromagnéticas. En la figura 2.8 observaremos como el receptor recibe mediante la antena la señal de radiofrecuencia la cual pasa a través de un filtro pasa banda para eliminar cualquier interferencia que pudo recibir la antena. Luego la señal pasa al amplificador

RF y a un *down-converter*, el cual se encarga de llevar la señal RF a una IF para luego enviarla al amplificador AGC, siendo este amplificador capaz de compensar las variaciones en el nivel de la señal RF causadas por el desvanecimiento a la entrada de la antena. La señal IF resultante del amplificador AGC pasa al demodulador donde se divide para alimentar a dos conmutadores de alta velocidad o detectores de fase los cuales alimentan a un regenerador que se encarga de reconstruir la señal digital para que después pase al decodificador y se realice comprobaciones de paridad. (Delgado&Jaramillo, 2014)



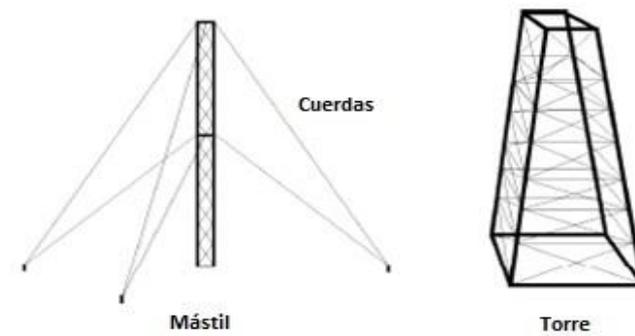
**Figura 2. 8:** Diagrama de bloques del receptor

Fuente: (Delgado&Jaramillo, 2014)

### 2.2.5 Estructura de Soporte de antenas

Se utiliza para colocar antenas con el fin de suministrar una mayor altura teniendo como ventaja el incremento de la distancia de transmisión de la señal. Esta estructura se conoce como mástil cuando está sujeto por cables

Y cuando no los tiene a la estructura se la llama torre.  
(Delgado&Jaramillo, 2014)

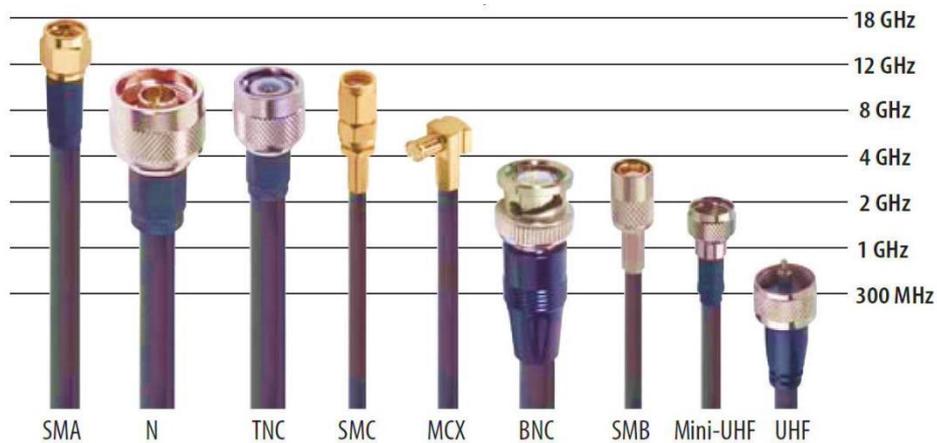


**Figura 2. 9:** Estructura de soporte de antenas

**Fuente:** (Delgado&Jaramillo, 2014)

### **2.2.6 Cables utilizados para los radio enlaces**

En el diseño de un radioenlace normalmente se utilizan tres tipos de cables que son usualmente fundamentales para el establecimiento del mismo: el coaxial, el par trenzado y el cable de poder. Se utilizan cables coaxiales casi sin excepción para todas las antenas que operan entre las bandas de frecuencias HF hasta la banda SHF. El tamaño del cable coaxial está determinado por dos condiciones: la potencia del transmisor que alimenta a la antena y la frecuencia que se utilizará.(Delgado&Jaramillo, 2014)



**Figura 2. 10:** Tipos de cable en función de la frecuencia de operación a utilizarse en el radio enlace.

**Fuente:** (Delgado&Jaramillo, 2014)

Cuando un cable coaxial se utiliza como un conductor de frecuencias de radio, procede a operar como una línea de transmisión, por lo que la máxima transferencia de energía entre la antena y el transmisor sucede cuando todos los elementos tienen la misma impedancia, por ejemplo en equipos de transmisión de datos que usan el estándar WiFi, la impedancia es igual a 50 ohmios. Se debe recalcar que procede a colocar un cable con impedancia diferente a la del sistema, parte de la energía será reflejada hacia el transmisor provocando pérdidas adicionales, la mayoría de estas suceden dentro de un sistema de radio las cuales son producidas por los cables que se conectan al transmisor y receptor de las antenas, estas pérdidas dependen de la frecuencia de operación y el tipo de cable a utilizar. Se debe tomar en cuenta las pérdidas por conectores que como regla general se considera de 0.3 a 0.5 dB por conector. (Delgado&Jaramillo, 2014).

### **2.2.7 Diseño de un radio enlace**

El diseño de un radio enlace de microondas LOS involucra cuatro pasos básicos (RC.NET):

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

### **2.2.8 Implementación de un radio enlace**

Existen dos aspectos importantes que se deben recalcar al realizar la implementación de un radio enlace: la ubicación geográfica y sus aspectos técnicos de diseño. Al realizar la selección del espacio físico donde se ubicarán las antenas se debe tener en cuenta los aspectos y características técnicas a considerar en el diseño del enlace, por lo cual se deben revisar factores que intervienen dentro del marco de propagación de ondas y de radiocomunicaciones. (Delgado&Jaramillo, 2014)

### **2.2.9 Línea de vista y claridad**

Al momento de realizar la implementación del radio enlace, la zona de Fresnel debe estar 60% despejada, para poder obtener una línea de vista limpia (sin interrupciones) que pueden ser ocasionadas por edificios, árboles,

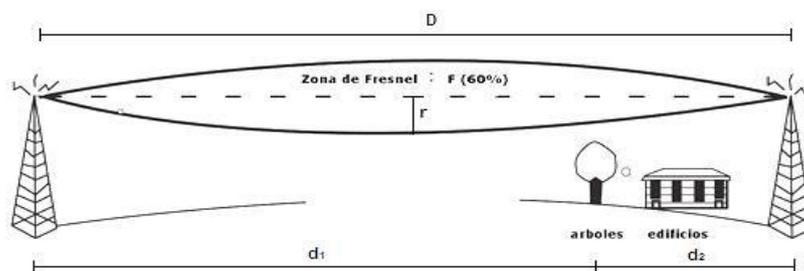
Entre otros obstáculos; cuya posición cercana a los equipos puede ocasionar interferencias. Se debe de considerar un estimado de 20 metros de claridad en ambos extremos del enlace, es decir, la distancia mínima que obtenemos desde la antena hasta el primer obstáculo. (Delgado&Jaramillo, 2014)

#### **2.2.10 Reflexión, atenuación, difracción, latencia**

El fenómeno de mayor incidencia en un radio enlace es la atenuación, debido a las condiciones que presenta el medio como la vegetación y el clima del lugar donde se establezca, lluvias, viento, árboles, edificios, etc. Cuando las ondas electromagnéticas atraviesan un material pierden potencia, es decir se atenúan. La cantidad de potencia que se pierda depende del material que atraviesa y la frecuencia a la que viaja la onda. La difracción y reflexión no presentan mayor incidencia sobre el enlace; Sin embargo, el fenómeno de reflexión establecido en zonas urbanas cuya densidad poblacional y gran cantidad de edificaciones causa efectos de propagación multicamino, ya que se produce cuando las ondas electromagnéticas llegan al receptor en intervalos de tiempo diferentes usando múltiples trayectorias hacía el destino, como su nombre lo indica, así mismo la latencia es el tiempo total necesario para que las tramas viajen desde origen hacia el destino; Este tiempo total es la suma de los retrasos en el procesamiento de los elementos de red y el retardo de propagación a lo largo del medio de transmisión.(Delgado&Jaramillo, 2014)

### 2.2.11 Zona de Fresnel

Es el campo electromagnético que resulta al momento de establecer la conexión en el enlace, debe estar despejada un 60% y tener una excelente línea de vista entre las dos antenas, se debe considerar también como una zona de despeje adicional, ya que por la expansión de las ondas electromagnéticas un obstáculo en el camino puede significar un aumento o disminución de la potencia de la señal. En la figura 2.11 se puede ilustrar la zona de Fresnel. (Delgado&Jaramillo, 2014)



**Figura 2. 11:** Zona de Fresnel

**Fuente:**(sincables.com.ve)

### 2.3. Fibra óptica

Es un medio físico que traslada señales basándose en la transmisión de luz, para ello es necesario que a los extremos de ésta existan dispositivos electrónicos; Para que en un extremo envíen la información en forma de rayos de luz, y del otro lado haya un analizador de esta información que reciba y decodifique la señal; Se constituye normalmente de filamentos de vidrio de alta pureza, finos y flexibles, cuyo grosor es similar al de un cabello humano (de 2 a 125micras). La atenuación que soporta la luz al atravesar

Dentro de la fibra es muy baja. Una vez que la luz es introducida por uno de los puntos de los extremos de la fibra, circula siempre en su interior reflejándose contra las paredes de esta, hasta alcanzar el extremo opuesto. (Hinojoza, 2013)

Pueden construirse las guías de onda ópticas a partir de distintos materiales, el Dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) es normalmente el elemento componente de las fibras, lo relacionamos en la vida cotidiana con el nombre de “vidrio”. Otro material con el que se hacen los filamentos es el plástico (polímeros artificiales), el Dióxido de Silicio se encuentra en un estado de pureza muy elevado en la fibra óptica, haciendo que la luz tenga atenuaciones menores, y por ello pueda recorrer distancias mucho más grandes como por ejemplo la transmisión de luz a través de un vidrio de 60Km de espesor. (Hinojoza, 2013)

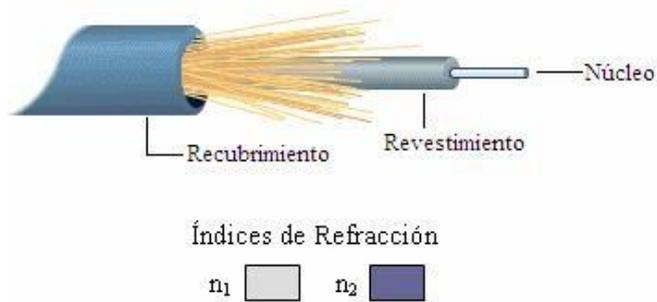
### **2.3.1. Estructura de la fibra óptica**

Está compuesta de tres estructuras concéntricas:

- Núcleo
- Revestimiento
- Recubrimiento

El núcleo y el revestimiento de la fibra están conformados de Dióxido de Silicio; para que se pueda propagar la luz a través de éstos. El recubrimiento se encarga de dar a la fibra resistencia mecánica, protegerla ante agentes externos permitiendo su identificación a través de un código de colores.

Ambos tienen índices de refracción diferentes, lo que hace que la luz quede enclaustrada y se disperse sin escapar de la fibra. (Hinojoza, 2013)



**Figura 2. 12:** *Fibra óptica: Estructura*

**Fuente:**(Hinojoza, 2013)

### 2.3.2. Propiedades de la fibra óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión con grandes capacidades de transferencia de datos, esto se debe a las características que presenta su guía de onda, la cual elimina problemas puntuales como la interferencia electromagnética y la interceptación debido al material que la compone, que es flexible y ligero. Este tipo de guía de onda conecta de forma directa al transmisor con el receptor, la cual en este caso actúa como aislante eléctrico y manejo mediante diferentes valores de tensión. Se puede usar en instalaciones que manejan valores altos de voltaje.

### 2.3.3. Formas de propagación de la información en la Fibra Óptica

(freeservers, s.f.) La transmisión de las señales eléctricas se ven expuestas a un cambio convirtiéndose en pulsos de luz, este cambio se realiza en un transmisor opto electrónico y llevando pulsos hacia el núcleo de fibra, el núcleo y el revestimiento son elaborados de diferentes materiales por lo cual son diferentes, la luz se atrapada dentro del núcleo en uno de los extremos en este caso el opuesto, y a su vez un receptor degrada los pulsos reversando el proceso cambiándolos a señales eléctricas.

Explicamos a continuación dos leyes de las formas de propagación:

- **Ley De Reflexión:** Al chocar un rayo de luz choca en la superficie de un medio óptico, la luz sufre una división en dos porciones la que refracta y la que refleja.

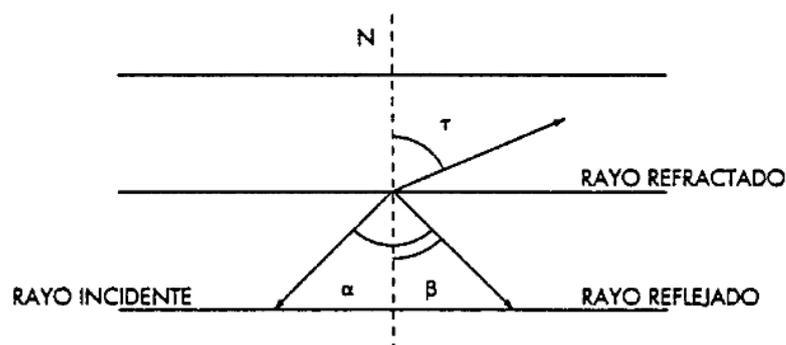


Figura 2. 13: Ley de reflexión y ley de snell

Fuente: (Santa Cruz, *IntroduccitorioResumen FO.pdf*)

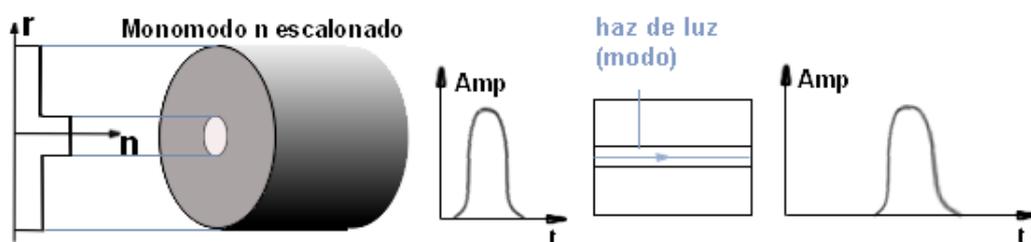
- **Ley de Snell:** La luz al ser conducida a otro punto con índice de refracción diferente cambia de sitio, se refracta.

### 2.3.4. Tipos de Fibras ópticas

Las fibras ópticas se clasifican de acuerdo al modo de propagación que describen los rayos de luz emitidos dentro de ellas. En ésta clasificación existen dos tipos:

#### 2.3.4.1 Modo único o monomodo

Es de índice escalonado; se utiliza para transmisiones analógicas y digitales. (Dutari, 2012) El núcleo tiene una medida de 8 a 10  $\mu\text{m}$ , con un valor constante del índice de refracción propagando un rayo de luz con longitud de onda fija. (Carvajal, 2014)



**Figura 2. 14:** Fibra Monomodo  
**Fuente:** (Dutari, 2012), (Carvajal, 2014)

La diferencia que tiene en relación a las fibras multimodo es que su ancho de banda tiene una cobertura de Diez GHZ por Kilómetro, haciendo que la propagación se disipe a distancias mayores a tres kilómetros, lo que

Nos permitirá transmitir información utilizando Dwdm a *high levels* por ejemplo Diez terabytes por segundo. (Dutari, 2012), (Carvajal, 2014)

### 2.3.4.2 Modo Multimodo

La luz se propaga de diferentes maneras, su aplicación usualmente se realiza en diseños de redes de corta distancia. La dimensión del tamaño del núcleo es de cincuenta a cien nanómetros, superior a la monomodo, facilita la instalación a un costo más bajo. Podemos resumirlas así:

- **Fibra Multimodo de índice escalonado:** Su *Brandwidht* oscila entre 20 a 200 MHz/Km, con índice de refracción en el núcleo de valor constante; tiene un porcentaje mayor que el del revestimiento, dado que entre los dos índices se crea un salto que se denomina de índice en escalón. (Carvajal, 2014), (Dutari, 2012)

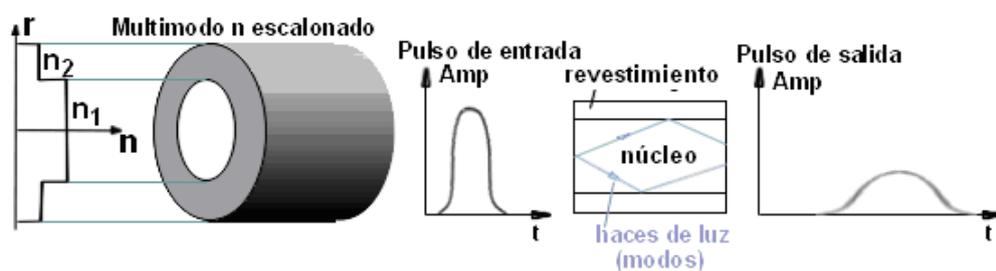


Figura 2. 15: Tipo de fibra óptica multimodo de Índice escalonado.

Fuente:(Carvajal, 2014), (Dutari, 2012)

- **Fibra Multimodo de índice gradual:** (Dutari, 2012)El indicativo de refracción se transforma continuamente desde el eje del núcleo a la

Parte externa, los rayos lumínicos no son reflejados sino curvados según se acercan al revestimiento. Obteniendo un BW de 500 a 1500 MHz/Km, cuyo diámetro del núcleo posee una medida de 50 $\mu$ m. (Carvajal, 2014).

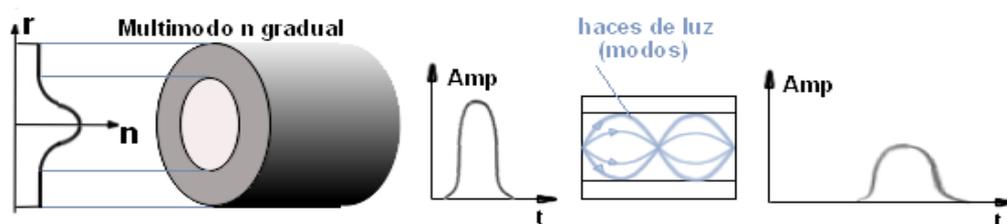


Figura 2. 16: Tipo de fibra óptica multimodo: índice gradual.

Fuente:(Carvajal, 2014)

### 2.3.5. Parámetros de la fibra óptica

En la siguiente tabla 2.1 se detalla un resumen de los parámetros de la fibra óptica.

Tabla 2. 1: Resumen de los parámetros de la fibra óptica

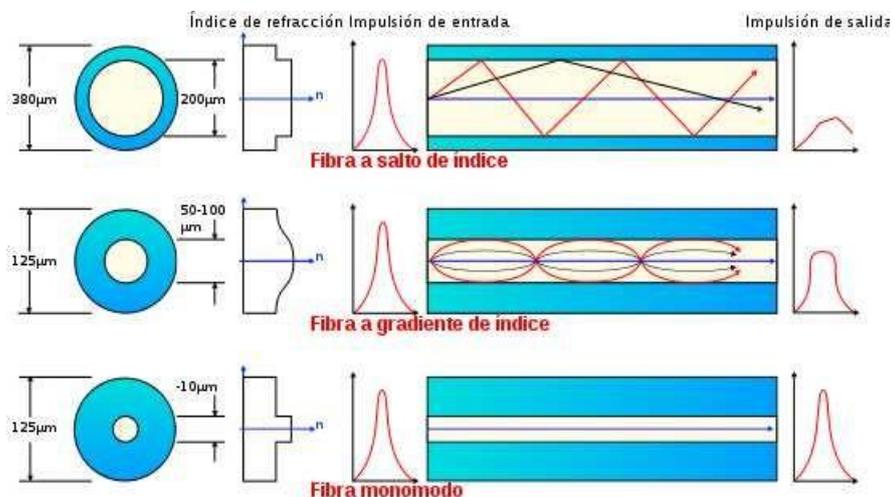
Parámetros estáticos	Opticos	Apertura mecánica Perfil del índice de refracción
	Geométricos	Diámetro del núcleo Diámetro del revestimiento Excentricidad No circularidad del núcleo No circularidad del revestimiento
Parámetros dinámicos	Atenuación	Intrínseca a la fibra Por causas extrínsecas
	Dispersión temporal	Dispersión modal Dispersión del material Dispersión por efecto guíaondas

Fuente: (Santa Cruz, 2010)

### 2.3.5.1 Parámetros estáticos de la fibra óptica

Están relacionados directamente con las peculiaridades ópticas y geométricas de la fibra, las particularidades geométricas se denotan de acuerdo a la función de la tecnología utilizada en la construcción de las fibras ópticas.

- **La apertura numérica:** Se encarga de delimitar la dimensión de los ases lumínicos que puede tolerar la FO, la misma que no depende de las condiciones en las cuales llegue la información recibida.
- **Forma del índice de refracción:** Es la forma que adopta el índice de refracción en el recorrido del grosor de la fibra.



**Figura 2. 17:** Formas que adopta el índice de refracción en el recorrido de la fibra.

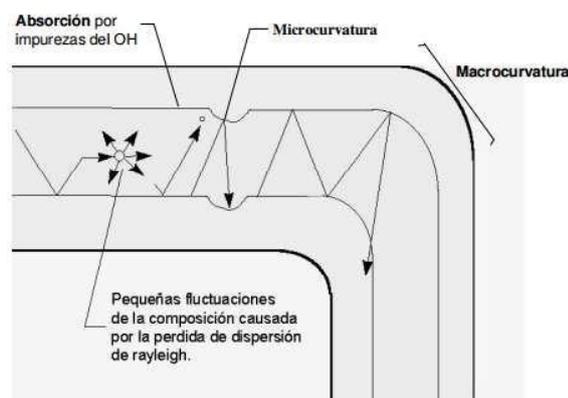
**Fuente:** (Ledesma Milanez, 2014)

Para los siguientes parámetros sus medidas son establecidas por la Normativa ITU (UIT, 2014), por lo que varían dependiendo del diámetro del núcleo y su desviación. Estos parámetros son:(Carvajal, 2014) La medida del núcleo, Diámetro y tamaño del revestimiento, error de la concentricidad, no circularidad del revestimiento y núcleo.

### 2.3.5.2 Parámetros dinámicos

Influyen notablemente para que la señal se propague a través de la fibra, estos parámetros son:

- **Interferencias en la fibra:** La atenuación es la pérdida de potencia luminosa que sufren los impulsos de luz a lo largo de la fibra, estas pérdidas disminuyen la señal que obtienen los conductores(UM, 2014)

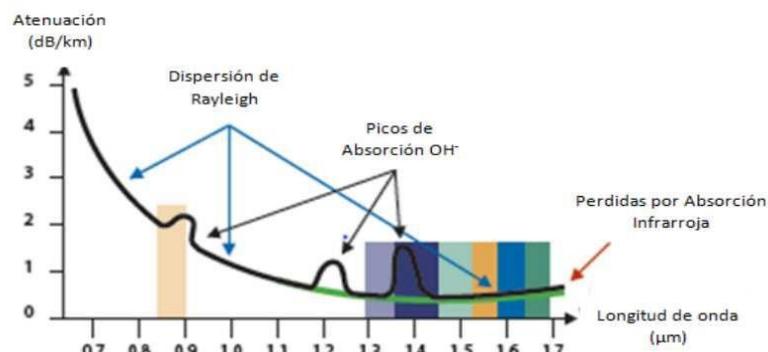


**Figura 2. 18:** Interferencias en la fibra óptica

**Fuente:** (UM, 2014)

Las pérdidas en pequeñas porciones requieren del espaciamiento entre los amplificadores. Las pérdidas lumínicas de la fibra se detallan a continuación:

- **Absorción intrínseca:** En esta absorción la potencia óptica se disipa en la fibra en forma de calor ya que los fotones y vibraciones moleculares interactúan, su rango debe de estar debajo de los  $0,8\mu\text{m}$  (ultravioleta) y por encima de  $1,1\mu\text{m}$  (infrarrojo)(UM, 2014)

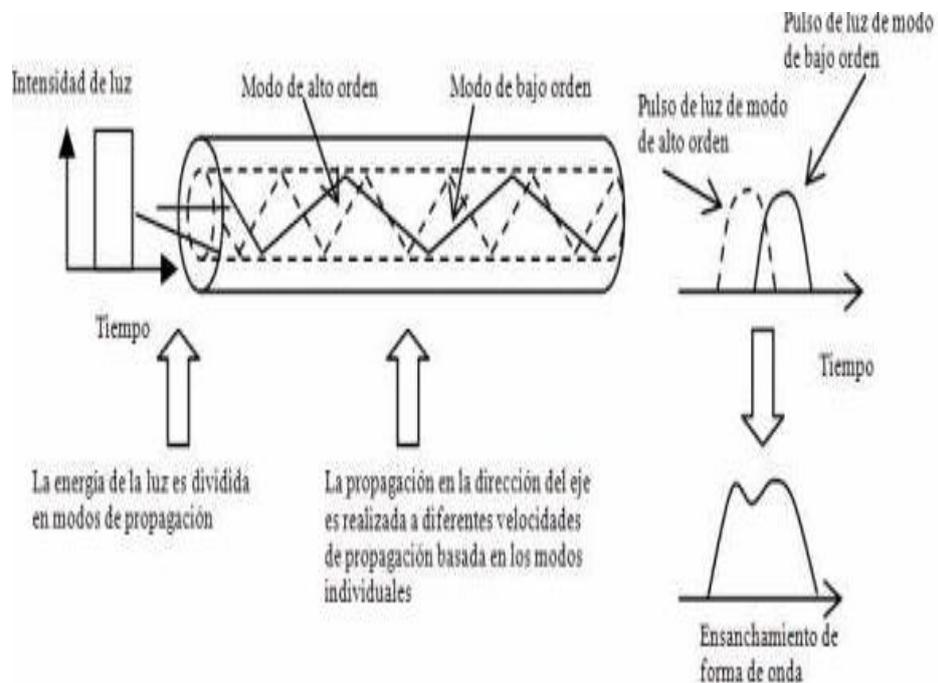


**Figura 2. 19:** Muestra del nivel de pérdida y atenuación

**Fuente:** (Carvajal, 2014)

- **Esparcimiento intrínseco:** Se originan por fluctuaciones aleatorias en el índice de refracción el tamaño de ellas es menor que el de la longitud de onda.(UM, 2014)

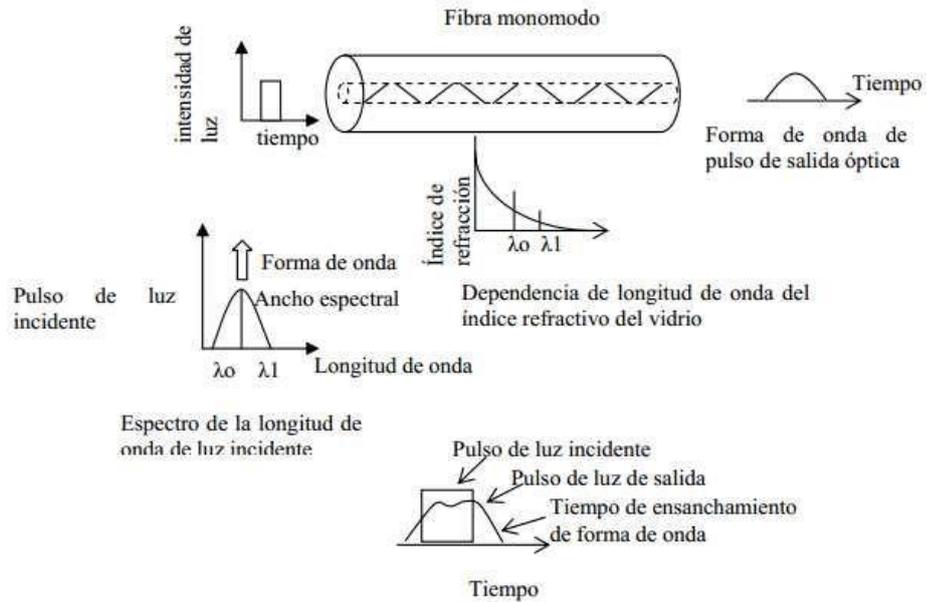
- **Pérdidas extrínsecas:** Se deben a defectos de fabricación. Se clasifican en: Contaminación del vidrio, curvatura de fibra e irregularidades periódicas en la geometría de la fibra.
- **Dispersión temporal:** Ocurre cuando el impulso luminoso se transmite a través de una fibra óptica y sufre un ensanchamiento, se ve influenciado por los siguientes mecanismos:
- **Dispersión modal:**



**Figura 2. 20:** Tipo de dispersión modal de la fibra óptica

**Fuente:** (Carvajal, 2014)

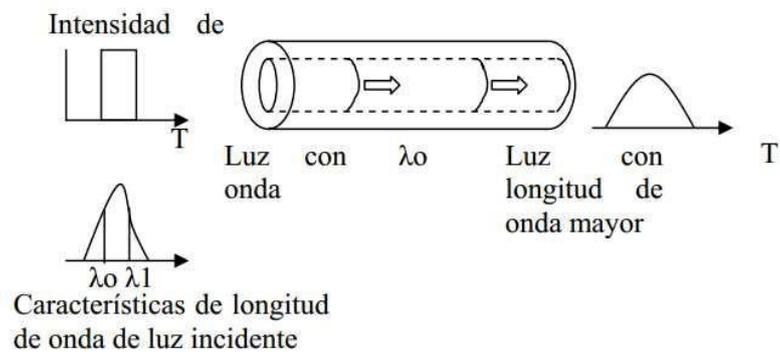
- **Dispersión espectral**



**Figura 2. 21:** *Dispersión en el material y espectro de la longitud de onda*

**Fuente:** (Carvajal, 2014)

- **Dispersión por efecto de guía de onda:**



**Figura 2. 22:** *Detalle de la Dispersión causada por los efectos de las guías de ondas.*

**Fuente:**(Carvajal, 2014)

### **2.3.6. Comunicaciones por Fibra óptica**

La longitudes de onda oscila entre 750nm y 1650nm, para su transmisión se utilizan tres ventanas la primera de 850nm, la segunda de 1310nm y la Tercera de 1559nm. Estas ventanas se emplean para las diferentes transmisiones de las fibras ya que en las características geométricas y físicas de una fibra, al variar la longitud de onda " $\lambda$ ", también cambia la cantidad de modos de conducción. Cada modo tiene un valor de longitud de onda, detallamos también el modo existente en los  $\lambda$ . Cuando se determina, la longitud de onda de la radiación, disminuye el diámetro del núcleo y la forma de modos de propagación. Se puede considerar la radiación luminosa como un tipo de radiación muy pequeña ya que los rayos quedan confinados en el plano que pasa por el eje de las fibras, propagando la luz por reflexión en todo el tramo interno de su trayectoria entre el recubrimiento y núcleo. Definiendo así un ángulo de aceptación máximo, más allá del cual la radiación que incide el recubrimiento no se propagará.

## CAPÍTULO 3: APORTES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

### 3.1. Descripción del radio enlace Mapasingue-Banco Bolivariano, características técnicas y parámetros.

El equipo de radio enlace mencionado en este proyecto de titulación es del modelo Ubiquiti “*Nanostation M5 5Ghz*” con acción emisora desde el enlace situado en Mapasingue y el del Banco Bolivariano ubicado en el sector “La Alborada” con acción receptora. Podemos observar en la figura 3.1 posteada a continuación el perfil topográfico del trayecto del radio enlace Mapasingue-Banco Bolivariano “Agencia Alborada”.



**Figura 3. 1:** *Conexión del radio enlace Mapasingue- Banco Bolivariano “Agencia Alborada”*

**Fuente:** *Autor.*

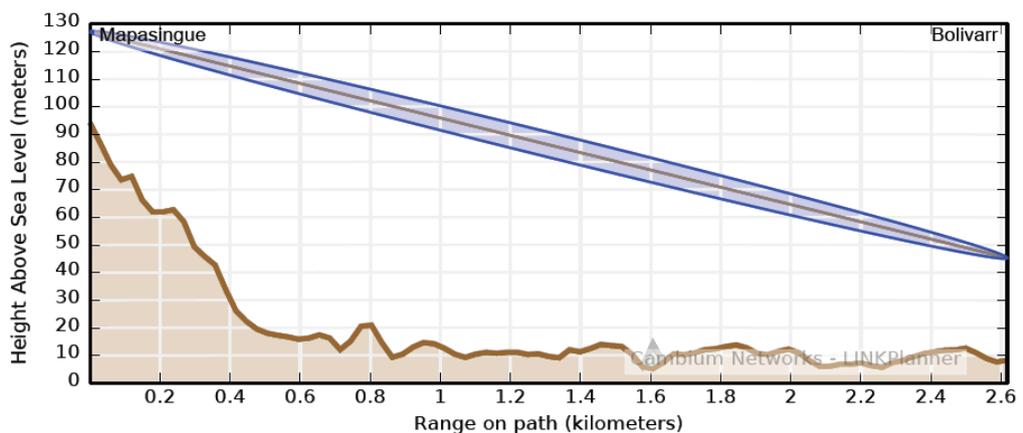
En la tabla 3.1 se detallan las coordenadas geo referenciales de estos dos puntos que realizan la transmisión de la señal de información mediante un radio enlace.

**Tabla 3. 1:** *Coordenadas geo referenciales de los puntos a enlazados a través del radio enlace.*

COORDENADAS	MAPASINGUE	BANCO BOLIVARIANO
LATITUD	-2.153.412	-2.133.607
LONGITUD	-79.916.980	-79.904.082

**Fuente:** *Autor.*

Se detalla a continuación en la Grafica 3.2 la simulación realizada al radio enlace en el programa *Cambium Networks*, con acción emisora desde el radio enlace situado en Mapasingue hasta el punto de la agencia Banco Bolivariano de la Alborada con acción receptora, en el cual se puede apreciar la línea de vista de ambos enlaces.



**Figura 3. 2:** *Simulación del enlace de datos Mapasingue-Banco Bolivariano*

**Fuente:** *Autor.*

### **3.1.1. Características técnicas de la antena Ubiquiti “*Nanostation M5 5ghz*” del Radio enlace Mapasingue-Banco Bolivariano**

Este equipo cuenta con una ganancia de 16dBi, además de su doble polaridad en una frecuencia de 5,8GHz en la cual se encontraba operando. Dispone de 150 Mbps de velocidad de transmisión al aire libre y con una distancia de aproximadamente unos 15 km, en el caso de ese proyecto la distancia utilizada es de 2,65km incluyendo las obstrucciones presentadas por la situación geográfica del terreno de la ciudad de Guayaquil.



**Figura 3. 3:** *Antena Ubiquiti situada en el nodo Mapasingue de la ciudad de Guayaquil.*

**Fuente:** *Autor.*

Además esta antena cuenta con un procesador Atheros MIPS que oscila en 400MHz, utilizando un cable Cat. 5, Rj-45 para la interface Ethernet. Cuenta también con su norma de regulación y

Conformidad, como son: FCC *Part* 15.247 y ROHS SI .El tamaño de la caja es de 29.4cm de alto por 8cm de ancho y 3cm de grosor con un peso de 0.4kg, esta caja es de plástico Ultravioleta. El kit de la antena contiene las herramientas de montaje de la antena incluido en el mástil, como punto máximo de consumo de energía igual a 8W. Puede operar con una temperatura menor a los 30°C o mayor a los 80°C y a su vez con una humedad desde el 5 al 95% de condensación. El Shock y Vibración está establecido en la norma ETSI300-019-1.4. Su rango de Frecuencia establecido oscila entre 4.9 a 5.9 GHz con una ganancia desde 14.6 hasta 16.1dBi cuyas aperturas de Polarización Horizontal es de 43°, vertical, 41° y elevación de 15°. Su polarización Lineal es Dual con un aislamiento mínimo de polaridad de 22dB. Su rango de frecuencia establecido en el espectro electromagnético esta entre 5470Mhz - 5825Mhz.

### **3.1.2. Parámetros del radio enlace Mapasingue-Banco Bolivariano**

Se detallan a continuación los parámetros del Radio enlace vía microondas Mapasingue-Banco Bolivariano punto a punto con los cuales se puede determinar la potencia total con la cual este sistema realiza su transmisión:

- ***PT(dBm)***: Es la Potencia de transmisión que nos entrega el amplificador del transmisor con un valor de +27dBm la cual es entregada a los circuitos de acoplamiento a la antena.

- **$L_{tt}(dBm) + L_{tR}(dBm)$** : Ambas son pérdidas que se localizan normalmente en los circuitos de acoplamiento a la antena del receptor del transmisor, este enlace arrojando un -119.7 dB,
- **$G_r(dBm) + G_t(dBm)$** : Son las ganancias de las antenas tanto la de transmisión como la de recepción, sumadas las ganancias de este enlace nos dan un resultado de +161.79dB.
- **$L_b(dB)$** : Es la pérdida básica de propagación con un valor de 0.00 dB en la conexión de ambos enlaces.
- **$P_r(dBm)$**  Es la potencia recibida la cual definimos a la entrada del amplificador de RF del receptor con un valor de -43 dBm.

Adicional a estos parámetros debemos mencionar:

- **$\frac{P_r}{N} = \frac{C}{N}(dB)$** : La cual es la Relación de la potencia recibida o ruido antes de realizar la demodulación.
- **$S/n(dB)$** : Es la relación entre la señal y canal de la banda de base, se utiliza ocasionalmente para radioenlaces analógicos.
- **$P_{eb}$** : Es la probabilidad de error en los bits determinada para los radioenlaces digitales.

Como parámetros básicos e influyentes en la realización e instalación de un radio enlace microondas punto a punto.

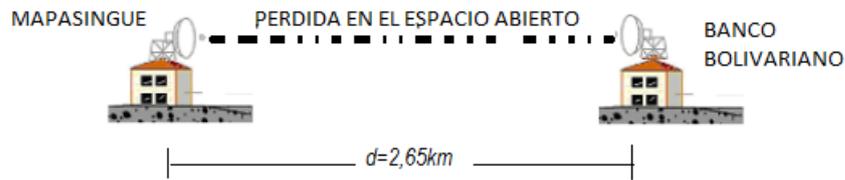
**Tabla 3. 2:** Resumen de los parámetros del radio enlace Mapasingue-Banco Bolivariano

Resumen del enlace			
Longitud del enlace	2.65 km	Ganancia del Sistema	161.79 dB
Banda	5.8 GHz	Sistema de margen de ganancia	45.70 dB
Regulación	Argentina (Privada)	Medida de velocidad de datos agregada	410.9 Mbps
Modulación	Adaptada	Disponibilidad anual del enlace	100.0000 %
Banda ancha	40 MHz	Enlace anual de indisponibilidad	0 segundos/año
Perdida de la Ruta	116.09 dB	Predicción del modelo	ITU-R

**Fuente:** Autor.

Gracias a estos parámetros podemos denotar el comportamiento de la transmisión de la señal de información del radio enlace al momento de ser instalado transmitiendo en una banda de 5,8GHz (5725-5850 MHz), cuyo ancho de banda a transmitir debería ser igual a 40Mbps, se incluye en el anexo 1, tablas que comprenden datos técnicos de la instalación del radio enlace Mapasingue-Banco Bolivariano. Debido al tiempo transcurrido desde su instalación, detallo a continuación factores climáticos e interferencias presentados en el radio enlace:

## ESPACIO LIBRE



**Figura 3. 4:** Pérdidas en el espacio libre del Radio enlace

**Fuente:** Autor.

**Equipo:** Nanostation m5

**Frecuencia de Operación:** 5800 MHz

**Distancia del enlace:** 2.65 Km

### **Cálculo:**

$$Pp = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 32.4$$

$$Pp = 20\log_{10}(2.65 \text{ Km}) + 20\log_{10}(5800 \text{ MHz}) + 32.4$$

$$Pp = 8.4649 + 75.2685 + 32.4$$

$$Pp = 116.133 \text{ dB}$$

A través de esta fórmula se calculó de forma teórica la pérdida que se produce en el radio enlace, utilizando los equipos y el ancho de banda ya mencionados.

A continuación se detallan dos puntos comprobados mediante el software de simulación **Radio Mobile** dado que se realizan muestras del enlace en varias circunstancias del medio (lluvia, humedad, temperatura elevada, etc.). Con el objetivo de tener varios modelos del enlace y

Establecer su factibilidad, de tal forma determinar si la migración del sistema a un enlace de fibra óptica cumpliría su objetivo principal de brindar una excelente calidad de servicio a altas velocidades sin perdidas de paquetes, asegurando la satisfacción del cliente final y cumpliendo con la relación costo–beneficio. De esta forma se verificará si la inversión para realizar la migración del enlace de radio a un enlace de Fibra óptica convendría mayores beneficios a la empresa optimizando recursos con una recuperación de capital inmediata.

### 1) Simulación por Radio Mobile:

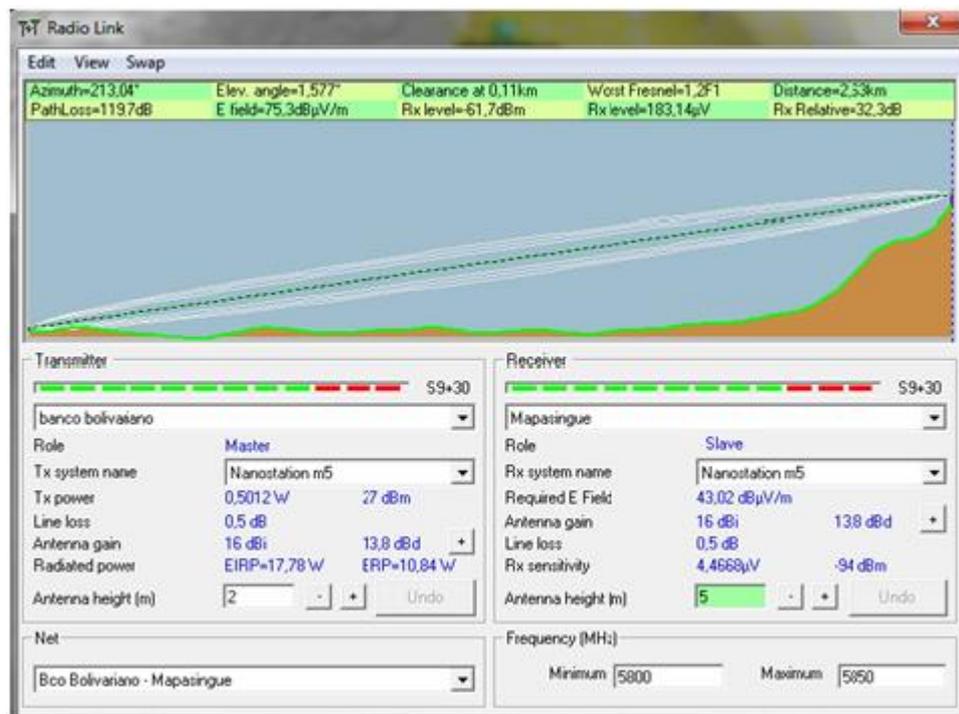
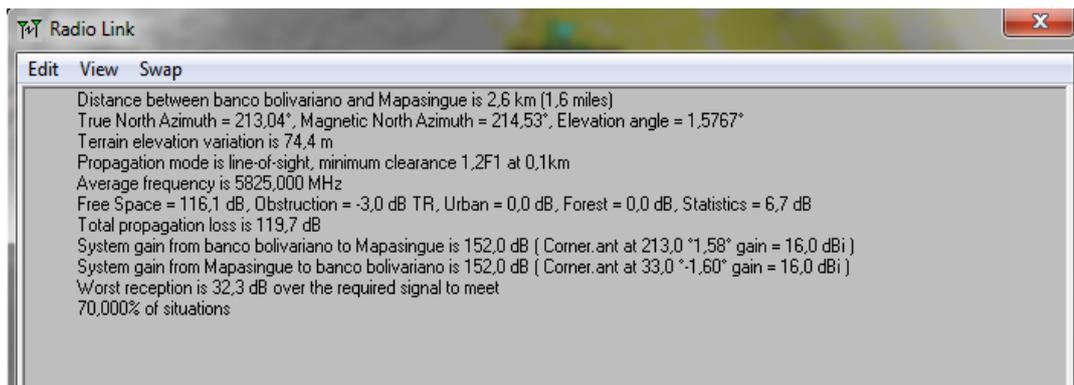


Figura 3. 5: Simulación mediante Radio Mobile

Fuente: Autor

Mediante esta muestra tomada del simulador se puede verificar que el enlace tiene una excelente zona de Fresnel y una línea de vista limpia, con una sensibilidad de -61,7dBm y con una pérdida o atenuación de 119.7 dB, muy próxima a la calculada con anterioridad con un margen de error relativo de 2.97%.

El siguiente informe técnico del enlace, detalla el nivel de sensibilidad del receptor con que recibe los paquetes y la atenuación que se produce a través del enlace.

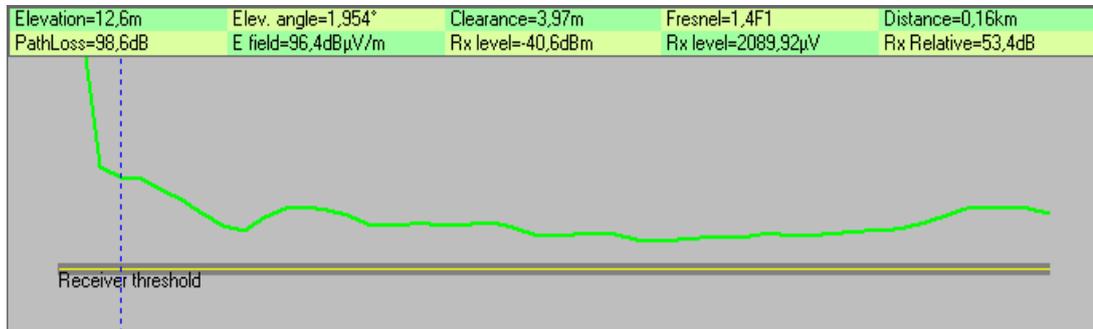


**Figura 3. 6:** Simulación Radio Mobile, detallando nivel de sensibilidad del receptor.

**Fuente:** Autor.

## **2) Informe técnico del enlace brindado por el simulador Radio Mobile**

Se procedió a realizar la toma de 10 muestras del enlace para tener una aproximación real de su comportamiento y realizar una tabla estadística de la variación que presenta a través del tiempo al momento de la transmisión.



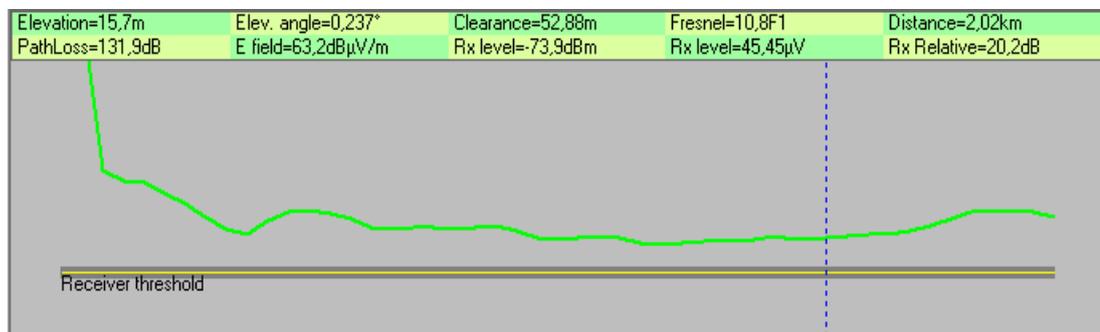
**Figura 3. 7:** Muestra n°1 tomada por el simulador Radio Mobile

**Fuente:** Autor.



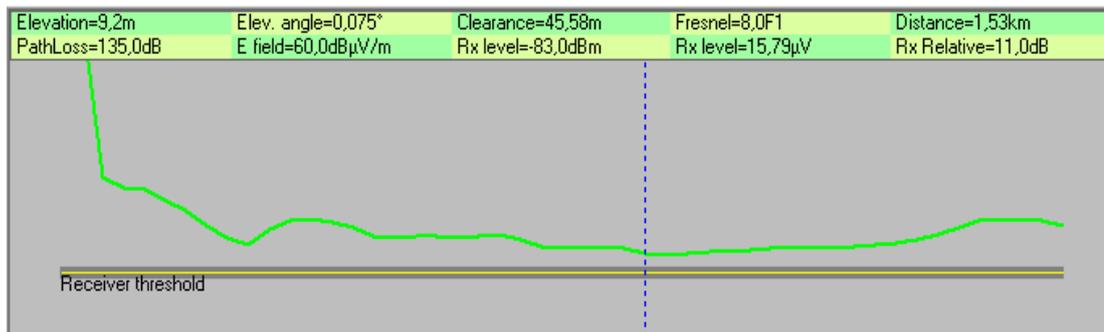
**Figura 3. 8:** Muestra n°2 tomada por el simulador Radio Mobile

**Fuente:** Autor.



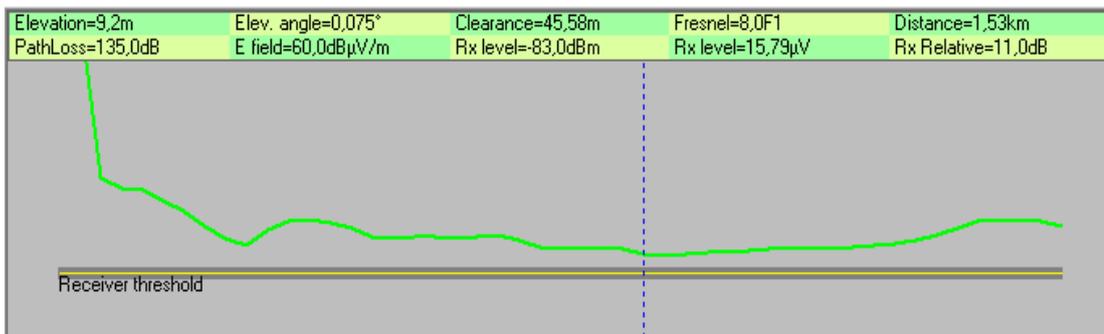
**Figura 3. 9:** Muestra n°3 tomada por el simulador Radio Mobile

**Fuente:** Autor.



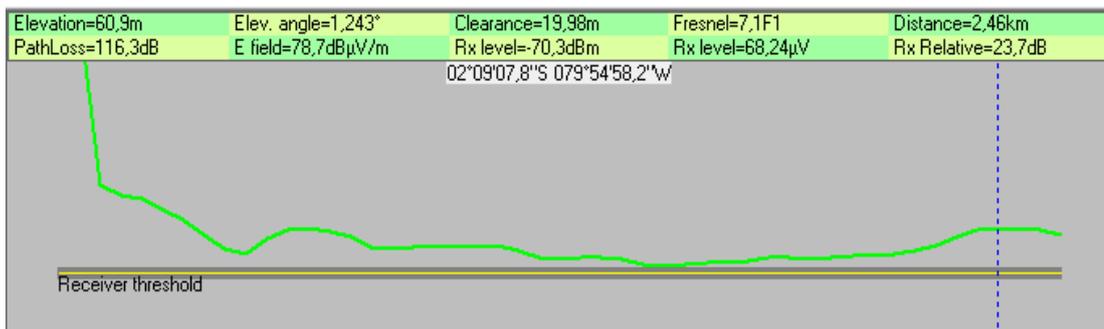
**Figura 3. 10:** Muestra n°4 tomada por el simulador Radio Mobile

Fuente: Autor.



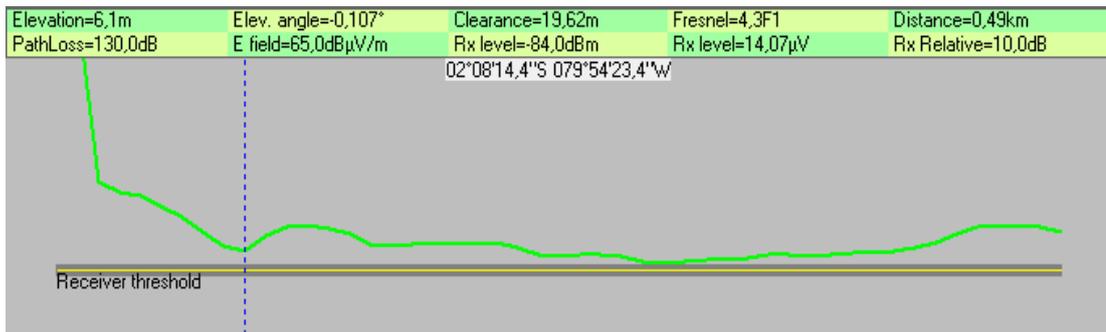
**Figura 3. 11:** Muestra n°5 tomada por el simulador Radio Mobile

Fuente: Autor.



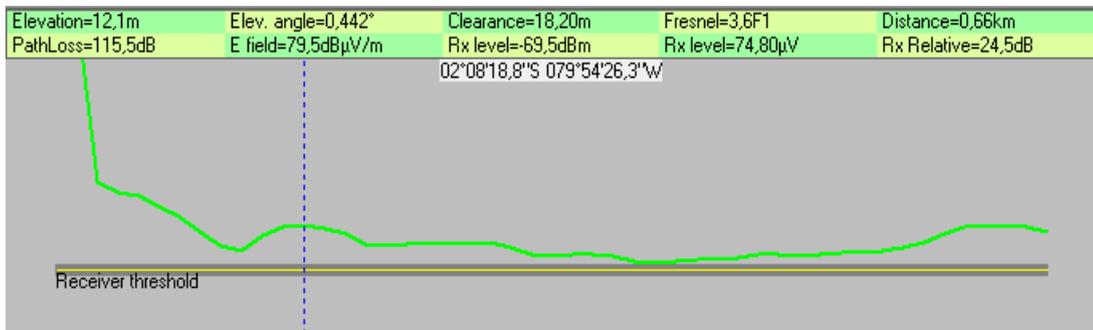
**Figura 3. 12:** Muestra n°6 tomada por el simulador Radio Mobile

Fuente: Autor.



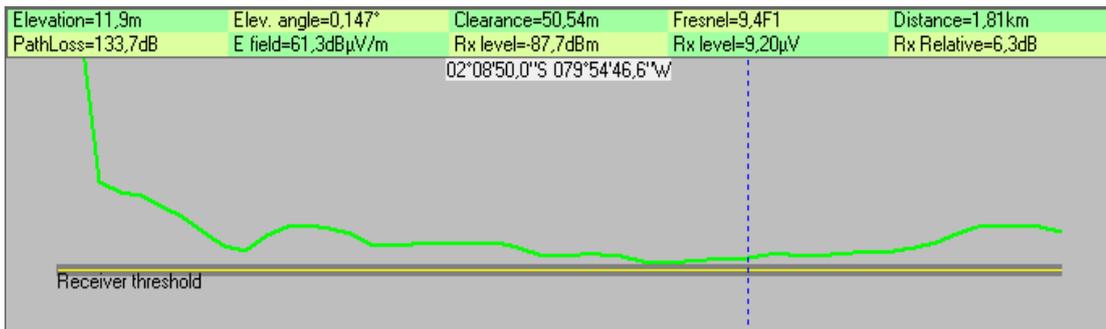
**Figura 3. 13:** Muestra n°7 tomada por el simulador Radio Mobile

**Fuente:** Autor.



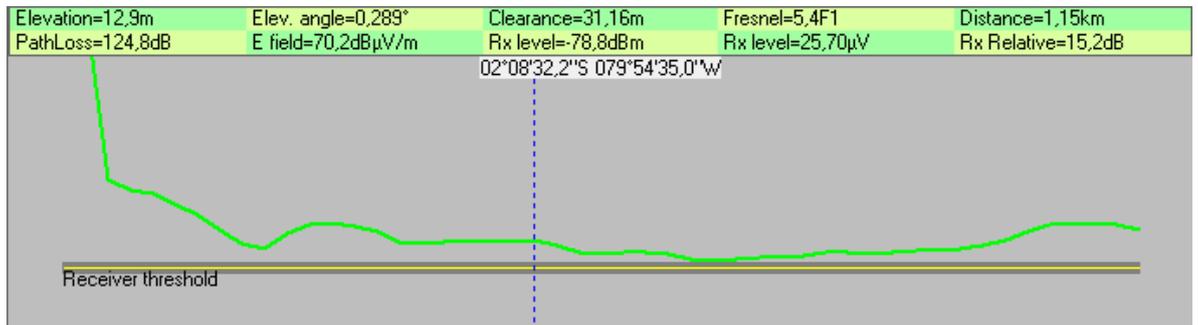
**Figura 3. 14:** Muestra n°8 tomada por el simulador Radio Mobile

**Fuente:** Autor.



**Figura 3. 15:** Muestra n°9 tomada por el simulador Radio Mobile

**Fuente:** Autor.



**Figura 3. 16:** Muestra n°10 tomada por el simulador Radio Mobile

**Fuente:** Autor.

De las 10 muestras tomadas del simulador podemos destacar la siguiente tabla:

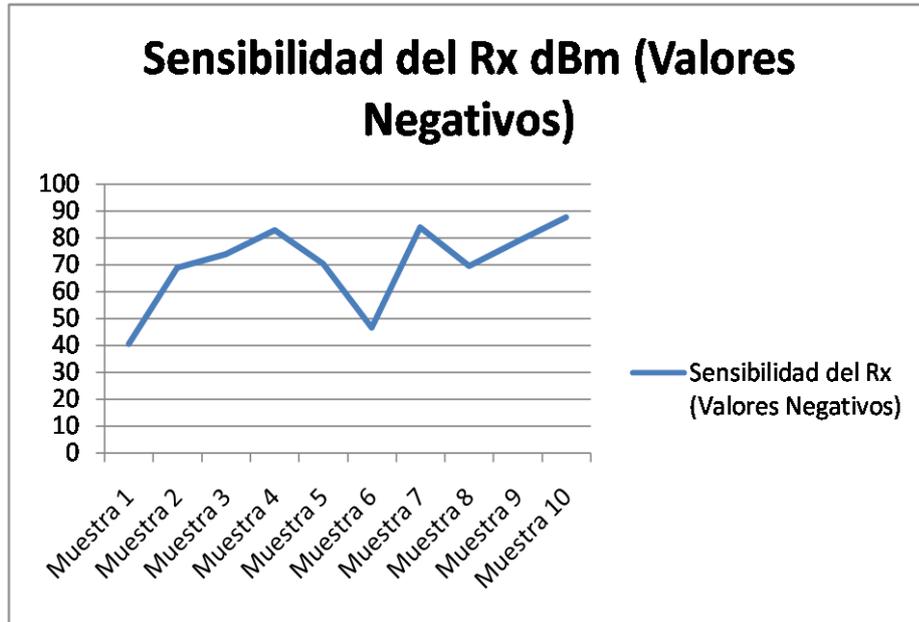
**Tabla 3. 3:** Tabla de muestras con parámetros de sensibilidad del receptor, pérdida en el espacio libre y campo eléctrico.

Número de muestra	Sensibilidad del Rx (dBm)	Perdida en el espacio libre (dB)	Campo Eléctrico (dBuV/m)
1	-40.6 dBm	98.6 dB	96.4 dBuV/m
2	-68.9 dBm	126.9 dB	68.2 dBuV/m
3	-73.9 dBm	131.9 dB	63.2 dBuV/m
4	-83 dBm	135 dB	60 dBuV/m
5	-70.3 dBm	116.3 dB	78.7 dBuV/m
6	-46.6 dBm	92.6 dB	102.4 dBuV/m
7	-84 dBm	130 dB	65 dBuV/m
8	-69.5 dBm	115.5 dB	79.5 dBuV/m
9	-78.8 dBm	124.8 dB	70.2 dBuV/m
10	-87.7 dBm	133.7 dB	61.3 dBuV/m

**Fuente:** Autor.

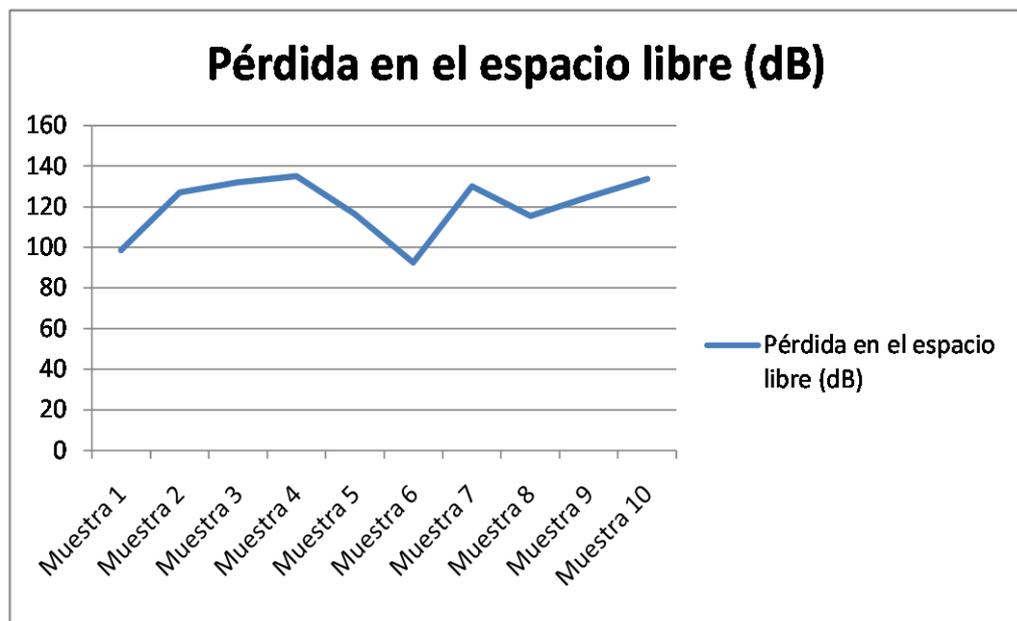
Mediante esta tabla podemos explicar el comportamiento del enlace y su rendimiento.

Grafica 3. 1: Sensibilidad del enlace en relación a las muestras tomadas.



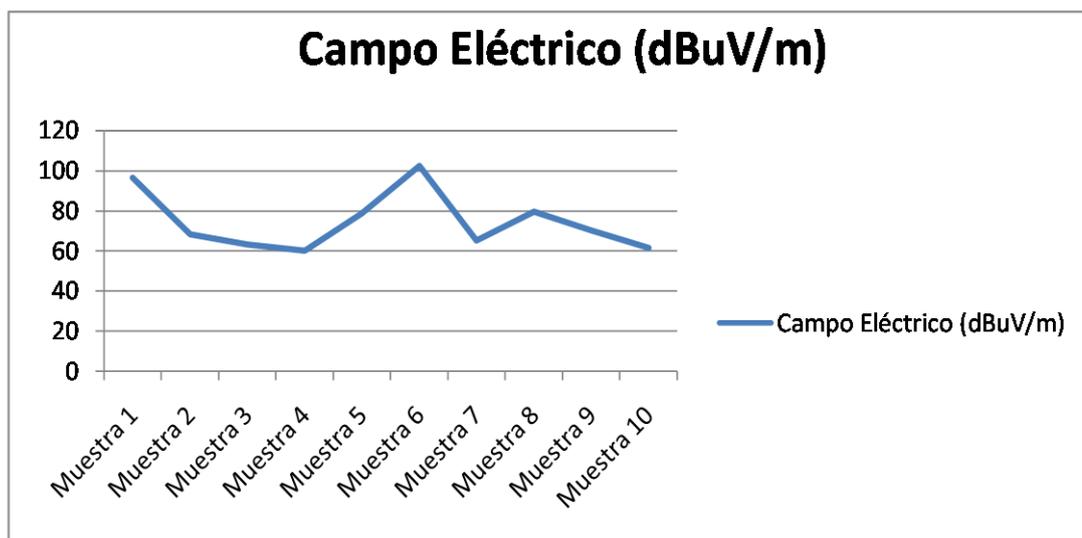
Fuente: Autor.

Grafica 3. 2: Nivel de perdida en el espacio libre.



Fuente: Autor.

**Grafica 3. 3:** Nivel de Campo eléctrico



**Fuente:** Autor.

Basándonos en las estadísticas de las muestras del enlace podemos determinar que el enlace en determinados instantes de tiempo sufre más atenuación de lo normal produciendo pérdidas de paquetes y disminuyendo la calidad y velocidad del enlace.

### **3.2 Parámetros que caracterizan un enlace de fibra óptica, características técnicas**

En el capítulo 2 se detallaron los parámetros de la fibra óptica los más sobresalientes en este proyecto de titulación en relación con el radio enlace son la atenuación, ruido e interferencias; permitiéndome mencionar la atenuación en relación a la fibra monomodo la cual hemos elegido por sus diversas características como la más factible ya que este

Parámetro es mucho menor por el hecho de trabajar en longitudes de onda mayor (Tercera, cuarta y quinta ventana) debido a que no existe dispersión modal (mínimas cantidades emitidas con fuentes de luz láser), ya no se suministra el ancho de banda en MHz por kilómetro; ya que el valor se indica en relación a la dispersión cromática en Ps (Nm.km). A su vez no se ve afectada por el ruido (lo que sucede en el enlace de radio) debido a que la luz externa no puede ingresar al hilo de fibra óptica a excepción del extremo del transmisor, es decir no presenta problemas de diafonía, adicional es inmune a las interferencias electromagnéticas e insensibilidad a las señales parásitas.

Con el objetivo de realizar la migración de la señal de información para la transmisión de datos desde un radio enlace a fibra óptica, se plantea el diseño de una red de fibra óptica, teniendo como distancia del trayecto un estimado de 868 metros desde un nuevo nodo creado para este proyecto con tecnología Sdh hasta el cuarto de telecomunicaciones ubicado en las instalaciones del Banco Bolivariano agencia Alborada de la ciudad de Guayaquil cuyo recorrido será ejecutado desde un nuevo el nodo hasta la caja de distribución más cercana para luego realizar el tendido de la fibra óptica desplazándose por medio de las canalizaciones existentes hasta los interiores del banco Bolivariano agencia "Alborada" conduciéndolo así hacia el cuarto de telecomunicaciones existente el cual contiene un el rack donde se encuentra el switch con un puerto destinado para la configuración del

Enlace de fibra óptica el cual obtendrá un porcentaje de navegación equivalente a 50Mbps de transmisión de datos. El tipo de fibra utilizada en este proyecto es del tipo monomodo de 12 hilos en lo cual se utilizará un hilo para este enlace correspondientes a la recomendación UIT-T G.655, dejando 11 hilos disponibles para posterior utilización utilizándolos como respaldo o creación de nuevos enlaces y como fibra oscura.

A continuación se detalla el recorrido que realizará la fibra óptica hasta la agencia del Banco Bolivariano agencia Alborada la cual estará expuesta al proceso de migración de tecnología de su enlace de datos:



**Figura 3. 17:** Perfil topográfico del recorrido de la fibra óptica desde el nuevo nodo hasta la agencia del banco bolivariano.

**Elaborado por:** Autor.



**Figura 3. 18:** *Vista exterior del banco bolivariano agencia alborada de la ciudad de Guayaquil*

**Elaborado por:** Autor.



**Figura 3. 19:** *Recorrido de la fibra óptica desde el nodo a la Caja de distribución para su posterior conducción hacia las canalizaciones existentes del banco Bolivariano*

**Elaborado por:** Autor.



**Figura 3. 20:** Recorrido de la fibra óptica las canalizaciones hasta los pozos de telecomunicaciones existentes en el banco Bolivariano

**Elaborado por:** Autor.



**Figura 3. 21:** Ingreso de la Fibra óptica hacia las instalaciones de la Agencia en las cuales se encuentran las canalizaciones por donde debe pasar la fibra óptica.

**Elaborado por:** Autor.



**Figura 3. 22:** *Rack Ubicado dentro de las instalaciones del Banco Bolivariano donde se ubica el switch desde el cual se realiza la transmisión de datos del enlace de radio.*

**Elaborado por:** *Autor.*

### **3.2.1 Características técnicas de la fibra monomodo utilizada en este enlace**

Detallamos a continuación en las características ópticas, geométricas, mecánicas y ambientales:

**Tabla 3. 4** *Parámetros ópticos de la fibra monomodo*

Parámetros ópticos	Fibra no cableada	Fibra cableada
Atenuación a 1310 nm	≤ 0,35 dB/Km	≤ 0,37 dB/Km
Atenuación a 1383 nm	≤ 0,35 dB/Km	≤ 0,37 dB/Km
Atenuación a 1550 nm	≤ 0,21 dB/Km	≤ 0,24 dB/Km
Atenuación a 1625 nm	≤ 0,23 dB/Km	
Atenuación en 1285-1625 nm	≤ 0,40 dB/Km	
Punto de discontinuidad máxima en 1310 y 1550 nm	≤ 0,05 dB	
Longitud de onda de corte	1100 - 1320 nm	≤ 1260 nm
Punto de dispersión cero	1300-1324 nm	
Pendiente de dispersion cero	≤ 0,090 ps/nm <sup>2</sup> .Km	
Dispersión cromática en 1285 -1330 nm	≤ 3,5 ps/nm.Km	
Dispersión cromática en 1550 nm	≤ 18,0 ps/nm.Km	
Dispersión cromática en 1625 nm	≤ 22,0 ps/nm.Km	
PMD fibra individual	≤ 0,15 ps/√Km	
PMDq (Q=0,01%, N=20)	≤ 0,08 ps/√Km	

Elaborado por:(Navarro, 2013)

**Tabla 3. 5** *Características mecánicas de la fibra monomodo*

Parámetros ópticos	Fibra no cableada	Fibra cableada
Atenuación a 1310 nm	≤ 0,35 dB/Km	≤ 0,37 dB/Km
Atenuación a 1383 nm	≤ 0,35 dB/Km	≤ 0,37 dB/Km
Atenuación a 1550 nm	≤ 0,21 dB/Km	≤ 0,24 dB/Km
Atenuación a 1625 nm	≤ 0,23 dB/Km	
Atenuación en 1285-1625 nm	≤ 0,40 dB/Km	
Punto de discontinuidad máxima en 1310 y 1550 nm	≤ 0,05 dB	
Longitud de onda de corte	1100 - 1320 nm	≤ 1260 nm
Punto de dispersión cero	1300-1324 nm	
Pendiente de dispersion cero	≤ 0,090 ps/nm <sup>2</sup> .Km	
Dispersión cromática en 1285 -1330 nm	≤ 3,5 ps/nm.Km	
Dispersión cromática en 1550 nm	≤ 18,0 ps/nm.Km	
Dispersión cromática en 1625 nm	≤ 22,0 ps/nm.Km	
PMD fibra individual	≤ 0,15 ps/√Km	
PMDq (Q=0,01%, N=20)	≤ 0,08 ps/√Km	

Elaborado por: (Navarro, 2013)

**Tabla 3. 6** *Parámetros geométricos de la fibra*

*monomodo*

Parámetros geométricos	
Diámetro de campo modal 1310 nm	9,20 ± 0,40 μm
Diámetro de campo modal 1550 nm	10,40 ± 0,50 μm
Error concentricidad núcleo/cladding	≤ 0,4 μm
Diámetro cladding	125,0 ± 0,50 μm
Error concentricidad coating/cladding	≤ 12 μm
No circularidad coating	≤ 10 %
Diámetro coating (coloreado)	250 ± 15 μm

Elaborado por: (Navarro, 2013)

**Tabla 3. 7** *Características ambientales de la fibra monomodo*

Características ambientales	
Atenuación inducida a 1310, 1550 y 1625 nm:	
-60°C ~+85°C ciclo de temperatura	≤ 0,05 dE/Km
-10°C ~+85°C/ hasta 98% RH. Ciclo temperatura y humedad	≤ 0,05 dE/Km
+85°C +/- 2° C. Calor seco	≤ 0,05 dB/Km
+23°C +/- 2° C. Inmersión en agua	≤ 0,05 dB/Km

Elaborado por: (Navarro, 2013)

La razón por la cual se desea migrar este enlace es debido a que al obtener los resultados de la señal de información esta se está viendo afectada por saturación y retardo en tiempos de respuesta; Los empleados de esta agencia hacen uso diariamente de la señal transmitida hace dos años por un enlace de radio y al momento de realizar pruebas de latencia no cumple con las expectativas de la señal esperada. Esto fue analizado por Ingenieros expertos en el área a los cuales se les propone la utilización de otro medio de transmisión que en este caso será la fibra óptica. Ambos enlaces son aptos para realizar la transmisión, pero para el caso del radio enlace el ancho de banda a transmitir es limitado, por ello se requiere adecuar su capacidad al momento de realizar la transmisión de datos;

La fibra óptica tiene máxima disponibilidad de transmisión y capacidad en óptimas condiciones.

### **3.3 Funciones de un sistema de radio enlace y fibra óptica.**

#### **3.3.1 Las funciones de los sistemas de radio enlace se basan en:**

- Capacidad de transmitir información a una velocidad elevada, su frecuencia se encuentra en el estándar del espectro electromagnético como “*no tan elevada*”(5,8Ghz entre 5725 a 5850MHz) propagando su información en la atmósfera terrestre, no utiliza repetidores por lo cual la señal se pierde en puntos específicos, la cual fue fluida entre su punto fijo cuando no habían obstáculos sólidos que interrumpían el flujo, se ve afectado por la humedad del cerro de Mapasingue, lluvias ligeras y niebla con temperaturas de hasta 36°C en las tardes y con mínimas de 16°C en las madrugadas datos pronosticados por el INAMHI en el 2013 para este sector del norte de la ciudad.
- Envía su señal desde el transmisor y receptor ubicado en la parte superior de las torres Mapasingue y Banco Bolivariano permitiendo que la señal se transmita sin depender de un medio físico (fibras ópticas o cables metálicos).

### **3.3.2 La funcionalidad del sistema de fibra óptica para el Banco Bolivariano de la Alborada de la ciudad de Guayaquil:**

Detallamos a continuación las funciones del sistema de fibra óptica:

- Transmite a través de su núcleo un haz de luz que no atraviesa el revestimiento, reflejándose y propagándose; Este enlace cuenta con una velocidad de transmisión de 50Mbps conectado a Ethernet ya que la velocidad Wifi es diferente, no utiliza el espectro radio eléctrico siendo inmune al ruido e interferencias, sin retardos al momento de realizar su transmisión.

### **3.4 Relación de la velocidad, eficiencia y alcance de la transmisión de la señal de información del radio enlace con respecto a la fibra óptica.**

En este punto del trabajo de titulación se tratarán denotara el “Porqué” se desea realizar la migración de la señal de información del enlace receptor Banco Bolivariano lo cual será detallado a continuación:

El enlace de radio desde el cual se realiza la transmisión de datos de la señal de información hacia el banco bolivariano de la Agencia Alborada tiene una capacidad de transmisión de 40MHz la antena **Ubiquiti NanostaionM5** tiene una capacidad mucho mayor a la solicitada por la agencia, como hemos podido observar en puntos anteriores este enlace lleva en operación aproximadamente dos años entre los cuales se ha visto afectado por las situaciones climáticas del sector en donde se encuentra

Operando el enlace emisor, atenuaciones, latencia en la señal de información presentando una lentitud o retardo en el tiempo de respuesta de esta transmisión de la cual se beneficia tan prestigiosa agencia. En este tiempo transcurrido los usuarios han presentado una serie de inconformidades con respecto a la velocidad con la cual opera la señal transmitida, a pesar de ser un medio no guiado y no sus equipos no necesitan un espacio de carácter extenso; Los agentes expertos de la compañía se vieron en la necesidad de probar un medio nuevo de transmisión con la finalidad de que sus empleados brinden un resultado complaciente a los usuarios ya que podrán hacer uso de las aplicaciones que utiliza la compañía con velocidades de respuesta mayores a lo esperado para que estos se sientan satisfechos con la atención brindada.

Este enlace utilizará fibra óptica monomodo de 12 Hilos, con parámetros de 0.01 dB de pérdida por cada empalme (en total tres) el cual oscila en una ventana de transmisión de 1310nm y 1550nm con potencia final de transmisión igual a -19dB. Los ingenieros expertos eligieron este medio de transmisión guiado ya que su velocidad de navegación es infinita, pero debido a los equipos utilizados tendrá un *Bw* limitado a 50Mbps.

En la siguiente tabla 3.8 y figura 3.24 se detallan las medidas tomadas con OTDR referentes a las pérdidas en la fibra monomodo obtenidos al realizar la migración de este enlace, así como también la distancia prevista

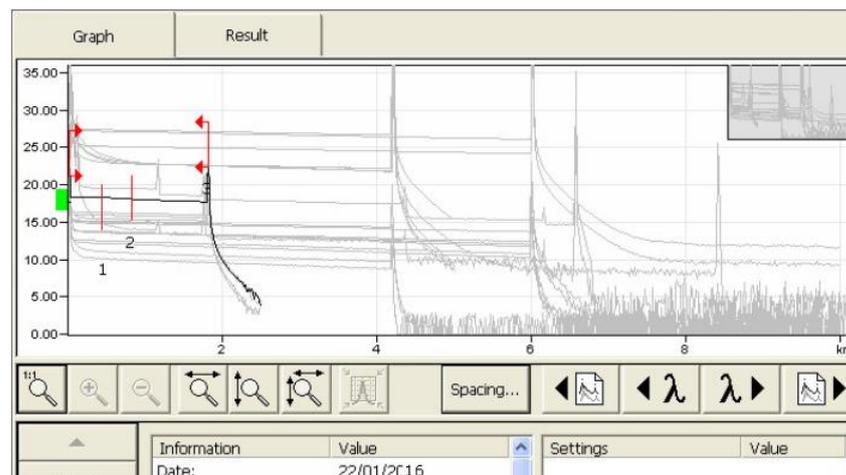
vs. el tendido realizado y sus índices de atenuación, valores de potencia y pérdida

Transmisión los cuales son mucho menor a los obtenidos con el radio enlace:

**Tabla 3. 8** Coeficientes de pérdida de la fibra óptica monomodo utilizada en este enlace

Nodo Sdh-Banco Bolivariano					
Enlace Nodo Sdh-Banco Bolivariano		Proyectado		Datos del Tendido	
		Longitud [Km.]	Longitud [Km.]	Numero de Empalmes	Numero de Acoples
Origen [A]	Destino [B]				
Nodo Sdh	Banco Bolivariano	0.600	0.868	3	2
Nodo Sdh-Banco Bolivariano					
Valores Típicos		Calculos Teoricos			
0.1	0.3	$\lambda=1310$		$\lambda=1550$	
[dB] Atenuacion em palmes	[dB] Atenuacion acoples	0.33 dB /Km		0.22 dB /Km	
		Atenuacion en fibra [dB]	Atenuacion Total [dB]	Atenuacion en fibra [dB]	Atenuacion Total [dB]
0.3	0.6	0.286	1.186	0.191	1.091
Nodo Sdh-Banco Bolivariano					
Valores Medidos					
$\lambda=1310$			$\lambda=1550$		
Nodo sdh ==> Banco Bolivariano		Banco Bolivariano ==> Nodo Sdh	Nodo sdh ==> Banco Bolivariano		Banco Bolivariano ==> Nodo Sdh
Hilo	Atenuacion Medida	Diferencia	Hilo	Atenuacion Medida	Diferencia
1	0.48	-0.703	1	0.22	-0.966
			1	0.45	-0.639
			1	0.44	-0.647

Elaborado por: Autor.



**Figura 3. 24:** Cálculos de atenuación de la fibra utilizando la ventana de 1550nm para el enlace utilizando un OTDR.

Elaborado por: Autor.

**Tabla 3. 9** *Calculo de parámetros establecidos para el nuevo enlace a insertar del Banco Bolivariano*

Distancia	0.868Km
Atenuación por cable	0,286dB/Km
Atenuación por empalme	0,3dB
No de empalmes	3
No de conectores	6
Atenuación por conectores	0,6dB
Potencia Tx ( 2 dBm )	-1dBm
Receiver Sensitivity (Potencia Rx)	-17Bm
Margen de seguridad	-3dBm
Atenuación Total	-1,118dBm
Potencia Rx	-20,6dBm
Diferencia de Potencia	-3,6dBm
Diferencia con margen de seguridad	-3,4dBm
Distancia adicional que se puede alcanzar	1,00km
<b>Distancia máxima total</b>	<b>0.132Km</b>

**Elaborado por:** *Autor.*

### **3.5 Determinar los pasos en la migración de la señal de información de un sistema de radio enlace a un enlace de fibra óptica.**

Al realizar la migración del enlace de radio a fibra óptica es necesario recordar que la navegación de la agencia se mantendrá navegando a través de un radio enlace hasta que se culmine con los trabajos de instalación a través de la fibra óptica la cual a nivel presupuestaria implica un mayor costo y se realiza para poder ampliar los niveles de cobertura de esta agencia ya que cuenta con un estimado de 40 empleados actualmente. Se detallan los pasos a continuación:

1. Se debe de realizar el tendido de la fibra óptica desde la caja de distribución asignada donde se tomará uno de los 12 hilos de la fibra óptica monomodo la cual se empalmará con una fibra acceso Drop de 2 hilos hacia la agencia del Banco Bolivariano; el lugar por donde se realizará el tendido contiene canalizaciones de propiedad del municipio por lo cual se necesitará trabajar con un fiscalizador en el área externa de esta entidad, para el área interna se debe de realizar el tendido (vía canalización) hasta el cuarto de telecomunicaciones donde se encuentra colocado un Rack propiedad de esta entidad.
2. Una vez que el cable de Fibra de acceso se encuentra en el Rack se procede a realizar un empalme a un patchcord de Fibra óptica el cual se conectará a un Transceiver en la parte emisora y otro patchcord Utp en la parte receptora el cuál se conectará al switch.
3. El switch posee un puerto configurado para el enlace del banco el cual es transmitido vía radio enlace, se procede a desconectar el enlace de radio configurado en este puerto conectando el patchcord Utp de la parte receptora del transceiver para que se pueda realizar la configuración lógica del puerto asignado ya que ahora navegará mediante otro medio de transmisión por lo cual la entidad bancaria sufrirá una desconexión momentánea hasta el fin de proceso de configuración. Se realiza la configuración lógica del router a utilizar, junto a las diversas conexiones que ellos soliciten.

4. La entidad financiera banco Bolivariano agencia alborada de la ciudad de Guayaquil se encuentra navegando a través de un enlace de fibra óptica.
5. Se desmontan las antenas utilizada para el enlace Mapasingue-Banco Bolivariana eliminando así la contaminación visual del medio en el cual se encuentran ambos enlaces.

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

- Al realizar el análisis de migrar el medio de transmisión inalámbrico de un radio enlace con capacidad de transmisión de datos limitada a otro medio de transmisión alámbrico como lo es la fibra óptica con ancho de banda que supera los 100Mbps para este proyecto, pudimos demostrar que la calidad de la señal transmitida no tendrá interferencias, ya que es inmune al ruido, la atenuación presentada será mínima en conjunto con los niveles de latencia y retardo que presentaba el enlace cuando realizaba su transmisión desde radio, así mismo los usuarios que operan en esta agencia sentirán conformidad con la velocidad de navegación deseada.
- Al eliminar la conexión inalámbrica del radio enlace Mapasingue-Banco Bolivariano dejando de transmitir datos, se realizará el retiro de los equipos colocados en las partes elevadas de los lugares detallados anteriormente eliminando así la contaminación visual que producen en el medio ambiente.
- La atención que brindará el personal del Banco Bolivariano de la agencia Alborada del área de atención al cliente, no presentarán

Caídas del enlace, saturación y lentitud al momento de utilizar los aplicativos con los que opera esta entidad para realizar sus procesos financieros en los cuales deba utilizar la transmisión de datos, teniendo un cliente satisfecho por la atención brindada.

#### **4.2. Recomendaciones.**

- Buscar medios de transmisión acorde a las necesidades requeridas por la empresa que realiza la utilización del servicio, evitando pérdidas monetarias al momento de presentar inconvenientes con la inestabilidad del enlace con el cual opera.
- Realizar mantenimientos preventivos del enlace de transmisión de datos migrado para mantener su correcto funcionamiento evitando exponerlo a situaciones que causen atenuaciones o cortes externos interrumpiendo así el servicio brindado a esta prestigiosa entidad.

## Bibliografía

- Arana, L. (3 de FEBRERO de 2016).** *Teoría general sobre radioenlaces.*  
Obtenido de <http://documents.mx/documents/capitulo4enlace.html>
- Carvajal, M. (Agosto de 2014).** *Repositorio Ucsq.* Obtenido de Repositorio Ucsq: <http://repositorio.ucsq.edu.ec/handle/123456789/2895>
- Condori, M. (2012).** *Trabajo de investigación de Dibujo Electrónico.*  
Obtenido de  
[https://docs.google.com/document/d/1ZmrfGjBO0xYEs4WaJ02kOTD\\_UjGEN\\_1KgS29gYJ5zTs/edit](https://docs.google.com/document/d/1ZmrfGjBO0xYEs4WaJ02kOTD_UjGEN_1KgS29gYJ5zTs/edit)
- Del Río, E. (27 de DICIEMBRE de 2014).**  
<http://fibraoptica.blog.tartanga.net/2014/12/27/nuevas-practicas-con-radioenlaces-realizadas-por-los-alumnos-del-instituto-tartanga/>
- Delgado&Jaramillo. (04 de JUNIO de 2014):**  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/25467>  
*freeservers.* (s.f.). Recuperado el 27 de febrero de 2016, de  
<http://fortiz.8k.com/ConceptosBasicos/Tema04-ConceptosBasicos.htm>
- Hinojoza, L. (4 de Noviembre de 2013).** *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.* Recuperado el 27 de febrero de 2016, de Tópicos selectos de fibra óptica:  
<http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/handle/123456789/10501>  
[http://es.scribd.com/doc/49203927/Ecuaciones-de-Maxwell.](http://es.scribd.com/doc/49203927/Ecuaciones-de-Maxwell) (s.f.).
- Marshal, I. M. (1995).** LA ALDEA GLOBAL. *Gedisa*, 1-203.
- Mateo&Navarro. (s.f.).** *Antenas.* Obtenido de  
<https://es.scribd.com/doc/55946180/7/Densidad-de-potencia-radiada>
- Miguel Ferrando, A. V. (s.f.).** *Introducción. Parámetros de Antenas.*  
Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia:  
[http://www.upv.es/antenas/Documentos\\_PDF/Notas\\_clase/Tema\\_1.PDF](http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Tema_1.PDF)
- Morgado, J. M., Jimenez, A., & Ferrer, J. (2005).**  
<http://informatica.iescuravalera.es/iflica/gtfinal/libro/index.html>
- Navarro, D. (6 de Noviembre de 2013).** *red de telecomunicaciones banda ancha.* Obtenido de

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4916/NAVARRO\\_DIEGO\\_RED\\_TELECOMUNICACIONES\\_BANDA\\_ANCHA\\_MOQUEGUA\\_ANEXO13.pdf?sequence=28](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4916/NAVARRO_DIEGO_RED_TELECOMUNICACIONES_BANDA_ANCHA_MOQUEGUA_ANEXO13.pdf?sequence=28)  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4916/NAVARRO\\_DIEGO\\_RED\\_TELECOMUNICACIONES\\_BANDA\\_ANCHA\\_MOQUEGUA\\_ANEXO13.pdf?sequence=28](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4916/NAVARRO_DIEGO_RED_TELECOMUNICACIONES_BANDA_ANCHA_MOQUEGUA_ANEXO13.pdf?sequence=28)

**Nave, M. O. (s.f.). CLASIFICACION DE LA POLARIZACION.** Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/polclas.html>

**RC.NET. (s.f.).** Recuperado el 26 de febrero de 2016, de RC.NET:  
<http://www.radiocomunicaciones.net/radio-enlaces.html>

**Reyes, R. (7 de JULIO de 2015).** *ONDAS GUIADAS-FIBRA OPTICA.* Recuperado el 27 de FEBRERO de 2016, de ONDAS GUIADAS-FIBRA OPTICA: <https://oeg4cm18e1.wordpress.com/2015/07/07/fibra-optica/>

**Santa Cruz, O. (2 de Octubre de 2010).** *ELECTRONICA APLICADA III.* Obtenido de ELECTRONICA APLICADA III:  
<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlanteleXterior/IntroduFO2.pdf>

**Silva Franco, J. J. (2011).** *REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.* Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6732>

**Silva, J. (Diciembre de 2011).** de 2016, de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6732>

**sincables.com.ve. (s.f.).** Obtenido de Instalación de Antenas:  
<http://sincables.com.ve/v3/content/49-instalacion-de-antenas>  
Summ, J. (12 de 07 de 2013). *Brainly.* Obtenido de Los Radio enlaces, Definición , descripción, características y tipos :  
<http://brainly.lat/tarea/206479?source=500>

**Torres, N. (15 de mayo de 2012).** *GENERALIDADES DE LA COMUNICACIÓN.* Obtenido de <http://comunicacioniccs.blogspot.com/2012/05/generalidades-de-la-comunicacion-1.html>

**Torres, R. (4 de Octubre de 2015).** *Radioenlaces Digitales.* Obtenido de Parámetros Básicos de un Radioenlace:  
<http://radioenlacesrt.blogspot.com/>

**Ubiquiti. (2012-2013).** *Ubiquiti Network.* Obtenido de [www.ubnt.com](http://www.ubnt.com)

**UIT. (29 de Febrero de 2016).** Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>

**UIT-T. (15 de Mayo de 2014).** *UIT-T G.651.* Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.651.1/es>

**UIT-T. (14 de Mayo de 2014).** *UIT-T G.652.* Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/es>

***wni mexico, wireless solutions. (s.f.).*** Recuperado el 26 de febrero de 2016, de [http://wni.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=62:antenas-y-sistemas-de-comunicacion-wireless-para-el-transporte&catid=31:general&Itemid=79](http://wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenas-y-sistemas-de-comunicacion-wireless-para-el-transporte&catid=31:general&Itemid=79)

## Glosario de términos

**POE:** Power Over Ethernet (Alimentación a través de Ethernet)

**DBI:** Decibel sobre radiador isotrópico.

**UIT-T:** Sector de normalización de las telecomunicaciones.

**EMI:** Interferencia electromagnética.

**INAMHI:** Instituto nacional de meteorología en hidrología.

**BW:** Bandwidth (Ancho de banda).

**OTDR:** Optical Time Domain Reflectometer (Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo).

**LOS:** Line of Sight (Línea de vista).

**FI:** Frecuencia intermedia.

**RF:** Radio Frecuencia.

**AGC:** Control automático de Ganancia.

**HF:** High frequency (Alta frecuencia).

**SiO<sub>2</sub>:** Óxido de silicio.

**SHF:** Super high frequency (Frecuencia súper alta).

**MHZ:** Mega Hertz.

**MBPS:** Mega bits por segundo.

**SMF:** Single Mode Fiber.

**UIT:** International Telecommunications Union (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

**UV:** Ultravioleta.

**LP:** Linear Polarization (Polarización Lineal).

## Anexos 1

### Materiales utilizados en el radio enlace Mapasingue-Banco Bolivariano

Numero de material	Cantidad	Descripción
01010419001	6	Cable coaxial a tierra kits de 1/4 "y 3/8" Cable
C000065K022	2	PTP 650 Lite (hasta 125 Mbps) a completa (hasta 450 Mbps) mejora la capacidad del enlace licencia por ODU
C000065L007	2	LPU y el kit de puesta a tierra (1 juego por END)
C050065H033	2	PTP 650 Integrado END con AC + DC de alimentación mejorada (ROW - Cable de EE.UU. Línea). El kit incluye ODU, fuente de alimentación, soporte de montaje y cable de la línea de EE.UU.
WB3176	1	328 pies (100 m) de bobina exterior con revestimiento de cobre CAT5E (Recomendado para PTP)

### Datos de configuración del enlace

Configuración del enlace	
Capacidad	Completo (Hasta 450 Mbps)
Temporización de la red	Discapacitado
Ancho de Banda	40 MHz
E1/T1	Ninguna
Meioramiento	IP
Sincronización	Discapacitado
Simetría	Simetrico
Carga Util	Habilitado
Modo mas alto de la modulación	256QAM 0.81
Modo de Ethernet mas bajo	BPSK 0.63 Snql
Dominador	Mapasingue

## Parámetros de instalación del radio enlace desde el emisor Mapasingue

Notas de instalación Rbs Mapasingue	
Plataforma Variante	Antena integrada
Altura de la antena	33.0 metros AGL
Tipo de antena	Cambium Networks Integrato de Doble antena polar
Enlace Bco <u>Bolivariano</u>	33.23° a partir del norte verdadero 35.08° del Norte <u>Magnetico</u>
Declinacion Maqnetica	1.84° W ±0.31° por cambio 0.16° W por año
Anqulo de inclinación de la antena	-1.8° (Inclinación hacia abajo)
Nombre del enlace	Mapasingue al Banco Bolivariano
Nombre del sitio	Mapasingue
Latitud	02:09:12.3S
Lonqitud	079:55:01.1W
Altitud	127 meters
Interfaz TDM	Ninquna
Modo esclavo maestro	Dominante
Carqa Util	Habilitado
Max Modo de recibir la Modulación	256QAM 0.81 Dual
Modo de la modulación de datos mas baja	BPSK 0.63 Snql
Optimización Modo del enlace	Trafico Ip
<u>Modo de sincronización</u> TDD	Discapacitado
Banda de regulación	5.8-44 GHz
Canal de ancho de banda	40 MHz
Enlace de simetría	Simetrico
Potencia maxima de transmisión	27 dBm
Modo de ranqo	Auto 0 a 40 kilometros
Predijo de potencia recibida	-43 dBm ± 5 dB
Perdida de enlace predicho	116.09 dB ± 5.00 dB

## Parámetros de instalación del radio enlace desde el receptor Banco Bolivariano

Installation Notes for <b>Bolivariano</b>	
Plataforma de variación	Antena integrada
Altura de la antena	37.0 metros AGL
Tipo de antena	Cambium Networks Integrado Doble antena Polar
<u>Aputando a Mapasingue</u>	213.23° a partir del norte verdadero 215.09° del norte <b>Magnetico</b>
Declinación magnetica	1.85° W ±0.31° por el cambio de 0.16° W por año
Angulo de inclinación de la antena	1.8° (inclinación hacia arriba)
Nombre del enlace	Mapasingue a Bco. Bolivariano
Nombre del sitio	Bco. Bolivariano
Latitud	02:08:01.0S
Longitud	079:54:14.7W
Altitud	45 metros
TDM Interfaz	Ninguna
Modo esclavo maestro	Slave
Carqa Util Dual	Enabled
Maximo modo de recibir la modulación	256QAM 0.81 Dual
Modo de modulación de datos mas baja	BPSK 0.63 Snql
Optimización Mod. enlace	IP Trafico
Modo de sincronización TDD	Discapacitado
Banda de regulaci3n	44 - 5.8 GHz
Canal de banda ancha	40 MHz
Simetria del enlace	Simetrico
Potencia de transmisi3n maxima	27 dBm
Modo de ranqo	Auto 0 a 40 kilometros
Recibe prodijo de potencia	-43 dBm ± 5 dB
Perdida del enlace predicho	116.09 dB ± 5.00 dB

## Rendimiento de los enlaces Mapasingue-Banco Bolivariano

Rendimiento Mapasingue*	
El rendimiento promedio de IP Prevista	205.43 Mbps
La media de rendimiento requerido IP	5.00 Mbps
IP minimo rendimiento requerido	1.00 Mbps
El rendimiento minimo IP disponibilidad predicha	100.0000% (No disponible 0 segundos/año)

Rendimiento Bco Bolivariano*	
El rendimiento promedio de IP Prevista	205.43 Mbps
La media de rendimiento requerido IP	5.00 Mbps
IP minimo rendimiento requerido	1.00 Mbps
El rendimiento minimo IP disponibilidad predicha	100.0000% (No disponible 0 segundos/año)



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Katherine Isabel Painii Carriel** con C.C: **1205509597** autora del trabajo de titulación “**Análisis del efecto del ruido, latencia e interferencias en la comunicación de datos por un enlace de radio desde el nodo Mapasingue al Banco Bolivariano Agencia Alborada de la ciudad de Guayaquil, para migrar la información por enlace de radio a un enlace de fibra óptica.**” Previo a la obtención del título de **INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de Marzo de 2016

---

Nombre: Katherine Isabel Painii Carriel  
C.C: 1205509597

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	“Análisis del efecto del ruido, latencia e interferencias en la comunicación de datos por un enlace de radio desde el nodo Mapasingue al Banco Bolivariano Agencia Alborada de la ciudad de Guayaquil, para migrar la información por enlace de radio a un enlace de fibra óptica.”		
<b>AUTOR(ES)</b>	Painii Carriel Katherine Isabel		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Romero Rosero Carlos Bolívar		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Telecomunicaciones		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniera en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	14 de Marzo de 2016	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	86
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Fibra óptica, Radio enlace		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Transmisión de datos, Sistema de fibra óptica, Señal de información, Ruido.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>			
<p>El propósito principal de este proyecto es la migración de la señal de información transmitida desde un sistema de radio enlace ubicado en el sector del Cerro de Mapasingue a otro medio de transmisión, debido a que la transmisión de datos que recibe el Banco Bolivariano Agencia Alborada ubicado en el norte de la ciudad de Guayaquil se ha influenciado por ruido, latencia e interferencias en la señal recibida; los trabajadores y usuarios que realizan uso del servicio de esta transmisión sienten inconformidad con el servicio; Solicitan a Ingenieros expertos en el área de las telecomunicaciones una solución factible, los cuales plantean la migración de este enlace a un sistema de Fibra óptica como el mejor medio de transmisión conocido actualmente, el cual es inmune al ruido, con latencia despreciable y niveles de atenuación mínimos, beneficiando a trabajadores y usuarios de la compañía financiera para que estos puedan seguir brindando un servicio de calidad.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0990068522	<b>E-mail:</b> Katty_painii@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	<b>Teléfono:</b> 0968366762		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>		