



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TEMA:

**Propuesta de Factibilidad para un Radio Enlace redundante de banda
ancha basado en tecnología OFDM para la Empresa Life Food Products**

AUTOR:

Castro Pacheco, Gabriel Alejandro

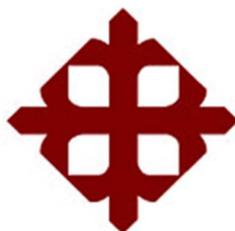
Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

Córdova Rivadeneira, Luis Silvio

Guayaquil, Ecuador

13 de Marzo del 2017



**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 el Sr.
Castro Pacheco, Gabriel Alejandro como requerimiento para la obtención
del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

Córdova Rivadeneira, Luis Silvio

DIRECTOR DE CARRERA

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 13 del mes de marzo del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Castro Pacheco, Gabriel Alejandro**

DECLARÓ QUE:

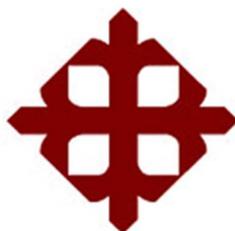
El trabajo de titulación “**Propuesta de factibilidad para un radio enlace redundante de banda ancha basado en tecnología OFDM para la empresa Life Food Products**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 13 del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

CASTRO PACHECO, GABRIEL ALEJANDRO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Castro Pacheco, Gabriel Alejandro**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Propuesta de factibilidad para un radio enlace redundante de banda ancha basado en tecnología OFDM para la empresa Life Food Products”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 13 del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

CASTRO PACHECO, GABRIEL ALEJANDRO

REPORTE DE URKUND

URKUND Luis Córdova Rivadenería (luis_cordova)

Documento: [tesis.final.docx](#) (D26056714)
Presentado: 2017-02-27 13:33 (-05:00)
Recibido: luis.cordova.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje: Trabajo de titulación Castro Pacheco [Mostrar el mensaje completo](#)
0% de esta aprox. 20 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 0 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	TESIS-PARTE2.docx
	ProyectoTitulacionEscalante.docx
	cinthia.tesis.docx
	1436757350_149_Antenas%252BOmnidireccionales.pdf
	http://www.arctel.gob.ec/espectro-radioelectrico/
Fuentes alternativas	
	caratula.docx
	ProyectoTitulacionEscalante.docx
	Análisis de un caso de histeria masculina.docx
	SALAZAR_MARCOS.docx
	EXAMEN COMPLEXIVO CASO.docx
	CARATULAS.docx

0 Advertencias. Reiniciar Exportar Compartir

gabo_castro009@hotmail. com 99CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando Teléfono: +593-9-68366762 E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA No. DE REGISTRO (en base a datos): No. DE CLASIFICACIÓN: DIRECCIÓN

rubendps1992@ com CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando Teléfono: +593-9-68366762 E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA No. DE REGISTRO (en base a datos): No. DE CLASIFICACIÓN: DIRECCIÓN

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a toda mi familia especialmente a mis padres que en ningún momento dejaron de mostrar su soporte para lograr alcanzar el objetivo

A cada uno de los maestros que dejaron algo más que instrucciones académicas y me apoyaron en todo momento.

A mi abuela Ángela Chávez de Pacheco quien me observa desde el cielo como si estuviese aquí a mi lado, gracias Mami.

EL AUTOR

CASTRO PACHECO, GABRIEL ALEJANDRO

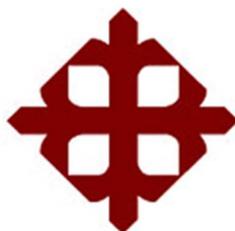
AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que me puso en este camino donde todo está en su control y su plan es bueno para mí.

A mis padres que nunca dejaron de creer en mí y en mi proceso académico, mi Madre quien no encuentra otro motivo para sonreír que ver a uno de sus hijos crecer y obtener logros en la vida y a mi Padre quien ha sido mi gran inspiración y modelo a seguir y me motiva a lograr todos mis objetivos trazados.

EL AUTOR

CASTRO PACHECO, GABRIEL ALEJANDRO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

LUIS SILVIO, CORDOVA RIVADENEIRA
TUTOR

f. _____

HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO
COORDINADOR DE TITULACIÓN

Índice General

Índice de Figuras	XII
Índice de Tablas.....	XIII
Resumen	XIV
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.	3
1.3. Definición del Problema.....	4
1.4. Justificación del Problema.....	4
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos.	5
1.6. Hipótesis.	5
1.7. Metodología de Investigación.....	6
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.1. Propagación	7
2.2. Propagación de ondas electromagnéticas	7
2.3. Modelo de Espacio Libre	8
2.4. Principales mecanismos de propagación.....	9
2.4.1. Reflexión	9
2.4.2. Difracción	10
2.4.3. Refracción	11
2.4.4. Interferencia.....	12
2.5. Zona de fresnel	13
2.6. Calculo de antenas y su altura	15
2.7. Antenas.....	16
2.6.1. Polarización	17
2.6.2. Antenas omnidireccionales	18
2.6.3. Antenas Direccionales	19
2.6.4. Antenas utilizadas en Microondas	20

2.6.5.	Antena de reflector parabólico	21
2.8.	Tipos de alimentación para Antenas.....	21
2.9.	Ancho de banda de antena	22
2.10.	Sensibilidad o Umbral de receptor.....	22
2.11.	Perdidas en el espacio libre.....	23
2.12.	Margen de desvanecimiento.....	23
2.13.	Espectro radioeléctrico	24
2.14.	Presupuesto de potencia de radio enlaces	25
2.15.	Modulación OFDM	25
2.11.1.	Modelo estándar de OFDM.....	28
2.16.	Sistemas MIMO.....	29
CAPÍTULO 3: SIMULACION Y RESULTADOS OBTENIDOS		31
3.1.	Perfil topográfico del trayecto	31
3.2.	Tipos de torre para radio enlace.....	33
3.2.1.	Torres de radioenlaces	34
3.2.2.	Características y normativas.....	34
3.2.3.	Torres auto-soportadas.....	34
3.2.4.	Características generales	35
3.2.5.	Componentes necesarios de Torres	36
3.3.	Estudio de factibilidad.....	37
3.3.1.	Equipos y características	38
3.3.2.	LINKPlanner	40
3.3.3.	Simulación de Propuesta.....	43
3.3.4.	Calculo de zona de Fresnel	44
3.3.5.	Presupuesto de potencia	47
3.3.6.	Perdidas de espacio libre.....	50
3.3.7.	Potencia de receptor.....	50
3.3.8.	Margen de desvanecimiento.....	51
3.3.9.	Umbral de receptor.....	51
3.3.10.	Empleo de Frecuencias	52
3.4.	Costo total de la propuesta.....	53

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
4.1. Conclusiones.....	55
4.2. Recomendaciones.....	56
Referencias bibliográficas.....	58

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1: Reflexión de ondas electromagnéticas.....	10
Figura 2. 2: Difracción de las ondas electromagnéticas	11
Figura 2. 3: Refracción de una onda entre dos medios	12
Figura 2. 4: Interferencia de las Ondas en presencia de demás efectos.....	13
Figura 2. 5: Zona de Fresnel entre Antenas	15
Figura 2. 6: Polarizaciones de antena (a) lineal (b) circular (c) circular	18
Figura 2. 7: Antena Direccional de Tambor	20
Figura 2. 8: Modulación OFDM vs Modulación convencional.....	26
Figura 2. 9: Ubicación de distintas frecuencias en ODFM	28
Figura 2. 10: Ortogonalidad Aplicada en ODFM	29

Capítulo 3

Figura 3. 1: Línea de visión geográfica de los puntos.....	32
Figura 3. 2: Perfil Topográfico de la línea de visión.....	32
Figura 3. 3: Esquema general de una torre auto-soportada	35
Figura 3. 4: Antena de Cerro Azul y línea de vista	37
Figura 3. 5: Cambium PTP 450 montada en Dish HK2022.....	39
Figura 3. 6: Interfaz de inicio PTP LinkPlanner	41
Figura 3. 7: Nuevo sitio de red	41
Figura 3. 8: Nuevo LINK, puntos ingresados para estudiar	42
Figura 3. 9: Simulación final de enlace.....	42
Figura 3. 10: Zona de Fresnel aplicada.....	43
Figura 3. 11: Configuración punto de transmisión	44
Figura 3. 12: Configuración de punto de recepción.....	44
Figura 3. 13: Equipos configurados para enlace.....	44
Figura 3. 14: Pérdidas de espacio libre presentado por simulación	48
Figura 3. 15: Presupuesto de potencia antena de transmisión	48
Figura 3. 16: Presupuesto de potencia antena de recepción.....	48

Índice de Tablas

Capítulo 3

Tabla 3. 1: Tabla de datos de Torre Azul	33
Tabla 3. 2: Tabla de datos de Life Food Products	33
Tabla 3. 3: Tabla de datos Equipos PTP450	38
Tabla 3. 4: Tabla de datos Antena dish HK2022	39
Tabla 3. 4: Tabla de costo total.....	54

Resumen

El presente trabajo lo desarrollamos con la intención de sustentar la implementación de un enlace redundante de última milla radial el cual solucione los problemas de pérdida de conectividad generados por los cortes de la última milla de fibra óptica de la empresa Life Food Products.

Se realizaron estudios de la tecnología de última milla radial de vanguardia como lo es mimo y ofdm para poder brindar la mejor de las soluciones, teniendo equipos de última generación de la marca Cambium Networks nos permitió tener una amplia elección de frecuencias para trabajar al igual que las características de los puntos a conectar goza de una línea de vista sin obstrucciones. Habiendo identificado el problema, nos planteamos garantizar la factibilidad e implementación de dicho enlace basándonos en cálculos y simulaciones, las cuales fueron exitosas y nos respaldan en la elección de los equipos, frecuencias, potencia efectiva e irradiada, torres de soporte y tecnología de propagación

Finalmente desplegamos diferentes beneficios que gozaría el usuario del enlace al decidirse por implementar nuestra propuesta, siendo la más importante el hecho de no volver a perder conectividad en la repetida situación de problemas con la última milla que actualmente poseen, determinando así un éxito el estudio realizado.

Palabras claves: RADIAL, REDUNDANTE, MIMO, OFDM, FACTIBILIDAD, GARANTIZAR, ESTUDIO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.

El presente proyecto lo basamos en la necesidad de comunicación constante entre empresas o entidades al internet no solo en el ámbito de entretenimiento o investigación de temas de relevancia para quien desee indagar, sino de la profunda necesidad de mantener una conexión de confianza la cual permita acceso a información del internet o hallada en un servidor la cual será vital para lograr objetivos trazados.

La adaptación a la tendencia de mantener comunicados puntos distantes de empresas en crecimiento ha aumentado considerablemente con cada año que vamos superando y la expansión hacia puntos ubicados en zonas no rurales crece de igual manera, por lo que las complicaciones para enlaces cableados gana un considerable riesgo a sufrir mayores amenazas a su integridad y como tal al servicio brindado.

Esto generara que en gran cantidad las empresas o sucursales ubicadas en dichas zonas sufran de constantes cortes en el servicio y deban de abarcar sus necesidades en tiempos fuera de lo programado tal como sucede repetidamente en la empresa Life Food Products

Esta afectación influye de manera directa a los procesos e intenciones que tengan dicha empresa, por el hecho de que por el tiempo que el enlace

este afectado, se priva el acceso a internet y a la transmisión de datos a una escala considerable, servicio que crea inconformidad ya que fue contratado para brindar una conectividad continua y estable.

1.2. Antecedentes.

Las empresas proveedoras de internet (ISP) constantemente buscan la manera de mejorar su calidad de servicio, haciendo uso de equipos cada día más modernos reemplazando así los discontinuados al igual que las tecnologías se busca innovar día a día de tal manera se aprovecha de mejor manera el escenario y espectro el cual se esté usando para lograr la mayor confiabilidad del cliente en tener enlaces operativos la totalidad del tiempo de horas laborables. Para lograr satisfacer a cliente los cuales son propensos a constantes afectaciones naturales como cortes de fibra por terceros, ya sea mobiliaria pesada o insectos que se alimenten del material cableado de los enlaces, la solución es proponer un enlace redundante se respaldó paralelo al ya existente enlace de Fibra óptica el cual entrara en función cada que exista un tipo de corte o falla del enlace principal previamente mencionado.

Dado esto se realizan constantemente estudios en los cuales se determina cual es la solución viable para cada cliente que solicite un enlace de respaldo buscando tener una estabilidad superior a la que actualmente se atienden.

Dichos estudios serán tomados como antecedente para el presente proyecto el cual busca resolver el inconveniente que presenta la empresa Life Food Products

1.3. Definición del Problema.

El problema que afecta a la sucursal de la empresa Life Food Product se genera por los continuos cortes de servicio, los cuales se traducen en tiempos perdidos irrecuperables para la producción de la empresa siendo esto una pérdida de alrededor de 45,000 a 50,000 en negocios establecidos.

Dichos cortes son ocasionados por ya sea animales o insectos que viven en los alrededores o actividades de terceros en zonas aledañas las cuales afectan íntegramente el enlace cableado que posee la empresa, por estas razones proponemos el estudio que garantizara una conectividad al internet y a su servidor de datos en la totalidad de sus horas laborables.

1.4. Justificación del Problema.

Con el estudio a realizar se desea demostrar la solución al inconveniente presente en el enlace cableado el cual limita las ambiciones de la empresa proponiendo la implementación de un enlace secundario en las inmediaciones de dicha sucursal de la Empresa Life Food Products

Este trabajo de investigación pretende aportar en calidad de solución a las instalaciones de la empresa Life Food Products ubicada en el kilómetro 15

½ vía a la costa, proponiendo una tecnología de última milla radial que garantizara el servicio en su totalidad brindando así estabilidad en el tráfico de internet y transmisión de datos para el desarrollo de la misma

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Realizar un estudio para la factibilidad de la propuesta de implementación de un enlace redundante de última milla radial el cual solucione la pérdida de servicio generado por los constantes cortes de última milla en la empresa Life Food Products mejorando así el servicio brindado.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Garantizar a través de los resultados obtenidos la confiabilidad del enlace radial propuesto
- Estudiar la tecnología OFDM la cual sería utilizada para nuestra propuesta
- Analizar los beneficios que brindaría el implementar un enlace redundante de última milla radial

1.6. Hipótesis.

La hipótesis inicial planteada es que con la implementación de un enlace redundante de última milla radial con capacidades tecnológicas MIMO y OFDM en las instalaciones de la sucursal será capaz de garantizar la

continuidad del servicio brindado por el enlace principal el cual es de última milla cableada por fibra óptica

1.7. Metodología de Investigación.

El método empleado en el presente trabajo es el Método de inducción científica, dado que realizamos un estudio de la tecnología y equipos que proponemos con el fin de entenderlos y poder apoyarnos luego en la experimentación y cálculos los cuales nos servirán como sustento para acreditar o desacreditar la hipótesis planteada en base a la problemática que queremos solventar.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Propagación

Propagación se refiere a la naturaleza que toma una onda de radio para transportarse de un punto A hacia un punto B, los eventos que sucedan en el transcurso de la travesía dependerán del modelo de propagación al cual este sujeto la onda electromagnética que se desee aplicar. Las ondas electromagnéticas son capaces de propagarse a través de un sin número de materiales dieléctricos tales como el aire o el mar, este último presenta mayor pérdida ya que los campos eléctricos impulsan a que fluya corriente y se disipe la energía de la onda con igual rapidez a la que viaja (Rappaport, 2008)

2.2. Propagación de ondas electromagnéticas

Entendemos por ondas electromagnéticas a toda onda que viaja en la atmosfera terrestre siendo estas las empleadas para la comunicación entre dos o mas puntos en la faz de la tierra y estas son afectadas por todo cambio y naturaleza de la tierra misma.

Contamos con diferentes maneras de poder propagar las ondas electromagnéticas dependiendo de las condiciones a la que se atienda cada posible enlace donde propaguemos, en lo regular las ondas tienden a viajar en línea recta algo que a simple vista no afectaría su desarrollo, sin embargo la curvatura natural de la tierra al igual que los cambios y efectos naturales del clima afectaran el trayecto y la integridad de la onda electromagnética.

Son tres las formas de propagación que se experimentan dentro de nuestra atmosfera y las clasificamos como ondas terrestres, ondas espaciales y ondas celestes

2.3. Modelo de Espacio Libre

El modelo de propagación en el espacio libre o vacío, se emplea cuando la línea de visión entre los puntos del radio enlace no tienen ningún objeto obteniendo así una transmisión óptima entre transmisor y receptor.

Este modelo mide la pérdida de potencia de manera similar a lo que afecta a todo modelo de propagación para ondas electromagnéticas en forma que la distancia crece entre las antenas de transmisión y recepción será menor la energía recibida, esta se puede representar de la siguiente manera

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L}$$

Donde P_t es la potencia transmitida,

$P_r(d)$ es la potencia recibida la cual es función de la distancia entre el transmisor y el receptor

G_t es la ganancia de la antena transmisora

G_r es la ganancia de la antena receptora, d es la distancia de separación entre el transmisor y el receptor en metros

L es el factor de pérdida del sistema no relacionado con la propagación

Λ es la longitud de onda en metros (Tomasi, 2003)

2.4. Principales mecanismos de propagación

Reflexión, Difracción, Refracción e Interferencia son los 4 principales mecanismos que tienen impacto sobre la propagación en los enlaces radiales, la potencia recibida es generalmente el parámetro más importante cuando de propagación se trata, donde los mecanismos mencionados trastornan este parámetro de una forma directa

2.4.1. Reflexión

Cuando una onda electromagnética propagada en un medio trasciende a otro medio que tiene diferentes características eléctricas, la onda es parcialmente reflejada y parcialmente transmitida. Si la onda es propagada en un dieléctrico perfecto, parte de su energía será transmitida hacia el segundo medio y la otra parte se reflejara hacia el primer medio y no habrá pérdida de energía por parte de absorción. Si el segundo medio es un conductor perfecto, entonces toda la energía será reflejada hacia el primer medio sin pérdida de energía tal como nos muestra la figura 2.1

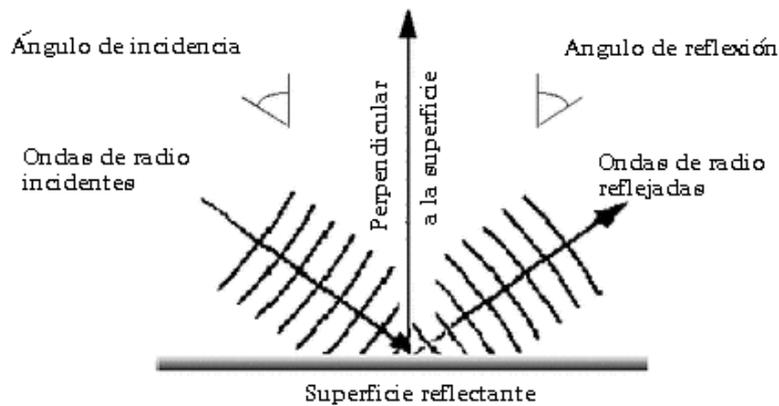


Figura 2. 1: Reflexión de ondas electromagnéticas
Fuente: (Tomasi, 2003)

2.4.2. Difracción

La Difracción permite a las señales de radio propagarse a través de la superficie curva de la tierra, traspasando el horizonte y propagarse pasando obstrucciones. Aunque la fuerza de campo recibida disminuye rápidamente en función a la profundidad del receptor tras la obstrucción, el campo de difracción aún existe obteniendo la mayoría de las veces suficiente fuerza para producir una señal utilizable

El fenómeno de difracción puede ser explicado por el principio de Huygens que establece que el campo de fuerza de una onda de difracción en la región sombreada será igual a la suma de todos los vectores de las ondas secundarias en el espacio alrededor del obstáculo

Como podremos apreciar en la Figura 2.2 las distintas formas de comportamiento de ondas ante el efecto de difracción

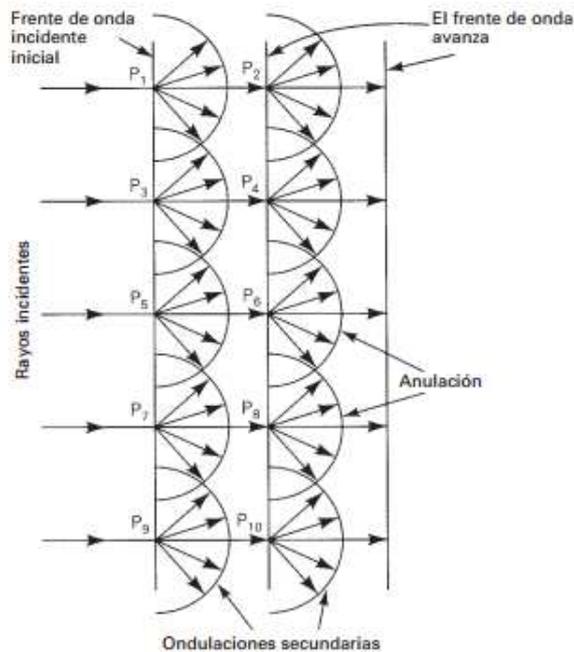


Figura 2. 2: Difracción de las ondas electromagnéticas
 Fuente: (Tomasi, 2003)

2.4.3. Refracción

La refracción se puede entender como el cambio de dirección de una onda al atravesar un camino oblicuo de un medio a otro con diferente velocidad de propagación. La velocidad de propagación de la onda electromagnética será inversamente proporcional a la densidad del medio en el que se realiza. Por ende, se produce el fenómeno de refracción cada que una onda electromagnética pasa de un medio a otro con diferente densidad como se observa en la figura

A continuación en la figura 2.3 entenderemos el ángulo incidente se llama al ángulo formado por la onda incidente y la normal y el ángulo de refracción se forma por la onda propagada en ambos medios, el normal y el

medio, dando como resultado el índice de refracción que no es más que el resultado entre la velocidad de propagación de la luz en el vacío y la velocidad de propagación de la luz en cierto material a usar.

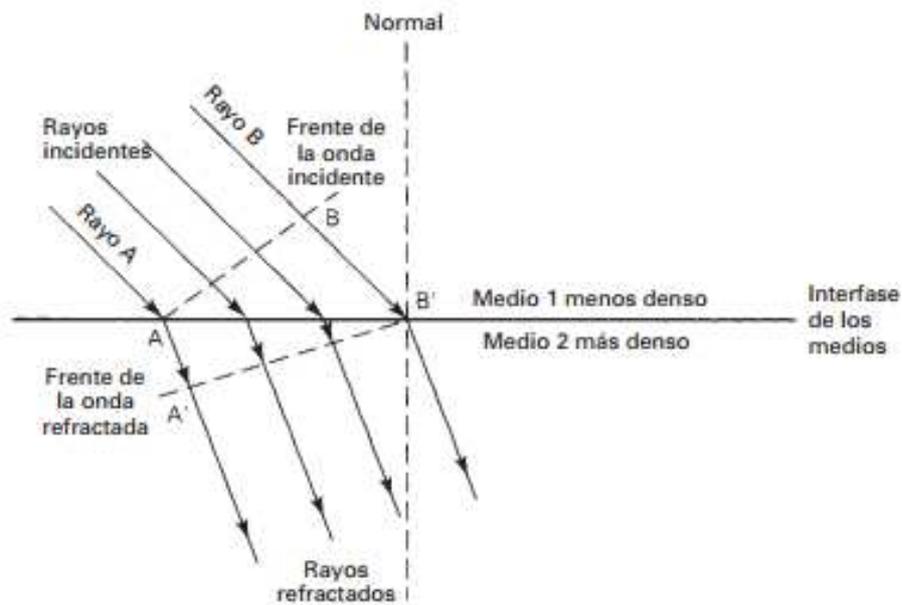


Figura 2. 3: Refracción de una onda entre dos medios
Fuente: (Tomasi, 2003)

2.4.4. Interferencia

La interferencia se produce cada que se combinan dos o más ondas electromagnéticas dando lugar a un efecto de degradación en el funcionamiento del sistema como tal. La interferencia está sustentada con el principio de superposición lineal de ondas electromagnéticas, y se presenta en su totalidad cuando dos o más ondas ocupan el mismo punto en el espacio simultáneamente. Este principio establece que la intensidad total de voltaje en un punto dado en el espacio es la suma de los vectores de ondas individuales.

En la siguiente figura se muestra la suma de dos vectores de características similares, cuyos ángulos de fase difieren en su ángulo. Podemos apreciar que el voltaje total no es simplemente la suma de las dos magnitudes vectoriales, sino más bien la suma Fasorial. En el modelo de propagación por el espacio libre, existe una diferencia de fases tan solo por diferir en polarizaciones electromagnéticas entre las dos ondas según el estado de estas pueden resultar en una soma o resta. En pocas palabras esto puede resultar en un vector mayor o menor a cualquiera de los dos vectores en la interferencia dando así una brecha donde se pueden anular entre si las ondas electromagnéticas.

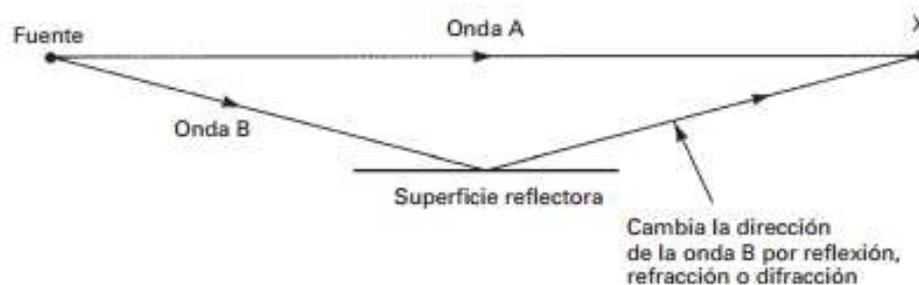


Figura 2. 4: Interferencia de las Ondas en presencia de demás efectos
Fuente: (Tomasi, 2003)

2.5. Zona de fresnel

Tanto en óptica como en telecomunicación, las zonas de fresnel tienen una forma de elipsoide, que corresponde al lugar geométrico que difiera en un múltiplo de $1/2$ longitud de onda del trayecto directo, entendemos que es necesario despejar los datos encontrados en la primera zona de fresnel adicionalmente a lograr tener una línea de visión ideal entre las antenas

La sección transversal de la primera zona de Fresnel es circular. Las zonas subsecuentes de Fresnel son anulares en la sección trasversal y concéntricas con las primeras. El concepto de las zonas de Fresnel se puede también utilizar para analizar interferencia por obstáculos cerca de la trayectoria de una antena de radio. La primera zona nos indicara a través de su resultado que tan óptima es la línea de visión y si se mantiene libre de obstáculos

Se entiende que tenemos un porcentaje máximo para conocer que no existe obstrucción alguna en la primera zona de Fresnel el cual es el 40% de la misma, un dato importante es el valor K que se refiere a la curvatura de la tierra, considerando que para un $K=4/3$ la primera zona deberá lograr se despejada al 100%, sin embargo para el estudio en el cual el valor de K se reduce a $\frac{3}{4}$ nos permite disfrutar de tan solo un 60% del despeje

La identificación de las zonas de Fresnel se inicia analizando la línea de visión de radio frecuencia, la cual conocemos como la línea imaginaria entre el equipo de transmisión y su receptor. A continuación tenemos la zona de Fresnel la cual rodea toda la línea de RF, posteriormente hallaremos el radio de esta zona para así determinar la primera zona de Fresnel tal como nos muestra la figura 2.5 aquí encontramos el Radio y la primera zona de Fresnel. (Tomasi, 2003)

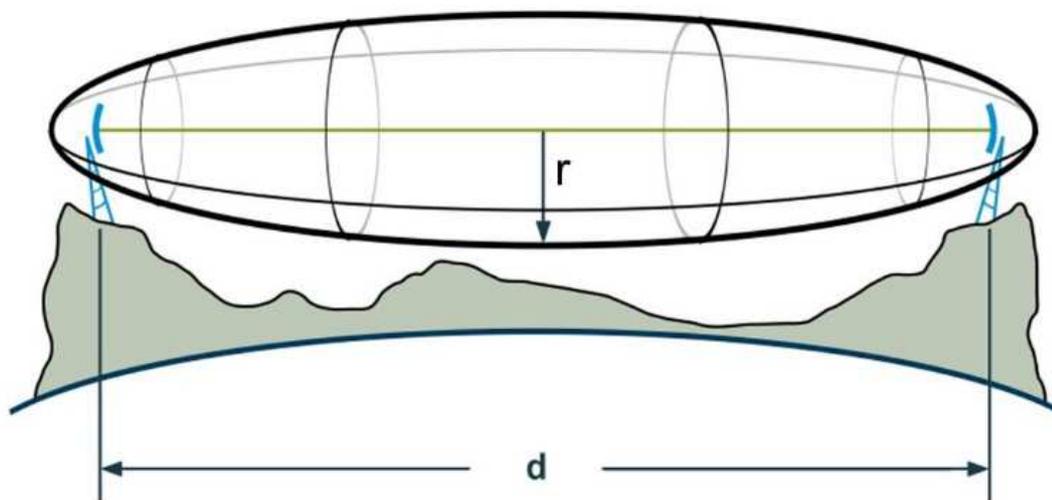


Figura 2. 5: Zona de Fresnel entre Antenas
Fuente: (Hucaby, 2014)

2.6. Cálculo de antenas y su altura

Para este cálculo se necesitara determinar la posición geográfica de los puntos a enlazar posteriormente realizar en un plano geográfico para poder obtener el perfil topográfico entre sí, considerando el modelo de propagación en el cual basamos nuestros enlaces seria el modelo de espacio libre, previamente indicado aquí se ignora los efectos de atmosfera y los obstáculos que son irrelevantes para la línea de visión.

Para poder realizar este despeje será necesario un previo estudio de la zona de fresnel obteniendo las alturas y línea de visión y los datos de la primera zona, posteriormente la frecuencia en la cual basamos nuestros equipos donde nuestro objetivo será que nuestro resultado sea superior al

radio de la primera zona de fresnel, así podremos sustentar que nuestra altura sugerida para las torres es ideal.

A continuación presentamos la fórmula que se utiliza para calcular la altura de torres

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{d} + (h_2 - h_1) - \left(H + \frac{d_1 * d_2 * 1000}{2K * a} \right)$$

Fórmula 2.1

2.7. Antenas

El mundo las comunicaciones inalámbricas sería simple si todas las antenas fueran creadas por igual, de hecho para proveer una buena cobertura radial ya sea a través de un edificio o entre dos localizaciones distantes, siempre enfrentaremos un sin número de variables.

En otras palabras un tipo de antena no puede abarcar todo tipo de aplicación, en cambio las antenas vienen en distintos tamaños y formas para cumplir su tarea de la mejor manera.

Una antena es un equipo compuesto por un conductor metálico que brinda la capacidad de irradiar o capturar ondas electromagnéticas, siempre nos han sido útiles para conectar nuestra transmisión de ondas con el espacio libre.

El principio es básico en todo enlace de radiocomunicación existe un extremo el cual será el transmisor se encargara de transformar la energía eléctrica de una línea de transmisión en la onda electromagnética que finalmente será emitida al espacio libre, mientras en el extremo de recepción encontraremos una antena que recibe y tratara la onda electromagnética que fue emitida al espacio para de tal manera regresarla a su estadio de energía eléctrica para poder ser enviada a la línea de transmisión deseada.

2.6.1. Polarización

Cuando una corriente alterna es aplicada a una antena, una onda electromagnética será producida, de previos estudios conocemos que dicha onda tiene dos componentes: una onda de campo eléctrico y una onda de campo electromagnético. El componente eléctrico de la onda siempre dará apertura a la orientación a la cual se maneje la antena. Se han producido antenas que crean ondas que oscilan de arriba abajo en dirección vertical mientras viaja en el espacio, así como también existen antenas que oscilan de adelante para atrás en un plano horizontal.

A esta orientación de la onda es a lo que llamamos polarización de la antena, existen las que son polarizadas verticalmente y su contraparte las horizontales y como tal la polarización no es un dato crítico para las antenas pero al momento de implementar un enlace debemos de tener convergencia entre los puntos transmisor y receptor.

Mostrado en la figura 2.6 los diferentes tipos de polarización podremos entender lo crucial y específico que puede ser cada una de ellas. (Rappaport, 2008)

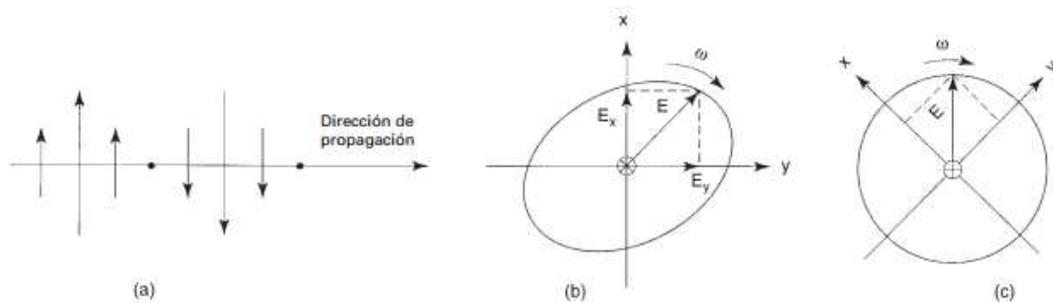


Figura 2. 6: Polarizaciones de antena (a) lineal (b) circular (c) circular
Fuente: (Tomasi, 2003)

2.6.2. Antenas omnidireccionales

Las antenas omnidireccionales usualmente son construidas en una forma de un cilindro fino. Esta tiende a propagar una señal similar en todas las direcciones externas del cilindro, pero no a lo largo del mismo. El resultado será una onda en forma de Dona patente que tiende a expandirse más en el campo H que el plano E. Estas son muy comúnmente usadas para amplias coberturas y son posicionadas en el centro, ya que las antenas omnidireccionales distribuyen la energía de las RF a través del área de cobertura, esta tendrá una relativa baja ganancia.

La más común de las antenas omnidireccionales son las antenas dipolo, muchas de estas tienen la capacidad de ser articuladas y dobladas de arriba para abajo para una mejor propagación al gusto del usuario. Como su nombre lo indica un dipolo tiene no cables que irradian una señal de radio frecuencia cuando una corriente alterna es aplicada a través de ellos como se muestra en la figura. Las antenas dipolo tienen una ganancia de entre +2 a +5 dBi.

2.6.3. Antenas Direccionales

Las antenas direccionales tienen una mayor ganancia que las omnidireccionales, ya que estas hacen enfoque de la energía radioeléctrica en una sola dirección, usualmente son usadas dentro de áreas largas en el interior de propiedades así como para cubrir largas distancias entre edificios o entre dos antenas descubiertas en el plano, tal como se muestra en la Figura 2.7 las antenas de plato usan un plato parabólico para enfocar toda señal recibida hacia la antena montada en el centro

En los enlaces que son basados en línea de visión , la señal de radio frecuencia debe de ser propagada una larga distancia usando una viga estrecha ya que el objetivo será una antena receptora que no deberá cubrir algún área fuera de la línea de visión para capturar la señal radioeléctrica

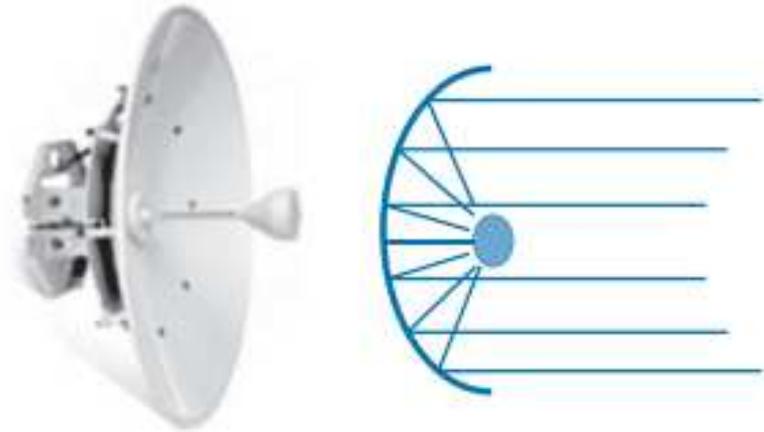


Figura 2. 7: Antena Direccional de Tambor
Fuente:(CCNA wireless, 2014)

2.6.4. Antenas utilizadas en Microondas

Comprendemos que las antenas usadas en UHF están en el rango de 0,3 a 3 GHz y para antenas microondas el rango de frecuencias va de 1 a 100GHz, estas deben ser muy direccionales, una antena tiene ganancia aparente por que concentra la potencia irradiada en un haz delgado, más que mandarlo por igual en toda dirección; además, la abertura del haz disminuye al aumentar la ganancia de la antena.

Un haz angosto minimiza los efectos de la interferencia debida a fuentes externas y a antenas adyacentes. Sin embargo, para transmisión un haz angosto impone varias limitaciones tales como desvanecimiento y causaran problemas en el alineamiento de las antena (Tomasi, 2003)

2.6.5. Antena de reflector parabólico

Las antenas como tal pueden ser usadas de distintas maneras para irradiar y ser usadas con el fin deseado, la antena adjunta a un reflector parabólico resultara en un aumento de ganancia siendo este el resultado de la adición de ambos valores característicos de ganancia de los dos equipos. Usualmente esta antena consiste de dos elementos uno Activo y el otro tan solo pasivo como es un reflector parabólico en forma de plato.

En si el elemento pasivo (plato) encerrara al equipo activo el cual irradiara ondas electromagnéticas hacia el reflector y este realizara un direccionamiento de la señal recibida hacia la dirección configurada por el usuario

2.8. Tipos de alimentación para Antenas

Hallado dentro de los elementos que contribuyen a las antenas encontramos el que irradiara la energía electromagnética hacia la antena parabólica, dicho elemento lo denominamos antena Primaria.

El objetivo de la antena primaria es irradiar la energía en dirección del reflector parabólico logrando el mínimo efecto de sombra el cual es virtualmente imposible , sin embargo innovando la estructura del diseño se ha logrado canalizar el mayor porcentaje de energía hacia la dirección deseada , paralelamente reduciendo la sombra generada por el mismo.

2.9. Ancho de banda de antena

Definimos el ancho de banda de una antena como el intervalo en el cual el funcionamiento de la antena llega a ser óptimo y satisfactorio basado en el cambio e intervalo de cambio de las frecuencias. También matemáticamente lo podemos entender como la diferencia encontrada entre las frecuencias de media potencia entre si

2.10. Sensibilidad o Umbral de receptor

Consideramos sensibilidad del receptor al nivel mínimo de señal de frecuencia electromagnética que podrá detectar y traducir a una señal relevante para la muestra de información demodulada hacia el cliente.

Lo que denominamos como una señal relevante o usable será un término ambiguo, ya que la relación entre el ruido y la señal adicional a la potencia de la señal en la transmisión del audio son las utilizadas para indicar la calidad de lo que será la señal recibida la cual determinaremos si es usable o no.

En nuestras aplicaciones en recepción de microondas de ancho de banda, la relación al ruido será de aproximadamente 40 dB o superior a dicho dato contando con un promedio de 5mW de potencia (7dbM) de la señal, este es el valor mínimo en el cual es utilizable para el receptor, Conocemos este dato también por el nombre de Umbral de receptor. (Tomasi, 2003)

2.11. Pérdidas en el espacio libre

Las pérdidas de las señales están presentes en todo tipo de enlace, más aun cuando su modo de propagación es en el vacío. Estas se producen en el transcurso que viajan las ondas y sin poder ser controladas estas se impactan con objetos los cuales generan el efecto de absorción y reflexión previamente explicados, conocemos también la dispersión de las señales lo cual es lo más cercano a poder explicar las pérdidas de espacio libre ya que estas se producen por el reparto de la energía de las señales que transmitimos y que como tal, será directamente proporcional a la distancia recorrida de su fuente, mayor distancia de su origen, mayor será su pérdida. (Tomasi, 2003)

$$L = 32,4 + 20 \log(d[\text{km}]) + 20 \log(f[\text{Mhz}])$$

Formula 2.2

Donde:

d: Es referente a la distancia en Kilómetros

f: Frecuencia de operación en MHz

2.12. Margen de desvanecimiento

Las radiocomunicaciones entre lugares remotos, sean de tierra a tierra o de tipo satelital, requieren la propagación de señales electromagnéticas por el espacio libre. Al suceder esto dichas ondas sufrirán por los cambios naturales del clima o del estado del día, ya sea noche o mañana, todo esto se atribuirá a todo tipo de perturbación meteorológica como lluvia, nieve, sol, etc. (Tomasi, 2003)

Dicho efecto es notoriamente superado por el sistema de nueva generación MIMO, mismo que será introducido posteriormente. Sin embargo presentamos la fórmula para calcular el margen de desvanecimiento

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

Formula 2.3

2.13. Espectro radioeléctrico

El espectro radioeléctrico u ondas radioeléctricas, la cual es conocida por trabajar máximo hasta los 3.000 GHZ logran su propagación en el vacío sin necesidad de una guía, y se encuentra atribuido a diferentes servicios de radiocomunicaciones.

El espectro radioeléctrico, concebido inicialmente como una idea matemática, hoy convertido en un medio, con elementos que configuran varias dimensiones, pues, en un sentido, es un recurso natural, limitado, y medible, que permite transportar energía, enviar y recibir mensajes de distinta naturaleza, a distancia, a través de un mecanismo de propagación por el espacio sin el concurso de una guía artificial.

En otro sentido, el espectro radioeléctrico, da consistencia y estructura interna, organiza y cohesiona el quehacer industrial, empresarial, en los sectores de las telecomunicaciones, la radiodifusión sonora y de televisión, los transportes, la investigación y desarrollo, los servicios públicos, presentando relevancia en el ámbito económico, particularmente en el

desarrollo de los mercados de provisión y comercialización de servicios, y en la generación de fuentes de trabajo. (Llanos, 2013)

2.14. Presupuesto de potencia de radio enlaces

Llamamos presupuesto de potencia para enlaces radiales al cálculo que se lleva a cabo entre las ganancias y pérdidas totales que existirán entre una antena de transmisión y su receptor. Esta incluye todo tipo de pérdida tales como cables de transmisión, conectores y el antes mencionado espacio libre con su pérdida.

Este cálculo lo llevamos a cabo para poder optimizar el diseño y poder conseguir los equipos ideales para sea cual sea nuestro escenario a estudiar.

2.15. Modulación OFDM

La descripción de la técnica de Multiplicación por División Ortogonal de Frecuencias (OFDM) es inspirada en aplicaciones de uso militar que se ejecuta a través de la división del espectro disponible en múltiples subportadoras. OFDM pretende evitar que los demoduladores consideren frecuencias distintas a las predeterminadas previo a la separación espectral la cual podemos definir como una técnica o tecnología de Modulación Digital de banda ancha que distribuye los datos las portadoras en múltiples subportadoras que están espaciadas entre si las cuales ya están configuradas para trabajar en frecuencias específicas.

Los beneficios que brinda OFDM son precisos y continuos dentro de ellos percibimos una alta eficiencia espectral, es eficiente ante las interferencias de otras Radiofrecuencias de igual manera disminuye la distorsión multitrayecto, otorgándonos así una tecnología relevante y versátil para los escenarios donde los enlaces de última milla radial serán propensos a sufrir de ruido e interferencia, tales como canales reusados o frecuencias compartidas de clientes activos. OFDM es altamente utilizado en proyectos LAN inalámbricos de igual manera en comunicaciones de alto ancho de banda y propagación de señales de televisión digital.

A continuación en la figura 2.8 podremos apreciar la diferencia entre un producto de la modulación OFDM y una señal modulada convencionalmente, claramente apreciamos la ventaja que al hacer uso de la técnica OFDM necesitaremos un menor ancho de banda teniendo presente distintas señales de manera simultánea en existencia

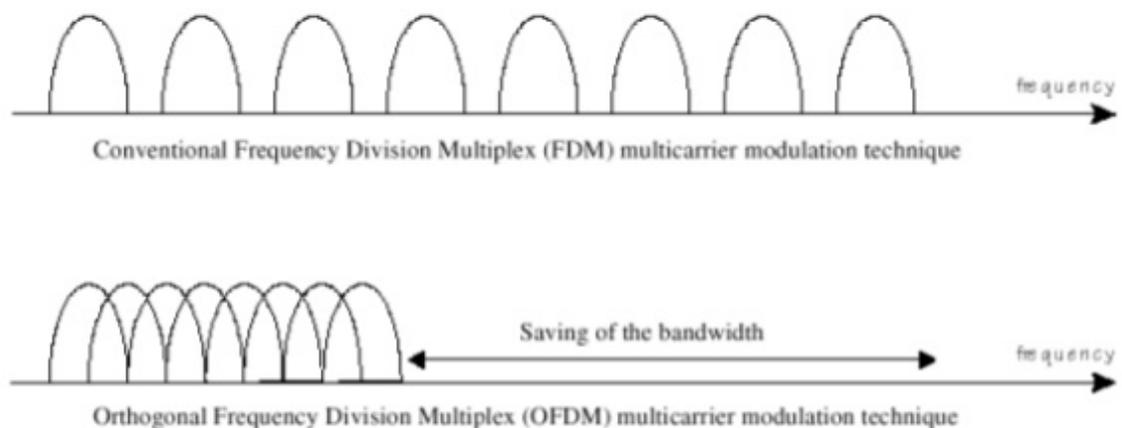


Figura 2. 8: Modulación OFDM vs Modulación convencional
Fuente: (Rappaport, 2008)

La tecnología OFDM es simplemente una compilación de distintas técnicas de transmisión antes usada las cuales reducen el impacto del desvanecimiento dado a su multitrayecto y deja a un lado la necesidad de usar una ecualización compleja. El conjunto de técnicas es aplicable tanto en enlaces inalámbricos como los que son transmitidos por un medio físico cableado, la denominación para la tecnología usada en sistemas cableados es Líneas Digitales de Abonado Asimétricos (ADSL) el cual es mundialmente demandado ya que ofrece las ventajas anteriormente mencionadas

El objetivo de dar ortogonalidad se lo logra en el momento que existe portadora con un máximo y el resto de portadoras existen tan solo nulos, esto nos permite poner muchas portadoras juntas, ya que mientras una está ejecutándose como tal las demás estarán inactivas

Sin embargo no todas las frecuencias en uso serán utilizadas para transmitir información, algunas serán usadas para frecuencias piloto adicional existen portadoras laterales que se dejaran sin uso para ser frecuencias de guarda tal como observamos en la figura 2.9 (Hola, 2011)

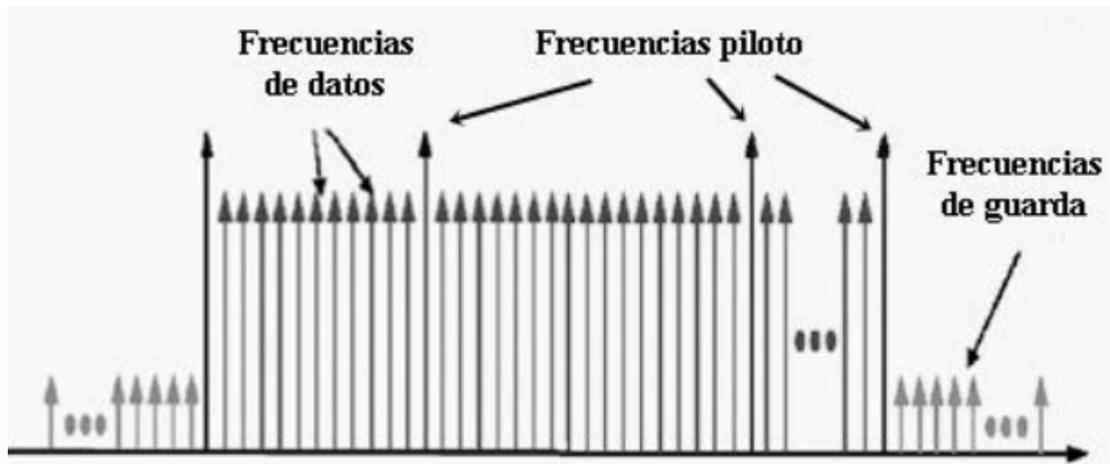


Figura 2. 9: Ubicación de distintas frecuencias en OFDM
 Fuente: (Hola, 2011)

2.11.1. Modelo estándar de OFDM

Luego de extensos estudios se llega a la conclusión que dividir el espectro disponible en abundantes subcanales crea un efecto de desvanecimiento plano el cual brinda facilidad de en la ecualización de cada uno de los canales. La ortogonalidad nos da paso a que la frecuencia entre los subcanales estén sobrepuestos brindando así una interferencia mínima entre los canales.

La aplicación más regular de la ortogonalidad la encontramos presente en los senos y cosenos. Tal como observamos en la figura 2.9, es posible una transmisión sin interferencia entre ondas sinusoidales gracias a la ortogonalidad la cual permitiendo varias subportadoras complementándose entre así donde los picos mínimos son entreverados con los picos máximos

logrando así una mínima interferencia haciendo uso del mismo ancho de banda

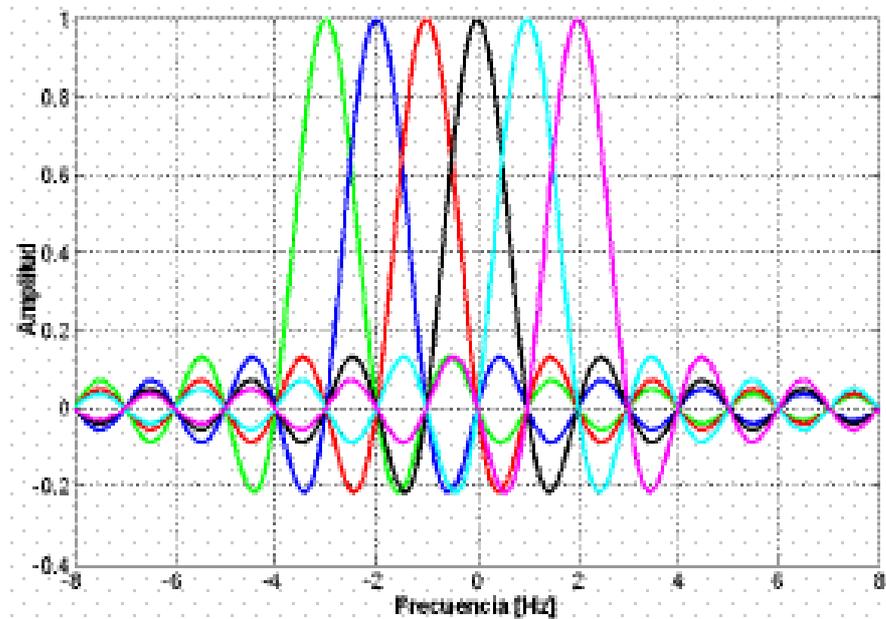


Figura 2. 10: Ortogonalidad Aplicada en ODFM
Fuente: (Rappaport, 2008)

2.16. Sistemas MIMO

El desarrollo de nuevas tecnologías referentes a las antenas de nueva generación denominadas “Antenas Inteligentes” es el sistema MIMO (Multiple-input Multiple-Output por sus siglas en inglés) la base de este sistema es la ambición de lograr una eficiencia espectral en comparación a los obsoletos y tradicionales sistemas de entrada simple. Se logró delimitar que el incremento de la transmisión no necesitaba un ancho de banda superior al usado regularmente, lo cual atrajo la atención de muchos ya que el espectro de

frecuencias como lo entendemos es un recurso limitado el cual mientras mejor utilizado mejor será la calidad de servicio brindada

El propósito de estos sistemas siempre será mejorar la eficiencia y la confiabilidad de los enlaces inalámbricos. Podemos distinguir como una de sus mejores características la capacidad de usar a su favor el desvanecimiento provocado ya sea por el multitrayecto o por los efectos climáticos suscitados en el trayecto de transmisión, adicional a la ganancia de diversidad obtenemos un aumento en la capacidad de transmisión de datos gracias a la multiplicación espacial la cual es más notoria aun al comparar MIMO con los sistemas tradicionales SISO, SIMO o MISO.

(Wallace, Jeffs, & Jensen, 2004)

CAPÍTULO 3: SIMULACION Y RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. Perfil topográfico del trayecto

Inicialmente realizamos una visita al punto de la empresa Life Food Products donde, gracias a un aplicativo libre de celular, obtuvimos las coordenadas exactas de donde proponemos ubicar la antena para nuestro enlace. Posteriormente realizamos la misma acción desde el punto de Cerro Azul donde estaría ubicada la antena de trasmisión, antena propiedad de un ISP líder en el país como lo es Telconet, la cual dispone de acceso terrestre, casetas y demás comodidades para realizar mantenimiento y futuras mejoras al servicio de radio enlace.

Como parte de nuestro estudio, propondremos un acuerdo comercial entre Telconet y Life food products en el cual se llegue a financiar el uso de sus instalaciones buscando el mutuo crecimiento de los participantes.

La distancia exacta del enlace es 7.1 kilómetros, donde esperamos obtener una línea de visión óptima dada las características de cada uno de los puntos con su localización

Gracias al software Google maps podemos apreciar de una manera confiable la línea de visión y distancia del trayecto del futuro radio enlace, como podemos observar en las figuras 3.1 y 3.2 la línea de visión es óptima



Figura 3. 1: Línea de visión geográfica de los puntos
Fuente: Google Maps

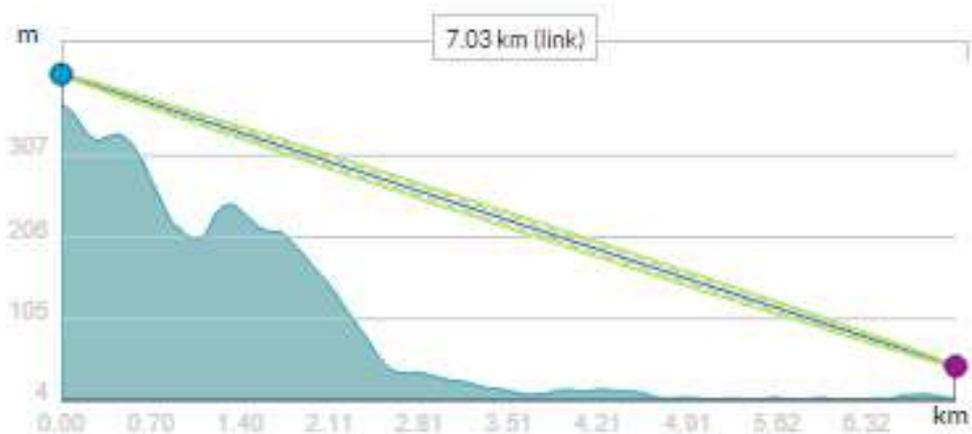


Figura 3. 2: Perfil Topográfico de la línea de visión
Fuente: AirLink OS

En la tabla 3.1 y 3.2 presento un resumen de los datos conseguidos por Google maps y la visita técnica realizada a los puntos de estudio.

Tabla 3. 1: Tabla de datos de Torre Azul
Fuente: Autor

Torre Cerro Azul (sw1CeAzul)	Cerro Azul
Altura de Torre de transmisión	50 Metros
Coordenadas de la Torre	2°16'67.1" S 79°95'55.1 "O
Distancia del enlace	7.1 Kilómetros
Cantón	Guayaquil

Tabla 3. 2: Tabla de datos de Life Food Products
Fuente: Autor

Empresa a proponer	Life Food Products
Altura de Torre de recepción	25 Metros
Coordenadas de la Torre	2°19'33.6" S 80°01'33.0 "O
Distancia del enlace	7.1 Kilómetros
Cantón	Guayaquil

3.2. Tipos de torre para radio enlace

Para poder lograr la interconexión entre los puntos se requerirá ubicarlos en torres auto-soportadas las mismas que proponemos por tener la calificación y aprobación de distintas normativas.

3.2.1. Torres de radioenlaces

Existen 2 tipos de torres usadas para radioenlaces en telecomunicación, son las siguientes:

- Torres auto-soportadas sección cuadrada
- Torres auto-soportadas sección triangular

3.2.2. Características y normativas

La decisión e instalación de las torres para radio enlaces esta estrictamente sujeta a distintas variables tales como:

- El sistema de comunicación a proponer
- El área disponible para levantamiento
- Cuantificación de antenas a instalar

Las torres a implementar para nuestra propuesta, con motivo de lograr el mejor de los servicios, cumplirán con las siguientes disposiciones generales y normativas internacionales, son las siguientes:

- Estándar EIA/TIA-222F (Structural Standars for Steel Antenna Towersand Antenna Supportin Structures).
- Codigo AISC-2005 (Manual of Steel Construcction)
- Codigo IBC 2006 (Internatioanl Building Code)
- Codigo Ecuatoriano de la construccion

3.2.3. Torres auto-soportadas

Las torres auto-soportadas son utilizadas en situaciones, como la presente, donde el terreno de empleo es limitado adicional a esto las

especificaciones de la antena requiere una torre con estas características. Dichas torres pueden tener base triangular o cuadrada dependiendo del área a utilizar para su instalación. En la figura 3. Podremos apreciar brevemente las partes más comunes de una torre auto-soportada

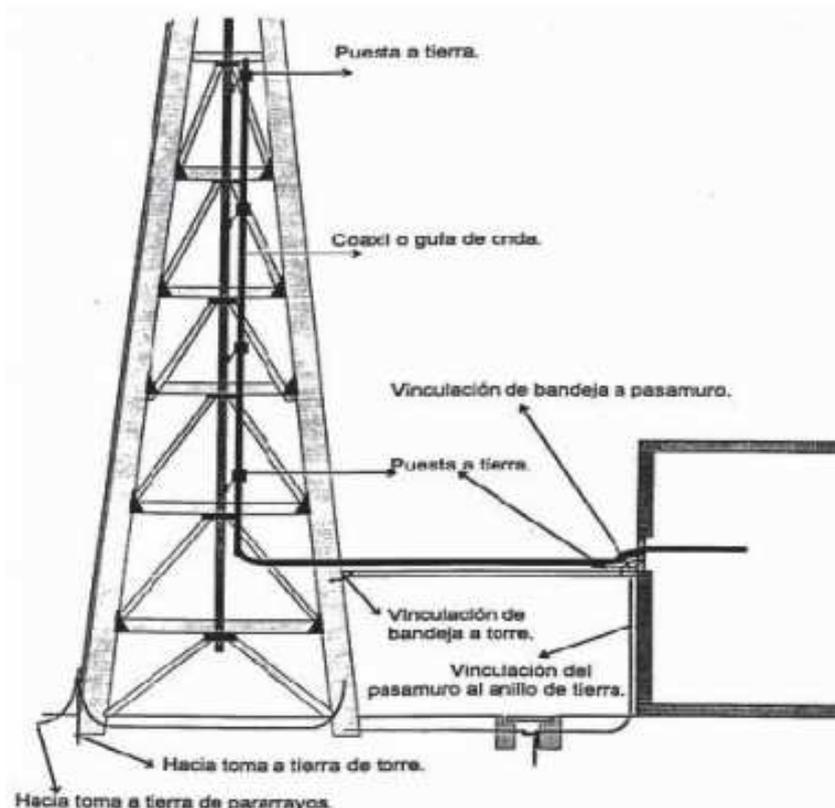


Figura 3. 3: Esquema general de una torre auto-soportada
Fuente: (Tomasi, 2003)

3.2.4. Características generales

En su totalidad los componentes son elaborados con acero estructural y procesado posteriormente a un galvanizado en caliente con el objetivo de garantizar su resistencia a la corrosión, que es muy recurrente en las instalaciones de antenas.

El concreto armado a utilizar disfruta de una resistencia de 210 kg/cm² y acero de 4,200 Kg/cm².

Posteriormente a su montaje, las torres son expuestas a un material que incrementara su resistencia a la corrosión para continuar a ser pintadas con poliuretano de colores blanco y naranja, tal como indica las normas a las que están sujetas en la propuesta.

3.2.5. Componentes necesarios de Torres

Dentro de la estructura de la torre serán necesarias ciertas adecuaciones extras las cuales garantizaran su desempeño como tal ante nuestro enlace Radial, tales son las siguientes:

- Un sistema de balizaje estándar, el cual deberá contar con un reflector de dimensiones acorde a la antena con activación por fotocélula
- Para protección contra rayos, un pararrayos canalizador de energía.
- De ser necesario o requerido por el cliente, se proporcionara una plataforma para realizar mantenimiento adicional a escaleras adecuadas a los lados de la torre con su respectivo pasamano.

Nuestra cotización se realizara por una torre auto-soportada de 25 metros la cual podrá ser utilizada adicionalmente para expansión de servicios

del cliente, adicional en la figura 3.6 podremos observar la torre disponible para el enlace en el punto de Cerro Azul



Figura 3. 4: Antena de Cerro Azul y línea de vista
Fuente: Autor

3.3. Estudio de factibilidad

El enlace radial que proponemos trabajara en la banda de 5.4 GHz, siendo esta una de las frecuencias de clase no licenciada bajo ley que rige hasta la actual fecha, frecuencia elegida basado en las técnicas de espectro ensanchado que, gracias a la tecnología OFDM, son garantía para brindar un ancho de banda apropiado y confiable para la aplicación de interés del cliente.

3.3.1. Equipos y características

Nuestro estudio de factibilidad lo realizamos con equipos de marca Cambium Networks, marca que adicional a ser muy confiable nos brinda costos asequibles para nuestra propuesta. El modelo de equipo a utilizar es el PTP 450, La tabla 3.3 nos muestra sus características técnicas.

Tabla 3. 3: Tabla de datos Equipos PTP450

Fuente: Autor

PTP 450	Características
Frecuencia	5470 a 5875
Resistencia al viento	190Km/hora
Latencia	3-5ms
Capacidad de Canal	5, 10 y 20 MHz
Tecnología de Antena Inteligente	OFDM , MIMO 2x2
Máxima Distancia	40 Millas
Sensibilidad	-87dBm
Medidas	30x9x9 Cm
Peso	0.45Kg

Nuestra propuesta de antena por ser un enlace punto a punto será un Reflector Dish HK2022 que ofrece un promedio de ganancia de 22 dBi. A continuación la tabla 3.4 observamos sus especificaciones técnicas.

Tabla 3. 4: Tabla de datos Antena dish HK2022

Fuente: Autor

Dish HK2022	Características
Frecuencia	5150 a 5850
Tipo de Antena	Reflector Dish
Ganancia	22 dBi
Polarización	Horizontal/Vertical
Dimensiones	24 x 18 “
Resistencia al viento	160Km/h
Peso	4 Kg/ 9 lbs



Figura 3. 5: Cambium PTP 450 montada en Dish HK2022

Fuente: (Cambium Networks Products, 2015)

Al lograr el desempeño en conjunto del equipo PTP 450 y la antena Dish intentaremos mantener la misma calidad y versatilidad de las tecnologías MIMO y OFDM las cuales nos darán un alto throughput al igual que tiempos mínimos de latencia. Una de nuestras ventajas a proponer es la capacidad del

módulo radial PTP 450 de poder gestionar las bandas 5.4 y 5.7 de tal manera que tendremos pre establecidamente un rango de frecuencias para modificar el servicio en escenarios donde la calidad se deteriore.

Para comprobar nuestra propuesta de radio enlaces realizaremos una simulación en la cual pondremos en aplicación los equipos sugeridos, la topografía registrada y las características de la señal

El análisis será estudiado en la herramienta de Cambium Networks comercializada como PTP LINK PLANNER, con la cual definiremos las características del enlace y sus datos ideales, dicho software es de libre acceso y se puede obtener una copia del mismo en el siguiente enlace:

<https://support.cambiumnetworks.com/files/linkplanner/>

3.3.2. LINKPlanner

Este programa nos permite calcular y determinar la línea de visión, datos como el despeje de la zona de Fresnel, frecuencias óptimas y equipos ideales de tal manera pudimos elegir los equipos previamente indicados, presentamos la página inicial del programa en la figura 3.5

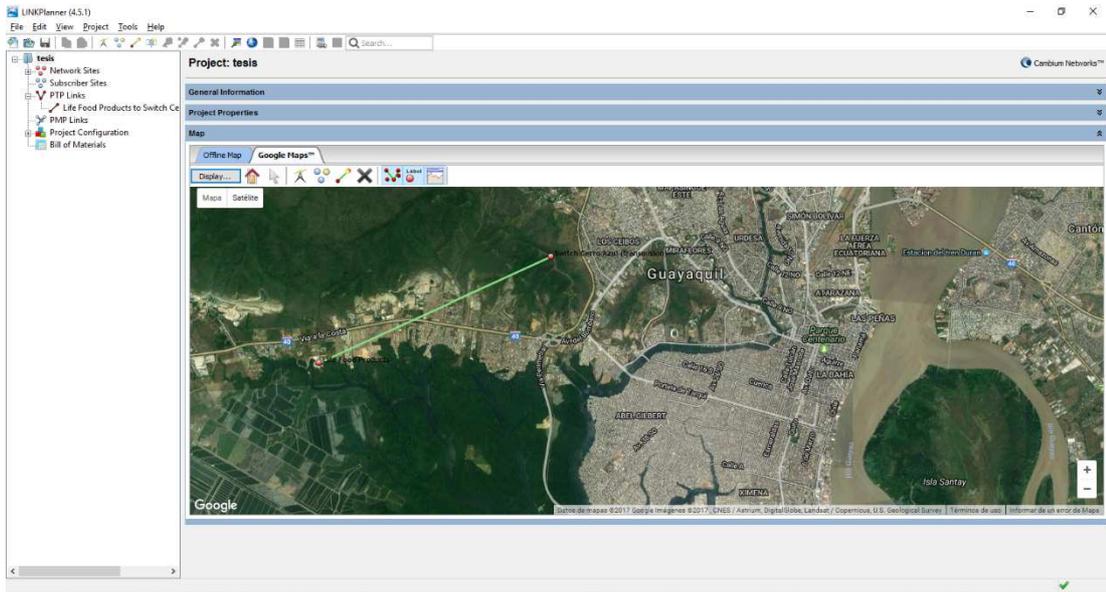


Figura 3. 6: Interfaz de inicio PTP LinkPlanner
Fuente: LINKPlanner

Presentaremos brevemente el funcionamiento del software a utilizar, la figura 3.6 muestra la opción para agregar nuevos puntos para enlazar, en nuestro proyecto ingresamos las coordenadas de ambos puntos: Torre Cerro Azul y Life Food Products

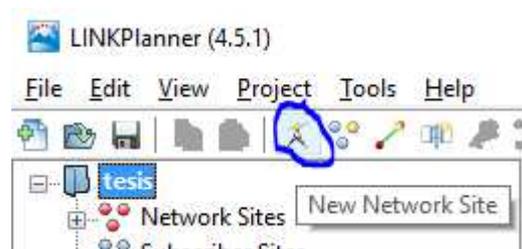


Figura 3. 7: Nuevo sitio de red
Fuente: LINKPlanner

Posteriormente al ingreso de los datos de cada punto de enlace podremos observar ambos puntos en la zona de sitios de red, donde

seleccionaremos la opción de establecimiento de un LINKS para poder proceder con el estudio de zona de fresnel y demás datos valiosos

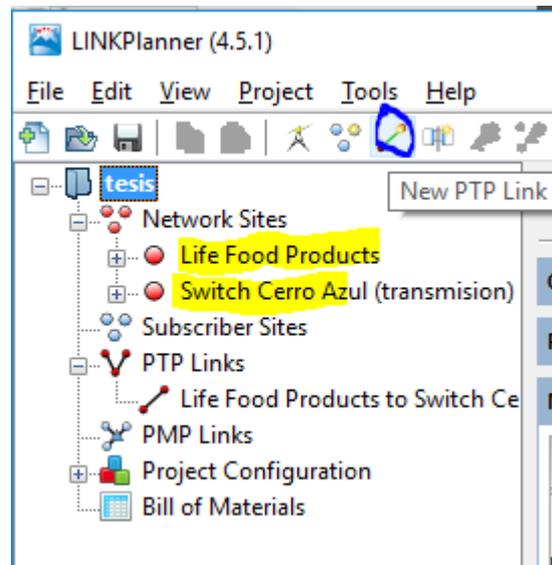


Figura 3. 8: Nuevo LINK, puntos ingresados para estudiar
Fuente: LINKPlanner

Una vez generada la simulación del enlace entre los puntos, entraremos a la nueva opción de PTP link la cual nos mostrara considerable información útil para los fines de levantar un enlace optimo

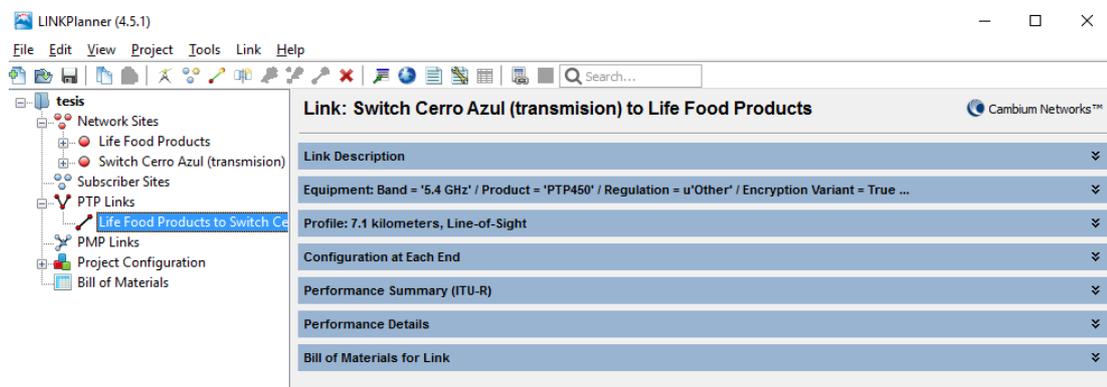


Figura 3. 9: Simulación final de enlace
Fuente: LINKPlanner

Habiendo presentado el software, procedemos con el estudio del enlace radial.

3.3.3. Simulación de Propuesta

Nuestro estudio inicia con la simulación realizada en el software que usamos, donde obtenemos según lo previsto una línea de visión óptima sin objetos de obstrucción gracias a la ubicación de ambos puntos logramos trabajar con una L.O.S o línea de visión óptima la cual podemos observar en la imagen 3.9. Caso seguido realizaremos el cálculo de la primera zona de Fresnel para apoyar la información brindada por la simulación

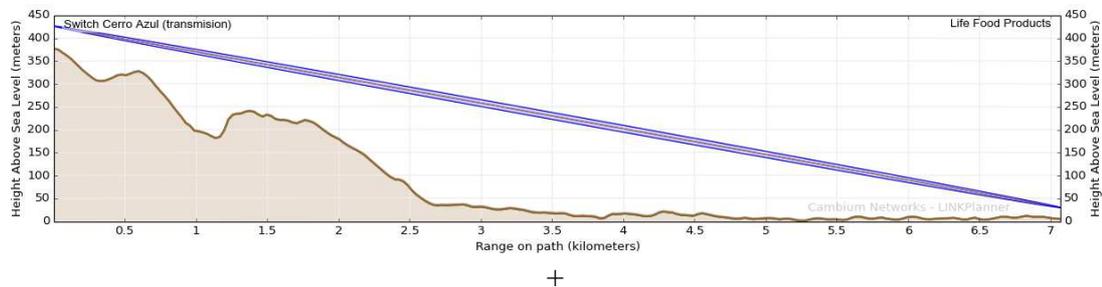


Figura 3. 10: Zona de Fresnel aplicada
Fuente: LINKPlanner

En la figura 3.10 presentamos la selección de equipos, configuración de el mismo y datos ingresados para las simulaciones que próximamente comprobaremos para nuestra propuesta.

Switch Cerro Azul (transmision)

Cambium Networks Integrated + Reflector Dish HK2022 (25.0dBi)

Antenna Height : meters (Max height at site is 50.0 m)

Maximum EIRP : 47.0 dBm User limit

Maximum Power : 22.0 dBm User limit

Figura 3. 11: Configuración punto de transmisión
Fuente: LINKPlanner

Life Food Products

Cambium Networks Integrated + Reflector Dish HK2022 (25.0dBi)

Antenna Height : meters (Max height at site is 25.0 m)

Maximum EIRP : 47.0 dBm User limit

Maximum Power : 22.0 dBm User limit

Figura 3. 12: Configuración de punto de recepción
Fuente: LINKPlanner

Region and Equipment Selection

Band	Product	Regulation	Encryption Variant
<input type="text" value="5.4 GHz"/>	<input type="text" value="PTP450"/>	<input type="text" value="Other"/>	<input type="text" value="Any"/>

PTP450 Configuration

Bandwidth	Color Code	Frame Period	Downlink Data	Master
<input type="text" value="20 MHz"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="2.5 ms"/>	<input type="text" value="50 %"/>	<input type="text" value="Switch Cerro Azul (transmision)"/>

Figura 3. 13: Equipos configurados para enlace
Fuente: LINKPlanner

3.3.4. Calculo de zona de Fresnel

Previamente definido, la zona de Fresnel nos indica un volumen entre un transmisor de ondas electromagnéticas y su receptor, calculo que viene dado por la siguiente formula

$$R = 17,32\sqrt{\frac{d}{4 * F}}$$

Formula 3.1

En la cual R será el radio en metros,

D la distancia del enlace

Finalmente F será la frecuencia utilizada en el enlace.

Procedemos con el cálculo de la zona de fresnel aplicado para nuestro proyecto

$$R = 17,32\sqrt{\frac{7.1}{4 * 5.4}}$$

$$4 \times 5.4 = 21.6, \quad 7.1 / 21.6 = 0.329, \quad \sqrt{0.329} = 0.573, \quad 0.573 * 17.32$$

$$R = 9.93 \text{ M}$$

Dándonos como resultado R= 9.93 Metros, este es el radio que tiene que tener libre de obstáculos nuestro radio enlace para poder funcionar de una manera optima

Conocemos de antemano que la zona de fresnel permite una obstrucción promedio del 40% una máxima del 60% pero lo óptimo sería tener el 20% o menos de obstrucción.

Apoyándonos en nuestra simulación y gracias a los aplicativos usados podemos apreciar que no existe obstrucción alguna, sin embargo para futuras

situaciones realizaremos el despeje de la primera zona de fresnel sustentando la altura de las torres sugeridas para el enlace

$$9.93 * 0.20 = 1.986 \text{ Metros}$$

Como dato inicial observamos que el 20% de la zona de fresnel es igual a 1.98 metros, altura a la cual no observamos obstrucción alguna, sin embargo realizaremos el despeje para garantizar de tal manera la línea de visión de nuestro radio enlace sea el ideal dado la altura de las torres que se tienen disponibles

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{d} + (h_2 - h_1) - \left(H + \frac{d_1 * d_2 * 1000}{2K * a} \right)$$

Fórmula 3.2

Donde:

Hdes = altura de despeje hacia el obstáculo

H1= Altura del transmisor incluyendo la torre

H2= Altura del receptor incluyendo la torre

H= Altura del obstáculo

D= Distancia total del enlace

D1= Distancia desde el transmisor hasta el obstáculo

D2= Distancia desde el receptor hasta el obstáculo

K= Coeficiente de radio de la tierra (4/3 estándar)

A=6.370 Km, radio promedio de la Tierra

Procedemos a reemplazar los datos correspondientes para calcular si nuestra línea de visión será óptima

$$hdes = 28 + \frac{6.5}{7.1} + (425 - 28) - \left(340 + \frac{6.5 * 0.6 * 1000}{2 * \frac{3}{4} * 6370} \right)$$

$$hdes = 85.50 M$$

$$hdes > R(\text{zona de fresnel})$$

Queda verificado que en ningún momento existirá algún tipo de obstrucción de la línea de visión dado que no existen edificios en la línea de visión o árboles que superen la altura encontrada por cálculos

3.3.5. Presupuesto de potencia

Obtenemos por simulación los resultados de los cálculos a lograr a través del desarrollo de las formulas.

La simulación es exitosa, obtenemos resultados que satisfacen las necesidades de un enlace de última milla radial funcionando al 100% de su capacidad, a continuación presentamos lo calculado por el aplicativo en la figura 3.10

Link Summary	
Aggregate IP Throughput :	129.38 Mbps
Lowest Mode Availability :	100.0000 %
<hr/>	
System Gain Margin :	32.02 dB
Free Space Path Loss :	124.40 dB
Gaseous Absorption Loss :	0.08 dB
Excess Path Loss :	0.00 dB
Total Path Loss :	124.48 dB

Figura 3. 14: Perdidas de espacio libre presentado por simulación
Fuente: LINKPlanner

Performance to Switch Cerro Azul (transmission)	
Predicted Receive Power :	-52 dBm ± 5 dB
<hr/>	
Mean IP Predicted :	65.50 Mbps
Mean IP Required :	5.0 Mbps
% of Required IP :	1310 %
<hr/>	
Min IP Required :	1.0 Mbps
Min IP Availability Required :	99.9900 %
Min IP Availability Predicted :	100.0000 %

Figura 3. 15: Presupuesto de potencia antena de transmisión
Fuente: LINKPlanner

Performance to Life Food Products	
Predicted Receive Power :	-52 dBm ± 5 dB
<hr/>	
Mean IP Predicted :	63.88 Mbps
Mean IP Required :	5.0 Mbps
% of Required IP :	1278 %
<hr/>	
Min IP Required :	1.0 Mbps
Min IP Availability Required :	99.9900 %
Min IP Availability Predicted :	100.0000 %

Figura 3. 16: Presupuesto de potencia antena de recepción
Fuente: LINKPlanner

Una vez mostrada la simulación, podemos indicar que el enlace es factible ya que presenta una pérdida de espacio de 124.48 dB aproximadamente y una potencia recibida por el Slave (receptor) de -52dBm, pero el dato más importante es nuestro throughput el cual es un valor bastante alto bastante notable para ser un radio enlace teniendo una capacidad de 129.38 Mbps nos indica que el procesamiento de la información estará a la par con el ancho de banda disponible.

Por tal continuaremos con los cálculos del enlace comprobando los datos brindados.

Para demostrar el presupuesto de potencias de nuestro enlace usaremos la siguiente formula

$$Prx = Ptx - Abtx - Altx + Gtx - Ls + Grx - Alrx - Abrx$$

Formula 3.3

Donde Prx = potencia de entrada de los terminales del equipo receptor

Ptx = Potencia entregada por el transmisor

Abtx , Altx = Atenuación por Branching

Alrx . Abrx = Atenuación de cable de bajada

Gtx , Grx = Ganancia de la antena

Ls = Perdidas de espacio Libre

3.3.6. Pérdidas de espacio libre

Iniciamos calculando las pérdidas de espacio libre donde tenemos que la frecuencia del enlace es de 5400 MHz y la distancia del mismo será de 7.1 Km

$$L_s = 32,4 + 20 \log(7.1) + 20 \log(5400)$$

$$L_s = 32,4 + 17.025 + 74.647$$

$$L_s = 32,4 + 17.025 + 74.647$$

$$L_s = 124.072$$

Una vez comprobada la aproximación de pérdida de espacio libre procedemos a calcular la potencia del receptor teniendo los datos necesarios

3.3.7. Potencia de receptor

Aplicaremos la fórmula 3.3 previamente explicada

$$Prx = Ptx - Abtx - Altx + Gtx - Ls + Grx - Alrx - Abrx$$

Reemplazando los datos característicos de las antenas y resultados obtenidos en cálculos previos la solución quedaría de la siguiente manera

$$Prx = 22 - 2 + 25 - 124.04 + 25 - 2 - 0$$

$$Prx = -56.04 \text{ dBm}$$

Los resultados continúan siendo exitosos a nivel de potencias procederemos a calcular nuestra mayor contingencia a nivel de radio enlaces,

el margen de desvanecimiento el cual será bastante controlado y usado a nuestro favor por la previamente mencionada tecnología OFDM

3.3.8. Margen de desvanecimiento

Procedemos a presentar la fórmula establecida previamente, explicando brevemente sus factores, posteriormente reemplazaremos los datos para calcular el margen

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

Donde

A= factor de rigurosidad (ponderación 1 por ser terreno promedio)

B=factor climático (ponderación 0,5 por zona caliente y húmedas)

1-R= 0.00001 (dicho valor es el ponderado para lograr la confiabilidad al 99.999%)

$$Fm = 30 \log(7.1) + 10 \log(6 * 1 * 0.5 * 5400) - 10 \log(0.001) - 70$$

$$Fm = 27.63dB$$

Obtuvimos un excelente valor de margen de desvanecimiento, continuaremos con el análisis de la sensibilidad o umbral del receptor.

3.3.9. Umbral de receptor

$$Ur = Prx - Fm$$

Fórmula 3.4

Donde

Pr= potencia de antena de recepción

Fm= Margen de desvanecimiento.

$$Ur = -56.04 - 27.63$$

$$Ur = -83.67dBm$$

Este resultado es aproximado al brindado en la descripción del fabricante de la antena usada, por tal es una sensibilidad óptima para nuestra propuesta.

Al concluir los cálculos matemáticos podemos verificar que dichos resultados son favorables tal como previamente fueron demostrados por el aplicativo LINKPlanner corroboramos que nuestra propuesta es ejecutable con los equipos y planificaciones que tenemos en presentación

Pudimos evidenciar que dentro de los cálculos desarrollados tomamos otras consideraciones adicionales que entran en efecto cuando realizamos un enlace real tales como la pérdida por branching en la potencia total, ya que estos son equivalentes a los elementos conectores como guías de onda o salida de la antena, aunque estos valores son mínimos ya que nuestros equipos carecen de estas conexiones ya que estos van montados directamente con el reflector y disminuye las pérdidas que anteriormente eran gran factor para radio enlaces.

3.3.10. Empleo de Frecuencias

Posterior al cálculo de los parámetros de nuestra propuesta, nos adentramos en el ámbito regulatorio en el cual el ente encargado de nuestro servicio es la ARCOTEL.

Para la banda no licenciada entre los rangos de 5250 a 5470 MHz son atribuidas a título secundario para servicios ya sean fijo o móvil, públicos o privados de telecomunicaciones para su uso en interiores, el beneficio encontrado en el uso de las bandas no licenciadas es que para su uso se encuentran exentas del permiso de instalación, operación y asignación en el espectro radioeléctrico, adicional a esto en el concepto económico están sujetas a un pago mínimo en comparación a su contraparte que son las bandas licenciadas.

Acorde con lo indicado previamente nuestro enlace operando en la banda de los 5GHz requerirá la obtención de un certificado de registro para el uso de la frecuencia a explotar dirigido a la Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones (ARCOTEL) mismo que significara un costo mensual de USD 12,80 (doce dólares con ochenta centavos) mensuales, siendo este un precio considerablemente menor al que sugiere el uso de bandas licenciadas.

3.4. Costo total de la propuesta

A continuación presentamos un presupuesto aproximado de la inversión necesaria para implementar nuestra propuesta, contando con la ventaja de que, en el punto de transmisión, existe ya una torre auto-soportada la misma que cuenta con sistemas de alimentación eléctrica y de respaldo. Mientras en

el punto de recepción contamos con los equipos terminales como el Router Msr-900 y cables RJ45 para la red interna del cliente

El costo total de nuestra propuesta se aprecia en la tabla 3.5

Tabla 3. 5: Tabla de costo total
Fuente: Autor

CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTO
2	Reflector Cambium Network Dish HK2022 22 dBi	460.00
2	Radios Cambium Network PTP 450	1,254.50
1	Torre Auto-Soportada de base cuadrada de 25 metros	8,745.87
2	PoE (power over Ethernet)	40.00
1	Montaje universal	210.20
1	Mano de Obra	450
1	mensualidad de uso de Frecuencias	12.80
	TOTAL EN DOLARES	11,173.37

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.

- Como conclusión a los resultados obtenidos podemos garantizar la operatividad del enlace en estudio, los equipos propuestos junto a sus datos técnicos tales como frecuencia, potencia irradiada y altura de sus torres nos respaldan matemáticamente al alcanzar un 99.999% de efectividad al momento proceder con la implementación del enlace, adicionalmente tenemos gestión de las tecnologías MIMO y OFDM las cuales nos permiten tener la calidad de ancho de banda de un sistema cableado siendo este uno inalámbrico de tal manera aseguramos un servicio sin pérdidas o tiempos altos a pesar de tener un mal tiempo climático.
- Nuestra propuesta parte de los beneficios de tener un enlace inalámbrico sobre uno cableado, podemos analizarlo desde el punto de vista económico siendo nuestra propuesta considerablemente más económica de lo que sería una contraparte de fibra óptica o satelital.

Por otra parte al tener una última milla inalámbrica reducimos en su totalidad los riesgos de cortes físicos al igual que su mantenimiento es remoto y de solución inmediata, dado que la solución a pérdidas en el enlace se solventa con un cambio de frecuencia, ingresando al master y realizando un mapeo de la frecuencia utiliza en la red actual.

- En cuanto a la tecnología que utilizan los equipos propuestos pudimos entender que nos brindara un sistema robusto gracias al multitrayecto que significa la ortogonalidad de trayectoria, de igual manera el desvanecimiento no influirá mayormente como antes sucedía con la propagación clásica, dando paso a la superposición de portadoras ortogonales lo cual optimizara la eficiencia del espectro utilizado el cual no tiene que variar, finalmente OFDM en estos equipos nos permite tener proyección a mejorar el sistema con la implementación de dos equipos similares para lograr acceder a los beneficios de la tecnología MIMO basada en la antes mencionada OFDM.
- El estudio realizado concluye finalmente de una manera sustentada que nuestra propuesta de establecer un enlace redundante de última milla radial adicionalmente a ser factible e ideal, solucionara las constantes pérdidas del servicio de una manera confiable, definitiva y autónoma.

4.2. Recomendaciones.

- La recomendación que podríamos brindar finalizado el estudio realizado es considerar implementar el enlace propuesto dado que las complicaciones que generan los cortes de servicio actualmente son traducidas a una considerable pérdida en el ámbito económico, pero

podrían transformarse en la declinación de futuros negocios entre sus clientes

- Recomendamos utilizar exclusivamente los equipos Cambium Networks por motivos de economizar la implementación de la tecnología radial, pero más aún por el desarrollo que ha logrado a través de los años en adaptación de tecnologías como MIMO y OFDM las cuales permitirán experimentar un servicio sin igual
- Considerar migrar el enlace de una banda no licenciada a una licenciada ya que esta brindara superior calidad en el servicio, una privacidad superior en seguridad de transmisión de datos y demás transacciones a realizar desde el enlace, sin embargo significara un gasto superior al de una banda no licenciada.
- Por ultimo recomendamos la adquisición de un segundo router el cual pueda trabajar independientemente del principal de tal manera si existe un daño eléctrico o de manera crítica al procesador, puedan contar con un enlace de respaldo el cual en su totalidad no dependa del principal como tal.

Referencias bibliográficas

- ARCOTEL. (2015). *Agencia de control y regulación de las Telecomunicaciones*.
Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico/>
- Cambium Networks Products*. (19 de agosto de 2015). Obtenido de Cambium
Networks: <http://www.cambiumnetworks.com/products/access/pmp-450/>
- Dominguez, A. G. (2004). *Calculo de antenas*. Madrid: Marcombo.
- Hucaby, D. (2014). *CCNA Wireless*. Indianapolis: Cisco Press.
- Llanos, A. (2013). *Gestion del espectro radioelectrico en Ecuador*. Quito:
Corporacion Editora Nacional.
- Moya, J. M. (2015). *Telecomunicaciones*. Bogota : ediciones de la U.
- Pascuala, F. R. (2008). *Radiocomunicaciones*. Sevilla: Marcombo.
- Paulraj, A., Nabar, R., & Gore, D. (2003). *introduction to space-time wireless
communications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Prasad, R., & Nee, R. V. (2000). *OFDM for wireless multimedia communications*.
Boston: Artech House Publishers.
- Proakis, J. G. (2001). *Digial Communications*. New York: McGraw Kill
International Edition.
- Proakis, J. G., & Manolakis, D. G. (1998). *Tratamiento digital de señales*.
Principios, algoritmos y aplicaciones. Madrid: Prentice-Hall.
- Rappaport, T. s. (2008). *Wireless Communications* . westford: Prentice Hall.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electronica*. Mexico : Prentice
Hall.
- Vandenameele, P., Perre, L. V., & Engels, M. (2006). *Space Division Multiple Acces
for Wireless Local Area Networks*. Springer Science & Business Media.

Wallace, J. W., Jeffs, B. D., & Jensen, M. A. (2004). *A real-time multiple antenna element testbed for MIMO algorithm development and assessment*. IEEE antennas and propagation society international symposium .



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Castro Pacheco, Gabriel Alejandro** con C.C: # 0923462527 autor del Trabajo de Titulación: **PROPUESTA DE FACTIBILIDAD PARA UN RADIO ENLACE REDUNDANTE DE BANDA ANCHA BASADO EN TECNOLOGIA OFDM PARA LA EMPRESA LIFE FOOD PRODUCTS** previo a la obtención del título de **INGENIERO 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, 13 de Marzo de 2017

f. _____

Nombre: Castro Pacheco, Gabriel Alejandro

C.C: 0923462527



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	PROPUESTA DE FACTIBILIDAD PARA UN RADIO ENLACE REDUNDANTE DE BANDA ANCHA BASADO EN TECNOLOGIA OFDM PARA LA EMPRESA LIFE FOOD PRODUCTS		
AUTOR(ES)	CASTRO PACHECO, GABRIEL ALEJANDOR		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. LUIS SILVIO CORDOVA RIVADENEIRA		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	13 de Marzo de 2017	No. DE PÁGINAS:	59
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas de comunicación		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Radial, redundante, mimo, ofdm, factibilidad, conectividad, estudio.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente trabajo lo desarrollamos con la intención de sustentar la implementación de un enlace REDUNDANTE de última milla RADIAL el cual solucione los problemas de pérdida de conectividad generados por los cortes de la última milla de fibra óptica de la empresa Life Food Products. Se realizaron estudios de la tecnología de última milla radial de vanguardia como lo es MIMO y OFDM para poder brindar la mejor de las soluciones, teniendo equipos de última generación de la marca Cambium Networks nos permitió tener una amplia elección de frecuencias para trabajar al igual que las características de los puntos a conectar goza de una línea de vista sin obstrucciones. Habiendo identificado el problema, nos planteamos garantizar la FACTIBILIDAD e implementación de dicho enlace basándonos en cálculos y simulaciones, las cuales fueron exitosas y nos respaldan en la elección de los equipos, frecuencias, potencia efectiva e irradiada, torres de soporte y tecnología de propagación Finalmente desplegamos diferentes beneficios que gozaría el usuario del enlace al decidirse por implementar nuestra propuesta, siendo la más importante el hecho de no volver a perder CONECTIVIDAD en la repetida situación de problemas con la última milla que actualmente poseen, determinando así un éxito el ESTUDIO realizado.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-2610721 +593-9-97505018	E-mail: gabo_castro009@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-68366762		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			