



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMBIENTE DE PRUEBAS DE
RADIOENLACE PARA LA UDLA.

AUTOR

JUAN DIEGO RIOFRIO MAILA

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMBIENTE DE PRUEBAS DE
RADIOENLACE PARA LA UDLA.

“Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en redes y
telecomunicaciones”

Profesor guía
MSc. Milton Neptalí Román Cañizares

Autor
Juan Diego Riofrio Maila

Año
2019

DECLARACION PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Diseño e implementación de un ambiente de pruebas de radioenlace para la UDLA, a través de reuniones periódicas con el estudiante Juan Diego Riofrio Maila, en el semestre 201920, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Milton Neptalí Román Cañizares

Magister en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones

C. 050216344-7

DECLARACION PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo de Diseño e implementación de un ambiente de pruebas de radioenlace para la UDLA, de Juan Diego Riofrio Maila, en el semestre 201920, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Nathaly Verónica Orozco Garzón

Doctora en Ingeniería Eléctrica en el área de Telecomunicaciones y
Telemática

CI: 17093858-6

DECLARACION DE AUDITORIA DE LOS ESTUDIANTES

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Juan Diego Riofrio Maila

CI: 172297046-2

AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios que me bendijo para poder continuar con mi carrera en las circunstancias buenas y malas.

A mi familia que siempre estuvo presente para motivarme, apoyarme y gracias a su esfuerzo y sacrificio me dieron la oportunidad de seguir adelante.

A Daniela Guevara por ser esa persona especial que siempre estuvo a mi lado, brindándome su cariño, afecto y motivación para culminar lo que me propongo.

DEDICATORIA

Dedico todo este trabajo a mis padres Hernán y Margarita, a mis hermanos Edu y Nathy, a Daniela por ser un apoyo incondicional y a todas las personas que confiaron en mí, me permitieron aprender que no existen barreras imposibles de alcanzar cuando se propone un objetivo.

RESUMEN

En el presente proyecto se implementará un ambiente de pruebas y se realizará hojas guías de laboratorio con equipos de la Universidad de las Américas y con equipos propuestos de radiofrecuencia Mikrotik, con estos antecedentes se generó materiales didácticos para realizar las prácticas de laboratorio las cuales están enfocadas a radiofrecuencia y a fibra óptica.

En esta investigación se detallan las características de los equipos actuales en la Universidad de las Américas y los equipos propuestos para el desarrollo del ambiente de pruebas del enlace de radiofrecuencia.

Los equipos propuestos son los siguientes:

- ❖ Mikrotik LGH XL HP5
- ❖ Caja terminal de fibra óptica GRAY

Se emplea el método deductivo, con el objetivo de recolectar datos sobre laboratorios existentes que se encuentran en operación a nivel mundial para un correcto uso y clasificación de los campos de aplicación. Y el método experimental con el objetivo de implementar todo lo planteado e investigado. Estos métodos aclararan cualquier duda o inquietud que pueda surgir en el desarrollo del proyecto y también permitirá tener un mejor alcance sobre el mismo.

El resultado de este documento es ampliar el conocimiento mediante la practica con guías de laboratorio, funcionalidades, características técnicas y aprovechamiento de equipos que dispone la universidad de las Américas.

ABSTRACT

The objective of the present degree work is to implement and carry out laboratory guides with equipment from the University of the Americas and with proposed Mikrotik radio frequency equipment and in this way generate teaching material for laboratory practices focused on radiofrequency and fiber optics.

In this investigation, the characteristics of the current equipment in the University of the Americas and the equipment proposed for the development of the radiofrequency bond test environment are detailed.

The proposed teams are the following:

- ❖ Mikrotik LGH XL HP5
- ❖ Fiber optic terminal box

The deductive method is used, with the objective of collecting data on existing laboratories that are in operation worldwide for a correct use and classification of the fields of application. And the experimental method with the objective of implementing everything proposed and researched. These methods will clarify any doubts or concerns that may arise in the development of the project and also allow a better scope on it.

As a result of this document is to expand knowledge through practice with guides, functionalities, technical characteristics and use of the equipment available to the University of the Americas.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	4
1.1 Introducción a la radiofrecuencia.....	4
1.1.1 Ondas del espectro electromagnético.....	4
1.1.2 Polarización de antenas.....	5
1.1.2.1 Tipos de polarización en antenas.....	6
1.1.2.2 Tipos de polarización de las antenas.....	6
1.1.3 Características de las ondas de radio.....	6
1.1.3.1 Reflexión, refracción, dispersión de ondas.....	7
1.1.3.1.1 Reflexión de ondas electromagnéticas.....	7
1.1.3.1.2 Refracción de ondas electromagnéticas.....	8
1.1.3.1.3 Difracción de ondas electromagnéticas.....	9
1.1.3.1.4 Dispersión de ondas electromagnéticas.....	9
1.1.4 Interferencias de ondas electromagnéticas.....	9
1.1.5 Espectro radioeléctrico de frecuencias.....	10
1.1.5.1 Transmisión-recepción.....	10
1.1.6 Aplicaciones de las radiofrecuencias.....	11
1.2 Cualidades de los tipos de enlaces.....	11
1.2.1 Propagación radioeléctrica.....	11
1.2.2 Sistema de comunicación inalámbrico.....	12
1.2.3 Líneas de vista de forma directa.....	13
1.2.3.1 Zona de Fresnel.....	13
1.2.3.2 Energía.....	15
1.2.3.2.1 Cálculo en <i>dBs</i>	15
1.2.4 Ventajas de los enlaces inalámbricos.....	16
1.2.5 Estructura fundamental de radioenlace.....	17
1.3 Fibra óptica.....	18
1.3.1 Fuente óptica.....	18

1.3.2	Estructuras de las fibras ópticas	18
1.3.3	Tipos de fibra óptica.....	19
1.3.3.1	Fibra mono-modo	19
1.3.3.2	Fibra multi-modo.....	20
1.3.3.2.1	Fibra multi-modo (índice escalonado).....	20
1.3.3.2.2	Fibra multi-modo (índice gradual)	20
1.3.4	Ventajas de la fibra óptica.....	21
1.3.4.1	Mayores anchos de banda	21
1.3.4.2	Aislamiento eléctrico.....	21
1.3.4.3	Uso seguro en áreas sin seguridad	21
1.3.4.4	Inmunidad al ruido.....	21
1.3.4.5	Tasas de error bajo	21
2.	CAPÍTULO II. INFRAESTRUCTURA.....	22
2.1	Análisis de infraestructura actual.....	22
2.1.1	Análisis línea base radiofrecuencia.....	22
2.1.1.1	Keysight technologies.....	22
2.1.1.2	Keysight 33512b analizador de ondas.....	23
2.1.1.3	Keysight N9912A analizador RF.....	23
2.1.1.4	Keysight msox3014t osciloscopio de señal mixta	24
2.1.1.5	KEYSIGHT ME1300 RX - ME1301 TX dreamcatcher.....	24
2.1.1.6	Keysight me1100 digital RF communication	25
2.1.1.7	Keysight me1110 kit de modulación digital	25
2.1.2	Análisis línea base fibra óptica.....	25
2.1.2.1	Fusionadora de fibra óptica fms-60s.....	26
2.1.2.2	Fusionadora de fibra óptica Fiberfox mini5c	26
2.1.2.3	Cortadora de fibra óptica fc-6s.....	27
2.1.2.4	Atenuador variable st-3303.....	27
2.1.2.5	Medidor de potencia óptica pm-1100.....	28
2.2	Análisis línea base propuesta.....	28
2.2.1	Comparativa de equipos	28
2.2.1.1	Análisis equipos motorola.....	29
2.2.1.2	Análisis equipos Ubiquiti.....	29

2.2.1.3	Análisis equipos Mikrotik	30
2.2.1.4	Análisis de equipos a través de la metodología FODA	31
2.3	Consideraciones de diseño.....	32
2.3.1.1.1	Enlace punto-punto	33
2.3.1.1.2	Características de equipos.....	33
2.3.1.1.3	Router Mikrotik LHG XL HP5	34
2.4	Diseño del laboratorio	35
2.4.1	Solución de radioenlace.....	36
2.4.2	Solución de fibra óptica.....	36
3.	CAPÍTULO III. ANALISIS DE COSTOS.....	38
3.1	Análisis de costos laboratorio radiofrecuencia.....	38
4.	CAPÍTULO IV. IMPLEMENTACION.....	39
4.1	Implementación radioenlace.....	39
4.2	Enlace de uso libre	40
4.2.1	Enlace de uso libre ley ecuador	41
4.2.2	Enlace de uso libre normativas	41
4.3	Consideraciones sobre los campos electromagnéticos.....	42
4.3.1	Campo electromagnético	42
4.3.2	Radiación ionizante y no ionizante.....	42
4.3.3	Estaciones base y salud	43
4.3.4	Directrices sobre la exposición humana.....	43
4.3.5	Límites de exposición a campos electromagnéticos.....	44
4.4	Instalación radioenlace	46
4.4.1	Configuración equipos Mikrotik	46
4.4.2	Tipos de configuración Mikrotik.....	47
4.4.2.1	Configuración como AP	47
4.4.2.2	Configuración modo estación	48
4.4.2.3	Configuración modo bridge.....	49
4.4.2.4	Configuración de la IP	49
4.5	Instalación fibra óptica	50

4.5.1	Consideraciones de diseño.....	50
4.5.2	Escenario del despliegue	50
4.5.3	Practica propuesta para el laboratorio de fibra óptica	50
4.5.3.1	Practica Nro. 1.....	50
4.5.3.2	Practica Nro. 2.....	52
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
5.1	Conclusiones.....	57
5.2	Recomendaciones	57
	REFERENCIAS	59
	ANEXOS.....	62

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de la polarización	6
Figura 2. Donde α_i es el ángulo reflejado y α_r es el ángulo incidente y se encuentran dentro de la misma superficie	8
Figura 3. Formula de la ley de Snell	8
Figura 4. Difracción de onda	9
Figura 5. Tipos de Interferencia de ondas: constructiva y destructiva respectivamente.....	10
Figura 6. Amplitud, frecuencia y longitud de onda.....	10
Figura 7. Espacio libre de la superficie de la tierra	12
Figura 8. Zona de Fresnel libre de obstaculos.....	14
Figura 9. Estructura de la fibra óptica.....	19
Figura 10. Keysight 33512b analizador de ondas.....	23
Figura 11. Keysight n9912a analizador RF	23
Figura 12. Keysight msox3014t osciloscopio de señal mixta	24
Figura 13. KEYSIGHT ME1300 RX - ME1301 TX dreamcatcher	24
Figura 14. Keysight me1100 digital RF communication.....	25
Figura 15. Keysight me1110 kit de modulación digital.....	25
Figura 16. fusionadora de fibra óptica fms-60s.....	26
Figura 17. Fusionadora FIBERFOX MINI5C	27
Figura 18. Cortadora de fibra óptica FC-6S.....	27
Figura 19. Atenuador variable ST-3303.....	28
Figura 20. Medidor de potencia Óptica PM-1100	28
Figura 21. Canopy-equipo de motorola	29
Figura 22. Equipo de Ubiquiti larga distancia NanoStation	30
Figura 23. Enlace Punto-Punto	33
Figura 24. Router Mikrotik LHG XL HP5.....	35
Figura 25. Estructura de radioenlace	36
Figura 26. Solución Radioenlace.....	36
Figura 27. Caja de fibra óptica	37
Figura 28. Solución Fibra óptica.....	37
Figura 29. Configuración como AP.....	47

Figura 30. Configuración modo station.....48

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla del espectro electromagnético (REID & Ron, 2008)	4
Tabla 2 Análisis FODA de equipos.....	31
Tabla 3 Características Mikrotik HP5	34
Tabla 4 Análisis de costos.....	38
Tabla 5 Costo del proyecto	39
Tabla 6 Límites de Referencia ICNIRP (Winter & Yordano, 2005).....	45

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La Universidad de Las Américas tiene como uno de sus objetivos principales presentar y proponer al país excelentes profesionales mediante el único método que lleva a un estudiante tener experiencia en lo que será su futuro ámbito profesional, el cual es la práctica.

Una de las carreras que imparte la Universidad de las Américas es: Ing. en Redes y Telecomunicaciones y actualmente la nueva malla presenta Ing. en Telecomunicaciones, durante el período de estudio se observó que en el área de telecomunicaciones se aprende teoría, pero también es una parte fundamental aprender sobre los temas propuestos mediante prácticas de laboratorio. Existen diversos equipos con los cuales se realizan experimentos que abarcan las telecomunicaciones, por ejemplo: Mikrotik, Ubiquiti, Motorola, antenas satelitales, equipos de radiofrecuencia, equipos de fibra óptica, etc.

En los últimos semestres de la carrera de Telecomunicaciones la malla curricular es amplia con respecto a materias que abarcan un conocimiento general sobre telecomunicaciones, las prácticas de laboratorio no son posibles realizar debido a que no existe un espacio específico con los requerimientos necesarios para que un estudiante pueda utilizar los equipos de la universidad.

Actualmente los equipos se encuentran en sus respectivas cajas sin uso de aprendizaje para los estudiantes y se considera que los profesores podrían utilizar los equipos, pero es pasar demasiado tiempo sacándolos de las cajas y volviéndolos a guardar, de este modo el laboratorio impartido no tiene el suficiente tiempo para impartir la clase de una forma eficiente y eficaz

Alcance

El alcance del proyecto de titulación está compuesto para diseñar e implementar un laboratorio con los requerimientos técnicos (Área e infraestructura) para los equipos de Radiofrecuencia y fibra óptica que posee la Universidad de Las Américas.

El laboratorio de telecomunicaciones se divide en diferentes áreas de aprendizaje: Radio Frecuencia, Fibra Óptica, Microondas y Comunicación Satelital. Este laboratorio tiene como finalidad lo siguiente:

- Definir espacios para los equipos de la Universidad.
- Proponer e implementar infraestructura para la disposición de equipos de radio frecuencia y fibra óptica donde ese podrá realizar a un futuro prácticas de laboratorio y planes de investigación.
- Proponer hojas guía para la realización de prácticas de laboratorio.

Este diseño se enfocará en optimizar los recursos de la Universidad de Las Américas tomando en cuenta los equipos ya existentes, para establecer lo mencionado se definirán los conceptos aprendidos en la Universidad e investigaciones sobre términos, tecnologías y equipamientos referentes al tema

Justificación

El esquema planteado por la universidad de ofrecer profesionales mediante estudios teóricos y prácticos, se encuentra la necesidad de implementar un área de prácticas de laboratorio con equipos de telecomunicaciones, el ámbito laboral actual de la carrera trabaja ampliamente en el estudio de radioenlaces, exigiendo el conocimiento previo en el área.

También existen varios cursos de certificación en varias de las marcas lo cual sería interesante aprender sobre estos equipos, debido a que tienen varias funcionalidades como las siguientes: servidor dhcp, firewall, proxy, router, vpn, balanceos de carga, QoS, etc.

Mediante este trabajo de titulación se puede proponer en un futuro realizar la mejora continua al laboratorio y de esta manera la Universidad de Las Américas pueda obtener otro reconocimiento al tener uno de los mejores laboratorios para realizar prácticas, certificados e investigaciones. De esta manera, se puede motivar a los estudiantes a seguir avanzando profesionalmente con conocimientos prácticos.

La Universidad de las Américas con uno los mejores campus tecnológicos del país, también podrá reconocerse por el laboratorio de Telecomunicaciones el

cual será un espacio asociado a la carrera de Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones. Este laboratorio estará especializado en el área de comunicaciones ópticas, telecomunicaciones digitales, radio comunicaciones, etc. Esto se realizará con una infraestructura física y tecnológica adaptada para el desarrollo de metodologías prácticas e investigativas para estudiantes y para docentes de la carrera de telecomunicaciones. De esta manera se podrá contar con un espacio para dictar varios cursos que se realizan internacionalmente mediante la academia ITU

Objetivo General

Diseñar e implementar un laboratorio experimental de radiofrecuencia y fibra óptica para la Universidad de las Américas

Objetivo Especifico

1. Analizar infraestructura existente de la Universidad y la línea base (Equipos de telecomunicaciones).
2. Diseñar un laboratorio dentro de la Universidad de las Américas.
3. Analizar aspecto Técnico económico.
4. Implementar el diseño del laboratorio para la Universidad de las Américas.
5. Realizar pruebas mediante la propuesta de hojas guías con los equipos de telecomunicaciones.

Metodología

Para el desarrollo del proyecto de titulación del ambiente de pruebas de telecomunicaciones para la Universidad de Las Américas se ha determinado que se utilizarán tres métodos:

El método exploratorio será utilizado para definir e investigar de manera técnica varios conceptos como laboratorio de telecomunicaciones, equipos de telecomunicaciones, entre otros. De esta forma se definirá la manera correcta de implementar e instalar los equipos de telecomunicaciones y su mantener un correcto funcionamiento. Adicionalmente se puede obtener información sobre el sector o área donde se aplicará el diseño.

Consecutivamente se utilizará el método deductivo, con el objetivo de recolectar datos sobre laboratorios existentes que se encuentran en operación a nivel mundial para un correcto uso y clasificación de los campos de aplicación.

Finalmente, se utilizará el método experimental con el objetivo de implementar todo lo planteado e investigado. Estos métodos aclararan cualquier duda o inquietud que pueda surgir en el desarrollo del proyecto y también permitirá tener un mejor alcance sobre el mismo.

1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción a la radiofrecuencia

El término radiofrecuencia, también conocido como espectro electromagnético, es el rango que trabaja en el rango de 3Hz hasta los 300Ghz. El objetivo del enlace de pruebas es realizar la transmisión de una o varias ondas electromagnéticas, las cuales se originan dentro de un generador, y se envía de una antena a otra antena a través de un canal de comunicaciones.

1.1.1 Ondas del espectro electromagnético

Mediante la aceleración de cargas eléctricas se propagan las ondas electromagnéticas, de esta forma las ondas son generadas. Estas cargas recorren una velocidad aproximada de 300.000 km/s.

Esta radiación electromagnética logra propagarse a través de campos magnéticos y eléctricos; esto se los ordena dentro de un espectro que se clasifican como: frecuencias bajas hasta llegar a frecuencia altas.

En la tabla 1 se puede observar todos los rangos de las frecuencias presentes en el espectro radioeléctrico, este conjunto se ordena y extiende desde ondas de frecuencias elevadas y longitudes de ondas pequeñas, hasta frecuencias bajas y longitudes de onda altas. Adicionalmente en la tabla se encuentra la abreviación la banda en la que opera cada una y la distancia en la que trabaja.

Tabla 1.

Tabla del espectro electromagnético

Nombre	Abreviatura inglesa	Orientación	Banda ITU	Longitud de onda
			Inferior a 3Hz	>100.000km

Extra baja frecuencia	ELF	1	3-30Hz	100.000-10.0000km
Super baja frecuencia	SLF	2	30-300Hz	10.000-1.000km
Ultra baja frecuencia	ULF	3	300-3000Hz	1.000-100km
Muy baja frecuencia	VLf	4	3-30Khz	100-10km
Baja frecuencia	LF	5	30-30Mhz	10-1km
Media frecuencia	MF	6	300-3.000MHz	1km-100m
Alta frecuencia	HF	7	3-30MHz	100-10m
Muy alta frecuencia	VHF	8	30-300MHz	10-1m
Ultra alta frecuencia	UHF	9	300-3.000MHz	1m-100mm
Super alta frecuencia	SHF	10	3-30GHz	100-10mm
Extra alta frecuencia	EHF	11	30-300GHz	10-1mm
			Superior a los 300GHz	<1mm

Tomado de (REID & Ron, 2008)

1.1.2 Polarización de antenas

Es un fenómeno producido dentro del campo eléctrico oscilando en un plano, es conocido como: plano de polarización. Se define por vectores, en primer lugar, está en paralelo, corresponde a la propagación de la onda representada mientras que el segundo es perpendicular al primero, y corresponde al campo eléctrico.

1.1.2.1 Tipos de polarización en antenas

La polarización se define por las trayectorias que se generan en el campo magnético o eléctrico dentro del plano, de esta manera la polarización se clasifica de la siguiente manera:

- Polarización circular
- Polarización lineal; y
- Polarización elíptica

En la Figura 1 se puede apreciar los tipos de polarización y su apreciación en el campo eléctrico presentado con el color azul.

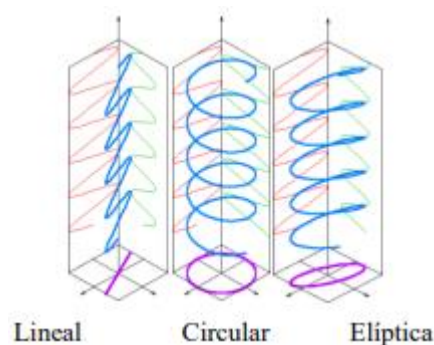


Figura 1. Clasificación de la polarización

1.1.2.2 Tipos de polarización de las antenas

En la implementación de cualquier radioenlace, es importante tener en cuenta las antenas con el objetivo de conseguir el mayor alcance posible tanto para las señales que se requiere emitir y para la señal que se requiere recibir. Por ese motivo al momento de instalarlas se puede elegir una polarización vertical u horizontal, la diferencia se encuentra en el movimiento de los electrones.

Cuando se escoge una polarización vertical los electrones se mueven de arriba hacia abajo, por tal motivo estos campos magnéticos apuntan de abajo hacia arriba verticalmente. Tomando en cuenta la polarización de forma horizontal se tiene como resultado la circulación de los electrones de izquierda hacia derecha de esta manera los campos eléctricos viajan como una onda.

1.1.3 Características de las ondas de radio

Las ondas se comportan de diferente manera, esto depende del medio por el cual se transmitan, el tipo de datos o información que se desea transmitir, y lo más

importante son los equipos que se van a utilizar. Con lo mencionado anteriormente se debe tomar en cuenta lo siguiente para tener un mejor enlace:

- La distancia la que puede llegar a recorrer.
- La potencia de los equipos trasmisores.
- La totalidad de datos o información deseada para transmitir.
- Mientras la onda sea corta, la frecuencia de transmisión deberá ser alta.
- Mientras más largas sean las longitudes de onda, estas pueden llegar a lugares lejanos mientras que las cortas a lugares cercanos.

1.1.3.1 Reflexión, refracción, dispersión de ondas

El viaje de las ondas electromagnéticas lo realizan por el vacío, y generalmente llegan a propagarse por el medio de transmisión, este puede ser homogéneo y elástico, esto quiere decir que las ondas se propagan en línea recta. Si las ondas electromagnéticas viajan por su medio inicial, se ven afectadas en su trayectoria generando los efectos mejor conocidos como: refracción, dispersión y reflexión.

1.1.3.1.1 Reflexión de ondas electromagnéticas

Cuando las ondas viajan, y se encuentran con cualquier tipo de plano o superficie la mayoría de partículas de la onda transmitida se refleja sobre el plano o superficie, este fenómeno es conocido como reflexión. Este fenómeno se clasifica en dos tipos:

- El primero cuando el plano o superficie es lisa (los ángulos de incidencia son iguales a los reflejados)
- El segundo se denomina difusa y se produce cuando el plano o superficie no son planas y presentan perturbaciones.

En resumen, existen dos leyes que describen este fenómeno de reflexión:

- Todos los rayos producidos por la onda incidente y los rayos correspondientes a la onda reflejada se encuentran contenidos en el plano, este llega a ser perpendicular en la separación de la superficie, con los puntos de incidencia y los dos medios.
- Los ángulos que forman el rayo reflejado y el incidente son similares con respecto a la recta de forma perpendicular. Estos ángulos son conocidos

como; ángulo de reflexión y ángulo de incidencia, estos ángulos se aprecian en la figura 2.

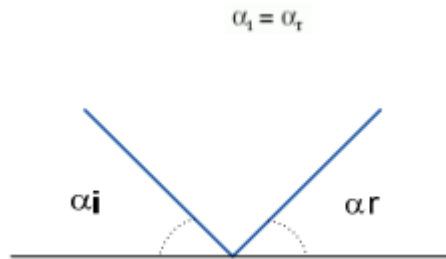


Figura 2. Donde α_i es el ángulo reflejado y α_r es el ángulo incidente y se encuentran dentro de la misma superficie

1.1.3.1.2 Refracción de ondas electromagnéticas

Durante las transmisiones de cualquier onda con otro medio, parte de la onda se refleja, mientras que el resto la absorbida por el segundo medio, este fenómeno es conocido como refracción, al igual que la reflexión, para este fenómeno existen dos leyes que la describen:

- Los rayos de la onda refractada y los rayos correspondientes a la onda incidente llegan a formar un plano perpendicular al plano de separación en el medio del punto de incidencia.
- Los ángulos que forman el rayo normal con el refractado, conocido como ángulo de refracción se encuentran relacionados también con los ángulos de incidencia por de acuerdo a ley de Snell. (UIT, 2015) La fórmula la podemos verificar en la Figura. 3:

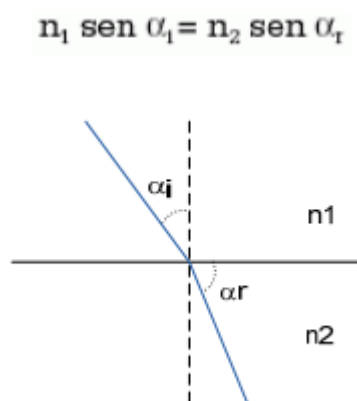


Figura 3. Formula de la ley de Snell

1.1.3.1.3 Difracción de ondas electromagnéticas

La difracción es el fenómeno de las ondas electromagnéticas que al momento de caer sobre una superficie dan la impresión de doblarse, “ondas doblando las esquinas”. (Carballar, 2002)

El fenómeno de la difracción producido se observa en la figura 4:

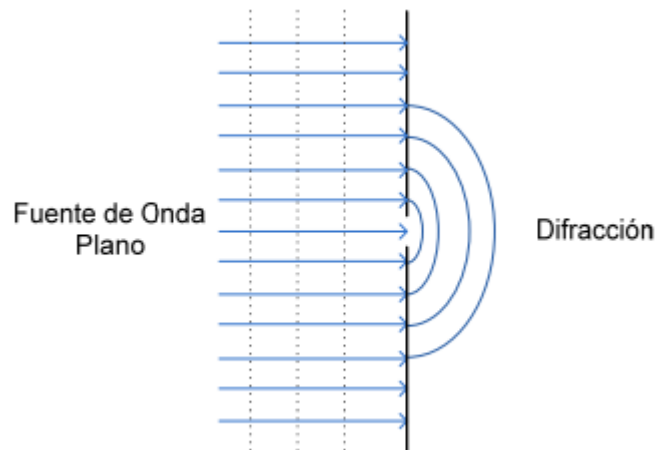


Figura 4. Difracción de onda

1.1.3.1.4 Dispersión de ondas electromagnéticas

En cualquier medio que pueda transmitir luz, la longitud de onda define la velocidad. Con lo mencionado anteriormente, al afectar la superficie con los ángulos de incidencia, estos se refractan con el ángulo diferente por cada onda (de esta manera, se determina el color de cada frecuencia). Si se afecta un haz de luz blanca sobre un plano o superficie, todos los ángulos son diferentes dependiendo del color de la luz, con el propósito de generar un arco iris. Es conocido como dispersión de luz.

1.1.4 Interferencias de ondas electromagnéticas

El presente fenómeno es producido cuando más de dos ondas que se encuentran en la misma frecuencia y en la misma transmisión, manteniendo una diferencia de la fase constante durante el mismo periodo de tiempo, se puede observar lo indicado anteriormente en la Figura 5.

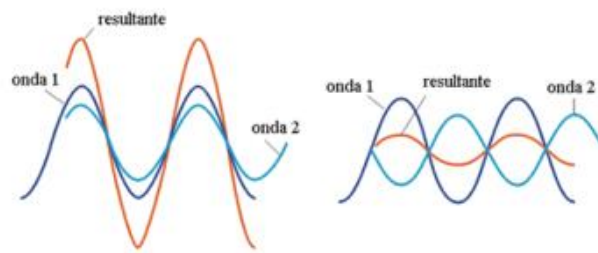


Figura 5. Tipos de Interferencia de ondas: constructiva y destructiva respectivamente.

1.1.5 Espectro radioeléctrico de frecuencias

El rango de frecuencias del medio opera en un único rango dentro de los sistemas radioeléctricos, Para tener acceso a la frecuencia se necesita conseguir el permiso con las respectivas entidades que manejan los espectros radioeléctricos de los países. Estos datos o información que se necesita transmitir por radioenlaces se utilizan los siguientes equipos: transmisor y receptor; de acuerdo a la frecuencia asignada por la entidad. En la Figura 6 podemos observar la forma de onda con su amplitud y frecuencia.

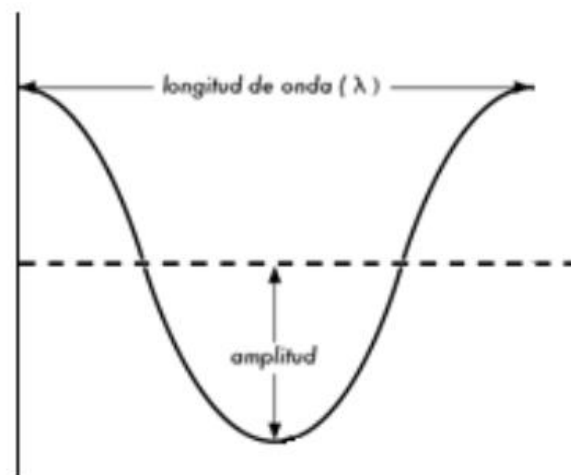


Figura 6. Amplitud, frecuencia y longitud de onda

1.1.5.1 Transmisión-recepción

La forma correcta de lograr la propagación de ondas electromagnéticas, es seguir procesos específicos que se inician desde el emisor. La principal función se produce cuando se genera una onda portadora, de esta manera las características se modifican con respecto al tipo de señal para transmitir,

después de haber propagado las ondas en una frecuencia fija, el receptor acepta dicha onda, llevando a cabo el proceso de demodulación para obtener la señal original.

En amplitud modulada (AM), la señal que es de baja frecuencia se superpone a las de alta frecuencia. En frecuencia modulada (FM), la señal de la amplitud de la portadora se mantiene como una constante sin embargo, la frecuencia varía según las señales moduladoras. El sistema elimina cualquier interferencia, y logra reproducir la misma señal con una alta fidelidad y una gran similitud.

1.1.6 Aplicaciones de las radiofrecuencias

Las primeras aplicaciones de la radiofrecuencia fueron dentro de la comunicación naval, en la actualidad, hablar sobre radiofrecuencia involucra varias tecnologías como: redes inalámbricas, telefonía celular, radiodifusión, etc. (Molero, 2010)

Se describirá en la siguiente lista las aplicaciones más comunes:

- Audio
- Videoconferencias
- Telefonía
- Servicios para estados de emergencia
- Transmisión de información o datos por medios radiales

1.2 Cualidades de los tipos de enlaces

De la manera que se mencionó en este capítulo, se aprendió sobre la propagación de ondas, es importante tomar en cuenta las características que se relacionan con un radioenlace inalámbrico, realizando las siguientes preguntas: ¿Qué es?, ¿cómo funciona?, e incluso factores para realizar y establecer cualquier tipo de enlace, los cuales se detallan a continuación.

1.2.1 Propagación radioeléctrica

La superficie de la tierra es la principal dependencia para la propagación en el espacio libre, la forma y la constitución de la tierra como: lugares marítimos, sitios planos, desiertos y confines de la tierra, y su atmósfera, mencionando la

ionosfera y troposfera. En la Figura 7 se indica una breve explicación sobre el espacio libre de la superficie de la tierra.

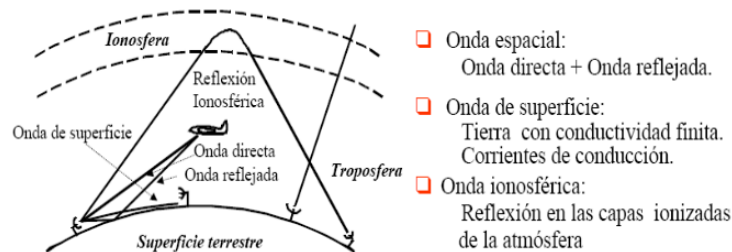


Figura 7. Espacio libre de la superficie de la tierra

Al transmitir una señal dentro del espacio de la tierra, esta recorre por varias direcciones siguiendo la curvatura de la tierra, la señal de propagación se relaciona directamente con la frecuencia que trabaja.

- Las frecuencias que son inferiores a 30KHz, se propaga a través de la ionosfera.
- Las frecuencias que van desde 10KHz a 3 MHz, su método de propagación es por la superficie.
- Las frecuencias que están por arriba de 3MHz a 30MHz su propagación es por la onda ionosférica. (ITU, 2009)
- Las frecuencias que llegan a 4000km, la propagación es por reflexión a través de la ionosfera de la tierra. (ITU, 2009)
- Las frecuencias que están por encima de 30 MHz, su propagación es por la onda espacial. (ITU, 2009)
- Las frecuencias que están dentro de los 40 o 50 MHz, la ionosfera no permite el reflejo de las ondas electromagnéticas

1.2.2 Sistema de comunicación inalámbrico

La comunicación por medios no guiados (inalámbrico) se inició gracias a la postulación de ondas electromagnéticas por el autor James Cleck Maxwellla confirmación y demostración de la existencia por Heinrich Rudolf Hertz en 1880, y el gran invento del telegrafo sin cables de Guglielmo Marconi. Sin embargo, alrededor de 1896 se generó la patente. De la fecha mencionada al presente el ámbito de las comunicaciones inalámbricas se ha extendido grandemente.

Las comunicaciones inalámbricas fueron un suceso muy novedoso y demasiado importante porque permitió romper barreras con los medios guiados, enfocándose principalmente en la distancia de los medios.

Cualquier enlace de tipo inalámbrico no necesita de medios guiados para transmitir datos o información, lo cual existen varias ventajas con respecto a las conexiones realizadas por medio cableado, en primer lugar, el acceso a cualquier mapa geográfico lo cual es imposible con una red cableada.

Actualmente las redes inalámbricas ofrecen confiabilidad dependiendo el medio, conservando la calidad y la velocidad realizando la comparación con internet satelital; los contratos de estos enlaces se los realiza en lugares donde no es posible el acceso para una red cableada.

1.2.3 Líneas de vista de forma directa

La línea de vista, se abrevia como LOS (*Line of Sight, por las siglas en ingles*), al hablar de luz visible se tiene un amplio entendimiento, pero, si se puede observar el punto B desde la ubicación de un punto A, se tiene como resultado una línea de vista directa.

Para obtener una conexión inalámbrica óptima la línea de vista desde el punto A al B es una línea delgada, en la mayoría de representaciones se la realiza como una elipse. Este ancho se basa en el concepto de las zonas de Fresnel. (REGIS, 2008)

1.2.3.1 Zona de Fresnel

Bajo el principio de Huygens que menciona que los puntos de una onda se forman nuevas, las ondas circulares, de esta manera se comprueba que las ondas electromagnéticas se ensanchan. Otra observación es con respecto a las ondas que se pueden interferir. En teoría la zona de Fresnel tiene como objetivo examinar el punto A y B. Estas ondas viajan desde el punto A al punto B. De esta manera, la trayectoria de las ondas es largo, insertando el desplazamiento de las fases entre los rayos indirectos y directos. Siempre y cuando el desplazamiento de la fase sea de longitud cuya onda es completa, como resultado obtenemos las interferencias constructivas.

Verificando el enfoque dado, y realizando los respectivos cálculos, se puede verificar que existen zonas anulares en torno a la línea de vista entre A y B contribuyendo a la señal para llegar al punto B. Se debe tomar en cuenta la existencia de varias zonas de Fresnel, principalmente se debe tomar en cuenta la primera zona. Si esta zona llegara a ser bloqueada o interferida por cualquier obstáculo la señal llegará atenuada. Esto quiere decir que, al realizar el enlace inalámbrico, se debe asegurar que la zona no se encuentre con obstáculos.

En las prácticas con redes inalámbricas es suficiente que el 60% de la primera zona de Fresnel se encuentre libre, como lo observamos en la Figura. 8

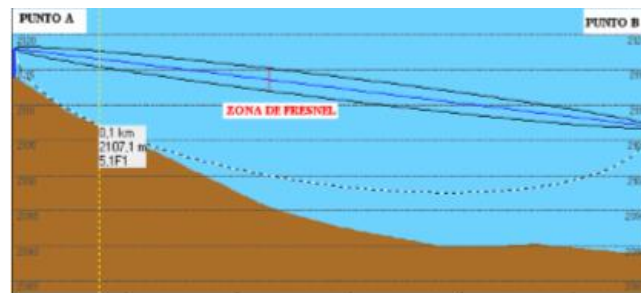


Figura 8. Zona de Fresnel libre de obstáculos.

En la siguiente ecuación se demuestra la fórmula de cálculo con respecto a la primera zona de Fresnel:

$$r = 17.31 * \sqrt{\frac{(d1*d2)}{(f*d)}} \text{ (REID \& Ron, 2008)}$$

Donde se obtienen los siguientes resultados:

- r = radio primera zona (m),
- $d1 - d2$ = distancias entre; extremos de enlaces (m)
- d = distancia del enlace total (m)
- f = frecuencia en (MHz)

La fórmula mencionada anteriormente calcula el radio de la zona de Fresnel, mientras que, para calcular la altura del terreno sobre el que se va a instalar, debe obtenerse el siguiente resultado; entre las líneas trazadas directamente desde las cimas de las dos torres del enlace. (Molero, 2010)

1.2.3.2 Energía

La potencia es parte fundamental que sin ella los enlaces no funcionan de ninguna manera, para ejecutar la señal es necesario contar con un pequeño porcentaje de potencia que generen los receptores. Con estos estudios se propone la definición y el cálculo de potencia. El campo eléctrico es medido en V/m (diferencia de potencial / metro), esta potencia es directamente proporcional a los campos eléctricos elevado se potencia dos, expresada en la siguiente ecuación.

$$P \approx E^2$$

En las prácticas, se mide la potencia por medios de un receptor unico, como, por ejemplo; voltímetros con antenas, medidores de potencia, osciloscopios, etc. Esta potencia es directamente proporcional al voltaje elevado al cuadrado de la señal.

1.2.3.2.1 Cálculo en dBs.

Una de las técnicas más importantes para realizar el cálculo de la potencia es por decibeles (dB). Esto quiere decir, que solo un método es conveniente para la realización de cálculos sencillos.

El decibelio es una unidad sin dimensión, esto quiere decir que se define la relación entre dos medidas de potencias. La ecuación se define como:

$$dB = 10 \log\left(\frac{P1}{P0}\right)$$

Donde:

- P1 - P0 = dos valores que se requiera comparar.

A continuación se detallan los valores más usados comúnmente:

+3dB = doble potencia

-3dB = potencia media

+10dB = orden de magnitud (10 veces la potencia)

-10dB = un décimo de potencia

Cabe recalcar que los *dBs* son adimensionales, existiendo un número de definiciones relacionadas y basadas en una referencia P_0 . Los más importantes son:

$$\text{dBm} \triangleq P_0 = 1\text{mW}$$

$$\text{dBi} \triangleq \text{a la antena ideal isotrópica}$$

La antena isotrópica es un resultado hipotético que dispersa homogéneamente esta potencia por varias direcciones. Las antenas que toman este concepto son las antenas dipolo, por otra parte las antenas isotrópicas no puede ser construidas a su perfección. Estos modelos de antenas isotrópicas son útiles para explicar la ganancia de potencia, con respecto a la de las antenas reales.

1.2.4 Ventajas de los enlaces inalámbricos

A continuación, se mencionará alguna de las ventajas de las conexiones de redes inalámbricas, lo cual nos permitirá entender el alcance real:

- ❖ **Accesibilidad:** actualmente existen diversos equipos que permiten conectar diversas zonas geográficas que tienen una dificultad para establecer conexiones con redes cableadas, ó el costo de acceso sería demasiado alto; esto permite al usuario final obtener un acceso a la red, dependiendo del lugar donde se desee establecer la cobertura y se encuentren todos estos equipos del proveedor.
- ❖ **Movilidad:** esto se enfoca en usuarios con líneas telefónicas celulares, lo cual permite un acceso a la red, siempre y cuando exista un acceso o cobertura del proveedor, permitiéndole movilizarse por cualquier lugar de la ciudad.
- ❖ **Productividad:** Esto elimina la brecha digital existente en varios sectores para el acceso a la información.
- ❖ **Fácil instalación:** La instalación se la puede realizar en un corto periodo de tiempo, al no ser cableado no quiere decir que no necesita conexiones, pero si son las mínimas.
- ❖ **Escalabilidad:** Esto hace referencia a la necesidad de cualquier empresa cuando necesita ampliar su cobertura, siendo este el caso de la mayoría de ISP que generalmente de acuerdo a la demanda la necesidad de

ampliación es verídica y solo con el establecimiento de nuevos puntos de acceso pueden llegar a prestar más servicios con el fin de cubrir la demanda de los clientes.

- ❖ Seguridad: Muchas de las instalaciones son fáciles de realizar un monitoreo, ya que sus instalaciones son certificadas y seguras por lo que solo personal capacitado puede operar dentro de ellas.
- ❖ Costos: Las redes inalámbricas reducen costos, debido a que eliminan ciertos valores en el cableado, configuraciones e incluso en expansiones de estaciones.

1.2.5 Estructura fundamental de radioenlace

Un radioenlace se encuentra integrado por radio bases y bases repetidoras, con diferentes tipos de antenas, varios elementos de monitoreo, backups, reservas, equipos transmisores y receptores.

Asimismo como cantidad de estaciones repetidoras, existen varias cantidades de estaciones nodales que en ciertas ocasiones se insertan o se extraen canales.

Antes de la última milla se encuentra el tramo final que se la denomina como sección de conmutación y es donde se controla, protege y supervisan las conexiones.

Las estaciones repetidoras se las clasifican como:

- ❖ Pasivos: Estos se actúan similar que los espejos y reflejan las señales que se las puede dividir en dos tipos:
 - pasivos convencionales, que son únicamente reflectores de las señales; y también se dividen en
 - pasivos back-back, siendo utilizados a cortas distancias.
- ❖ Activos: En estos elementos se reciben la señal de la frecuencia de la portadora y se disminuye a frecuencia intermedia con el objetivo de amplificar la señal y posteriormente transmitir nuevamente la frecuencia en la salida.

Estos enlaces se forman por sistemas en serie, esto quiere decir que si uno falla se pierden todos los enlaces. Por este motivo cada uno de los nodos y de las

estaciones deben disponer de una alta disponibilidad y confiabilidad. Para detectar cualquier falla de sistema se utilizan diferentes sistemas de monitoreo y control con el objetivo de detectar cualquier falla inmediatamente.

1.3 Fibra óptica

Las fibras ópticas son guías de ondas-ópticas y son medios de transmisiones físicas que son capaces de ofrecer distancias y velocidades superiores con respecto a otros medios de transmisión. Su centro se encuentra realizado de cristal, y su alrededor está provisto por varias capas dependiendo el tipo de fibra; y la transmisión por este medio no son las ya conocidas ondas o impulsos eléctricos, estos son pulsos de luz donde se encuentran los datos transmitidos, la luz se produce por fuentes de diodos o laser; estos pulsos de luz viajan a través del núcleo y son convertidas en señales eléctricas en el receptor. Este material el cual es la fibra óptica se utiliza en varios campos de estudio, tecnología y aplicaciones; por ejemplo, los siguientes: industria, medicina, sensores, etc. (Union, 2008)

1.3.1 Fuente óptica

Las fuentes ópticas son dispositivos que generan pulsos de luz los cuales se propagan a lo largo de fibra óptica. En el desarrollo se encuentran dos clases de fuentes que son las siguientes:

- **Diodos Laser Infrarrojos:** Son mecanismos que trabajan a muy altas velocidades; por tal motivo son mucho más costosos que los habituales. Al transmitir esta cantidad de energía tienen que disipar y condensar dicha energía con el objetivo de no afectar la fibra y mantener el correcto desempeño de la fibra óptica. (Union, 2008)
- **Diodos Emisores de Luz:** Son mecanismos con una baja función con respecto a los diodos laser; por este motivo, tienen un costo menor y se utilizan en más de 20 aplicaciones de las cuales son transmisiones de tasas bajas con distancias cortas. (Union, 2008)

1.3.2 Estructuras de las fibras ópticas

La fibra óptica se conforma de lo siguiente:

- Núcleo central: el cual está compuesto de vidrio tratado para obtener una alta pureza
- Recubrimiento: el cual se compone por un vidrio sin ser tratado y limpio con respecto al núcleo
- Revestimiento: es una protección que está sobre el núcleo y el recubrimiento.

En la Figura 9 se observa físicamente como se encuentra estructurada la fibra óptica. (Union, 2008)

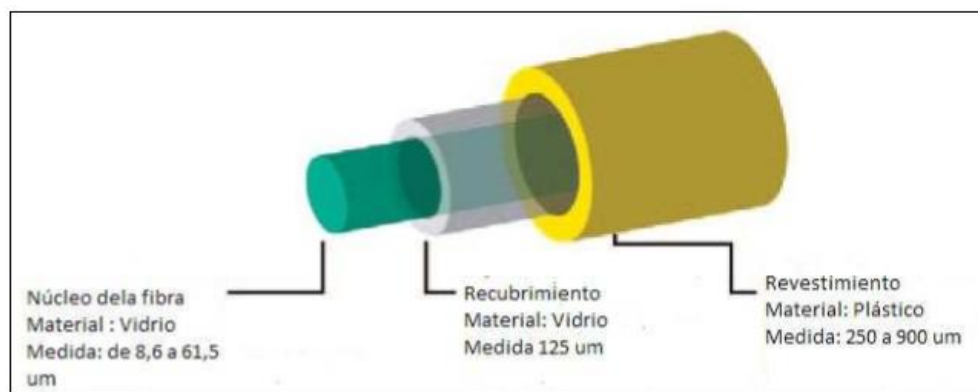


Figura 9. Estructura de la fibra óptica

1.3.3 Tipos de fibra óptica

La fibra óptica se clasifica en dos tipos: la fibra monomodo y la fibra multimodo. (GYCOM, 2019)

1.3.3.1 Fibra mono-modo

La fibra mono-modo es índice escalonado; se puede llegar a utilizar para la transmisión de señales analógicas y digitales. Su diámetro de núcleo 8 a 10 μm para estas fibras, manteniendo la constancia en la refracción del índice. La teoría en el tipo de fibras ópticas, es propagar un único haz de luz con una longitud de onda (λ) fijo.

Las diferencias con las fibras multi-modo, es que aportan con un alto ancho de banda 10 GHz/Km, y pueden llegar conseguir distancias mayores a 3km, mediante la utilización de DWDM pueden llegar a transmitir información o datos de 10Tbs/s. Una de las desventajas que presenta es que su instalación es

compleja y la manipulación es muy delicada, teniendo en cuenta sus características. (GYCOM, 2019)

1.3.3.2 Fibra multi-modo

Es utilizada en aplicaciones de corta distancia y puede llegar a irradiar más de un haz de luz. Los diámetros del núcleo con respecto a las fibras monomodo son más grandes considerablemente de 50 a 100 μm , es una fibra económica y de fácil instalación. (Union, 2008) Este tipo de fibra se clasifica en dos:

- Multimodo de índice escalonado
- Multimodo de índice gradual.

1.3.3.2.1 Fibra multi-modo (índice escalonado)

Esta fibra posee un bajo ancho de banda siendo de 20 MHz/Km a 200MHz/Km. Con este tipo de fibra se puede establecer diferentes modos de propagación, la característica principal es el índice de refracción la cual permanece constante en el núcleo. Este índice en el núcleo será mayor que al revestimiento, de este modo los índices crean un rebote denominado como índice por escalón, por tal motivo se llama fibra multimodo de índice escalonado. (Rodríguez, 2014)

1.3.3.2.2 Fibra multi-modo (índice gradual)

La fibra de índice gradual puede ser utilizada en medios de transmisión analógica y digital, el principal trabajo es reducir la dispersión producida con una fibra de tipo escalonado. En este tipo de fibra la refracción del índice varía de acuerdo al núcleo exterior, esto quiere decir que, los haz de luz no son reflejados en su totalidad, estos son curvados mientras se aproximan al revestimiento. Los haces de luz que tienen una trayectoria mucho más larga permanecen en el borde o periferia de la fibra óptica, de este modo la velocidad de propagación es mayor porque la refracción del índice es menor, de esta manera los haz de luz pueden llegar a recorrer mayores distancias y se desplazan rápidamente con respecto a los que recorren menores distancias. De esta forma se logra un gran ancho de banda con respecto a las fibras multi-modo escalonados siendo un total de 500 a 1500 MHz/Km. Estas fibras tienen un diámetro de núcleo de 50 μm . (Rodríguez, 2014)

1.3.4 Ventajas de la fibra óptica

A continuación, se especificarán varias de las ventajas que posee la fibra óptica

1.3.4.1 Mayores anchos de banda

Los cables de fibra óptica son capaces de llevar a transportar una gran cantidad de datos o información a mayores distancias y en menor tiempo que cualquier tipo de medio (cobre); de esta manera se optimiza el uso de cables, repetidoras, energía y mantenimientos.

1.3.4.2 Aislamiento eléctrico

Con la utilización de fibra óptica, se reducen los problemas de diferencias de potencial y problemas causados por la inducción.

1.3.4.3 Uso seguro en áreas sin seguridad

Con esta tecnología se pueden diseñar espacios de trabajo mucho más seguros y confiables. Esto quiere decir que se puede utilizar la fibra óptica en espacios con un tipo de atmosfera no estable y explosiva, previniendo los riesgos de provocar el tipo de energía capaz de iniciar algún percance.

1.3.4.4 Inmunidad al ruido

La mayoría de fibras ópticas no pueden ser afectadas por interferencias electromagnéticas; lo que quiere decir, que no es necesario cubrir o aislar los cables de fibra óptica si estos se encuentran alado de cables de cobre, lo que permite que la instalación sea fácil, pero, no quiere decir que se dejen los cables de cualquier forma sin protección.

1.3.4.5 Tasas de error bajo

Estos sistemas transmiten a una tasa de error en bits bajas, por esta razón pueden distribuir y transmitir niveles correctos de señal en los receptores del enlace.

2. CAPÍTULO II. INFRAESTRUCTURA

En el presente capítulo se realizará el análisis del laboratorio de La Universidad de Las Américas, el cual cuenta con equipos que conforman una línea base dentro de la institución y se detallan a continuación.

Adicionalmente se realiza un análisis de los equipos propuestos para el desarrollo del enlace de pruebas para la Universidad de las Américas.

2.1 Análisis de infraestructura actual

Actualmente el laboratorio de La Universidad de Las Américas cuenta con equipos que conforman la línea base, los cuales se detallan en el siguiente capítulo.

2.1.1 Análisis línea base radiofrecuencia

En base el inventario entregado por el encargado del laboratorio de telecomunicaciones, se obtuvo como resultado los siguientes equipos:

Keysight Technologies

- Keysight 33512B Analizador de ondas
- Keysight N9912A analizador RF
- Keysight MSOX3014T Osciloscopio de señal mixta
- Keysight ME1300 RX - ME1301 TX dreamcatcher
- Keysight ME1100 Digital RF communication
- Keysight ME1110 Kit de modulación digital
- Keysight N9310A Generador de señales RF

2.1.1.1 Keysight technologies

Es una empresa de medición electrónica especializada en equipos de experimentación, que tiene como objetivo buscar la innovación en soluciones inalámbricas, modulares y de software. Keysight entrega soluciones en los diferentes ámbitos de estudio, como: comunicaciones inalámbricas, aeroespacial y defensa, semiconductores con plataformas de clase mundial, software y ciencia de medición constante.

Keysight se enfoca en la medición y ayuda a científicos, investigadores e ingenieros en realizar experimentos con una alta precisión.

2.1.1.2 Keysight 33512b analizador de ondas

El analizador de ondas nos indicará las señales como: modulación, barrido y ráfaga. Adicionalmente incorpora características que proporcionan funciones y flexibilidad que es necesario para realizar laboratorios. Por ejemplo, una interfaz de usuario, interfaces LAN, USB, obteniendo como resultado una fácil integración de dispositivos y herramientas de experimentación. En la figura 10 podremos observar el equipo indicado anteriormente.

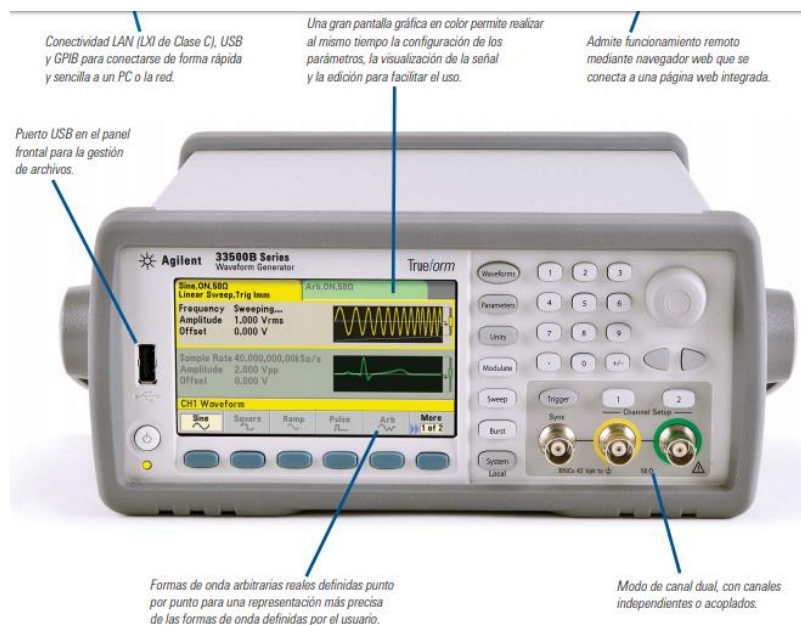


Figura 10. Keysight 33512b analizador de ondas.

2.1.1.3 Keysight N9912A analizador RF

El Analizador RF es un instrumento portátil, que sirve para la instalación de una red inalámbrica y su mantenimiento. Se integran varias funcionalidades las cuales se detallarán a continuación:



Figura 11. Keysight n9912a analizador RF

2.1.1.4 Keysight msox3014t osciloscopio de señal mixta

El Osciloscopio RF es un instrumento que sirve para la medición de ondas digitales y analógicas, tal como se observa en la pantalla de la figura 12. Se integran varias funcionalidades las cuales se detallarán a continuación:

- Ancho de banda:100Mhz
- Actualización del ancho de banda
- Tipos de Canales: 4(analógicos) y 16(digitales)
- Generador de forma de onda: 20Mhz
- Conectividad: USB 2.0, LAN



Figura 12. Keysight msox3014t osciloscopio de señal mixta

2.1.1.5 KEYSIGHT ME1300 RX - ME1301 TX dreamcatcher

Las técnicas de medición de antenas se refieren a pruebas que se realizan en antenas, con el objetivo de garantizar que la antena cumpla con las especificaciones. Los parámetros fundamentales de cualquier antena son: la ganancia, el patrón de radiación, el del ancho de haz, la polarización y la de impedancia. Los dispositivos que nos permiten realizar estas pruebas se indican en la Figura 13.



Figura 13. KEYSIGHT ME1300 RX - ME1301 TX dreamcatcher

2.1.1.6 Keysight me1100 digital RF communication



Figura 14. Keysight me1100 digital RF communication

2.1.1.7 Keysight me1110 kit de modulación digital



Figura 15. Keysight me1110 kit de modulación digital

2.1.2 Análisis línea base fibra óptica

En el inventario de la línea base de los equipos de fibra óptica tenemos los siguientes equipos:

- Fusionadora de fibra óptica FMS-60S
- Fusionadora de fibra óptica Fiberfox MINI5C
- cortadora de fibra óptica fc-6s

- Reflectometers ST-3303
- Medidor de potencia óptica pm-1100

2.1.2.1 Fusionadora de fibra óptica fms-60s

La empalmadora de fusión por alineación de núcleo FSM-60S, está diseñada para realizar empalmes de varios tipos de fibra óptica. Es de tamaño pequeño y ligera, lo que la hace conveniente para cualquier ambiente de operación. Es fácil de operar y realiza empalmes rápidos con una baja pérdida en los empalmes realizados.



Figura 16. fusionadora de fibra óptica fms-60s

2.1.2.2 Fusionadora de fibra óptica Fiberfox mini5c

La fusionadora Fiberfox mini5c, está diseñada para desempeñar un alto rendimiento y velocidad. Diseñada para trabajos de redes ópticas, su característica principal es el alineamiento automático de núcleo para fibras SM, MM, NDZs, G.657. Es una herramienta fácil de operar y resistente a cualquier campo de trabajo en el que se utilice como se puede observar en la Figura 17.



Figura 17. Fusionadora FIBERFOX MINI5C

2.1.2.3 Cortadora de fibra óptica fc-6s

Cortadora de precisión usada para fibra-óptica. El paso precedente para realizar la fusión de dos fibras ópticas es proceder a realizar un corte. Esta herramienta de precisión es fundamental para la fibra óptica porque se basa en un corte circular de acuerdo a la hoja. Esto es necesario para ajustar el punto exacto de corte de la fibra óptica. Estos procesos de corte se lo realizan en dos sencillos pasos: ubicación de la fibra, y cierre/deslizado de las cuchillas de corte de fibra óptica.



Figura 18. Cortadora de fibra óptica FC-6S

2.1.2.4 Atenuador variable st-3303

La atenuadora variable de fibra óptica es un equipo de precisión diseñado para proporcionar una atenuación constante de la señal óptica. Este equipo es

utilizado en el cableado de fibra monomodo para pruebas en línea, por tal motivo se puede usar en sistemas digitales de comunicación (PHD, SDH).



Figura 19. Atenuador variable ST-3303

2.1.2.5 Medidor de potencia óptica pm-1100

El medidor de potencia PM-1100 brinda mediciones de potencia precisas en un amplio espectro. Sirve para medir automáticamente valores como: pérdida de inserción o atenuaciones para un mantener un monitoreo continuo y una adquisición de datos reales. Este medidor de potencia proporciona un alto rendimiento, flexibilidad y facilidad de uso.



Figura 20. Medidor de potencia Óptica PM-1100

2.2 Análisis línea base propuesta

Actualmente el laboratorio de La Universidad de Las Américas no cuenta con equipos que conformen un estudio relacionado a las telecomunicaciones, para esta se propuesta se detallan los equipos a utilizar en el siguiente capítulo.

2.2.1 Comparativa de equipos

Mediante un análisis se busca la mejor opción para la propuesta de implementación del enlace de pruebas, con el objetivo que se pueda facilitar el estudio de los enlaces relacionados a RLAN(Radiofrecuencia).

2.2.1.1 Análisis equipos motorola

Dentro del catálogo ofrecido por la empresa Motorola existen varios equipos y modelos de alta gama los cuales son: Canopy utilizados por proveedores de internet en sus últimas millas para transmisión de datos, voz, video, sistemas de vigilancia, redes de comunicación urbana, rural, etc. Este tipo de equipos utiliza un reflector al igual que varios de los equipos de transmisión inalámbrica con el objetivo de tener un mayor alcance.



Figura 21. Canopy-equipo de motorola

Los equipos Canopy de Motorola ofrecen las siguientes características:

- WPA - WEP
- Protocolos: HTTP, FTP, SNMP IPV4, Telnet, etc.
- 23 dBm
- Mode AP
- Max. Power 8,2 W
- Frecuencias 5Ghz
- Enlaces hasta 56Km
- AB 20 MHz
- *Interface eth 10/100*
- La antena únicamente puede ser parabólica

2.2.1.2 Análisis equipos Ubiquiti

Esta es una empresa proveedora de tecnologías con el objetivo de la creación de redes inalámbricas. Ubiquiti está dedicada al hardware para redes inalámbricas, desde equipos para largas distancias y también para pequeñas

redes wifi home, su principal priorización se encuentra en la innovación y en el gran rendimiento a bajos costos de operación.

Para el presente caso de estudio se tomó en cuenta equipos que se conectan a distancias largas.



Figura 22. Equipo de Ubiquiti larga distancia NanoStation

Los equipos NanoStation de Ubiquiti ofrecen las siguientes características:

- *WiFi Protected Access (WPA)*
- Protocolos: HTTP, FTP, SNMP IPV4, Telnet, etc.
- WEP
- QoS Inteligente.
- Puerto Ethernet 10/100
- Salida RF de 27 dBm
- Rango de Frecuencia 4.9-5.9 GHz
- Se pueden utilizar diferentes tipos de antenas.

2.2.1.3 Análisis equipos Mikrotik

El diseño del laboratorio se genera mediante conceptos de enlaces inalámbricos y el análisis de la línea base.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente Mikrotik tiene una amplia gama de productos para cualquier tipo de trabajo, su sistema operativo es de uso libre y se denomina: RouterOs; utilizado en motherboards, mini PCI, antenas integradas, routers, switch propias de la marca; todos los equipos son compatibles con estándares establecidos como: 802.11a, 802.11b and 802.11g. dependiendo el tipo de equipo pueden operar en las frecuencias de 2,4Ghz y 5

Ghz, formando un equipo completo y robusto para cualquier necesidad.
(MIKROTIK, 2008)

Los equipos Metal 5ac de Mikrotik ofrecen las siguientes características:

- Admin. Graph and remote-
- *-Scripting-*
- *-HotSpot-*
- -VLAN-
- -Tunneling -L2TP-PPPTP-PPPOE-
- -Bandwidth Manager-
- -Proxy-
- *-Bridging-*
- Diagnostico Bandwifith test
- Visualización de frecuencias
- Análisis de uso de frecuencias
- Análisis del espectro radioeléctrico (MIKROTIK, 2008)

2.2.1.4 Análisis de equipos a través de la metodología FODA

Se realizó la selección de los equipos MIKROTIK en base al siguiente análisis FODA en los cuales se demuestra las utilidades de estos equipos:

Tabla 2
Análisis FODA de equipos

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Los equipos son de última generación en transmisión	Demanda alta en el mercado
Fácil Manejo y configuración	Múltiples aplicaciones
Bajos costos de implementación	Acoplamiento con varias tecnologías
Bajos consumos de energía	Sistemas innovadores
Escalabilidad tecnológica	Posibilidad de movilidad
	Continua actualización

DEBILIDADES	AMENAZAS
Frecuencias saturadas(gratuitas)	Competencia
Utilización ilegal	Mala utilización de recursos
Propenso a interferencias	Falta de profundidad en estudios
Distancias definidas	Falta de despliegue tecnológico
Perdidas espacio libre	Baja en publicidad

2.3 Consideraciones de diseño

Con lo mencionado anteriormente, y con el objetivo de tener un enlace totalmente operativo y confiable es necesario tener en cuenta varios factores como; línea de vista entre los dos puntos a establecer la conexión, esto quiere decir que no exista obstáculos. Antes de realizar cualquier instalación se debe conocer el terreno en el cual se va a implementar la solución, tomando en cuenta la elevación y el lugar de posibles interferencias u obstrucciones que existan en el camino de la línea de vista.

Los diseños de radioenlaces se pueden realizar tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Primero definir el modo en que se va a transmitir, puede ser punto a punto u omnidireccional.
- Verificar con herramientas las diferentes causas o ruidos que pueden causar una interferencia.
- La distancia a realizar la conectividad entre dos puntos.
- Verificar bajo que circunstancias se pueden generar perdidas, aplicando varias hipótesis como: clima, construcciones alrededor, etc.
- El alcance que se desea obtener dependerá de los equipos a utilizar en sus puntos de transmisión y recepción.

Analizado y tomado en cuenta los valores de instalación, para la instalación del enlace de pruebas se consideró lo siguiente:

- Definición y asignación del lugar de instalación.

- Cálculos de altura de la torre y forma de sujeción o permanencia en el terreno.
- Cálculos del radioenlace, estudios de trayectorias, cálculos de potencia, efectos de exposición a la salud.
- Se realizan pruebas de transmisión en tiempo real del enlace.

2.3.1.1.1 Enlace punto-punto

Los enlaces punto-punto se utilizan únicamente para conectar dos nodos o brindar un servicio dedicado donde la información se transmite directamente. En las redes punto-punto, los dispositivos se conectan directamente y se establece la comunicación entre equipos. Estos enlaces son utilizados para interconectar nodos de una red principal mediante red punto-punto y se los puede categorizar de acuerdo al método de transmisión que se emplee:

- Simplex. – transmisión de información o datos en un solo sentido
- *Half-dúplex*. – transmisión de información o datos en ambos sentidos, de forma alterna, esto quiere decir, que solo lo puede realizar uno a la vez.
- *Full-Dúplex*. - transmisión de información o datos en ambos sentidos simultáneamente.

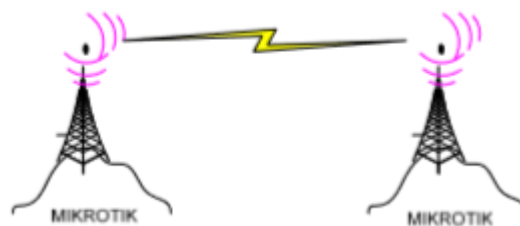


Figura 23. Enlace Punto-Punto

2.3.1.1.2 Características de equipos

El enlace de pruebas propuesto para La Universidad de Las Américas incluye un nodo conectado por medio de transmisión de un enlace punto-punto dentro cualquier laboratorio sobre telecomunicaciones. En esta implementación se utilizaron equipos Mikrotik, en las torres; debido a la siguientes comparaciones realizadas:

- Los equipos son económicos comparados con los precios que ofrece Motorola, Ubiquiti, etc., adicionalmente estos equipos son básicos y no poseen las características propias de Mikrotik.
- Visualización de monitoreo no complicada
- Los equipos Mikrotik permiten:
 - IPv4, IPv6,
 - Firewalls capa 7
 - Monitoreo de frecuencias, anchos de banda, etc
 - SSH, entre otras
- Rápida instalación en nodos, torres bases-estaciones.
- Distancias de largo alcance sin repetidoras.

2.3.1.1.3 Router Mikrotik LHG XL HP5

El equipo XL HP5 es un dispositivo inalámbrico de alta potencia diseñado para exteriores e interiores, robusto y completamente a prueba del clima. Su diseño alberga un equipo RouterBoard impulsado por el sistema operativo RouterOS. Este equipo soporta el estándar inalámbrico 802.11an y puede operar en la banda de frecuencia de 5 GHz configurable mediante software, cuenta con un puerto Gigabit Ethernet, para aprovechar al máximo los beneficios del estándar 802.11an de alta velocidad.

Integra un procesador AR9344 a 600 MHz, 64 MB de RAM y una licencia nivel 3 del sistema operativo RouterOS de Mikrotik, el cual ha sido mejorado.

Tabla 3
Características Mikrotik HP5

Detalles	
Especificaciones	
CPU	AR9344
Dimensiones	d 550x245mm
Sistema Operativo	RouterOS
RAM	64MB
Memoria	16MB
Energía	POE 10-28V

Wireless	
Potencia de antena	250mW
Ganancia de antena	27 dBi
Wireless estándar	802.11a/n
Potencia	500mW
Rango de frecuencia	5150-5875MHz
Ethernet	
Puerto	10/100

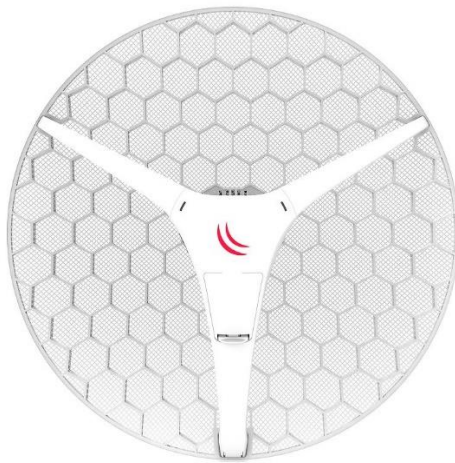
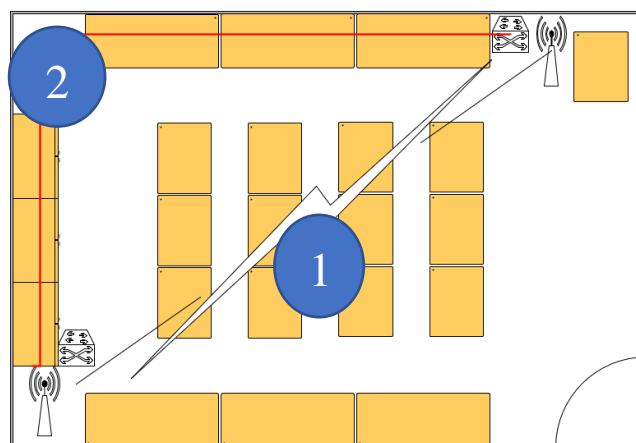


Figura 24. Router Mikrotik LHG XL HP5

2.4 Diseño del laboratorio

La siguiente imagen demuestra un diseño del ambiente de pruebas a realizar en el laboratorio en general, en el cual se especifica un medio de transmisión inalámbrico y un medio de transmisión inalámbrico:



2.4.1 Solución de radioenlace

El enlace principal para el ambiente de pruebas generado en el tema de titulación, está conformado por el radioenlace (medio de transmisión inalámbrico), en cada una de las torres de pruebas se encuentra un equipo Mikrotik cuya función es la de Bridge y Station (Puente y Cliente), como se puede observar en la Figura 25.



Figura 25. Estructura de radioenlace

A continuación, el diseño de la solución del radio enlace se identifica en la Figura 26:

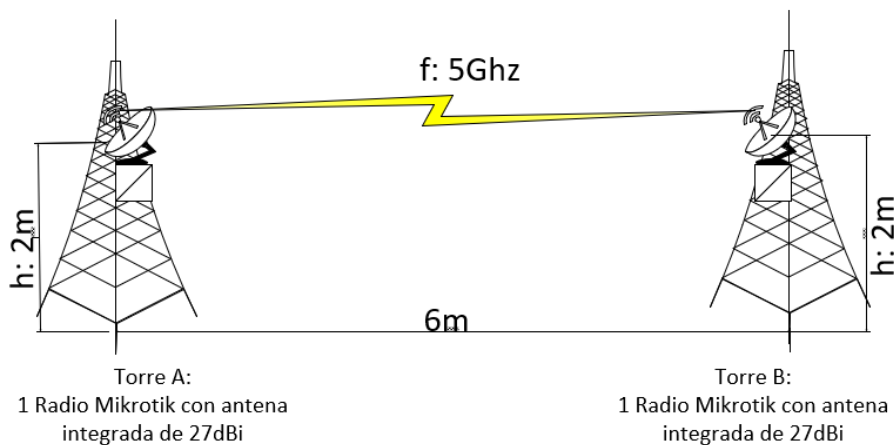


Figura 26. Solución Radioenlace

2.4.2 Solución de fibra óptica

El sistema backup está conformado por fibra óptica (medio de transmisión alámbrico), la cual se encuentra sujeta a la torre de radioenlace, como se puede observar en la Figura 27



Figura 27. Caja de fibra óptica

A continuación, el diseño de la solución de la fibra óptica se muestra en la Figura 28:

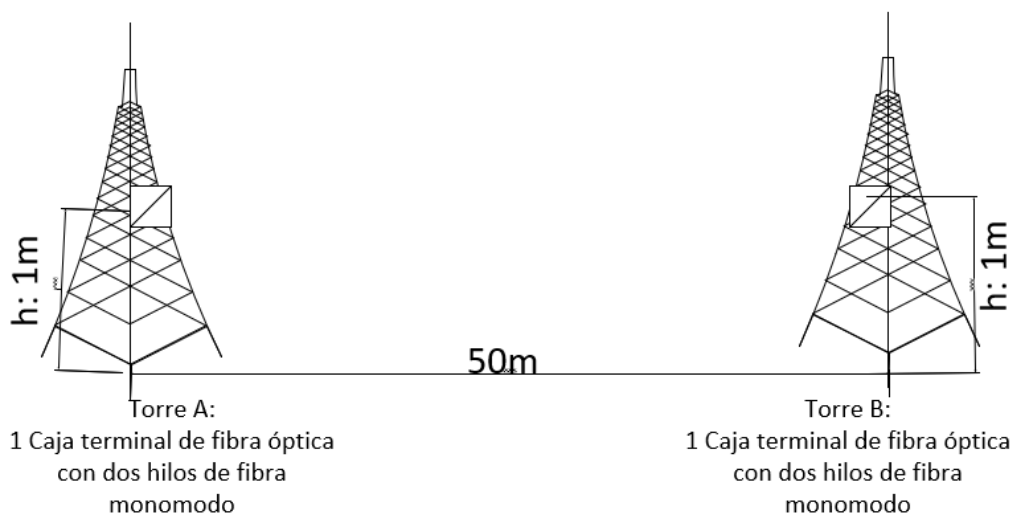


Figura 28. Solución Fibra óptica

3. CAPÍTULO III. ANALISIS DE COSTOS

3.1 Análisis de costos laboratorio radiofrecuencia

El presupuesto previsto para el enlace de prueba está basado en cálculos realizados y anticipados, considerando los costos reales de cada uno de los equipos, materiales, manos de obra, imprevistos y entre otros. En el presupuesto se considerará para que en un futuro los planes proyectados en esta implementación permitan obtener una máxima utilizad con los objetivos trazados, los cuales fueron los siguientes:

- Coordinación de actividades y procesos.
- Establecimiento de puntos de control, con respecto a: compra de equipos según presupuesto y tareas llevadas a cabo.

Con respecto a la presentación del tema de titulación se estableció de manera general los gastos que trataron de cubrir todos los aspectos, incluyendo los imprevistos que surgieron en el trayecto de la elaboración del enlace de pruebas, como fue el caso de compras, transporte, etc., esto fue una proporción que varió el 1% y el 3 % de todos los gastos anticipados para el desarrollo del proyecto siguientes.

Plan de cuentas para el análisis de costos del proyecto:

Tabla 4
Análisis de costos

Componentes Técnicos	Componentes Profesionales	Componentes de Mantenimiento
Costos directos:		
Hardware	Personal	Personal (estudiantes,
Comunicaciones	(estudiantes, profesores)	profesores, personas externas)
Software	Consultores individuales	Costos Operativos
Otros costos	Otros costos (ej.: capacitación)	Otros costos (ej.: actualización y soporte)

Costos
Indirectos:

Backups	Backups	Backups
Capacitación a otros usuarios	Capacitación a otros usuarios	Tiempo en solucionar problemas
Tiempo en solucionar problemas	Tiempo en solucionar problemas	

En este último se encuentra el costo total del proyecto.

Tabla 5
Costo del proyecto

Cantidad	Descripción	Precio
2	Torre de telecomunicaciones	\$ 500.00
2	Radio Mikrotik LGH XL HP5	\$ 257.00
20	Cable UTP Cat5 y conectores	\$ 4.00
TOTAL		\$ 761.00

4. CAPÍTULO IV. IMPLEMENTACION

4.1 Implementación radioenlace

Como metodología de enseñanza, la Universidad de las Américas es la única que vincula la teoría con la práctica, en este sentido, dispone de varios laboratorios que permiten ejecutar y experimentar lo aprendido en las aulas de clases.

Como se indicó, en el análisis de situación actual de los laboratorios, se disponen de equipamiento tanto de fibra como de Radio enlaces. La solución propuesta, pretende integrar diferentes tipos de medios de comunicación, en este caso FO con RF, permitiendo experimentar en una red convergente.

Actualmente en La Universidad de las Américas existen laboratorios, los que cuentan con equipos para realizar prácticas. Uno de los principales objetivos es

optimizar el uso de los equipos, especialmente para la disponibilidad de los estudiantes y profesores del área.

Frente a esta situación la presente implementación opta por una forma de manejar las clases de una manera práctica donde los estudiantes podrán aprender los dispositivos que se manejan en el ámbito laboral, siendo la comunicación por radio enlace una opción de solución. Por lo tanto se procedió a realizar la respectiva gestión técnica para proceder con la implementación.

En los últimos años el Desarrollo tecnológico ha formado parte importante para el desarrollo de la sociedad, razón por la cual es necesaria la implementación del enlace para tener un amplio conocimiento en las tecnologías actuales y disponibles en la comunicación inalámbrica. Antes de ello se deberá considerar los siguientes puntos:

Descripción general de la red, y de cada uno de los segmentos que conforman, esto nos ayudará especialmente para controlar de mejor manera la red, ubicación del punto, escoger la ubicación correcta para el enlace de modo que no genere ninguna interferencia en la señal, para ello se tomará los datos (altura del mástil, ubicación en el laboratorio) correspondiente al sector asignado por La Universidad de las Américas, de esta manera se podrá proceder con el diseño de la red.

Antes de realizar cualquier instalación recalco que es importante realizar el cálculo previo, así como su respectiva simulación, eso nos ayudará a completar de manera correcta las pruebas necesarias del enlace, para así proceder con la instalación y evitar cualquier tipo de inconveniente. Finalizada la etapa de la instalación se analizará cuáles fueron los principales inconvenientes en cada uno de ellos tanto en la parte técnica como en la configuración de los equipos y la solución que se dio a los problemas suscitados.

4.2 Enlace de uso libre

En el siguiente tema se realizará un análisis y un estudio sobre la ley que establece a República del Ecuador con respecto al uso de frecuencias no licenciadas, con el objetivo de prevenir y no ocasionar problemas legales en la instalación de los equipos Mikrotik.

4.2.1 Enlace de uso libre ley ecuador

De acuerdo a la normativa del uso libre de frecuencias del Ecuador, menciona lo indicado en el ANEXO 1 CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA EQUIPOS QUE OCUPEN ESPECTRO DE USO LIBRE literal 1.17:

“1.17. Redes radioeléctricas de área local (RLAN) de banda ancha. Las RLAN de banda ancha son redes utilizadas por una organización única dentro de una sola instalación o extendidas sobre una pequeña zona, preferentemente en el interior de edificios, en oficinas, fábricas, almacenes, etc. En el caso de los dispositivos RLAN instalados en el interior de edificios, las emisiones resultan atenuadas por la estructura.”

4.2.2 Enlace de uso libre normativas

A continuación, se detallará el rango de las frecuencias no licenciadas en Ecuador las cuales son un total de 54 bajo la normativa legal:

- 902 MHz a 928 MHz: Son atribuidas a títulos secundarios para el uso de servicios fijos y/o móviles, públicos y/o privados de telecomunicaciones.
- 2400 MHz a 2483MHz: Son atribuidas a títulos secundarios para uso de servicios fijos y/o móviles, públicos y/o privados de telecomunicaciones.
- 5150 MHz a 5250MHz: Son atribuidas a títulos secundarios para el uso servicios fijos y/o móviles, públicos y/o privados de telecomunicaciones y su uso dentro de interiores.
- 5250 MHz a 5350MHz: Son atribuidas a títulos secundarios para los usos de sistemas de accesos inalámbricos para las prestaciones de servicios públicos de telecomunicaciones fijos y/o móviles.
- 5470 MHz a 5725MHz: Son atribuidas a títulos secundarios para los usos de los sistemas de accesos inalámbricos para las prestaciones de servicios públicos de telecomunicaciones fijos y/o móviles.
- 5725MHz a 5850MHz: Son atribuidas a títulos secundarios para el uso de servicios fijos y/o móviles, públicos y/o privados de telecomunicaciones

No existen perjuicios de las indicaciones anteriores para todos los trabajos y utilicen estas bandas de frecuencia siempre y cuando se sujeten a la siguiente normatividad técnica, como se detalla a continuación:

Para bandas que van desde 5150MHz a 5250MHz, el PIRE máximo que podrá ser utilizado no debe exceder los 23 dBm; aproximadamente 200 mW dentro de un espacio cerrado.

Para bandas 5250MHz a 5350MHz y 5470MHz a 5725MHz, el PIRE máximo para ser utilizado no debe exceder los 30 dBm aproximadamente 1W dentro de espacios cerrados. (ARCOTEL, 2018)

De acuerdo al estudio indicado anteriormente la frecuencia a utilizar en el presente tema de titulación, cumplen con los rangos establecidos de uso libre y potencia de radiación.

4.3 Consideraciones sobre los campos electromagnéticos

En el siguiente tema se realizará un análisis y un estudio sobre la afectación del campo eléctrico sobre la salud, con el objetivo de prevenir y no ocasionar malestares en la instalación de los equipos Mikrotik.

4.3.1 Campo electromagnético

Los campos electromagnéticos existen en diferentes formas desde los orígenes del universo. Se diferencian entre sí por la frecuencia y la luz visible es su forma más conocida. Los campos eléctricos y magnéticos forman parte del espectro electromagnético, que abarca desde la electricidad estática y el magnetismo, pasando por la radiofrecuencia (RF), la radiación infrarroja y la luz visible, hasta los rayos X y gamma.

Los campos electromagnéticos consisten en las ondas generadas por energías eléctricas y magnéticas las cuales se propagan alrededor del espacio. Ocasionalmente es utilizado el término "campo electromagnético" o CEM para asignar toda presencia de las radiaciones electromagnéticas.

4.3.2 Radiación ionizante y no ionizante

Las radiaciones electromagnéticas de las frecuencias superiores a la banda ultravioleta se clasifican como: "radiación ionizante", esto debido a que contiene energía suficiente para modificar todos los átomos por medio de la liberación de electrones "ionización" de esta manera logra alterar los enlaces químicos. Los rayos X y los rayos gamma son dos formas conocidas de radiación ionizante. La radiación ionizante se produce a frecuencias por encima de 2 900 THz

(2900×10^{12} Hz). Esta frecuencia corresponde a una longitud de onda de unos 103,4 nm, que está por debajo del límite inferior de longitud de onda del espectro ultravioleta (UV).

Las radiaciones electromagnéticas de las frecuencias inferiores a la banda ultravioleta se clasifican como "radiación no ionizante", porque carecen de la suficiente energía para liberar electrones, es decir, para ionizar o modificar la estructura atómica. Los campos de radiofrecuencia son radiaciones no ionizantes.

4.3.3 Estaciones base y salud

En lo que respecta a las estaciones de base y la salud, la OMS (Organización mundial de la salud) señala que:

"Teniendo en cuenta los muy bajos niveles de exposición y los resultados de investigaciones reunidos hasta el momento, no hay ninguna prueba científica convincente de que las débiles señales de RF procedentes de las estaciones de base y de las redes inalámbricas tengan efectos adversos en la salud."

"Los estudios realizados hasta la fecha no indican que la exposición ambiental a los campos de RF, como los emitidos por las estaciones base, aumente el riesgo de cáncer o de cualquier otra enfermedad."

4.3.4 Directrices sobre la exposición humana

En lo que respecta a las directrices sobre la exposición de las personas, la OMS señala que:

"Varios organismos nacionales e internacionales han formulado directrices que establecen límites para la exposición a campos electromagnéticos (CEM) en el trabajo y en los lugares de residencia. Los límites de exposición a CEM desarrollados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), una organización no gubernamental reconocida de forma oficial por la OMS, se desarrollaron tras evaluar todas las publicaciones científicas revisadas por expertos, incluidos los efectos térmicos y no térmicos. Las normas se basan en evaluaciones de los efectos biológicos que, según se ha comprobado, no producen consecuencias para la salud."

4.3.5 Límites de exposición a campos electromagnéticos

Existen varios estándares donde se especifican sobre los límites, sobre la exposición a los diversos campos electromagnéticos, evaluados y valorados por varios estudios científicos sobre los tipos de efectos biológicos de los campos electromagnéticos sobre el ser humano, de esta manera se identifican los altos numerosos de exposición donde se observan los efectos sobre las personas. (Lin, 2006)

Todo tipo de recomendación incorpora un factores de seguridad sobre los valores para establecer dichos límites en la exposición a los campos electromagnéticos cuyo objetivo es tener un aproximado margen sobre todos y cada uno de los aspectos que pueden llegar a influir, tales como: condiciones ambientales, sensibilidad térmica con estudiantes, diferencia en la filtración de energías electromagnéticas por las distintas características de las personas, etc. (Lin, 2006)

“Como se puede observar en la tabla 6, la mayoría de los trabajos especifican dos tipos de límites, uno para la exposición ocupacional y otro para la exposición del público en general.” (Lin, 2006)

“El estándar IEEE C95.1 diferencia entre entornos controlados y entornos no controlados. Los factores de seguridad suelen ser de 10 veces para exposición ocupacional y de 50 veces para exposición del público en general.” (OMS, 2007)

“Además, todos estos estándares consideran distintas situaciones de exposición a las emisiones electromagnéticas: exposición de cuerpo entero y exposición parcial del cuerpo (cabeza, tronco, miembros). El tiempo de promedio de la exposición varía entre 6 y 30 minutos, dependiendo del estándar o recomendación.” (Lin, 2006)

“Los límites propuestos por la Comisión Internacional sobre la Protección contra Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP), determinan los niveles de referencia máximos de exposición de las personas, ya sea en unidades de campo eléctrico (V/m), campo magnético (A/m) o densidad de potencia (W/m²), para una frecuencia determinada; existiendo dos tipos de límites de exposición definidos: ocupacional y público general. El límite ocupacional se aplica a las situaciones

donde las personas están expuestas a radiaciones electromagnéticas por causa de su trabajo; los límites de público general son aplicables para todas las personas cuyo oficio no está relacionado con las fuentes de emisión radioeléctricas. En la Tabla 6 se observan las zonas de exposición: en conformidad, ocupacional y rebasamiento, definidas por la recomendación UIT K.52.” (Winter & Yordano, 2005)

Tabla 6
Límites de Referencia ICNIRP

Tipo de Exposición	Gama de frecuencias	Intensidad de campo		Densidad de potencia de onda plana equivalente Seq (W/m ²)
		eléctrico (V/m)	Intensidad de campo magnético (A/m)	
OCUPACIONAL	Hasta 1hz	-	2×10^2	-
	1-8hz	20 000	$2 \times 10^5 / f^2$	-
	8-25hz	20 000	$\frac{2 \times 10^4}{f}$	-
	0.025-0.082khz	500/f	$\frac{20}{f}$	-
	0.82-65khz	610	24.4	-
	0.065-1Mhz	610	$\frac{1,6}{f}$	-
	1-10Mhz	610 / f	$\frac{1,6}{f}$	-
	10-400Mhz	61	0.16	10
	400-2000Mhz	$3f^{\frac{1}{2}}$	$0.008f^{\frac{1}{2}}$	f/40
	2-300Ghz	137	0.36	50
	Hasta 1hz	-	2×10^4	-
	1-8hz	10 000	$2 \times 10^4 / f^2$	-
	8-25hz	10 000	$\frac{5000}{f}$	-

	0.025- 0.082khz	250 / f	$\frac{4}{f}$	-
	0.8-3Khz	250 / f	5	-
	3-150Khz	87	5	-
	0.15-1Mhz	87	$\frac{0.73}{f}$	-
PUBLICO EN GENERAL	1-10Mhz	$\frac{87}{f^{\frac{1}{2}}}$	$\frac{0.73}{f}$	-
	10-400Mhz	28	0.073	-
	400- 2000Mhz	$1.375f^{\frac{1}{2}}$	$0.0037f^{\frac{1}{2}}$	f/200
	2-300Ghz	61	0.16	10

“Tomado de (Winter & Yordano, 2005)

Nota. f es el valor correspondiente a las gamas de frecuencias. Para las frecuencias entre 100Khz y 10Ghz, el tiempo de premediación es de 6 minutos. Para frecuencias superiores a 10Ghz, el tiempo de premediación es de $68/f^{1.05}$ minutos (f en GHz).”
(Unión Internacional De Telecomunicaciones, 2000)

De acuerdo a la tabla indicada anteriormente el límite máximo que puede recibir una persona por radiación en el rango de 2-300Ghz es de 0.36w, la antena Mikrotik tiene una potencia de 250mW (0.25w), siendo factible la instalación del ambiente de pruebas del radioenlace.

4.4 Instalación radioenlace

En el siguiente tema se indicarán las configuraciones de los equipos que se van a instalar en el laboratorio de prácticas.

4.4.1 Configuración equipos Mikrotik

Toda red de telecomunicaciones inicia su funcionamiento después de haber realizado su respectiva configuración entre dos o varios que conforman el enlace de manera que podamos comunicarlos entre sí, siendo necesario realizar las pruebas correspondientes en cada equipo final del enlace para proseguir con el siguiente; ya que si las pruebas se las realiza cuando se haya finalizado el enlace, resultará más difícil identificar el lugar en donde se encuentra el problema.

4.4.2 Tipos de configuración Mikrotik

4.4.2.1 Configuración como AP

Con la consola Winbox se accede al menú de Interfaces, en este se presentara la opción de *Interface List* donde se realizara la configuración de puertos Eth, wlan, disponibles en el equipo.

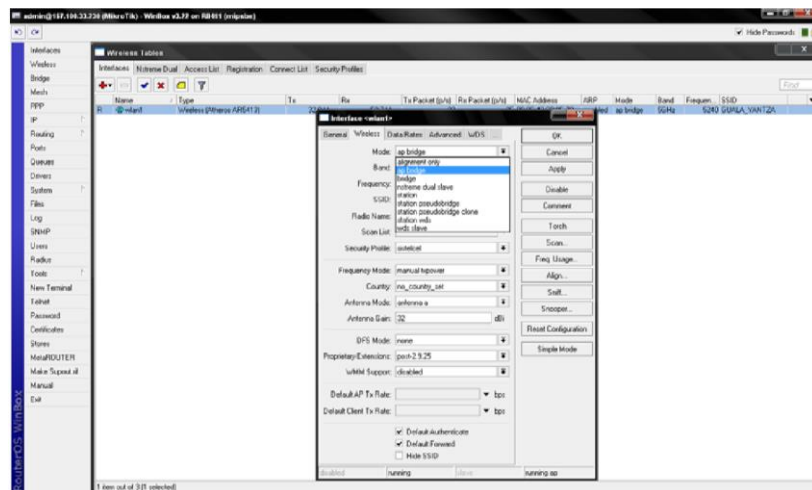


Figura 29. Configuración como AP

En la configuración inalámbrica aparece la tarjeta wlan1 correspondiente al wifi; dentro del menú Wireless de la tarjeta <wlan1> se seleccionará la opción de AP, con este parámetro se inicia la configuración necesaria.

-General

Name: Permite cambiar el nombre de la interface en la que os encontramos.

MTU (unidad máxima de transferencia): Expresa el tamaño en byte

-Wireless

Mode: En esto se asigna el tipo de funcionamiento en este caso AP Bridge.

Band: hace referencia al rango de frecuencia sobre el cual se va a trabajar.

Frecuencia: Especifica el canal permanente sobre el cual se va a traficar la información.

SSID: es un código incluido en todos los paquetes que se trafican por una red inalámbrica, para identificarlos como parte de la misma.

Security Profile: Es un código Hexadecimal creado con el fin de evitar que usuarios sin una autorización formen parte de la red.

Antena Mode: Ya que las tarjetas miniPCI dispones para dos conectores, en el momento que este se conecta en el principal (*main*), colocamos como antena a, si por el contrario decidimos conectar al otro puerto (*aux*), el modo será antena b.

Antena Gain: Ganancia de la antena (27 dBi).

4.4.2.2 Configuración modo estación

Esta configuración es sencilla y se la realiza en el punto donde se requiere configurar parámetros de conexión con el AP

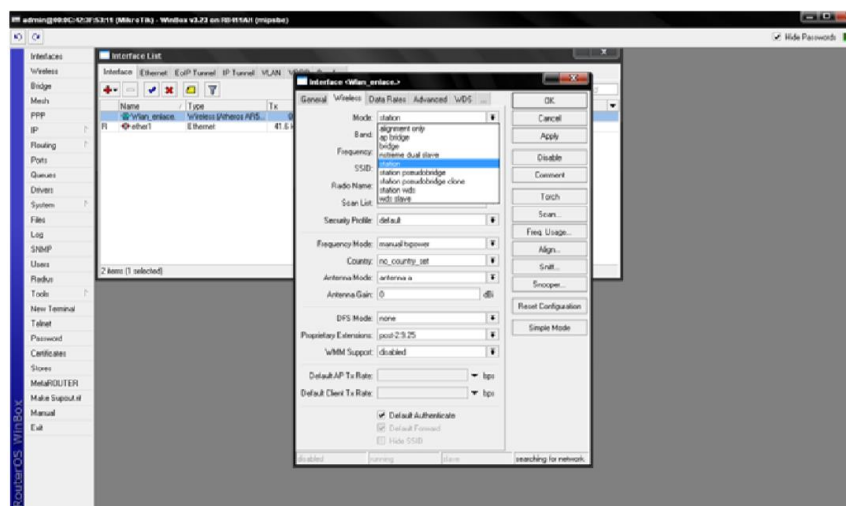


Figura 30. Configuración modo station

-General

Name: Es para realizar el cambio de nombre a la interface seleccionada.

MTU (unidad máxima de transferencia): Expresa el tamaño en byte de la unidad de datos más grande que puede enviarse usando un Protocolo de Internet.

-Wireless

Mode: Designa el modo de funcionamiento de la interfaz en este caso AP Bridge.

Band: hace referencia al rango de frecuencia sobre el cual se va a trabajar.

Frecuencia: Especifica el canal permanente sobre el cual se va a traficar información dado por el AP al que se conecta.

SSID: Ya que la estación pertenecerá a la misma red del AP, esta tendrá que utilizar el mismo SSID.

Security Profile: Al igual que con el SSID, la estación debe tener la misma seguridad para comunicar los dos equipos.

Antena Gain: Ganancia de la antena (27 dBi).

4.4.2.3 Configuración modo bridge

Al momento de seleccionar esta configuración permitirá comunicar más de dos interfaces dentro del mismo equipo; para lo siguiente realizaos las configuraciones a continuación: (MIKROTIK, 2008)

- En el menú seleccionamos Bridge
- En el ícono + (mas) un click
- Seleccionamos el nombre para el BRIDGE.
- Finalmente, en PORT se ingresa los puertos a comunicar entre sí.

4.4.2.4 Configuración de la IP

IP por sus siglas en ingles *Internet Protocol* es muy importante la configuración en cada enlace y que de esta manera se podrá visualizar y enviar los datos o información por el canal establecido.

- Primero ingresamos a la interfaz para asignar la dirección IP.
- Se selecciona IP>Address
- En el ícono +(mas) damos un click.
- Asignamos la IP correspondiente.

4.5 Instalación fibra óptica

Finalmente, se procederá con la instalación de fibra después de haber estudiado las características fundamentales, datos técnicos y recomendaciones para el diseño que se observó en capítulos anteriores, se procede con el diseño de una red de fibra óptica lo más aproximado a un ambiente real.

Para este trabajo es necesario tener todos los elementos que se componen en un sistema de fibra óptica, con el objetivo de aplicar los procedimientos de diseño e instalación de una red de fibra, con lo mencionado se puede llegar a realizar cualquier instalación de un sistema óptico a nivel de estudio y de campo de aprendizaje. (Rodríguez, 2014)

4.5.1 Consideraciones de diseño

Para llevar a cabo lo siguiente es necesario comprender la información sobre el tema de fibra óptica a realizar, de igual manera que el ambiente o escenario de instalación que la del radioenlace, para niveles generales es necesario un estudio donde se establece la cobertura a la cual puede llegar la fibra óptica. Adicionalmente se tomara en cuenta esta información para el diseño del laboratorio de fibra óptica.

4.5.2 Escenario del despliegue

El área de despliegue se encuentra dentro de las instalaciones de la Universidad de las Américas. La selección de esta área específicamente se debe a la realización de la mayoría de casos llevados a la práctica de un despliegue de fibra óptica como laboratorio.

4.5.3 Practica propuesta para el laboratorio de fibra óptica

A continuación, la practica propuesta para el laboratorio de fibra óptica

4.5.3.1 Practica Nro. 1

TITULO: Identificación de Cables Ópticos

a) Objetivos

Analizar las diferentes muestras de los cables ópticos utilizados en los sistemas de comunicacion de líneas ópticas.

Examinar las distintas cubiertas de los hilos de Fibra Óptica

Estudiar el funcionamiento de los hilos de Fibra Óptica

b) Introducción

Debido al frágil estado de la fibra óptica que se usa en redes de comunicación óptica, es muy importante recubrir de elementos protectores que permitan una correcta instalación en el campo real. La utilización de cables ópticos, con recubrimientos, se mejora de acuerdo a:

La dureza mecánica generada que evita cualquier rotura de fibra.

La duración del enlace esto evita el deterioro del canal.

Curvaturas, evitarlas para disminuir la atenuación.

El diseño del cable óptico es estructurado en dos etapas: recubrimiento de clase primaria, y la clase de agrupamiento de fibras. El recubrimiento primario proporciona resistencia que proteja a la fibra.

Existen varios tipos de cables dirigidos a diferentes aplicaciones los principales son:

- Loose
- Tight
- Groove
- Ribbon

c) Materiales

Cortadora de fibra óptica FC-6S

Cables de fibra óptica

d) Desarrollo

En el presente desarrollo se analizará la forma de construcción de los múltiples cables de fibra óptica. donde se deberá:

Observar todas las capas de protección de la fibra.

Examinar la clase y orden de canales de fibra óptica.

Identificar la clase de fibra y la aplicación correspondiente, con respecto a su estado.

e) Conclusión

El propósito de la práctica nos permite familiarizar y conocer la Fibra Óptica con estudiantes y profesores.

4.5.3.2 Practica Nro. 2

Empalmes de Fibra Óptica

a) Objetivos

Analizar las diversas formas de pelar la Fibra Óptica.

Examinar los distintos cortes de Fibra Óptica, previo a la fusión.

Estudiar los pasos para fusionar la Fibra Óptica

b) Introducción

En la actualidad los sistemas de comunicación utilizan una o más fibras ópticas de dióxido de silicio (SiO_2), de 125 μm . El núcleo es de aproximadamente 9 μm en el diámetro. Las medidas de 1300 nm y 1550nm son para la segunda y tercera ventana de transmisión.

La operación básica y fundamental que se realiza sobre una o varias fibras ópticas es la capacidad de introducir o extraer luz, para soldar dos puntas de fibras; prolongando el canal óptico. Para lo cual se realizan dos operaciones:

Pelado de la fibra. -Se remueve todas las cubiertas protectoras de la misma, dejando libre sólo el canal óptico.

Existen dos técnicas: Pelado mecánico, se utiliza básicamente un pelacables, sin embargo, los recubrimientos de Klevlar o aramida requieren una herramienta especial.

Para cortar la capa protectora más interna, denominada cubierta primaria, existen herramientas específicas, estas son caracterizadas por su diámetro de corte calculado con precisión con el objetivo de evitar dañar el núcleo de la fibra.

El pelado o corte químico, es empleado para eliminar la cubierta principal. Para la envoltura o revestimiento se utiliza diclorometano (Cl_2CH_2). La envoltura compuesta por poliamida, es más complicado de remover: por lo que se utiliza el ácido sulfúrico (SO_4H_2) a alta temperatura. (Rodríguez, 2019)

Se produce una fisura superficial en la fibra, a continuación, se aplica una tensión que propaga la fisura hasta producir la rotura. El corte así producido es perfectamente plano y perpendicular. (Rodríguez, 2019)

Varias situaciones pueden exigir la confección de empalmes de fibras de cables ópticos:

Dar continuidad a un tramo de cable óptico que se esté instalando;

Unir un cable a una extensión óptica con conector;

Convertir un tipo de cable a otro;

Deben respetarse los siguientes procedimientos antes de realizar un empalme:

Limpieza: después de retirar convenientemente el revestimiento del cable, deberán retirarse los residuos de su interior, como el gel de petróleo, utilizando gasa o pañuelos de papel embebidos en alcohol isopropílico o anhidro (baja concentración de agua).

Decapado: las extremidades de las fibras ópticas deben someterse al proceso de decapado de su revestimiento externo (acrilato). Nuevamente, las fibras decapadas deberán pasar por la misma limpieza ejecutada inicialmente. Este proceso de limpieza debe realizarse varias veces hasta que la fibra esté perfectamente limpia.

Clivaje: consiste en el corte de las fibras en un ángulo de 90° , ellas estarán paralelamente posicionadas en el momento del empalme, para ofrecer un empalme de buena calidad, con bajos niveles de atenuación.

Existen dos procesos de empalmes en fibras ópticas:

Mecánico

Fusión

El proceso de empalme mecánico puede realizarse por bloqueo mecánico o a través de conectores

El primero consiste en utilizar alineadores de precisión donde se introducen las fibras ópticas, para que queden frente a frente, lo más cercano posible, a continuación, se introduce un gel equalizador de Índice de refracción en el espacio entre las dos fibras, para reducir la atenuación resultante.

Finalmente, a través del monitoreo con equipos de medición (powermeter, OTDR) se ajustan las fibras y se traban en la posición de menor atenuación.

Este proceso de empalme es bastante utilizado en situaciones de emergencia, en carácter provisorio, pues la atenuación es muy superior a la obtenida con máquinas de fusión, con el agravante de empeorar con el transcurrir del tiempo.

El proceso de empalme por fusión se realiza con la máquina de empalmes, que funde las dos fibras ópticas juntas, y donde la atenuación es inferior a la de los procesos mecánicos, las etapas de empalme son las siguientes:

La segunda forma de empalme mecánico consiste en la utilización de conectores ópticos, vistos en detalle más adelante, en conjunto con adaptadores que aproximan, alinean y fijan los conectores en la posición adecuada. Considerando que los conectores ya estén preparados, esta operación es bastante fácil de realizar, ofrece flexibilidad durante la interconexión de las fibras, los DIO (Distribuidores Internos ópticos) son accesorios que funcionan con base en ese tipo de empalme.

La fusionadora realiza los pasos siguientes:

Posicionamiento (alineación de extremos de la fibra previamente cortados)

Pre-fusión (Eliminación de polvo mediante un arco eléctrico)

Fusión (Unión de las fibras con la ayuda de un tubo y un movimiento axial)
Post-fusión (Estabilización de la soldadura)

c) Materiales

Cortadora de Fibra Óptica
Alcohol
Cable Monomodo de Fibra Óptica
Paño
Pelacables (Fibra Óptica)
Cánula o funda termo-retráctil
Guantes
Fusionadora

d) Desarrollo de la práctica

- a. Introducir la cánula o funda termo-retráctil en la fibra óptica
- b. Pelar la fibra 3 a 5 cm
- c. Retirar la segunda protección de 250u del cable de fibra óptica
- d. Limpiar la fibra con una toallita con alcohol o paño húmedo
- e. Procedemos a cortar la fibra con la ayuda de la cortadora
- f. Limpiar la Fibra Óptica.
- g. Introducir la fibra aproximadamente 16 mm (la cortadora incluye medida)
- h. Utilizamos la cortadora con un corte rápido y preciso
- i. Limpiar la Fibra Óptica.
- j. Abrir la cortadora y retirar la fibra
- k. Fibra lista para introducir en la fusionadora
- l. Repetir el los pasos **b** al **k** para el otro extremo de la fibra
- m. Introducir los dos extremos de la fibra en la fusionadora, alineada los fillos de la fibra en los electrodos
- n. Cerramos los seguros e iniciará la fusión

- o. La máquina comprueba los cortes y realizará los procesos automáticamente
- p. Deslizar el tubo protector sobre la fibra
- q. Introducir la fibra en el horno de la fusionadora
- r. Cerrar y encender
- s. Retiramos la fibra

Para una perfecta unión o fusión de la Fibra Óptica se debe seguir todos los pasos antes citados, y obtener los resultados de los gráficos, caso contrario deberá ser repetido el proceso paso por paso; la pérdida mínima reflejada por la fusionadora en la prueba tensión debe ser entre 0 DBm(ideal) hasta 0,5 dBm como máximo dependiendo del requerimiento del instructor

e) Conclusión

Para lograr una fusión perfecta debemos realizar un excelente corte y limpiar correctamente la fibra óptica.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Al final de este desarrollo se pudo verificar que; establecer el ambiente de pruebas de un radio enlace en el cual se pueda practicar en un ambiente real fue efectiva, afirmando que “la metodología de enseñanza de la Universidad de las Américas es la única que vincula la teoría con la práctica”

Los equipos Mikrotik están disponibles en el mercado desde bastante tiempo atrás, por lo que la información necesaria para configurar uno de estos equipos está al alcance de cualquier persona que necesite de ello, sin embargo, estos están sujetos a las necesidades del usuario Mikrotik que lo desarrollo, por lo que para poder obtener un mayor conocimiento a estos equipos que se encontraron durante el desarrollo del proyecto, fue necesario ponerlo en práctica con un Mikrotik HP5. De este modo cualquier duda fue despejada a tiempo de manera que se pudo garantizar y obtener el mayor beneficio con la configuración más adecuada para implementación del proyecto.

En relación al objetivo se puede concluir que la propuesta de diseñar el ambiente de pruebas para La Universidad de las Américas con el diseño y desarrollo de las prácticas en base a un direccionamiento estándar se alcanzó con éxito en el radio enlace y fibra óptica.

Adicionalmente, tras desarrollar las pruebas de operación y funcionamiento, se determina la factibilidad de diseñar y crear el entorno real de prácticas para el estudiante, abarcando diferentes campos en las aplicaciones de telecomunicaciones, y dejando sentada las bases para futuros desarrollos y aplicaciones en la carrera.

5.2 Recomendaciones

A continuación, se realizan algunas recomendaciones que ayudarán a agilizar implementaciones de laboratorios futuros.

Antes de iniciar con cualquier implementación se recomienda desarrollar un estudio para garantizar la factibilidad de los lugares que serán utilizados y con el objetivo de poder realizar los enlaces o conexiones necesarias y con esto poder evitar o solucionar percances en el transcurso de la implementación

Cuando se manipulan equipos con nueva tecnología se recomienda comprobar los manuales o tutoriales sin manipularlos antes o durante la implementación, esto con el objetivo de garantizar el estado de las configuraciones realizadas, y también para facilitar el trabajo durante las implementaciones.

Cuando utilizamos patch cord de fibra óptica debemos cerciorarnos que este fabricado con un cable que ofrezca la menor cantidad de pérdidas, ya que dependiendo del tipo de cable y la longitud del mismo se producirán las pérdidas de paquetes durante la transmisión.

Cuando se finaliza cualquier implementación, es necesario mantener el continuo monitoreo del proyecto, esto permitirá solucionar rápidamente el problema que se presente en un determinado momento.

Hay que tener en cuenta los niveles de potencia y frecuencia a los que se trabaja para evitar daños en la salud.

Se recomienda utilizar atenuadores para disminuir la radiación en caso de antenas microondas o de alta potencia.

Tanto para los equipos de fibra óptica y equipos Mikrotik, tienen muchas más aplicaciones de las mencionadas en el presente trabajo de titulación, las cuales se pueden ampliar el campo de estudio de las telecomunicaciones.

Como recomendación final, la operación del enlace de pruebas debe ser 30min como máximo y establecido por la ITU en la utilización del radio enlace con el fin de evitar cualquier daño a la salud de los estudiantes

REFERENCIAS

- ARCOTEL. (2018). *Norma de uso libre y espectro para uso determinado de bandas libres*. Recuperado el 21 de Marzo 2019 de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2018/04/NORMA-ESPECTRO-DE-USO-LIBRE-Y-ESPECTRO-PARA-USO-DETERMINADO-EN-BANDAS-LIBRES.pdf>
- ARCOTEL. (2019). *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. Recuperado el 22 de Marzo 2019 de <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-movil-avanzado-sma/>
- Carballar, A. (2002). *Comunicaciones Ópticas: "Introducción a la Fotónica de Comunicaciones"*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Couch, H. L. (1998). *Sistemas de Comunicación digitales y analógicos (5a ed)*. México, D.F., México: Pearson Educación.
- García, A. P., Ortega, H., Jaimes, A., Gallo, F., & Prieto, M. (2004). *Simulación y validación de los niveles de irradiación electromagnética en las inmediaciones de una radio base para la verificación de normas en condiciones andinas*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Gardiol, F. (2005). *Biological Effects of Portable Communication Equipment, Applied Electromagnetics and Communications*. Recuperado el 21 de Junio 2019 de <https://ieeexplore.ieee.org/document/1613546>.
- GYCOM. (2019). *Fibra Óptica*. Recuperado el 25 de Marzo 2019 de <http://www.fibraoptica.com/informacion-tecnica/vistazo-tecnologia>
- ICNIRP, C. I. (2003). *Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0 100 kHz)*. Recuperado el 26 de Junio 2019 de <https://www.icnirp.org/en/publications/article/hf-review-2009.html>
- ITU. (2009). *Gestión del espectro radioeléctrico conjunto de herramientas para la reglamentación de las TIC*. Recuperado el 10 de Marzo 2019 de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2015000300013.

- ITU. (2014). *Definiciones utilizadas en las Recomendaciones sobre características generales de las conexiones y circuitos telefónicos internacionales*. Recuperado el 04 Abril 2019 de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>
- Lin, C. (2006). *A new standar for Safety Levels with respect to human exposure to Radio-frequency radiation*. Recuperado el 15 de Marzo 2019 de <https://ieeexplore.ieee.org/iel1/2917/4177/00159488.pdf>
- MIKROTIK. (2008). *User's Manual Guía RouterBOARD*. Recuperado el 19 de Junio 2019 de https://i.mt.lv/cdn/rb_files/rb750gl-ug.pdf.
- MINTEL. (2019). *Telecomunicaciones*. Recuperado el 28 de Marzo 2019 de https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/Libro_plan_tti_REGISTRO-OFICIAL_30_AGOSTO.pdf
- Molero, E. (2010). *Infraestructuras comunes de telecomunicación*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- OMS. (2007). *Organización Mundial de la Salud. Extremely low frequency fields*. Recuperado el 26 de Junio 2019 de <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenl.cgi?IDARTICULO=57662>
- Rafael, I. M. (2019). *Tutorial Mikrotik RouterConfiguraciones Básicas Guía #2*. Recuperado el 15 de Abril 2019 de <https://forum.mikrotik.com/viewforum.php?f=2&sid=b5c4c80f6238da7e92df323708981b26>
- Razo, C. M. (1998). *Como Elaborar y Asesorar una Investigación de Tesis*. Mexico, D.F., Mexico: Pearson Educación.
- REGIS, J. B. (2008). *Comunicaciones Inalámbricas de Banda Ancha*. Madrid, España: McGraw-Hill/Interamericana de España.
- REID, N., & Ron, S. (2008). *802.11(Wi-Fi), Manual de Redes Inalámbricas*. México, D.F., México: McGranw-Hill companies.
- Rodriguez, A. (2014). *Tipos de cable de fibra optica*. Recuperado el 30 de Marzo 2019 de <https://www.fibraopticahoy.com/tipos-de-cables-de-fibra-optica/>
- Rodriguez, A. (2019). *Fusionadoras de fibra optica*. Recuperado el 25 de Abril 2019 de <https://www.fibraopticahoy.com/fusionadoras-de-fibras-opticas/>

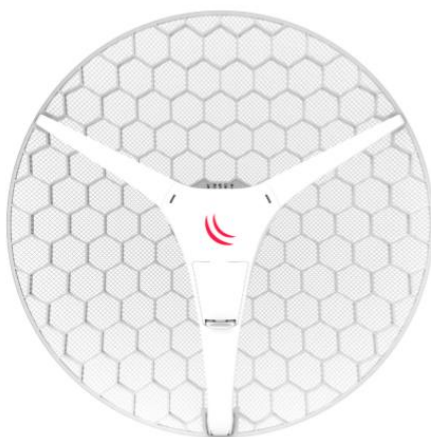
- UIT (2015). Efectos de la refracción troposférica sobre la propagación de las ondas radioeléctricas. Recuperado el 03 de Marzo 2019 de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.834-7-201510-S!!PDF-S.pdf
- Unión Internacional De Telecomunicaciones (2000). *Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos*. Recuperado el 04 de Mayo 2019 de <https://www.itu.int/rec/T-REC-K.52/es>.
- Union, I. T. (2008). *Redes ópticas pasivas de capacidad Gigabit GPON*, Recuperado el 24 de Junio 2019 de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.5-201405-I/es>.
- Winter, A., Yordano, L. (2005). *Field strength and power estimator*. Múnich, Alemania: Rhode & Schwarz.

ANEXOS

Anexo 1.- Características de Antena Mikrotik LHG HP5

LHG 5 series

The Light Head Grid (LHG) is a compact and light wireless device with an integrated dual polarization grid antenna at a revolutionary price. It is perfect for point to point links or for use as a CPE at longer distances. Several models are available with standard power, high power and even the XL with a higher gain and larger grid.



LHG XL HP5 / LHG XL 5 ac



LHG HP5 / LHG 5 ac



LHG 5

Specifications

Product code (International)	RBLHG-5nD	RBLHG-5HPnD	RBLHG-5HPnD-XL	RBLHGG-5acD	RBLHGG-5acD-XL
Product code (USA)	RBLHG-5nD-US	RBLHG-5HPnD-US	RBLHG-5HPnD-XL-US	RBLHGG-5acD-US	RBLHGG-5acD-XL-US
CPU nominal frequency	600 MHz			716 MHz	
Size of RAM	64 MB			256 MB	
Storage	16 MB Flash				
Ethernet ports	1x 10/100			1x 10/100/1000	
Wireless	Built-in 5 GHz 802.11a/n, dual-chain			Built-in 5 GHz 802.11ac, dual-chain	
Wireless regulations	Specific frequency range can be limited by country regulations				
Wireless chip model	AR9344			IPQ-4018	
Operating frequency	International: 5150 - 5875 MHz USA: 5170 - 5250 MHz; 5725 - 5835 MHz				
Antenna gain	24.5 +/- 0.5 dBi	24.5 +/- 0.5 dBi	27 +/- 0.5 dBi	24 +/- 0.5 dBi	27 +/- 0.5 dBi
Antenna beam width	7°	7°	6,4°	7°	
PoE in	Yes				
Supported input voltage	10 V - 30 V (passive PoE)				
Wind loading	186N @ 205 km/h				
Operating temperature	-40 to 70° C				
Shock and vibration	ETSI300-019-1.4				
ETSI specification	EN 302 326 DN2				

Dimensions	Ø 391 x 222 mm; package 450 x 450 x 145 mm		Ø 550 x 245 mm; package 585 x 595 x 138 mm	Ø 391 x 222 mm; package 450 x 450 x 145 mm	Ø 550 x 245 mm; package 585 x 595 x 138 mm
Weight	Unit: 560 g; package: 1.98 kg		Unit: 945 g; package: 2.99 kg	Unit: 560 g; package: 1.98 kg	Unit: 945 g; package: 2.99 kg
License level	3				
Max power consumption	6 W	7 W	7 W	8 W	7 W

Included



24V 0.38 A
Power adapter



2x metal rings



PoE injector

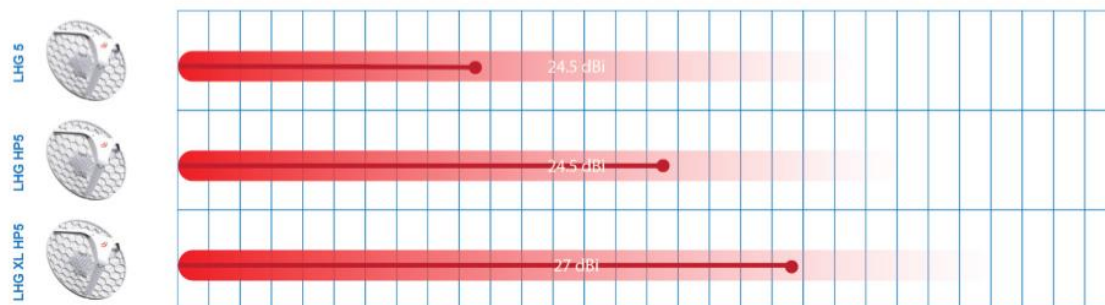


K-LHG kit

Wireless specifications

Model	LHG 5		LHG HP5		LHG XL HP5		LHG 5 ac		LHG XL 5 ac	
RATE	Tx (dBm)	Rx (dBm)	Tx (dBm)	Rx (dBm)	Tx (dBm)	Rx (dBm)	Tx (dBm)	Rx (dBm)	Tx (dBm)	Rx (dBm)
6MBit/s	25	-96	28	-96	28	-96	25	-96	25	-96
54MBit/s	20	-80	25	-80	25	-80	21	-80	21	-80
MCS0	25	-96	28	-96	28	-96	25	-96	25	-96
MCS7	19	-75	24	-75	24	-75	20	-75	20	-75
MCS9	-	-	-	-	-	-	18	-70	18	-70

Maximum distance comparison



Anexo 2. Atributos de la fibra óptica G.652.A

Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1550 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{mín}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{máx}}$	1324 nm
	$S_{0\text{máx}}$	0,092 ps/nm ² × km
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm	0,5 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0,4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PDM _Q máximo	0,5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
NOTA – De conformidad con 6.2, se especifica un valor máximo del parámetro PMD _Q para la fibra no cableada, con el fin de soportar el requisito primario impuesto al cable PMD _Q .		

Anexo 2. Atributos de la fibra óptica G.652.B

Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0,092 ps/nm ² × km
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm	0,4 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0,4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PMD _Q máximo	0,20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
NOTA – De conformidad con 6.2, se especifica un valor máximo del parámetro PMD _Q para la fibra no cableada, con el fin de soportar el requisito primario impuesto al cable PMD _Q .		

Anexo 3. Conociendo la herramienta Winbox

TITULO: Familiarización con la herramienta Winbox de Mikrotik

a) Objetivos

Conocer la herramienta Winbox, necesaria para la configuración de equipos Mikrotik

b) Introducción

Winbox es una herramienta de uso libre la cual se puede conseguir de dos maneras diferentes las cuales son: descargando directamente de la página de Mikrotik o ingresando al router mediante web y descargarla directamente del dispositivo.

c) Materiales

Mikrotik hp-xl5

Software Winbox

Poe

Patch cord

Computadores

d) Desarrollo

Cuando Winbox este descargado, se presionará doble click y se abrirá una ventana. Esta herramienta tiene tres opciones de conexión con los equipos mikrotik: la primera puede ser ingresando la IP, la segunda ingresando la dirección MAC y la tercera reconocerá automáticamente los dispositivos asociados a la red, se especifica el nombre de usuario y la contraseña (en el caso de ser nuevo o no estar configurado no se ingresa contraseña) después se presionará Connect.

Al ejecutar la herramienta se presenta un área de trabajo que es la interfaz del sistema operativo y consta de lo siguiente:

- Barra de menú
- Barra de titulo
- Menú
- Barra de herramientas

Cada uno de los menús contienen submenús que se podrán explorar de acuerdo a la configuración que se necesite realizar

e) Conclusión

El propósito de la práctica nos permite familiarizarnos con el sistema operativo de los equipos Mikrotik.

Anexo 4. Configuración Básica Radios Mikrotik

TITULO: Configuración de equipos Mikrotik LHG XL HP5

a) Objetivos

Analizar los equipos Mikrotik y realizar conexiones punto a punto inalámbricamente.

Estudiar el funcionamiento de un radioenlace.

b) Materiales

Mikrotik hp-xl5

Poe

Patch cord

Computadores

c) Desarrollo

Para configurar el equipo AP, cuenta con 2 tipos de interfaces:

- WLAN: Que es la que realiza la conexión inalámbrica.
- LAN: Que es la que realiza la conexión alámbrica, la que conecta la red interna de nuestros clientes es decir los computadores.

Ingresamos al equipo y se configura en la pestaña INTERFACE, dentro de ello las opciones a cambiar será el modo de trabajo para este caso será como: AP BRIDGE.

El mismo procedimiento se realiza para configurar el equipo CLIENTE, cuenta con 2 tipos de interfaz:

- WLAN: Que es la que realiza la conexión inalámbrica.
- LAN: Que es la que realiza la conexión alámbrica, la que conecta la red interna de nuestros clientes es decir los computadores.

Ingresamos al equipo y se configura en la pestaña INTERFACE, dentro de ello las opciones a cambiar será el modo de trabajo para este caso será como: STATION BRIDGE.

En los equipos se deberá configurar la IP:

Ingresamos en el menú IP>ADDRESSES

Ingresamos la IP y la interface a la que pertenecerá la IP

Adicionalmente se creará el puente entre las interfaces ingresando al menú: BRIDGE, donde se relacionarán las dos interfaces.

d) Conclusión

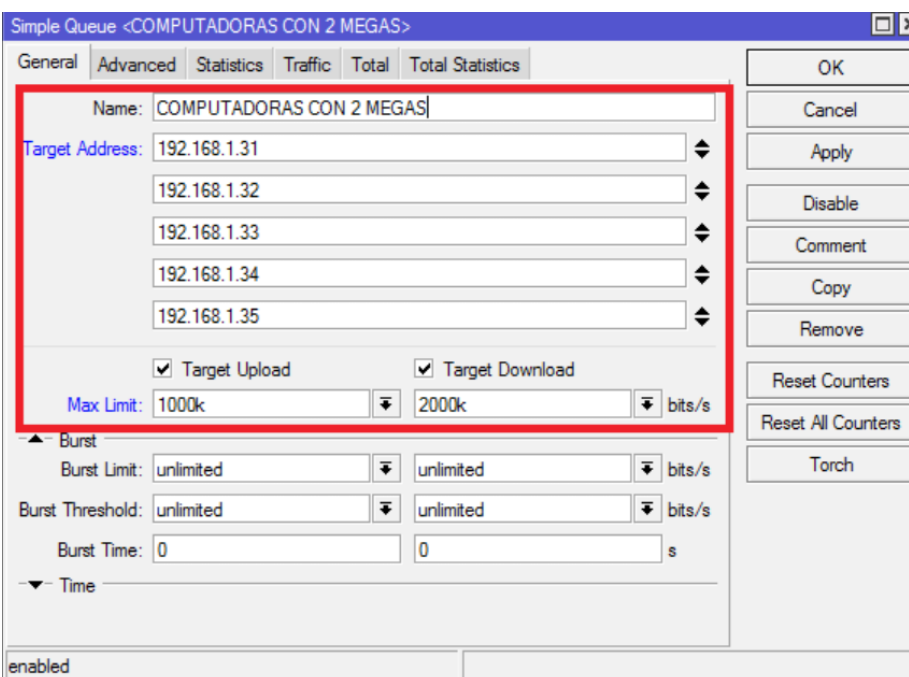
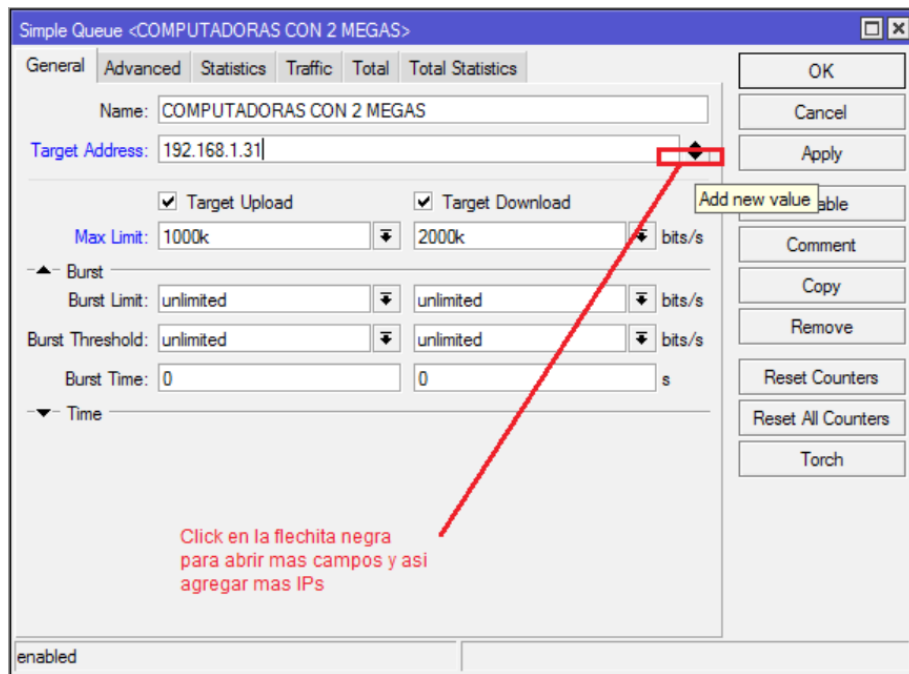
El propósito de la práctica nos permite familiarizar con los equipos Mikrotik del laboratorio de radioenlace.

Anexo 5. Ejemplos del manejo de ancho de Banda

Para este ejemplo se utilizarán un conjunto de varios computadores con las siguientes direcciones IP's:

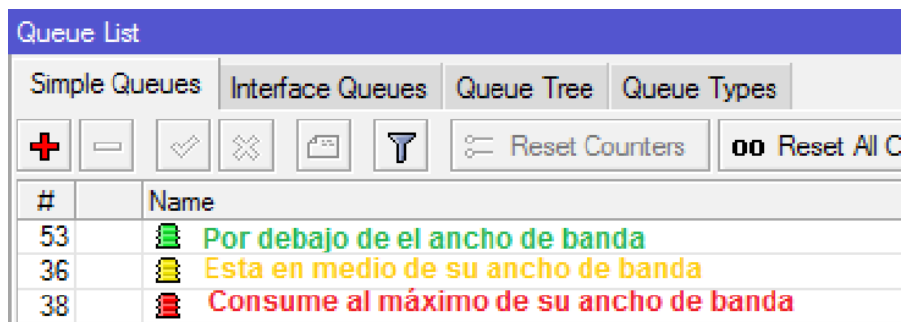
192.168.1.31, 192.168.1.32, 192.168.1.33, 192.168.1.34, 192.168.1.35

Para este ejemplo se necesita controlar el ancho de banda y limitar a 1 mega de subida y 2 megas de bajada. Lo que se realizaría es lo siguiente en la cola (queue)






Ahora se observará que existen varias colas que se han creado con sus respectivos colores. Estos colores cambian de acuerdo al uso que se ha asignado al computador;

- Si un computador cliente usa del 0% al 50% del ancho de banda asignado, la regla estará de color verde
- Si un computador cliente usa del 50 a 70% del ancho de banda asignado, la regla estará de color amarillo,
- Si un computador cliente usa más del 70% del ancho de banda asignado, la regla estará de color rojo.



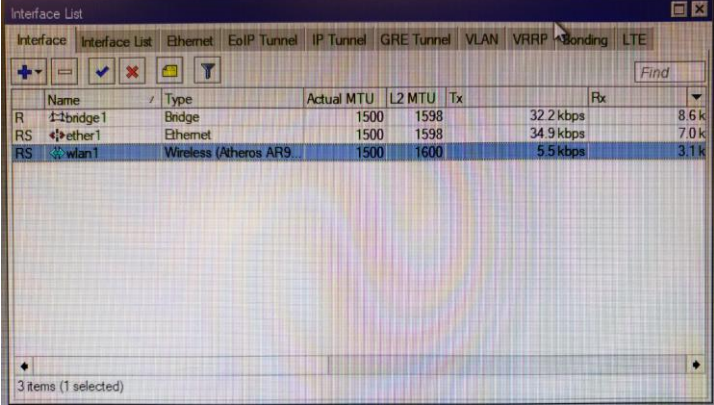
The screenshot shows a 'Queue List' window with a blue header. Below the header are tabs for 'Simple Queues', 'Interface Queues', 'Queue Tree', and 'Queue Types'. A toolbar contains icons for adding (+), deleting (-), checking (✓), unchecking (✗), and a funnel icon, along with buttons for 'Reset Counters' and 'Reset All C'. The main area is a table with two columns: '#' and 'Name'.

#	Name
53	 Por debajo de el ancho de banda
36	 Esta en medio de su ancho de banda
38	 Consume al máximo de su ancho de banda

Evidencia de funcionamiento Proyecto de titulación

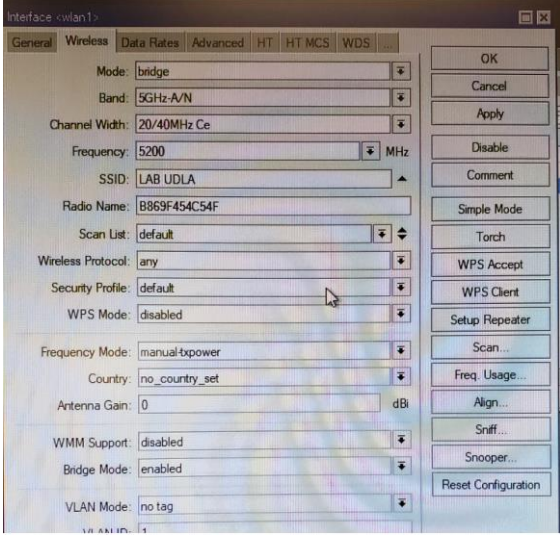
Configuración AP

Interfaces configuradas (ethernet y wifi)



Interface	Name	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx
R	bridge1	Bridge	1500	1598	32.2 kbps	8.6 k
RS	ether1	Ethernet	1500	1598	34.9 kbps	7.0 k
RS	wlan1	Wireless (Atheros AR9)	1500	1600	5.5 kbps	3.1 k

Interface Wifi configurada



Interface <wlan1>

General Wireless Data Rates Advanced HT HT MCS WDS ...

Mode: bridge

Band: 5GHz-A/N

Channel Width: 20/40MHz Ce

Frequency: 5200 MHz

SSID: LAB UDLA

Radio Name: B869F454C54F

Scan List: default

Wireless Protocol: any

Security Profile: default

WPS Mode: disabled

Frequency Mode: manual-tpower

Country: no_country_set

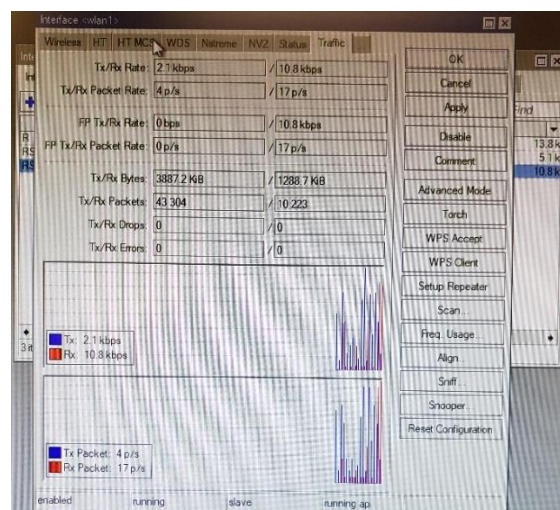
Antenna Gain: 0 dB

WMM Support: disabled

Bridge Mode: enabled

VLAN Mode: no tag

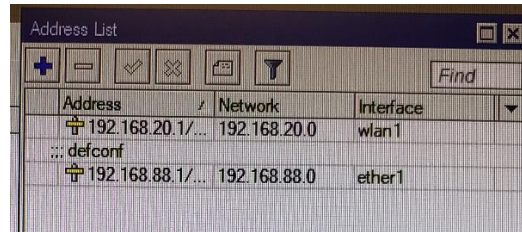
Transmisión de datos



Configuración de direcciones IP

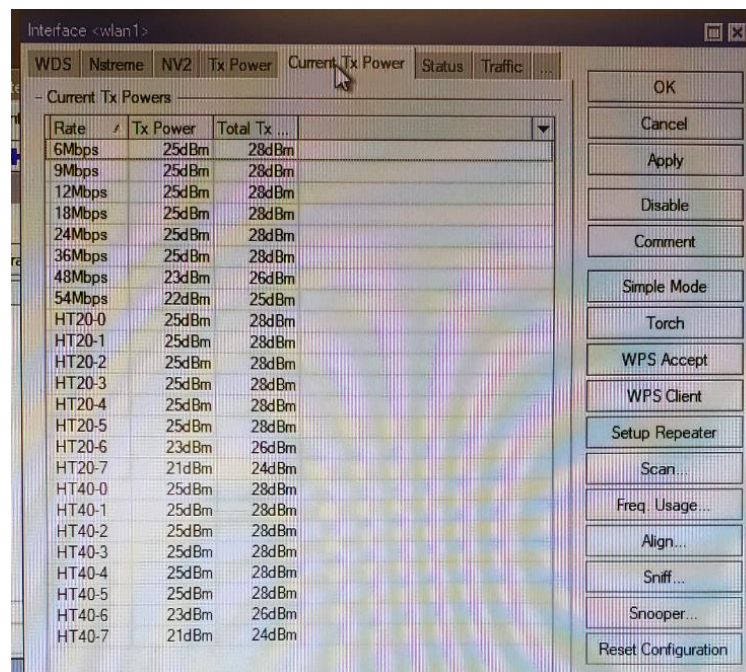
Eth: 192.168.20.10

Wifi: 192.168.88.1



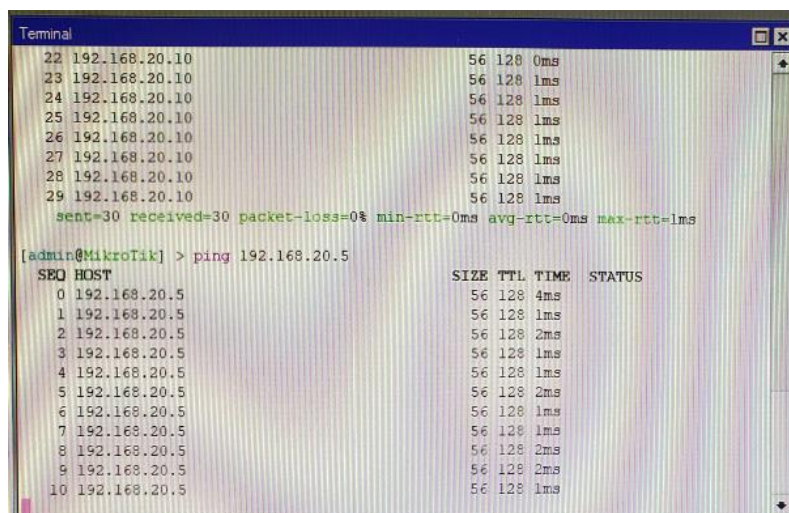
Address	Network	Interface
192.168.20.1/...	192.168.20.0	wlan1
192.168.88.1/...	192.168.88.0	ether1

Current TX Power



Rate	Tx Power	Total Tx ...
6Mbps	25dBm	28dBm
9Mbps	25dBm	28dBm
12Mbps	25dBm	28dBm
18Mbps	25dBm	28dBm
24Mbps	25dBm	28dBm
36Mbps	25dBm	28dBm
48Mbps	23dBm	26dBm
54Mbps	22dBm	25dBm
HT20-0	25dBm	28dBm
HT20-1	25dBm	28dBm
HT20-2	25dBm	28dBm
HT20-3	25dBm	28dBm
HT20-4	25dBm	28dBm
HT20-5	25dBm	28dBm
HT20-6	23dBm	26dBm
HT20-7	21dBm	24dBm
HT40-0	25dBm	28dBm
HT40-1	25dBm	28dBm
HT40-2	25dBm	28dBm
HT40-3	25dBm	28dBm
HT40-4	25dBm	28dBm
HT40-5	25dBm	28dBm
HT40-6	23dBm	26dBm
HT40-7	21dBm	24dBm

Test



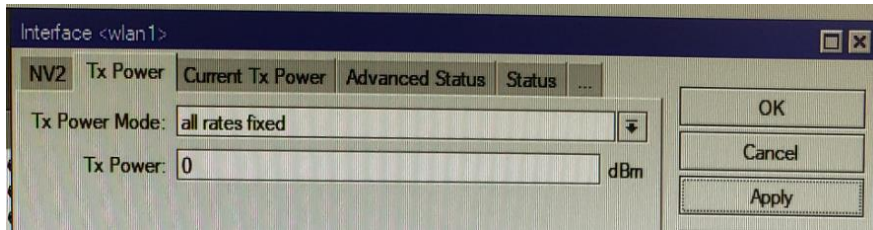
```

Terminal
22 192.168.20.10 56 128 0ms
23 192.168.20.10 56 128 1ms
24 192.168.20.10 56 128 1ms
25 192.168.20.10 56 128 1ms
26 192.168.20.10 56 128 1ms
27 192.168.20.10 56 128 1ms
28 192.168.20.10 56 128 1ms
29 192.168.20.10 56 128 1ms
sent=30 received=30 packet-loss=0% min-rtt=0ms avg-rtt=0ms max-rtt=1ms

[admin@MikroTik] > ping 192.168.20.5
SEQ HOST SIZE TTL TIME STATUS
0 192.168.20.5 56 128 4ms
1 192.168.20.5 56 128 1ms
2 192.168.20.5 56 128 2ms
3 192.168.20.5 56 128 1ms
4 192.168.20.5 56 128 1ms
5 192.168.20.5 56 128 2ms
6 192.168.20.5 56 128 1ms
7 192.168.20.5 56 128 1ms
8 192.168.20.5 56 128 2ms
9 192.168.20.5 56 128 2ms
10 192.168.20.5 56 128 1ms

```

Potencia de transmisión AP

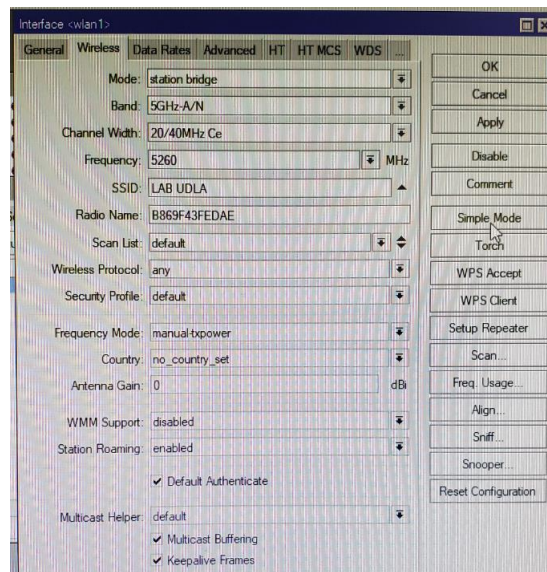


Configuración como Station

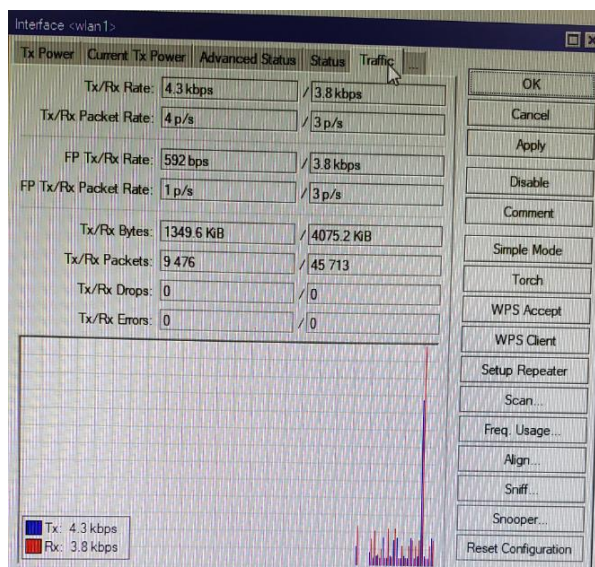
Eth: 192.168.20.5

Wifi: 192.168.88.1

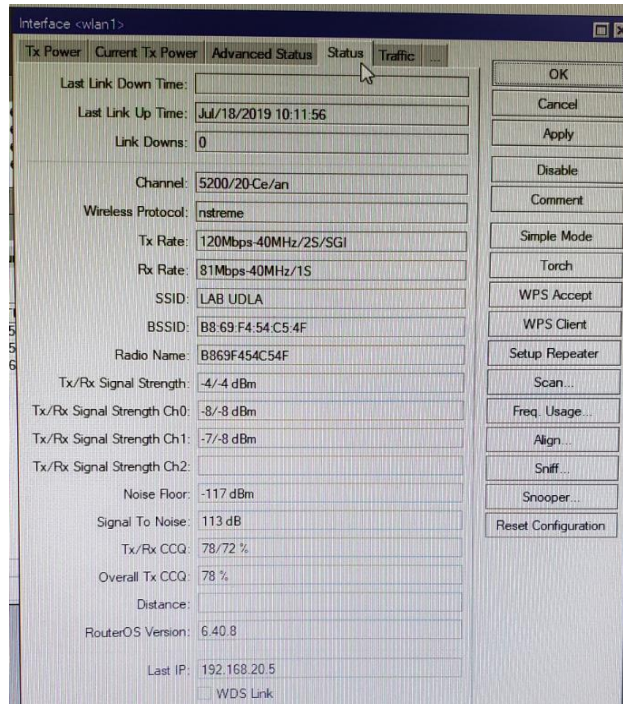
Configuración interface wifi



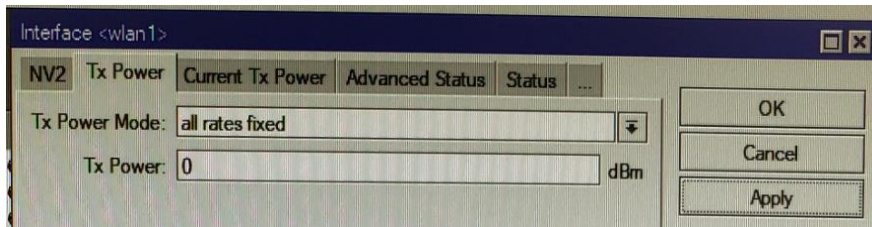
Transmisión de datos



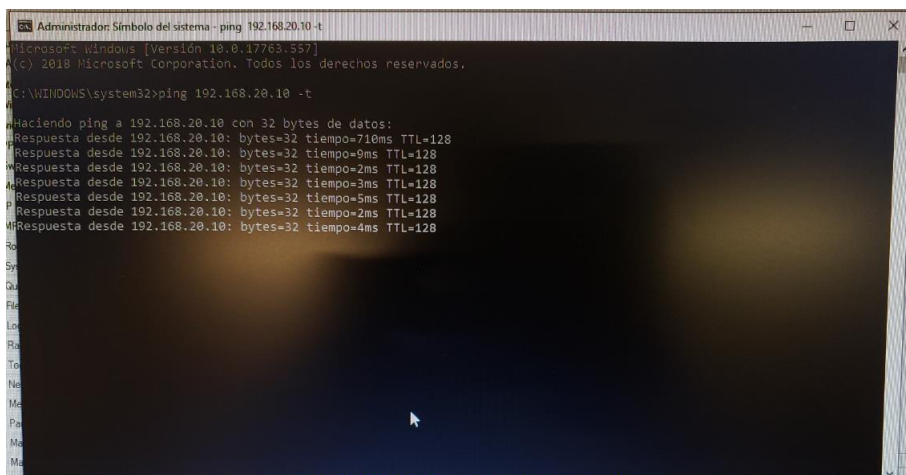
Status de conexión



Potencia de transmisión Station



Test



Conexión Fibra Óptica

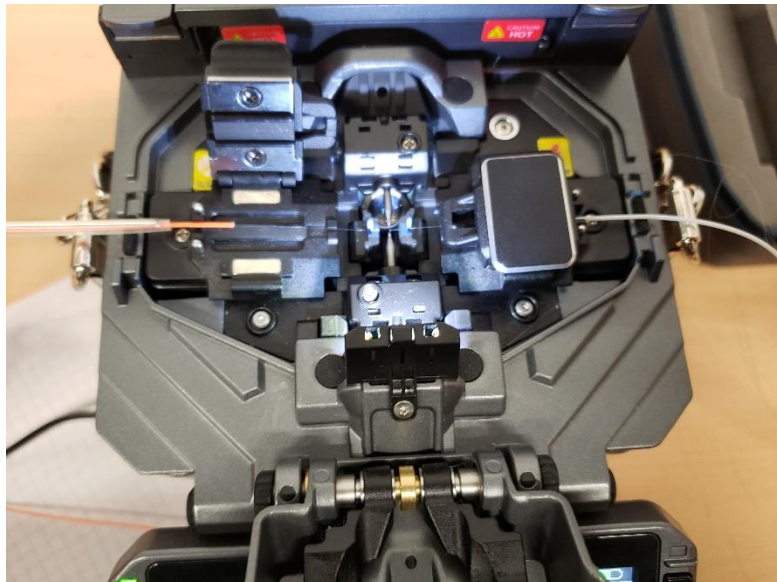
Pelar el cable de fibra óptica

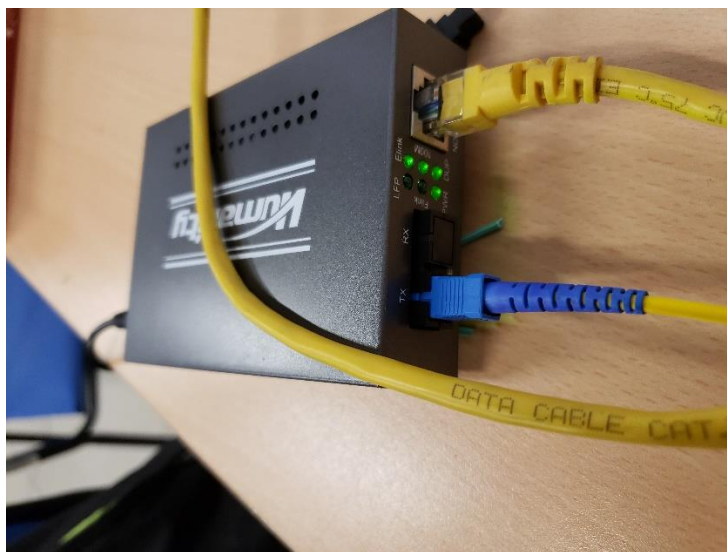
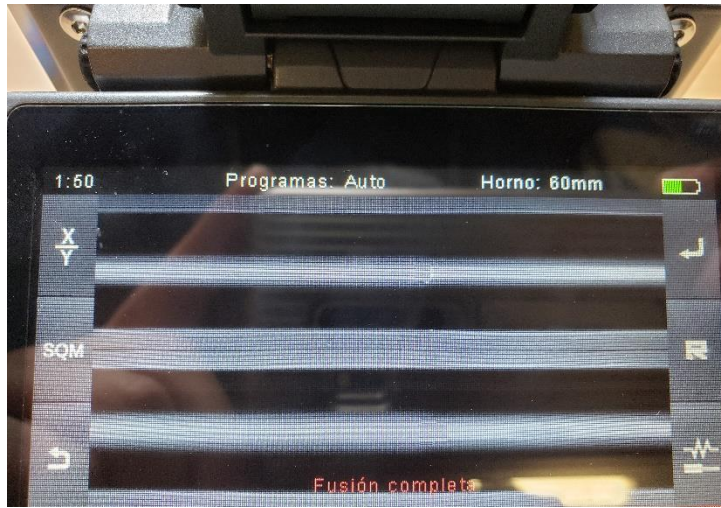


Cortar el cable de fibra óptica



Fusionar la fibra óptica





the fact that the β parameter is not a constant, but varies with the size of the population. The β parameter is a function of the population size, N , and is given by:

$$\beta = \frac{1}{N} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (1)$$

where α is the probability of a new mutation arising in a population of size N . The β parameter is a function of the population size, N , and is given by:

$$\beta = \frac{1}{N} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (2)$$

where α is the probability of a new mutation arising in a population of size N . The β parameter is a function of the population size, N , and is given by:

$$\beta = \frac{1}{N} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (3)$$

where α is the probability of a new mutation arising in a population of size N . The β parameter is a function of the population size, N , and is given by:

$$\beta = \frac{1}{N} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (4)$$

where α is the probability of a new mutation arising in a population of size N . The β parameter is a function of the population size, N , and is given by:

$$\beta = \frac{1}{N} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (5)$$

where α is the probability of a new mutation arising in a population of size N . The β parameter is a function of the population size, N , and is given by:

$$\beta = \frac{1}{N} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (6)$$

where α is the probability of a new mutation arising in a population of size N . The β parameter is a function of the population size, N , and is given by:

$$\beta = \frac{1}{N} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (7)$$

where α is the probability of a new mutation arising in a population of size N . The β parameter is a function of the population size, N , and is given by:

$$\beta = \frac{1}{N} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (8)$$

where α is the probability of a new mutation arising in a population of size N . The β parameter is a function of the population size, N , and is given by:

$$\beta = \frac{1}{N} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (9)$$

where α is the probability of a new mutation arising in a population of size N . The β parameter is a function of the population size, N , and is given by:

$$\beta = \frac{1}{N} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (10)$$