

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERIA Y GESTIÓN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE MICROONDA BASADO EN EL
DISEÑO DE SOFTWARE PATHLOSS EN LOS POBLADOS DE GOZEN
Y NUEVA CHOTA EN LA PROVINCIA DE LAMAS DEPARTAMENTO
DE SAN MARTÍN”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
DAVALOS CANALES, LUIS ENRIQUE**

**Villa El Salvador
2017**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi esposa e hijo, quienes con su apoyo incondicional aportaron para que este anhelo pueda ser logrado.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a dios por darme las fuerzas necesarias, a mis padres que forjaron las bases de mis valores y finalmente a todos mis compañeros de vida.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	09
--------------------------	-----------

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	10
1.2	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION.....	11
1.3	DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	11
	1.3.1 TEORICA.....	11
	1.3.2 ESPACIAL.....	11
	1.3.3 TEMPORAL.....	13
1.4	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
	1.4.1 PROBLEMA GENERAL.....	13
	1.4.1 PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	13
1.5	OBJETIVO.....	13
	1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
	1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTGACIÓN.....	15
2.2	BASES TEÓRICAS.....	19
	2.2.1 RADIO ENLACE.....	19
	2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS.....	20
	2.2.3 MICROONDAS.....	22
	2.2.4 ENLACES MICROONDAS TERRESTRES.....	22
	2.2.5 REPETIDORES DE MICROONDAS.....	23
	2.2.5.1 ACTIVOS.....	23
	2.2.5.2 PASIVOS.....	26

2.2.6	MODULACIÓN.....	27
2.2.7	POLARIZACIÓN.....	27
2.2.8	TÉCNICAS DE DIVERSIDAD.....	28
	2.2.8.1 DIVERSIDAD DE ESPACIO.....	29
	2.2.8.2 DIVERSIDAD DE FRECUENCIA.....	29
	2.2.8.3 DIVERSIDAD DE POLARIZACION.....	30
2.3	MARCO CONCEPTUAL.....	30
	2.3.1 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.....	30
	2.3.2 COORDENADAS GEOGRAFICAS.....	32
	2.3.3 LONGITUD DE ONDA.....	32
	2.3.4 ZONA DE FRESNEL.....	34
	2.3.5 FACTOR “K” DE CURVATURA DE LA TIERRA.....	35
	2.3.6 PERDIDA DEL ESPACIO LIBRE.....	36
	2.3.7 ALTURA DE LA ANTENA.....	37
	2.3.8 GANANCIA DE LA ANTENA.....	38

CAPITULO III: DESCRIPCION Y DISEÑO DEL SISTEMA

3.1	CARACTERISTICAS DE LA ZONA.....	39
3.2	DISEÑO TEORICO.....	40
	3.2.1 COORDENADAS.....	40
	3.2.2 PERFIL DE ELEVACION.....	40
	3.2.3 ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS.....	42
	3.2.4 ZONA DE FRESNEL.....	42
	3.2.5 ALTURA DE LAS ANTENAS.....	43
	3.2.6 PERDIDA DEL ESPACIO LIBRE.....	46
	3.2.7 CAPACIDAD DEL SISTEMA.....	46
	3.2.8 GANANCIA DE LA ANTENA.....	47

3.3 DISEÑO POR SOFTWARE PATHLOSS.....	48
3.3.1 FRECUENCIA.....	48
3.3.2 MODELO DE LA ODU-IDU.....	49
3.3.3 PERDIDA POR CONECTORES Y CABLE RG-8.....	50
3.3.4 MODELO DE ANTENA.....	50
3.3.5 DATOS DEL PERFIL.....	51
3.3.6 PRECIPITACION.....	51
3.3.7 TABLA DE MICROONDAS.....	53
3.3.8 ZONA DE FRESNEL.....	54
3.3.9 REPORTE FINAL.....	55
3.4 PROGRAMA DE IMPLEMENTACION.....	58
3.5 INSTALACIÓN DE EQUIPOS.....	59
3.5.1 INSTALACION REP_ROQUE.....	60
3.5.2 INSTALACION EBC_GOZEN.....	67
3.6 CONSOLIDACION DE RESULTADOS.....	72
3.7 COMPARATIVA DE SOFTWARE DE MODELAMIENTO.....	77
CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES.....	80
BIBLIOGRAFIA.....	81
ANEXOS.....	82

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 – Centro poblado de Gozen.....	12
Figura 1.2 – Centro poblado de Nueva Chota.....	12
Figura 2.1 – Radio enlace terrestre.....	20
Figura 2.2 – Espectro Electromagnético.....	21
Figura 2.3 – Repetidor de IF.....	24
Figura 2.4 – Repetidor de Banda base.....	25
Figura 2.5 – Repetidor pasivo.....	26
Figura 2.6 – Polarización Plana.....	28
Figura 2.7 – Longitud de onda.....	33
Figura 2.8 – Diagrama de las zonas de Fresnel.....	34
Figura 3.1 – Ubicación de la provincia de Lamas.....	39
Figura 3.2 – Perfil de elevación.....	41
Figura 3.3 – Altura de las antenas.....	44
Figura 3.4 – Torre de 23 m.- Ebc_Roque.....	60
Figura 3.5 – Gabinete.....	61
Figura 3.6 – Interior de Gabinete.....	62
Figura 3.7 – Breaker.....	63
Figura 3.8 – Conexión IDU – latiguillo y Rg-8.....	64
Figura 3.9 – Conexión antena – ODU y Rg-8.....	65
Figura 3.10 – Instalación en torre.....	66
Figura 3.11 – Instalación en gabinete.....	67
Figura 3.12 – Conexión latiguillo y Rg-8.....	68
Figura 3.13 – Instalación de antena.....	69
Figura 3.14 – Pasante IDU-BBU.....	70
Figura 3.15 – Torre de 40m.- Ebc_Gozen.....	71

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1 – Bandas de frecuencias.....	21
Tabla 3.1 – Coordenadas.....	40
Tabla 3.2 – Perfil de elevación.....	41
Tabla 3.3 – Capacidad del sistema.....	47
Tabla 3.4 – Frecuencias asignadas.....	48
Tabla 3.5 – Equipo de radio.....	49
Tabla 3.6 – Líneas de transmisión.....	50
Tabla 3.7 – Antenas.....	50
Tabla 3.8 – Datos del perfil.....	51
Tabla 3.9 – Precipitación.....	52
Tabla 3.10 – Tabla de microondas.....	53
Tabla 3.11 – Zona de Fresnel.....	55
Tabla 3.12 – Reporte final.....	56
Tabla 3.13 – Cuadro de tareas.....	58
Tabla 3.14 – Diagrama de Gantt.....	59
Tabla 3.15 – Asignación de puertos Rep_Roque.....	63
Tabla 3.16 – Asignación de puertos Ebc_Gozen.....	69
Tabla 3.17 – Cuadro comparativo.....	72
Tabla 3.18 – Protocolo de prueba –Ebc_Gozen.....	73
Tabla 3.19 – Protocolo de prueba –Rep_Roque... ..	74
Tabla 3.20 – Inspección visual de la IDU.....	75
Tabla 3.21 – inspección visual de cables, ODU y antena.....	76
Tabla 3.22 – Cuadro comparativo de software de modelamiento.	77

INTRODUCCION

El presente proyecto de ingeniería lleva por título **“IMPLEMENTACION DE UN ENLACE MICROONDA BASADO EN EL DISEÑO DE SOFTWARE PATHLOSS EN LOS POBLADOS DE GOZEN Y NUEVA CHOTA EN LA PROVINCIA DE LAMAS DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN”**, para optar el título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, presentado por el Bachiller Luis Enrique Davalos Canales.

En las localidades rurales existe la necesidad de llevar tecnología para mejorar la calidad de vida de los pobladores. Debido a la accidentada geografía y la distancia entre las localidades, no hacen posible la instalación de sistemas de comunicación por líneas de transmisión convencionales, por tal motivo se eligió el presente proyecto de ingeniería.

La estructura que hemos seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto.

EL AUTOR

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Los centros poblados de Gozen y Nueva Chota fueron constituidos inicialmente por descendientes indígenas de la provincia de Lamas, ubicada en el departamento de San Martín, además en esta provincia también se fueron estableciendo una gran cantidad de campesinos provenientes de la zona norte del país.

La principal actividad económica de la provincia de Lamas es la agricultura, siendo el cultivo de café el negocio más rentable, también se dedican a la ganadería y la caza.

En la actualidad los centros poblados de Gozen y Nueva Chota cuentan con una escuela, un pequeño centro de salud y con un mini-coliseo para actividades deportivas y recreacionales. El centro poblado de Chota aún no cuenta con acceso a tecnología móvil para los servicios de voz e internet.

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil, la provincia de Lamas presenta una topografía accidentada por estar asentada en la cumbre de una cadena montañosa, a esto se suman los factores climáticos y ecológicos propios del departamento de San Martín que no hacen posible las líneas de transmisión convencionales, por tales motivos es pertinente y necesario implementar un enlace microonda que porten los servicios de voz e internet al centro poblado de Gozen.

El presente proyecto de ingeniería fue realizado a pedido de Telefónica del Perú con la finalidad de poder extender más su red de telefonía celular y llevar comunicación al centro poblado de Gozen ubicado en la provincia de Lamas en el departamento de San Martín.

1.3 DELIMITACIONES DEL PROYECTO

1.3.1 DELIMITACIÓN TEÓRICA

El presente proyecto de ingeniería utiliza los conceptos fundamentales de redes de microondas.

1.3.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL

Esta investigación está comprendida en el departamento de San Martín, provincia de Lamas:

- Distrito de Pinto Recodo, centro poblado de Gozen.



Figura 1.1 – Centro poblado de Gozen

Fuente: Elaboración propia

- Distrito de Alonso de Alvarado, centro poblado de Nueva chota.



Figura 1.2 – Centro poblado de Nueva Chota

Fuente: Elaboración propia

1.3.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL

Comprende el periodo de julio 2016 a diciembre del 2016.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 PROBLEMA GENERAL

¿Se podrá implementar un enlace de microondas basado en el diseño de software PATHLOSS en los poblados de Gozen y Nueva Chota en la provincia de Lamas departamento de San Martin?

1.4.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Se podrá obtener los datos necesarios para el diseño e implementación del enlace microondas?
- ¿Es posible el diseño del enlace empleando el software PATHLOSS?
- ¿Se podrá comprobar el correcto funcionamiento y operatividad?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un enlace de microondas basado en el diseño de software PATHLOSS en los poblados de Gozen y Nueva Chota en la provincia de Lamas departamento de San Martin.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recopilación de los datos de campo necesarios para el diseño del enlace microonda.
- Realizar los procedimientos del diseño para el enlace de microondas empleando el software PATHLOSS.
- Realización de la implementación del enlace y las pruebas de operatividad.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A lo largo de la investigación, se encontraron varias tesis que sirvieron de apoyo y abalan el planteamiento del presente proyecto, entre ellas están:

Benavides Paredes, H. D., Ordóñez Bautista, R. A., & Chaman Cabrera, L. I. (2015). *Red de acceso LAN con agregación por enlace microondas para mejorar el proceso de atención de averías de la red celular Claro de la ciudad de Huaraz*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Cuya conclusión es la siguiente:

“Se consiguió diseñar y simular mediante Software, una Red LAN con agregación por Microondas, capaz de brindar un acceso funcional, seguro y confiable a la red interna de Claro. Con la implementación de esta propuesta, los usuarios autorizados podrán disponer de un medio de gestión remota para hacer seguimiento del comportamiento de la Red Celular de Claro de Huaraz.

Se logró simular un enlace microondas de 22GHz entre las Oficinas del área de Redes de Claro y la estación Base Celular de Cancaryaco, lo cual verifica la factibilidad técnica para una eventual implementación por parte de la empresa beneficiada, siguiendo el diseño propuesto en el presente proyecto.

Se pudo diseñar el cableado estructurado de una red LAN, basado en la distribución de la infraestructura existente, donde se encuentran las Oficinas del Área de Redes de Claro de la ciudad de Huaraz. Esto facilitará una posible implementación por parte de la empresa beneficiada, con lo cual podrá brindar acceso al personal de dicha área a la Red Interna de la Empresa.

Se simuló el comportamiento de la Red LAN diseñada en este proyecto, verificando que el tráfico de datos entre los terminales y la radio microondas no presentarán errores ni pérdidas de paquetes.”

Geldres Luyo, V. H. (2005). *Diseño de un sistema de comunicación con base en los establecimientos de salud para la Región de Madre de Dios ruta Puerto Maldonado-Iñapari*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Cuya conclusión es la siguiente:

“El estudio realizado en la presente tesis, ha evidenciado que la región de Madre de Dios a pesar de ser un territorio extenso y con considerable población, evidencia carencias básicas como son: redes de distribución

eléctrica, falta de vías de comunicación, limitación de los sistemas de comunicaciones y que necesitan atención inmediata por parte de las autoridades. Los presupuestos asignados para la región son escasos, no bastan para cubrir sus principales necesidades. Es por ello, que se debe buscar y fomentar la inversión privada, así como nuevos proyectos para impulsar y promover un creciente desarrollo de la región.

Así mismo, es imprescindible la realización de un estudio de campo, a fin de confirmar los datos obtenidos de las cartas topográficas, líneas de vista, características de los terrenos, rutas de acceso, etc.

Este es un proyecto muy amplio, de gran envergadura y alto monto de inversión. Esta tesis ha abarcado la mayor cantidad de temas posibles, y se ha tratado de hacer el mayor número de diseños necesarios para la implementación del mismo. Hay algunos puntos que se han mencionado, pero en caso de implementarse el proyecto, éstos deberán realizarse. Tales como: efectuar el estudio de calidad del terreno, para realizar el diseño de la cimentación de las torres; cálculos estructurales para las edificaciones.

Finalmente, debemos resaltar, que el estudio realizado representa una primera etapa dentro de la totalidad de trabajos que se tendrán que efectuar, para obtener un resultado favorable. Por ejemplo: la capacitación de los usuarios finales, desarrollo de aplicaciones específicas en salud, programas de educación, promoción general de la red, etc. La red de comunicaciones planteada es una necesidad para el desarrollo económico de la región. Para que en un futuro, no muy lejano, se facilite las transacciones comerciales, el intercambio cultural y tener todas las ventajas que las comunicaciones y el

mundo globalizado pueda ofrecer. Y como se ha demostrado, es tanto técnica como económicamente factible. Por lo que su implementación deberá ser prevista en el corto plazo.”

Castro Jaramillo, R. C., Cobos García, E. A. (2007). *Fundamentos, infraestructura, diseño e implementación de un enlace punto a punto de microondas dentro de la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) en México*. Instituto Politécnico Nacional.

Cuya conclusión es la siguiente:

“Los enlaces de microondas para nosotros significan el medio de comunicación más rentable de todos los existentes por los siguientes motivos:

- La relación costo-benéfico es la mejor entre los demás medios de comunicación.
- El usuario puede ser propietario de su propio medio de comunicación.
- La investigación realizada en un enlace de microondas se recupera en promedio durante dos años y medio, según el tipo de uso.
- Enlaces por arriba de los 100 Km. de longitud con una disponibilidad sobresaliente.
- Bajo costo en mantenimiento, equipos estables.

- Despliegue instalación y puesta en servicio sencilla: así como monitoreo y gestión de los radios.
- Los radios tienen la opción de configurarlo de diferentes formas dependiendo de la aplicación para la cual se haya destinado.
- Bajos niveles de interferencia.
- La velocidad de transmisión es equiparable con la que tiene la fibra óptica.
- La posible degradación de la señal se puede prevenir desde que se realiza el estudio de campo.

Por consiguiente, el presente trabajo de investigación busca diseñar una herramienta de cálculo alternativa capaz de proyectar y calcular enlaces punto a punto de microondas.”

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 RADIO ENLACE

Se puede definir al radio enlace de servicio fijo, como un sistema de comunicación entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre que mediante el espacio libre proporciona la capacidad de transportar información, con características de calidad y disponibilidad determinadas.

Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800MHz y 40 GHz según lo visto en el “Plan Nacional de Atribución de Frecuencias – MTC” y las disposiciones de radiocanales para los servicios de telecomunicaciones que se derivan del PNAF.

Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía, como el ejemplo de la figura 2.1.



Figura 2.1 - Radio enlace terrestre

Fuente: Elaboración propia

La radio enlace, establece un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción, al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal.

2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas electromagnéticas incluyen las ondas de bajas frecuencias y de larga longitud de onda hasta las ondas de altas frecuencias que tienen longitud de onda más pequeña.

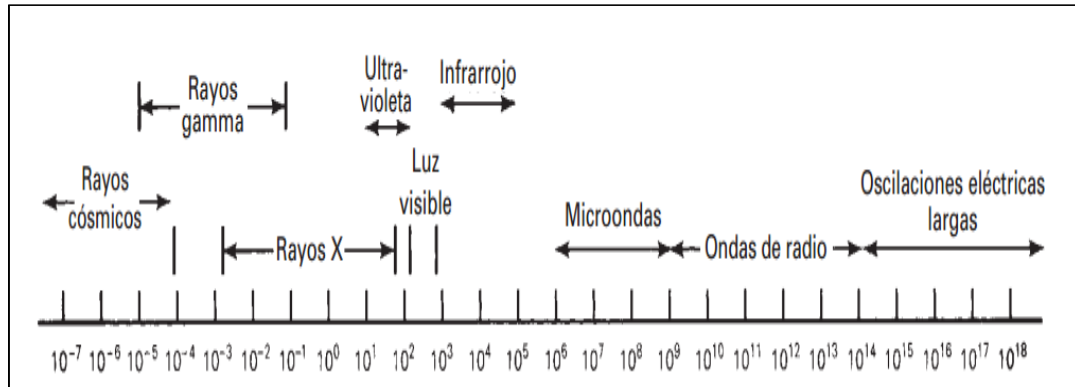


Figura 2.2 – Espectro Electromagnético

Fuente: Tomasi, W.(2003).Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.Figura1-4

En telecomunicaciones se clasifican las ondas electromagnéticas mediante un convenio internacional de frecuencias regulada por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

De la tabla 2.1 y la figura 2.2 se observa que las bandas de frecuencias en microondas son: La banda 9 (UHF), 10 (SHF) y 11 (EHF).

Número de la banda	Símbolos	Rango de frecuencias	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas para las bandas
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriámétricas	B. Mam
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas	B. km
6	MF	300 a 3 000 kHz	Ondas hectométricas	B. hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B. dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B. m
9	UHF	300 a 3 000 MHz	Onda decimétricas	B. dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B. cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B. mm
12	--	300 a 3 000 GHz	Ondas decimilimétricas	--

Tabla 2.1 – Bandas de frecuencias

Fuente: PNAF. Artículo 2. Recuperado de http://www.mtc.gob.pe/comunicaciones/autorizaciones/servicios_privados/documentos/pnaf_act_feb08.pdf

2.2.3 MICROONDAS

Se describe como microondas a aquellas ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde 1GHz hasta los 30GHz según los estándares IEC 60050 y la IEEE 100. Por consiguiente, las señales de microondas, a causa de sus altas frecuencias tienen longitudes de onda relativamente pequeñas, de ahí el nombre de “micro” ondas.

Por ejemplo, la longitud de onda de una señal de microondas de 10 GHz es de 3 cm., mientras que la señal de 100MHz, como la de banda comercial de FM, tiene una longitud de 3 metros. Las longitudes de las frecuencias de microondas van de 1 a 30 cm, un poco mayores a la energía infrarroja.

2.2.4 ENLACES MICROONDAS TERRESTRES

Un radio enlace terrestre o microondas provee conectividad entre dos sitios (estaciones terrenas) en línea de vista (line-of-Sight, LOS) usando equipo de radio con frecuencias de portadora por encima de 1GHz. La forma de onda emitida puede ser analógica (convencionalmente en FM) o digital.

Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes:

- Telefonía básica (Canales telefónicos)
- Datos
- Canales de Televisión

- Video
- Telefonía Celular (Troncales)

Un enlace microondas transmite en sentido FULL DUPLEX, usa dos portadoras moduladas, una para la transmisión (frecuencia alta) y otra para la recepción (frecuencia baja).

Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre, adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región.

2.2.5 REPETIDORES DE MICROONDAS

La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y redireccionan la señal, los repetidores de microondas se clasifican en dos tipos:

- Repetidores activos.
- Repetidores pasivos.

2.2.5.1 REPETIDORES ACTIVOS

Son estaciones repetidoras que tienen como función básica la amplificación o la regeneración y la posterior retransmisión hacia la siguiente estación

(retransmisora o terminal), los repetidores activos de microondas se clasifican en dos tipos:

- Repetidor IF.
- Repetidores Banda Base.

- **REPETIDOR DE IF**

La antena recibe la señal en la frecuencia de portadora y se la baja a una frecuencia intermedia (FI) que suele estar en el orden de los 400MHz, para amplificarla y retransmitirla en la frecuencia de salida. No hay demodulación y son transceptores.

Un transceptor es un dispositivo que cuenta con un transmisor y un receptor que comparten parte de la circuitería o se encuentran dentro de la misma caja. Cuando el trasmisor y el receptor no tienen en común partes del circuito electrónico se conoce como transmisor-receptor.

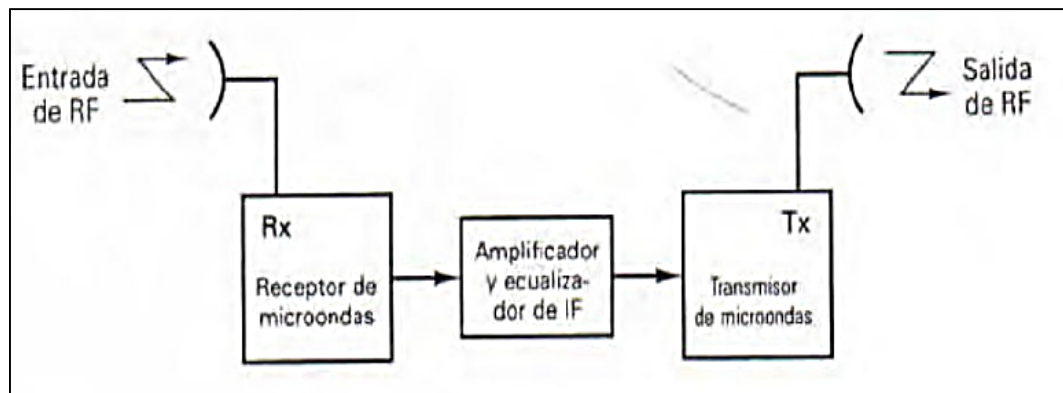


Figura 2.3 – Repetidor de IF

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.3 se muestran las 3 etapas de la repetidora de IF. En la primera etapa la portadora de RF recibida por la antena se reduce hasta una FI, en la segunda etapa la FI se amplifica, reconfirma y en la tercera etapa se sube a una RF, para retransmitirse.

- **REPETIDOR BANDA BASE**

Un repetidor de banda base, recibe la portadora de RF y es convertida en una señal de IF que es luego demodulada hasta recuperar la banda base, esto permite agregar o retirar tráfico para cumplir con las necesidades de enrutamiento de la información en el sistema.

Una vez que la señal de banda base ha sido reconfigurada es utilizada para modular una portadora de IF, la cual es posteriormente convertida nuevamente en una portadora para microondas tal como lo demuestra la figura 2.4.

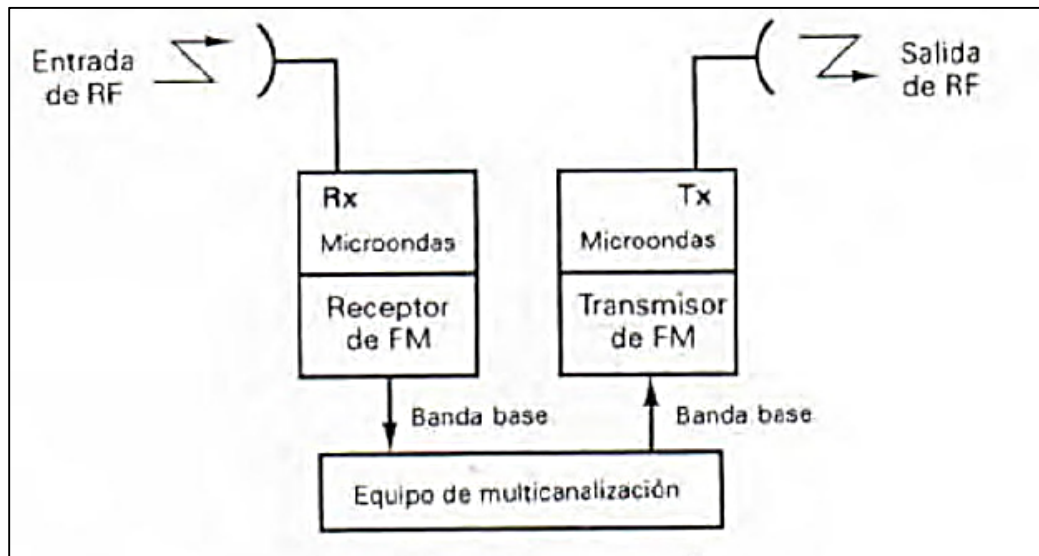


Figura 2.4 – Repetidor de Banda base

Fuente: Elaboración propia

2.2.5.2 REPETIDORES PASIVOS

Se comportan como espejos que reflejan la señal y se los puede dividir en pasivos convencionales, que son una pantalla reflectora y los pasivos back-back, que están contruidos por dos antenas espalda a espalda. Se los utiliza en ciertos casos para salvar obstáculos aislados y de corta distancia.

En la figura 2.5 observamos una repetidora de superficie.



Figura 2.5 – Repetidor pasivo

Fuente: Recuperado de:
http://calzavara.it/lang/es/products/telecommunications/radiolect_repetidores_pasivos.html

2.2.6 MODULACIÓN

Wayne TOMASI. (2003). Es un proceso que se utiliza para transportar información sobre una onda portadora, mezcla dos señales con el fin de obtener una sola. Combina esta señal de alta frecuencia y de gran potencia (señal portadora) con la señal de información de baja frecuencia (señal moduladora) y mediante un canal de comunicación se transporta la información, protegiéndola de interferencia y ruidos.

Para el presente trabajo se escogió un equipo con la modulación 64-QAM, a continuación, se detalla el concepto de modulación QAM:

La modulación QAM se trata de modificar la señal portadora de tipo sinusoidal en amplitud y en fase. Así se pueden tener diferentes tipos de modulación QAM: 8-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM, 256-QAM; donde los números indican las posibilidades combinaciones de amplitud y fase.

2.2.7 POLARIZACIÓN

Es una propiedad de las ondas electromagnéticas que les permite oscilar en diferente orientación.

Si el campo eléctrico se propaga en dirección paralela a la superficie terrestre, se dice que la onda esta polarizada horizontalmente. Si el campo eléctrico se propaga en dirección perpendicular a la superficie terrestre, se dice que la onda esta polarizada verticalmente. Estos dos tipos de ondas se les

denominan polarización lineal o polarización plana, como se muestra en la figura 2.6.

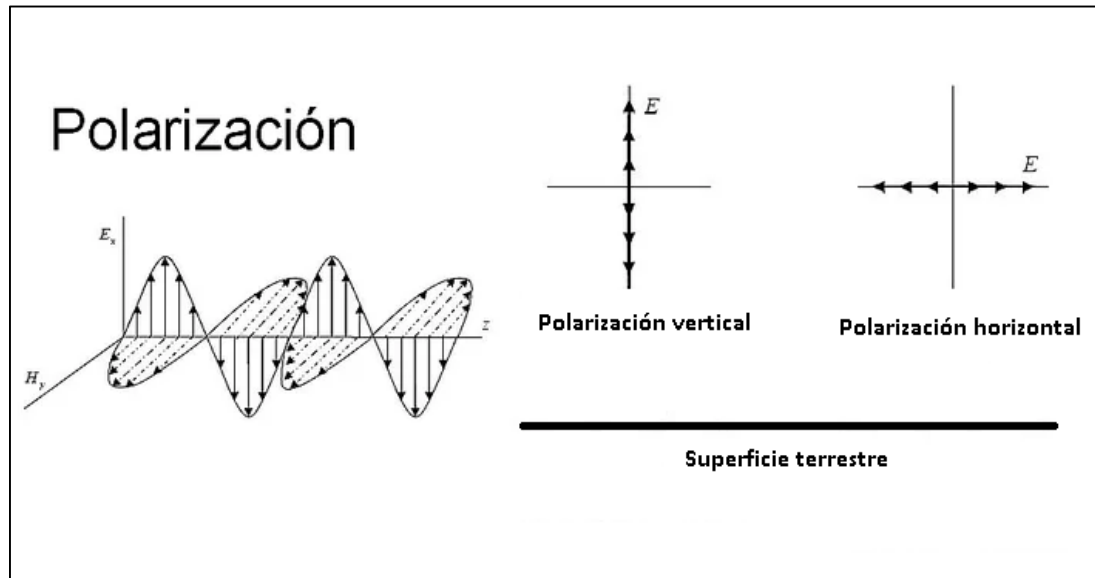


Figura 2.6 – Polarización Plana.

Fuente elaboración propia.

Para el presente trabajo se decidió elegir la polarización vertical ya que se ajusta a nuestras necesidades de distancia y tipo de terreno.

2.2.8 TÉCNICAS DE DIVERSIDAD

Se utilizan para disminuir los efectos de desvanecimiento por multitrayectoria, quiere decir que una onda de radio puede llegar al receptor a través de múltiples caminos debido a la reflexión e incluso cancelarse parcialmente. El objetivo de utilizar la técnica de diversidad es aumentar la confiabilidad del sistema, así como también aumentar su disponibilidad. Los tipos son: De espacio, frecuencia, polarización.

2.2.8.1 DIVERSIDAD DE ESPACIO

Se denomina diversidad de espacio a la radio recepción mediante dos o más antenas que generalmente se colocan en una misma torre, en ambos extremos del trayecto, con una separación equivalente a varias longitudes de onda. La información se envía en una sola frecuencia, pero se recibe por dos o más trayectos distintos. Las señales recibidas se alimentan a receptores individuales, los cuales suministran una señal combinada de salida esencialmente constante a pesar del desvanecimiento que pueda ocurrir durante la propagación.

Por lo general en los sistemas por diversidad de espacio se transmite una misma señal a dos antenas receptoras instaladas con cierta separación vertical. Las dos salidas de los receptores se combinan en la estación.

2.2.8.2 DIVERSIDAD DE FRECUENCIA

En la diversidad por frecuencia, solo consiste en modular dos portadoras de RF distintas con la misma información de FI (frecuencias intermedias), y transmitir ambas señales de RF a un destino dado.

En el destino, se demodulan ambas portadoras y la que produzca la mejor señal de FI, de mejor calidad, es la que se usa.

Cuando se usa diversidad de frecuencia, la información se trasmite en más de una portadora, de tal forma que señales con una separación de frecuencia mayor, no experimenten el mismo desvanecimiento.

2.2.8.3 DIVERSIDAD DE POLARIZACION

Es una variante de la diversidad espacial, en este método dos señales procedentes del radiotransmisor se envían simultáneamente por dos antenas separadas, una con polarización vertical y la otra con polarización horizontal.

La diversidad de polarización no es adecuada en la transmisión de microondas para largas distancias debido a que generalmente ambas señales polarizadas se desvanecen al mismo tiempo.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Aspectos fundamentales que deben considerarse.

2.3.1 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

- **IDU:**

Módem que interconecta la radio con el backbone de la red. En función de las necesidades puede ofrecer interfaces Ethernet, TDM.

- **ODU:**

Es la unidad radio en sí. Viene definida por la frecuencia de sintonización y la sub-banda de trabajo dentro de dicha frecuencia (Hi-Lo).

- **ANTENA:**

Es un dispositivo de tipo conductor que determinará la forma en la que se llevará a cabo la radiación de la potencia, se encarga de transformar la energía eléctrica en ondas electromagnéticas y viceversa. Fundamental en la fase de diseño ya que el alcance, capacidad y disponibilidad del enlace dependen directamente de la misma. Sus principales parámetros son: ganancia, eficiencia, polarización, relación delante/atrás.

- **CABLEADO:**

En función del tipo de instalación el cableado puede variar entre guías de ondas, cable coaxial, FTP de exterior o fibra óptica.

- **SUB-BANDA:**

Se define la sub-banda como porciones del rango de frecuencias del canal a utilizar, donde un enlace microondas siempre debe estar compuesto por dos radios de un mismo canal pero en sub-bandas diferentes, una para la transmisión y otra para la recepción, de esa forma se logra una comunicación full dúplex.

- **ROUTER:**

El router es un dispositivo que se encuentra en la capa 3 del modelo OSI y permite la interconexión de redes de ordenadores y segmento de red o redes enteras.

- **TORRE VENTADA:**

Estructura metálica que consta de varios cuerpos de 3 metros unidos unas de otras, se soportan en una base estable, sólida y vientos de material inoxidable

la cual es usada en el ámbito de las telecomunicaciones para ganar altura y poder colocar las antenas.

- **TORRE AUTO SOPORTADA:**

Estructura metálica adosada a una base cuyo soporte principal está en fijar bien la torre al piso que generalmente es de concreto sólido para ganar mayor solides y poder armar pieza por pieza el resto de la torre.

- **CABLE RG-8:**

Es un cable utilizado para transportar señales eléctricas de alta frecuencia que posee dos conductores concéntricos, uno central llamado vivo, encargado de llevar información y uno exterior de aspecto tubular llamado malla, blindaje o trenza, que sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes.

2.3.2 COORDENADAS GEOGRAFICAS

Las coordenadas geográficas nos permiten localizar o ubicar con precisión diversos espacios sobre la superficie terrestre. Se componen de dos ejes: los paralelos que miden la latitud norte o sur y meridianos que miden la longitud este u oeste.

2.3.3 LONGITUD DE ONDA

Se define la longitud de onda como la distancia entre dos crestas electromagnética en un determinado intervalo de tiempo.

La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda, esto quiere decir que tendremos una longitud de onda larga usando una frecuencia baja y una longitud de onda corta usando una frecuencia alta.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Dónde:

v : 3×10^8 m/s. ; Aprox. de la velocidad de la luz en la atmosfera.

f : Frecuencia ; Unidades en Hertz

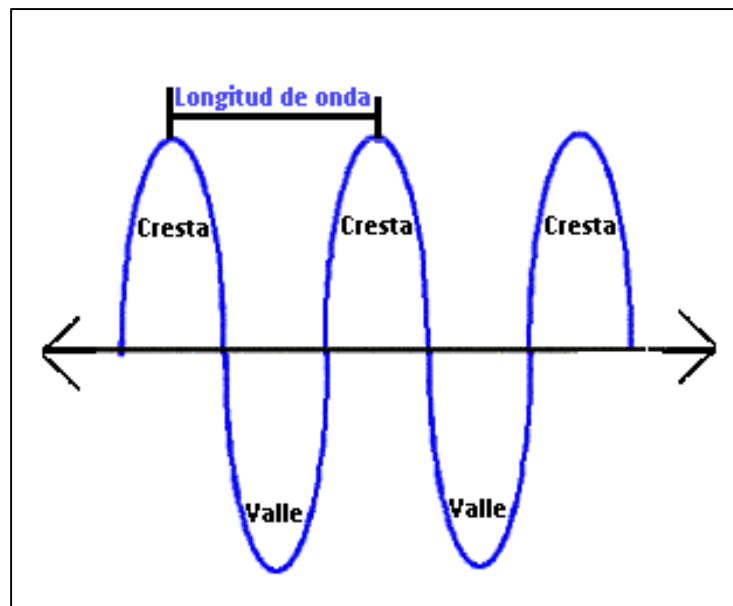


Figura 2.7 – Longitud de onda

Fuente: Elaboración propia

2.3.4 ZONA DE FRESNEL

La zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración porque nos permite determinar la presencia de obstáculos que dificulte las comunicaciones por enlaces microondas, además de haber una visibilidad directa entre las dos antenas.

Las zonas de Fresnel tienen forma de elipsoides concéntricos que rodean el rayo directo de un enlace microondas tal como se observa en la figura 2.8, Las ondas tienen la propiedad de reflejarse sobre la superficie del elipsoide llegando al receptor con un retardo equivalente a un múltiplo de 180° . Precisamente este valor del múltiplo determina el n-ésima zona de Fresnel.

La fórmula para hallar el radio de la n-ésima zona de Fresnel es la siguiente:

$$h_n = \sqrt{\frac{n(\lambda \cdot d_1 \cdot d_2)}{d}}$$

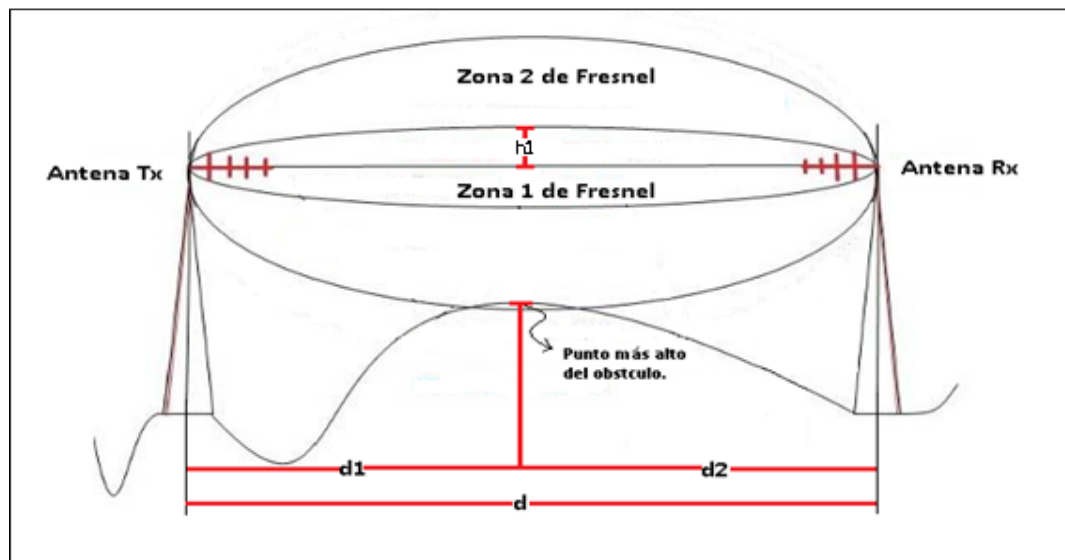


Figura 2.8 – Diagrama de las zonas de Fresnel

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

n : Número de la zona de fresnel.

d : Distancia entre las antenas Tx y Rx.

d_1 : Distancia de la antena Tx al punto más alto del obstáculo.

d_2 : Distancia de la antena Rx al punto más alto del obstáculo.

λ : Longitud de onda.

h_0 : Radio de la 1era zona de Fresnel.

El lóbulo de la 1era zona de fresnel debe de estar libre de obstáculos puesto que de lo contrario ocasionaría la disminución de la intensidad de la señal recibida, pero en la práctica es muy común utilizar el 60% de la primera zona de Fresnel despejada para considerar un enlace libre de obstáculos.

2.3.5 FACTOR “K” DE CURVATURA DE LA TIERRA

A causa de la curvatura de la tierra todo haz electromagnético sufre refracción troposférica. Esto provoca que la trayectoria del haz ya no sea línea recta sino tiende a una ligera variación en su trayectoria.

El factor “k” es el valor que toma la curvatura de la tierra y se considera para el estudio de línea de vista (Line Loss). A distancias grandes en los radio enlaces la curvatura de la tierra permite que los obstáculos interfieran aún más.

Valores de "K" dependiendo de la utilidad que se desea dar.

- $K = 4/3$; Usada para zonas con clima polar o clima templados.
- $K = 3/2$; Usada para zonas con clima cálido.
- $K = 2/3$; Utilizado para considerar el fenómeno de sub-refracción de la onda.

2.3.6 PERDIDA DEL ESPACIO LIBRE

Toda señal de radio pierde potencia al viajar por el aire y a medida que se va alejando del equipo transmisor, ya que se irradia a mayor espacio.

La pérdida de espacio libre se obtiene de la siguiente manera:

$$L_t = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 ; L_t \text{ es adimensional.}$$

Dónde:

d : Distancia total del enlace ; unidades en metros.

λ : Longitud de onda ; unidades en metros.

Expresando la ecuación en decibeles y en función de la frecuencia obtendremos la siguiente formula:

$$L_t(\text{dB}) = 92.44 + 20 \log(f) + 20\log(d)$$

Dónde:

d : Distancia total del enlace ; unidades en Km.

f : Frecuencia ; unidades en GHz.

2.3.7 ALTURA DE LA ANTENA

Para calcular la altura de una antena en un enlace punto a punto, en este caso de la antena 2, se debe conocer el valor de la altura de la antena 1, se toma como referencia la figura 2.7.

La fórmula para hallar la altura de la antena es la siguiente:

$$h_2 \geq \left\{ \frac{d}{d_1} (h_0 + h_s) - \frac{d_2}{d_1} (h_1) + \frac{dd_2}{2ka} \right\}$$

Dónde:

h_0 : Radio de la 1era zona de Fresnel. ; Unidades en metros.

d : Distancia de enlace. ; Unidades en metros.

d_1 : Distancia más cercana al obstáculo. ; Unidades en metros.

d_2 : Distancia más lejana al obstáculo. ; Unidades en metros.

h_1 : Altura de la antena (valor conocido). ; Unidades en metros.

h_s : Altura del obstáculo. ; Unidades en metros.

k : Coeficiente de radio de la tierra. ; Constante numérica.

a : Radio de la tierra. ; Unidades en metros.

2.3.8 GANANCIA DE LA ANTENA

Una forma de describir el funcionamiento de una antena es por su ganancia y directividad ya que permite saber que tan eficiente resulta, para el presente trabajo se utiliza antenas parabólicas.

La ganancia va a depender de factores como el diámetro del plato y de la precisión geométrica del reflector.

$$A_p = n \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 ; A_p \text{ es adimensional.}$$

Dónde:

D : Diámetro de la antena. ; Unidades en metros.

n : Eficiencia. ; Constante numérica.

λ : Longitud de onda. ; Unidades en metros.

Es importante aclarar que la eficiencia de la antena deriva del material empleado en la construcción, del plato de la antena, por la calidad constructiva del mismo y la relación Foco/Diámetro, que resulta de testear la antena una vez construida y comparar la ganancia esperada con la ganancia obtenida.

CAPITULO III

DESCRIPCION Y DISEÑO DEL SISTEMA

3.1 CARACTERISTICAS DE LA ZONA

La provincia de Lamas está situada en la parte noreste del departamento de San Martín. Limita al norte con el departamento de Loreto, al este con la provincia de San Martín, al sur con la provincia de Picota, y al oeste con la provincia de El Dorado y la provincia de Moyobamba, en la figura 3.1 se muestra su ubicación geográfica.

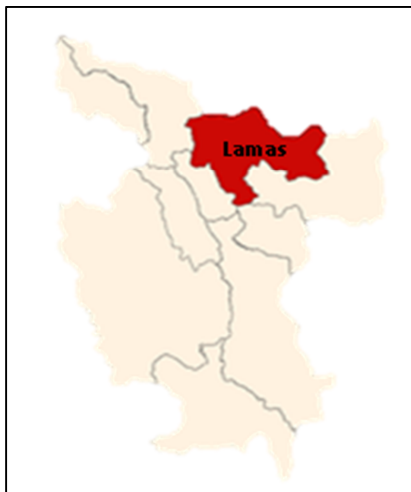


Figura 3.1 Ubicación de la provincia de Lamas.

Fuente: Elaboracion propia.

Lamas cuenta con una superficie aproximada de 5040.67 km², cuenta con 11 distritos. Se encuentra a 809 msnm aproximadamente, presenta un clima sub tropical, semi-húmedo con temperaturas promedio entre 16°C y 32°C.

3.2 DISEÑO TEORICO

3.2.1 COORDENADAS

Se elaboró mediante las referencias del cliente TELEFONICA.S.A. La ubicación específica de la estación base "EBC_GOZEN" y la estación repetidora "REP_ROQUE".

Se muestran las coordenadas geográficas en la Tabla 3.1.

ESTACION	EBC_GOZEN	REP_ROQUE
LATITUD	6° 8'33.76"S	6° 19'58.62"S
LONGITUD	76° 48'49.01"O	76° 45'57.42"O

Tabla 3.1 – Coordenadas

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.2 PERFIL DE ELEVACION

Basándose en las herramientas del programa Google Earth, obtuvimos los siguientes resultados.

- La distancia de enlace.
- Distancia al punto más alto del obstáculo, referencia en la figura 3.2.
- La altitud de las estaciones sobre el nivel del mar.

En la figura 3.2 se muestran la gráfica del perfil de elevación en Google Earth.

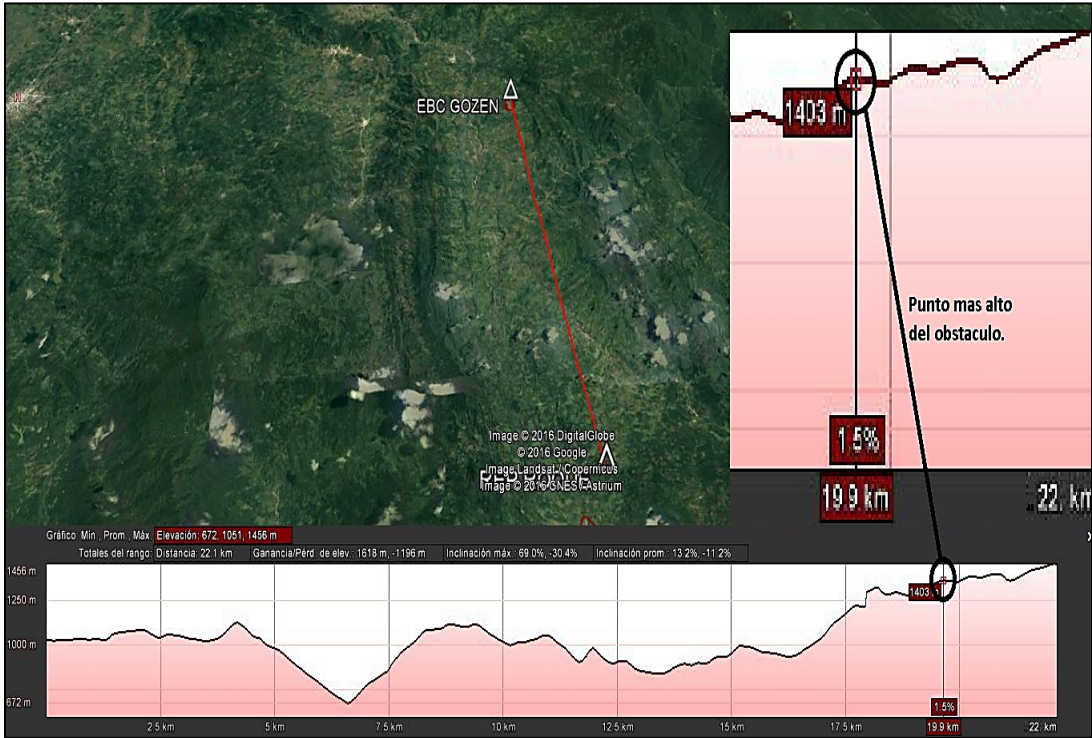


Figura 3.2 – Perfil de elevación.

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 3 se da resumen de los datos obtenidos por el software Google Earth.

ESTACION	EBC_GOZEN	REP_ROQUE	DISTANCIA DEL ENLACE
LATITUD	6° 8'33.76"S	6° 19'58.62"S	22 Km
LONGITUD	76° 48'49.01"O	76° 45'57.42"O	
MSNM	1031	1428	

Tabla 3.2 – Perfil de elevación.

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.3 ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS

La asignación de frecuencias es una parte fundamental al momento de instalar un radio enlace microondas.

En la práctica se recomienda usar frecuencia entre 6 y 8 GHz para enlaces cuya distancia es superior a los 10 km y para enlaces menores a 10 km es recomendable usar frecuencias de 13 a 23 GHz. Esto se debe a que a mayor frecuencia de transmisión el enlace se hace más sensible a la presencia de obstáculos, tiende a disminuir la potencia de transmisión y aumenta el costo de los equipos.

3.2.4 ZONA DE FRESNEL

Se procede a los cálculos para realizar el análisis de la primera zona de Fresnel:

$$h_0 = \sqrt{\frac{n(\lambda \cdot d_1 \cdot d_2)}{d}}; \text{ Unidades (m)} \dots \dots \dots (1)$$

Dónde:

d : 22 Km

d_1 : 19.9 Km

d_2 : 2.1 Km

f : 8 GHz; Se asigna esta frecuencia.

La longitud de onda se obtiene de la siguiente formula: $\lambda = c/f$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{8 \times 10^9} = 37.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda = 37.5 \text{ mm}$$

$\lambda = 37.5 \times 10^{-3} \text{ m}$; Longitud de onda.

Reemplazando los datos en (1)

$$h_0 = \frac{\sqrt{(37.5 \times 10^{-3})(19.9 \times 10^3)(2.1 \times 10^3)}}{\sqrt{22 \times 10^3}}$$

$$h_0 = \frac{\sqrt{1567.125 \times 10^3}}{\sqrt{22 \times 10^3}}$$

$$h_0 = 8.44 \text{ m}$$

$h_0 = 9 \text{ m}$; Radio de la primera zona de Fresnel.

3.2.5 ALTURA DE LAS ANTENAS

Para este enlace se necesita tener un valor fijo para la altura de la antena (h_1) ubicada en el centro poblado de Gozen y determinar la altura de la antena (h_2) ubicada en el centro poblado de Nueva Chota, tal como se muestra en la figura 3.3.

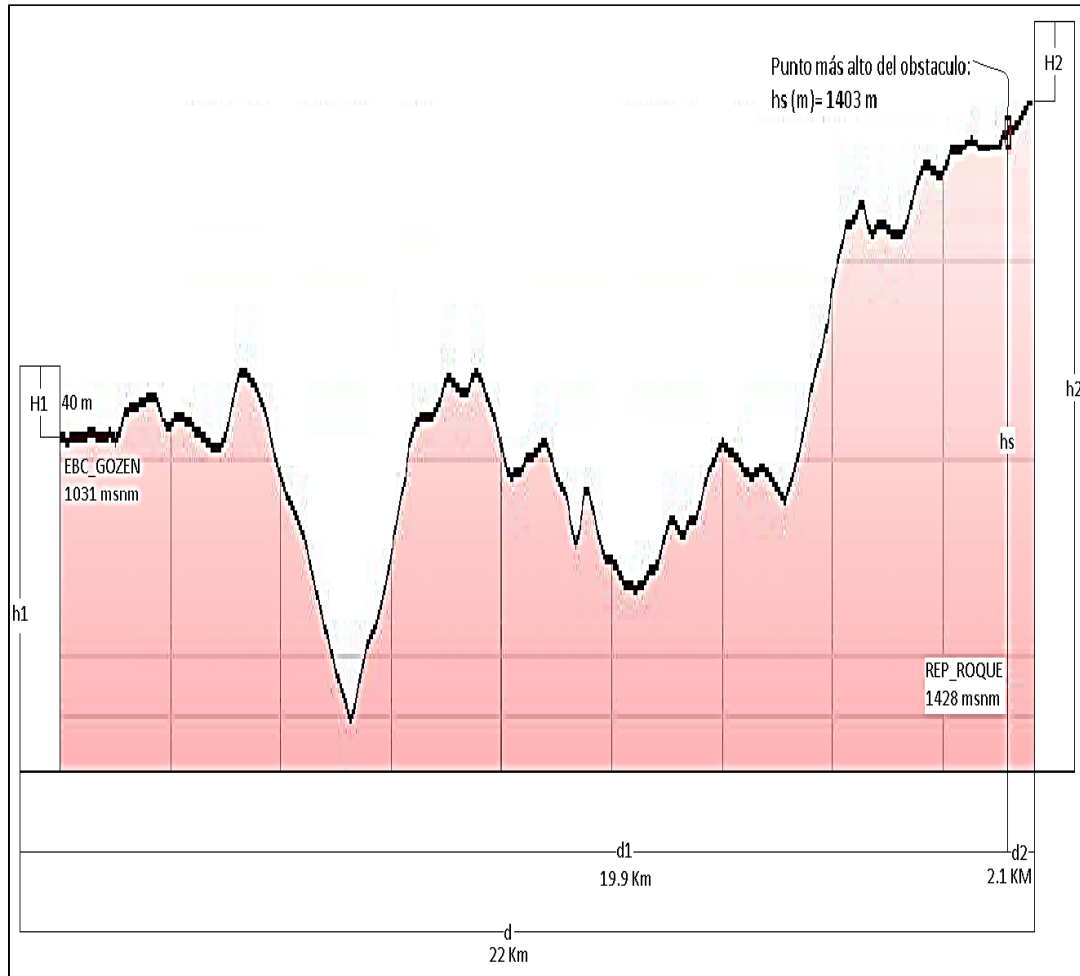


Figura 3.3: Altura de las antenas

Fuente: Elaboración Propia

$$h2 \geq \left\{ \frac{d}{d1} (h0 + hs) - \frac{d2}{d1} (h1) + \frac{dd2}{2ka} \right\}; \text{ Unidades (m)} \dots \dots \dots (2)$$

Dónde:

- $h0$: 9 m ; 1° zona de fresnel.
- hs : 1403 m ; Altura de obstáculo obtenido del perfil de elevación
- d : 22 km ; Distancia total del enlace
- $d1$: 19.9 km ; Distancia más cernada al obstáculo.

- d_2 : 2.1 km ; Distancia más alejada al obstáculo.
 h_1 : 1071 m ; Altura de la antena.
 k : 4/3 ; Coeficiente de radio de la tierra
 a : 6.37×10^6 m ; Radio de la tierra.
 ka : 8493333 m ; Constante del coeficiente y radio de la tierra.
 H_1 : 40 m ; Altura de la antena desde el nivel del suelo.

Reemplazando datos en (2)

$$h_2 \geq \frac{22000}{19900}(9 + 1403) - \frac{2100}{19900}(1071) + \frac{(22000)(2100)}{2(8493333)}$$

$$h_2 \geq 1561 - 113 + 2.72$$

$$h_2 \geq 1450.72$$

Sabemos que,

$$h_2 \geq \text{Elevación (msnm)} + H_2$$

$$H_2 \geq 1450.72 - 1428$$

$$H_2 \geq 22.72 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$H_1 = 40 \text{ m} ; \text{ Altura de la antena sobre el nivel de suelo.}$$

$$H_2 = 23 \text{ m} ; \text{ Altura de la antena sobre el nivel de suelo.}$$

3.2.6 PERDIDA DEL ESPACIO LIBRE

La pérdida de espacio libre se obtiene de la siguiente manera:

$$L_t = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2; L_t \text{ es adimensional.}$$

Expresando la ecuación en decibeles y en función de la frecuencia obtendremos la siguiente formula:

$$L_t(dB) = 92.44 + 20 \log(f) + 20 \log(D)$$

Dónde:

D : Distancia en Km.

f : Frecuencia en GHz.

$$L_t(dB) = 92.44 + 20 \log(f) + 20 \log(D)$$

$$L_t(dB) = 92.44 + 20 \log(8) + 20 \log(22)$$

$$L_t(dB) = 92.44 + 18.06 + 26.85$$

$$L_t(dB) = 137.35 \text{ dB}$$

3.2.7 CAPACIDAD DEL SISTEMA

La capacidad del sistema tiene que soportar 240 Mbps como mínimo a solicitud del cliente Telefónica del Perú, ellos determinaron la necesidad de banda ancha para el centro poblado de Gozen.

Para que el equipo radioeléctrico soporte la capacidad deseada, se debe configurar estos parámetros según la tabla 3.3.

EQUIPO	AIC Plus 2						
Channel Spacing	4 QAM	8 PSK	16 QAM	32 QAM	64 QAM	128 QAM	256 QAM
7 MHz	09 / 11 Mbps	15 Mbps	21 Mbps	26 Mbps	32 Mbps	36 Mbps	42 Mbps
14 MHz	18 / 21 Mbps	30 Mbps	42 Mbps	52 Mbps	63 Mbps	73 Mbps	86 Mbps
28 MHz	36 / 42 Mbps	63 Mbps	83 Mbps	104 Mbps	125 Mbps	145 Mbps	171 Mbps
56 MHz	72 / 83 Mbps	124 Mbps	166 Mbps	202 Mbps	241 Mbps	287 Mbps	341 Mbps

Tabla 3.3 - Capacidad del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

Ancho de banda : 56 MHz.

Modulación : 64 QAM.

3.2.8 GANANCIA DE LA ANTENA

$$G = n\left(\frac{\pi D}{\lambda}\right)^2 ; \text{ Unidades en dBi} \dots \dots \dots (3)$$

Dónde:

n : 0.6 ; Eficiencia de la antena

D : 1.2 m ; Diámetro de la antena

λ : 0.0375 m ; Valor obtenido anteriormente.

Remplazando datos en (3)

$$G = 0.6(\pi)^2(1.2)^2/(0.0375)^2$$

$$G = 8.5186/(0.0375)^2$$

$$G = 6057.7$$

Ganancia en dBi:

$$G(\text{dBi}) = 10\log(6057.7)$$

$$G(\text{dBi}) = 37.8 \text{ dBi}$$

3.3 DISEÑO POR SOFTWARE PATHLOSS

El Pathloss es una herramienta muy útil para el diseño de radio enlaces microondas punto a punto, a continuación se explica cada paso con las capturas de pantalla realizadas en el diseño.

3.3.1 FRECUENCIA

EBC_GOZEN TX					REP_ROQUE TX					
	Ch ID	TX (MHz)	ATPC	Pwr.rd.	Pol	Ch ID	TX (MHz)	ATPC	Pwr.rd.	Pol
1	2984	7925.6000			V	2984	8236.9200			V
2					V					V
3					V					V
4					V					V
5					V					V
6					V					V
7					V					V
8					V					V
9					V					V
10					V					V
11					V					V
12					V					V

EBC_GOZEN Channel ID 1 :

Tabla 3.4 – Frecuencias asignadas.

Fuente: Elaboración Propia.

Como primer paso se debe asignar en el menú de la tabla 3.4 las frecuencias de transmisión y recepción en las estaciones respectivas.

- Rep_Roque (Tx 8236.92 Hi - Rx 7925.60 Lo)
- Ebc_Gozen (Tx 7925.60 Lo - Rx 8236.92 Hi)

3.3.2 MODELO DE LA ODU – IDU

Equipo de Radio		
OK Cancelar Tablas Code Index Inspeccione BER... Ayuda		
	EBC_GOZEN	REP_ROQUE
Modelo de Radio	ASNK8-AGS20_262M_64QAM	ASNK8-AGS20_262M_64QAM
Distintivo	262Mbit-64QAM	262Mbit-64QAM
Designador de Emisor	56M0D7WET	56M0D7WET
Código	ASNK8_262M_64QA	ASNK8_262M_64QA
Potencia de Transmisión (w)	0.32	0.32
Potencia de Transmisión (dBm)	25.00	25.00
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-71.00	-71.00
Nivel de Señal PX Máximo (dBm)		
Umbral de PX para BER 10-6 (dBm)	-71.00	-71.00
T to I Cochannel (dB)	28.00	28.00
Signature delay (ns)	6.30	6.30
Signature width (MHz)	46.00	46.00
Signature depth min phase (dB)	20.80	20.80
Signature depth nonmin phase (dB)	20.80	20.80
EBC_GOZEN Modelo de Radio :		

Tabla 3.5 – Equipo de radio.

Fuente: Elaboración Propia

En el segundo paso se debe ingresar en el menú de la tabla 3.5 el código de equipo de radio que se va a instalar, cada modelo de radio tiene generados sus propios archivos Pathloss con las principales características y valores típicos del equipo. En este caso es el ASNK8_262M_64QA, en el código se puede apreciar la frecuencia (8 GHz), la capacidad del sistema (262Mbps) y el tipo de modulación (64 QAM).

3.3.3 PERDIDA POR CONECTORES Y CABLE RG-8

En este paso se debe asignar las perdidas por líneas de transmisión, se ingresa la distancia de cable utilizado entre la IDU (ubicado en el gabinete de control) y la ODU (acoplado a la antena de Transmisión), en tabla 3.6 se muestra los datos obtenidos.

	EBC_GOZEN	REP_ROQUE
Tipo de Línea de TX		
Longitud de Línea de TX (m)	40.00	23.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB/100 m)	4.02	4.02
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.61	0.92
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
EBC_GOZEN Tipo de Línea de TX:		

Tabla 3.6 – Líneas de transmisión.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4 MODELO DE ANTENA

	EBC_GOZEN	REP_ROQUE
Modelo de Antena	SLC1278DS6	SLC1278DS6
Diámetro de Antena (m)	1.20	1.20
Altura de Antena (m)	40.00	23.00
Ganancia de Antena (dBi)	37.70	37.70
Pérdida por Radome (dB)		
Código	SLC1278DS6	SLC1278DS6
Ancho de Haz de 3 dB (°)	2.40	2.40
Azimuth Verdadero (°)	165.93	345.92
Ángulo Vertical (°)	0.97	-1.11
Azimet de la Antena (°)		
Antenna Downtilt (±°)		
Orientation Loss (dB)		
EBC_GOZEN Antenna Downtilt (±°):		

Tabla 3.7 – Antenas.

Fuente: Elaboración Propia

En este paso se muestra la tabla 3.7 donde el software solicita un código para la antena a usar, se ingresa el código SLC1278DS6 (1.2 m de diámetro, 37.7dBi de ganancia y 0.6 de eficiencia).

3.3.5 DATOS DEL PERFIL

OK Cancelar Factor Geo Ayuda	
Frecuencia (MHz)	8000.00
Longitud de la Trayectoria (km)	21.69
Margen de Campo (dB)	
Pérdidas por Difracción (dB)	
Factor Geoclimático	6.32E-06
Inclinación del Trayecto (mr)	18.13
Fade occurrence factor (Po)	4.17E-04
Temperatura Anual Promedio (°C)	28.00
Frecuencia (MHz):	

Tabla 3.8 – Datos del perfil.

Fuente: Elaboración Propia

En el menú de la tabla 3.8 se debe ingresar la frecuencia de transmisión en MHz puesto que el enlace de microondas trabaja a una frecuencia de 8GHz, se debe ingresar 8000 como dato.

3.3.6 PRECIPITACION:

Para este paso se debe tener en cuenta las condiciones climatológicas con las que cuenta la región donde se ubica todo el sistema del enlace microondas.

En el presente proyector de ingeniería la condición es sub-tropical y semi-húmeda, por tal motivo cargaremos al software el archivo de lluvia ITU_N.RAI como se visualiza en la tabla 3.9.

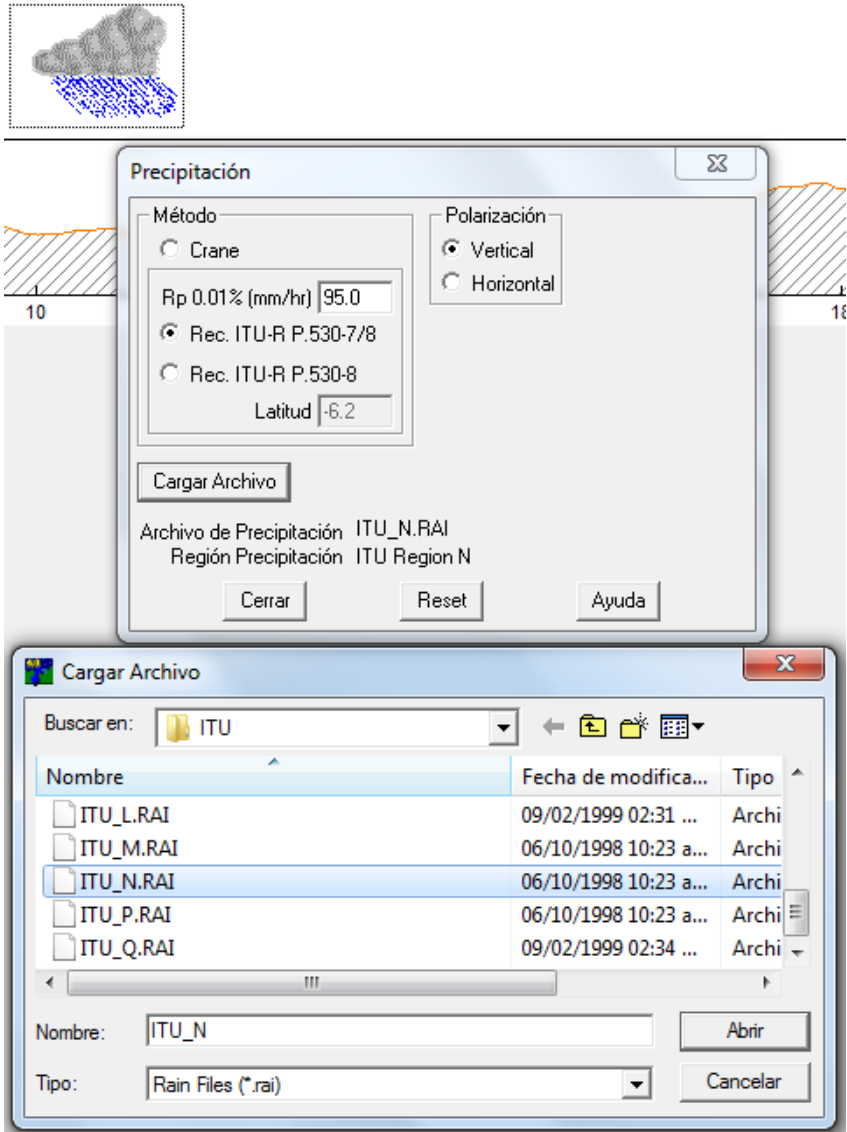


Tabla 3.9 – Precipitación.

Fuente: Elaboración Propia.

Es importante indicar que en la parte del Pathloss donde se menciona el valor de Atenuación de Lluvia (dB), se refiere al valor máximo que el enlace

puede atenuarse antes de perder la conexión. En todos los casos este valor será el mismo que el Margen de Desvanecimiento.

3.3.7 TABLA DE MICROONDAS:

En la tabla 3.10 se muestra la información del enlace microondas basándose en los datos procesados.

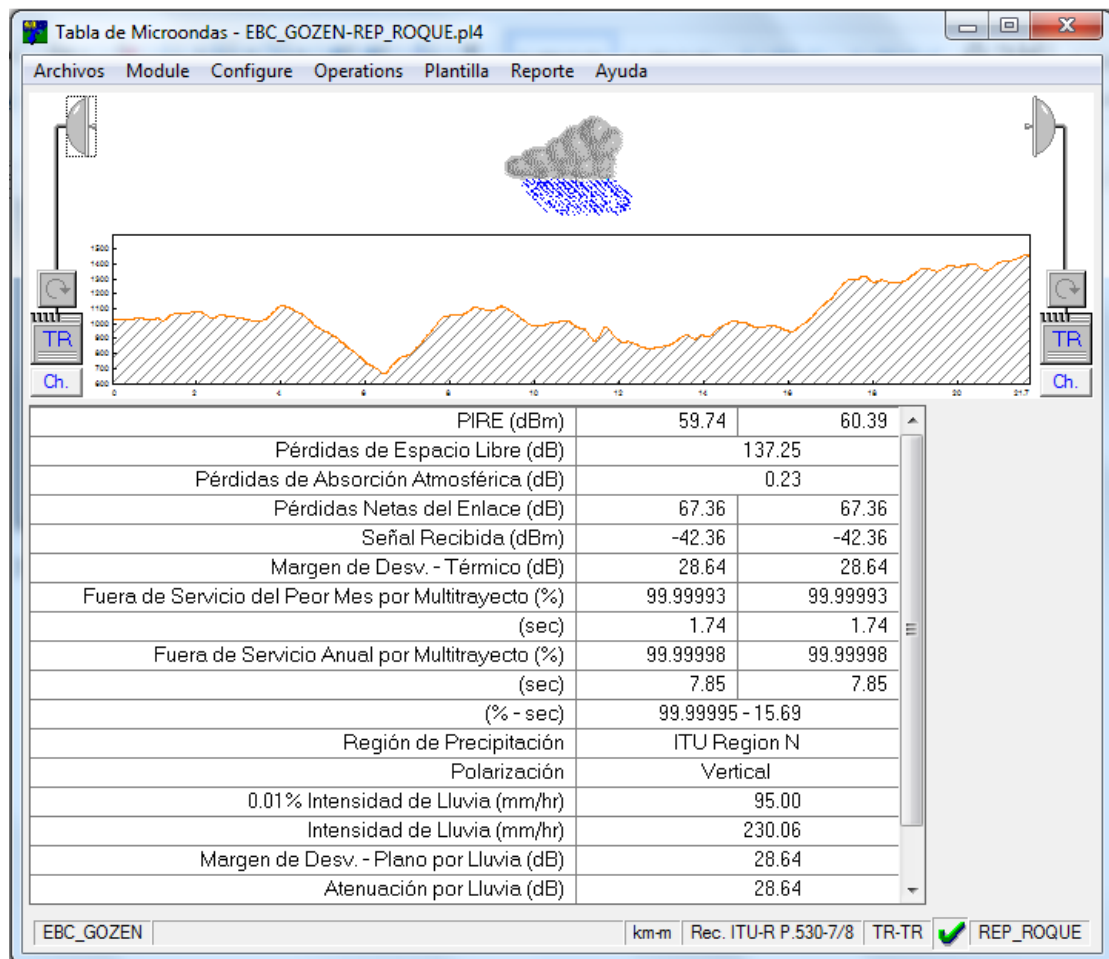


Tabla 3.10 – Tabla de microondas.

Fuente: Elaboración Propia

En primera instancia se observa un diagrama del perfil de elevación, la condición climatológica y los equipos que conforman cada estación.

En la parte inferior de la tabla 3.10 se observa los datos obtenidos, se mencionan los más relevantes:

- PIRE (dBm): 59.7dBm en EBC_GOZEN y 60.39 dBm en REP_ROQUE. Es la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE).
- Perdida en el Espacio Libre (dB): 137.25 dB. Es la atenuación del enlace en el espacio libre denominada también pérdida básica de transmisión.
- Perdidas de Absorción Atmosférica (dB):0.23 dB. Es la atenuación producida por los vapores de agua y oxígeno no condensados en el aire.
- Señal recibida (dBm): -42 dBm. Es la potencia de la señal recibida.
- Polarización: Vertical. Es el tipo de polarización de la antena, deben ser iguales en las dos estaciones.

3.3.8 ZONA DE FRESNEL

Una vez comprobada la información se procede a generar los reportes de consolidación de resultados. En este caso se procede a simular la primera zona de fresnel con el perfil del enlace microondas.

En la figura 3.11 se encuentra el perfil del enlace Ebc_Gozen dirección Rep_Roque. En la parte izquierda de la figura se encuentra representada la estación del centro poblado de Gozen con sus datos geográficos y en la parte derecha la estación del centro poblado de nueva chota, también con su información geográfica. En la parte central se encuentra la información del

enlace, como la distancia, frecuencia fundamental de operación y valor de K para el cálculo de la Zona de Fresnel. Uniendo las dos estaciones se encuentran tres líneas. La Superior representa la línea de vista en línea recta entre las dos estaciones. La línea de la mitad representa la zona de Fresnel para $K=4/3$ y la línea inferior la zona de fresnel para $k=1/3$.

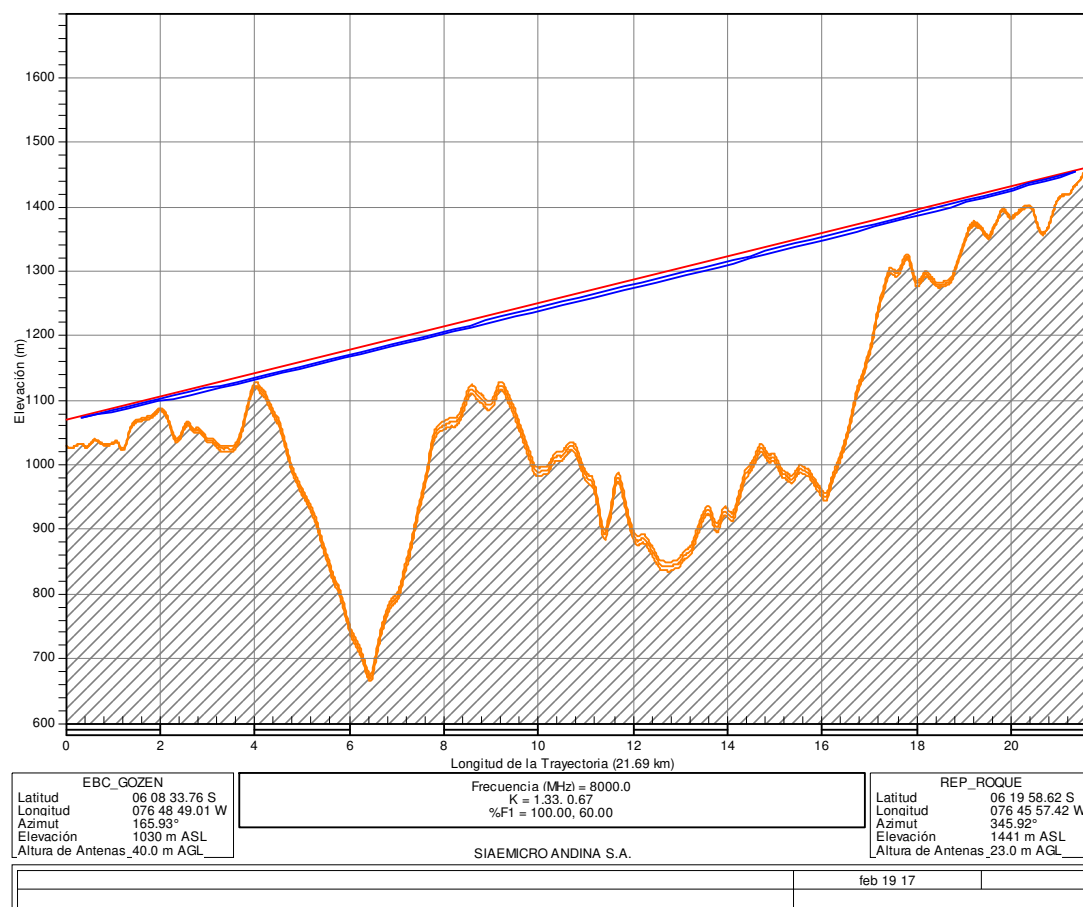


Tabla 3.11 – Zona de Fresnel.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.9 REPORTE FINAL:

El último paso es generar un reporte general del enlace microondas.

	EBC_GOZEN	REP_ROQUE	
1	Elevación (m) Latitud Longitud Azimuth Verdadero (°) Ángulo Vertical (°)	1030.30 06 08 33.76 S 076 48 49.01 W 165.93 0.97	1440.58 06 19 58.62 S 076 45 57.42 W 345.92 -1.11
2	Modelo de Antena Altura de Antena (m) Ganancia de Antena (dBi) Longitud de Línea de TX (m) Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m) Pérdida en Línea de TX (dB) Pérdida en Conectores (dB)	SLC 1278DS6 40.00 36.60 40.00 4.02 1.61 0.25	SLC 1278DS6 23.00 36.60 24.00 4.02 0.96 0.25
3	Frecuencia (MHz) Polarización Longitud de la Trayectoria (km) Pérdidas de Espacio Libre (dB) Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB) Pérdidas Netas del Enlace (dB)	8000.00 Vertical 21.69 137.25 0.23 67.36	67.36
4	Modelo de Radio Potencia de Transmisión (w) Potencia de Transmisión (dBm) PIRE (dBm) Designador de Emisor TX Channels Criterio de Umbral de Recepción Nivel de Umbral (dBm)	ASNK8-AGS20_262M_64QAM 0.32 25.00 59.74 56M0D7WET 2984 7925.6000V BER 10-6 -71.00	ASNK8-AGS20_262M_64QAM 0.32 25.00 60.39 56M0D7WET 2984 8236.9200V BER 10-6 -71.00
5	Señal Recibida (dBm) Margen de Desv. - Térmico (dB)	-42.36 28.64	-42.36 28.64
6	Factor Geodimático Inclinación del Trayecto (mr) Fade occurrence factor (Po) Temperatura Anual Promedio (°C)	6.32E-06 18.13 4.17E-04 28.00	
	Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%) (sec) Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%) (sec)	99.99993 1.74 99.99998 7.85	99.99993 1.74 99.99998 7.85
7	(% - sec)	99.99995 - 15.69	
8	Región de Precipitación 0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr) Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB) Intensidad de Lluvia (mm/hr) Atenuación por Lluvia (dB) Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec) Total Anual (%-seg)	ITU Region N 95.00 28.64 230.06 28.64 99.99975 - 79.74 99.99970 - 95.43	
dom, feb 19 2017 EBC_GOZEN-REP_ROQUE.pl4 Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-7/8 Precipitación - ITU-R P530-7			

Tabla 3.12 – Reporte final.

Fuente: Elaboración Propia

En este último paso se describirá y observará como se representa el reporte final. El archivo que contiene los cálculos consta de ocho campos tal como se muestra en la tabla 3.12.

El primer campo son los datos geográficos de las estaciones. En esta sección tenemos primero la elevación sobre el nivel del mar a la que se encuentran las estaciones. Lo siguiente son las coordenadas donde se encuentran ubicados los terminales, el azimut al cual se encuentran la estación remota y finalmente el ángulo de elevación.

En el segundo campo se encontrar los datos y características de las antenas a utilizar. Cada fabricante tiene sus propios archivos de acuerdo con las características de sus antenas. Además, se observa las pérdidas por líneas de transmisión y conectores.

En el tercer campo se observa la frecuencia de operación del enlace, después tenemos la polarización a la cual se encuentra instalado y aprobado por parte del organismo regulador. Continuando tenemos la longitud que existen entre las dos estaciones, luego están las pérdidas que se generan, siendo estas las del espacio libre, las pérdidas atmosféricas y las pérdidas netas.

En la sección 4 tenemos los detalles de la radio. Estos datos son propios de cada fabricante. Entre los principales parámetros se tiene el modelo del equipo, su potencia de transmisión tanto en vatios como en dBm, el PIRE, ancho de banda que ocupa el enlace, su frecuencia en Tx (transmisión). El criterio de umbral y el nivel de umbral que presentará el equipo. En la parte de Tx Channels se encuentra la frecuencia de transmisión que se configura en el

enlace, se muestra la polaridad con V para vertical y H para horizontal y el número de canal acuerdo a la recomendación.

En la quinta parte del documento se presenta la señal recibida en dBm y el margen de desvanecimiento que se espera tener al momento de instalar el enlace.

En la sección seis se encuentra las características del clima en el cual se encuentra ubicado el enlace. En la parte siete tenemos los datos de disponibilidad debido a problemas de multi-trayectos y finalmente en la parte ocho se encuentran las características de lluvia y la disponibilidad del enlace durante el año. El valor de intensidad de lluvia es un valor anual de la cantidad de lluvia que caerá en el enlace que se está calculando.

3.4 PROGRAMA DE IMPLEMENTACION

	Proyecto	Fecha inicio prevista	Días trabajados	Fecha final prevista
EBC	Inst. en gabinete	26-sep-16	1	27-sep-16
	Inst. en torre	27-sep-16	2	29-sep-16
	Conexión de equipos	29-sep-16	1	30-sep-16
	Inspección visual	03-oct-16	1	04-oct-16
	Pruebas de Op.	04-oct-16	1	05-oct-16
REP_ROQUE	Inst. en gabinete	07-oct-16	1	08-oct-16
	Inst. en torre	10-oct-16	2	12-oct-16
	Conexión de equipos	12-oct-16	1	13-oct-16
	Inspección visual	13-oct-16	1	14-oct-16
	Pruebas de Op.	14-oct-16	1	15-oct-16

Tabla 3.13 – Cuadro de tareas

Fuente: Elaboración propia.

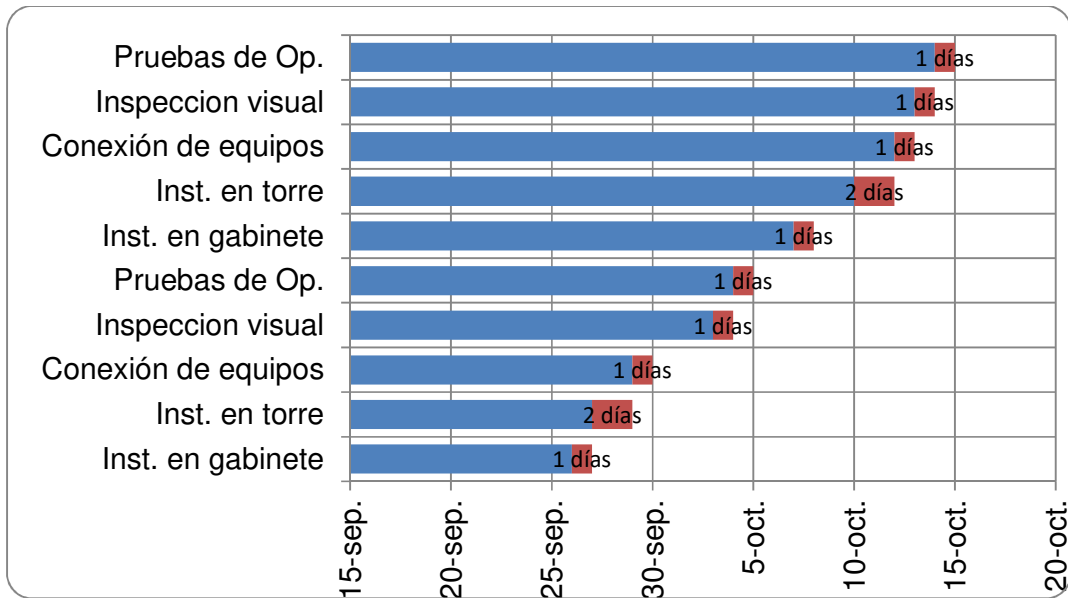


Tabla 3.14 – Diagrama de Gantt

Fuente: Elaboración propia.

3.5 INSTALACION DE EQUIPOS

Después de realizar el análisis teórico y basándonos en los resultados del software Pathloss, se muestra a continuación como se realizó la instalación mostrando fotos con los equipos en las estaciones, así como la configuración de la IDU y todos los parámetros que se usaron para que el enlace sea validado por el operador.

Las estaciones no tienen una sala de transmisión, estas cuentan con gabinete Huawei OUTDOOR en la que se instalaron los equipos.

3.5.1 INSTALACIÓN REP_ROQUE



Figura 3.4 – Torre de 23 m.- Ebc_Roque.

Fuente: Elaboración propia.

Se ubicó el Site (área de la torre y el gabinete, figura 3.4) por medio de las coordenadas que se obtuvo del operador telefónico, además se observó que la estación no cuenta con energía comercial por tal motivo se usan paneles solares para poder energizar.

La figura 3.5 muestra la posición del gabinete colocado debajo de los paneles solare.



Figura 3.5 – Gabinete.

Fuente: Elaboración propia.

Se encontró un inversor DC-AC dentro del gabinete Huawei y se ubicó un espacio para colocar la nueva IDU. Se observan en la figura 3.6 la parte frontal del gabinete.



Figura 3.6 – Interior de Gabinete

Fuente: Elaboración propia.

El servicio saldrá de un equipo Router Tellabs 8609 la cual llegara a la IDU y se conectara a través de la conexión del puerto LAN 1 como figura en la tabla 3.13, luego procederemos a realizar los conectores de energía. La alimentación del equipo es con -48 Vdc y lo hará a través de un Breaker mostrado en la figura 3.7.

	PUERTOS	CODIGOS
REP_ROQUE	LAN1	TELLABS 8609 ; M4/6 Servicio Gozen
	LAN2	TELLABS 8609 ; M4/7 Servicio Vencedores
	MNGT1	TELLABS 8609 ; M4/3 Gestión Gozen
	MNGT2	

Tabla 3.15 – Asignación de puertos Rep_Roque.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.7 – Breaker.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar los pasantes para la gestión y el servicio, se procedió a conectar el cable coaxial Rg-8 con el latiguillo que hace las veces de adaptador entre la IDU y la ODU. En la figura 3.8 se muestra la conexión del latiguillo y el cable Rg-8.

Para el presente proyecto de ingeniería se realizó la instalación del equipo IDU modelo ALCplus2E en configuración 1+0 (sin redundancia), de la marca SIAE MICROELECTRONICA con modulación de 64QAM con 56 MHz de ancho de banda y una capacidad de 262 Mb, esta se conectara a la ODU instalada en torre por medio del cable coaxial.



Figura 3.8 – Conexión IDU - latiguillo y Rg-8

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.9 – Conexión antena - ODU y Rg-8.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez colocada la antena en la torre a la altura prevista, como en la figura 3.9, se procede a fijar la antena con los soportes y los pernos, como se observa

la ODU está acoplada a la antena y funcionan como un solo equipo, para colocar el cable coaxial Rg-8 lo debemos sujetar por medio de cintillos para mantenerlo fijo. Además se procederá aterrizar el equipo de radio, también se debe engrasar los soportes y los pernos que fijan la antena, este proceso se muestra en la figura 3.10.

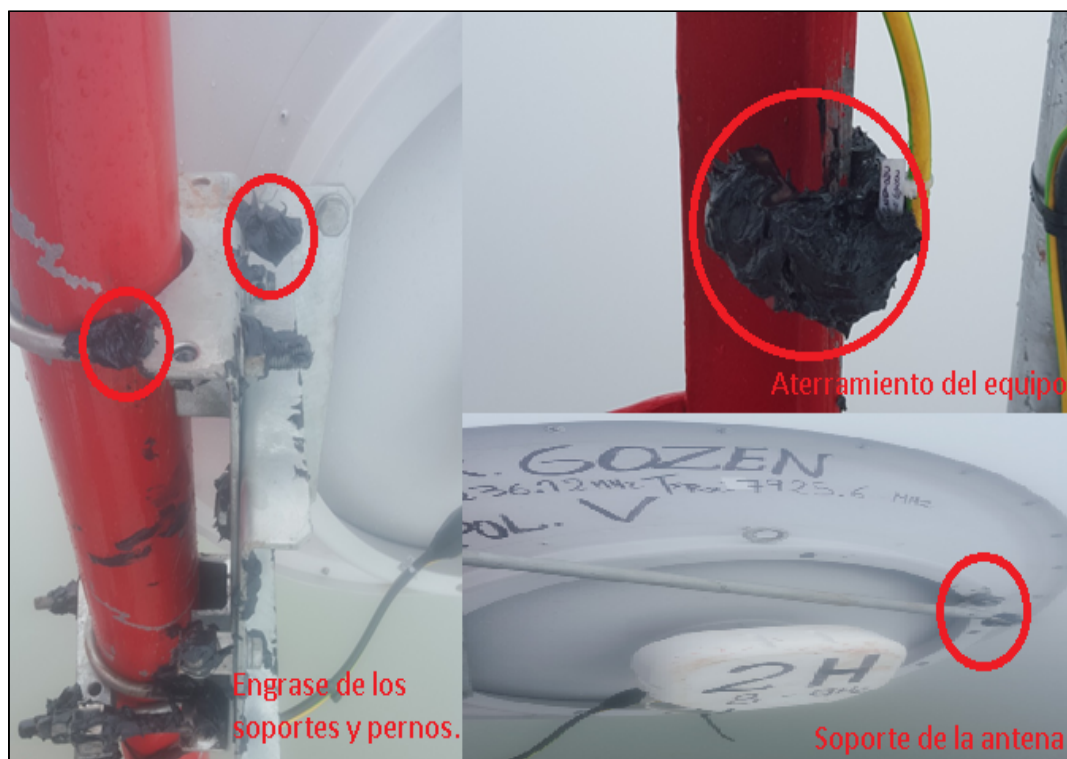


Figura 3.10 – Instalación en torre.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez instalada, procedemos hacer la alineación del enlace con todos los parámetros mencionados anteriormente, hacemos un barrido de frecuencias para determinar que la frecuencia que usamos no cause interferencias a otras estaciones.

3.5.2 INSTALCION EBC_GOZEN

En el Site de Gozen se procedió de la siguiente manera.

Se colocó el IDU en el gabinete (figura 3.11), se buscó un breaker libre para poder energizar nuestros equipos, conectamos el latiguillo al cable rg-8 (figura 3.12). Se procedió con el aterramiento de los equipos en la torre.

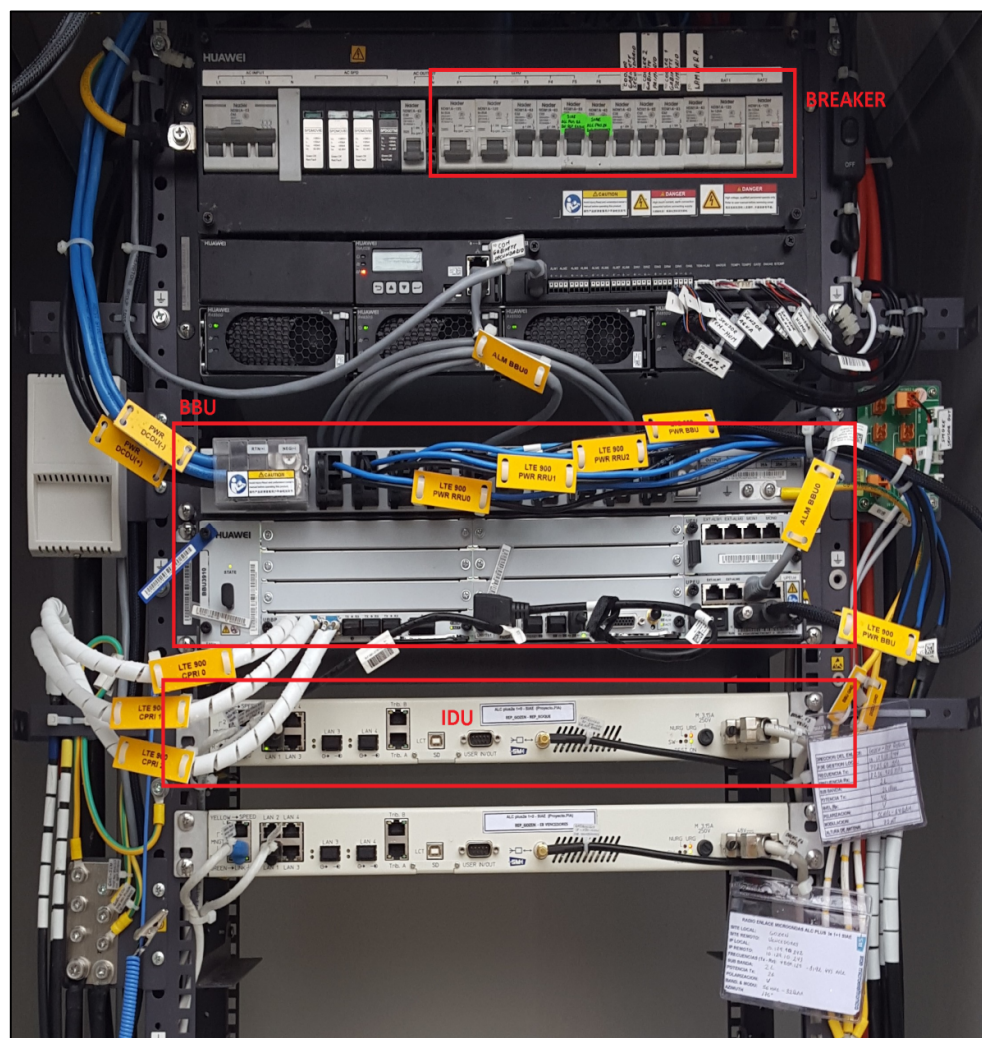


Figura 3.11 – Instalación en gabinete.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.12 – Conexión latiguillo y Rg-8

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3.14 se muestra las conexiones de los puertos donde el servicio de telefonía móvil corresponde al equipo Huawei 4G BBU. Los puertos lan2 y MNGT 1 corresponden al servicio y gestión de otro enlace microonda que no forma parte de nuestro trabajo de ingeniería.

	PUERTOS	CODIGOS
EBC_GOZEN	LAN1	HUAWEY 4G BBU FE/GE O; GOZEN
	LAN2	SIAE ALC PLUS 2E, LAN1, DIRECCION: EBC_VENCEDORES
	MNGT1	SIAE ALC PLUS 2E, MNGT1, DIRECCIO: EBC_VENCEDORES

Tabla 3.16 – Cuadro de asignación de puertos Ebc_Gozen

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.13 – Instalación de antena

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado todas las pruebas de interferencia se procederá a realizar un pasante mostrado en la figura 3.14 donde se conecta la IDU puerto lan 1 y el equipo Huawei BBU3900 puerto FE/GE 0.

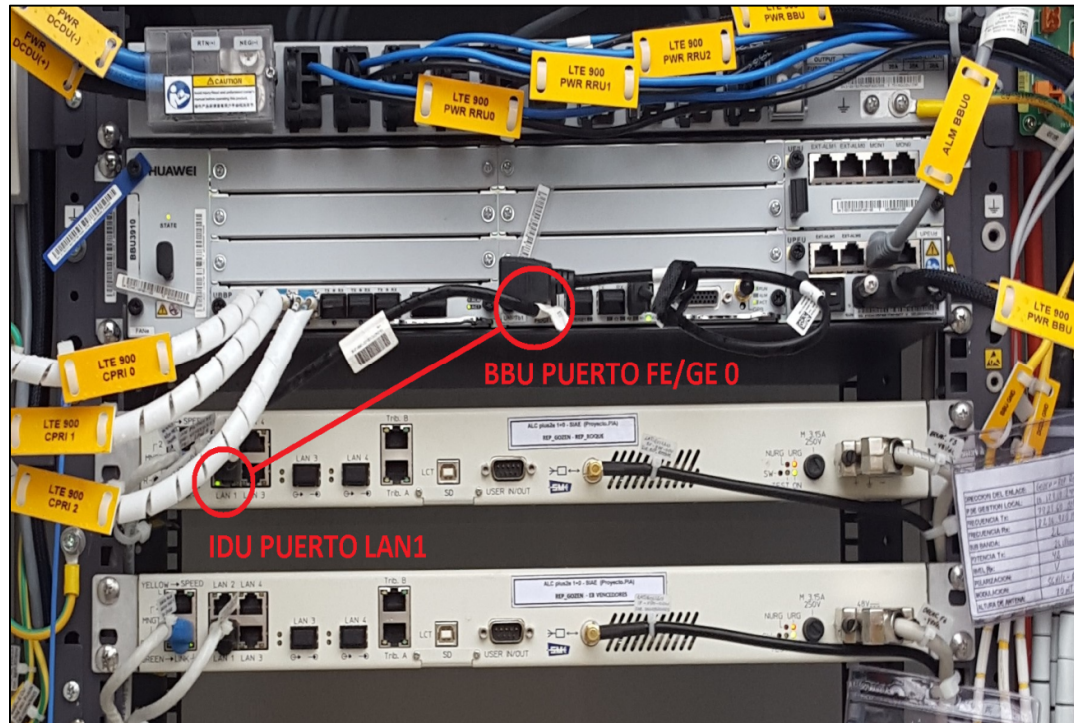


Figura 3.14 – Pasante IDU - BBU

Fuente: Elaboración propia.

Una vez colocado los equipos en sus respectivos sitios, se procede a alinear Las antenas haciendo un barrido horizontal hasta conseguir el mejor nivel de recepción, y acto seguido un barrido vertical y de esa forma fijar las antenas (figura 3.13).



Figura 3.15 – Torre de 40m. - Ebc_Gozen

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.15 podemos observar 2 antenas parabólicas de 0.6m y 1.2m de diámetro, además de un arreglo de 3 antenas de tipo sectoriales para obtener una cobertura de 360°.

La antena de 1.2m fue instalada para el enlace Ebc_Gozen con dirección a Rep_Roque, parte fundamental del presente proyecto de ingeniería. Las antenas sectoriales denominadas o llamadas técnicamente RRU's se encarga de dar cobertura de telefonía móvil al centro poblado de Gozen, que pertenece al proyecto gestionada por el cliente, Pero no forma parte fundamental del presenten trabajo de ingeniería, la antena de 0.6 m es parte de otro enlace microondas.

3.6 CONSOLIDACION DE RESULTADOS

Revisando los resultados del apartado de diseño teórico y complementándolas con los datos del simulador. Se concluye que todos los datos obtenidos están dentro de los parámetros aceptables como se muestra en la figura 3.15.

	Software	Teórico
Longitud de la Trayectoria.	21.69 Km	22 Km
Perdidas del espacio Libre (dB)	137.25 dB	137.35 dB
Ganancia de Antena (dBi)	36.60 dBi	37.8 dBi

Tabla 3.17 – Cuadro comparativo

Fuente: Elaboración propia.

Además en la pruebas se demostró que el nivel de la señal recibida es de -42.36 dBm en ambas estaciones siendo mayor que el nivel de Umbral -71 dBm, se puede apreciar mejor en la tabla 3.16 y la tabla 3.17.

Entonces se verifica la línea de vista y se comprueba la recepción del enlace microondas.

PROTOCOLO DE PRUEBA PARA EQUIPO DE RADIO ALC PLUS2e 18x2E1 1+0 4GE - SIAE TRANSMISOR - RECEPTOR			
2/10			
Enlace	EBC GOZEN - REP ROQUE	Estación	EBC GOZEN
PRUEBAS			
	Radio 1	Radio 2	
PRUEBA DEL TRANSMISOR			
Potencia de Tx Nominal (dBm)	25	No Aplicable	
Potencia de Tx de operación (dBm)	25	No Aplicable	
Atenuación (dB)	0	No Aplicable	
Nivel de Umbral (dbm)	-71	No Aplicable	
PRUEBA DEL RECEPTOR			
Nivel de Recepción Nominal (dBm)	-42.36	No Aplicable	
Nivel de Recepción de operación (dBm)	-40	No Aplicable	
Rx Level MON (V)	2.23	No Aplicable	
CONMUTACION			
Conmutación de Transmisión	No Aplicable	No Aplicable	
Conmutación de Recepción	No Aplicable	No Aplicable	
Conmutación Manual (Tx y Rx)	No Aplicable	No Aplicable	
FUENTE DE ALIMENTACION			
Voltaje de fuente de energía primaria de IDU (V)	-48	No Aplicable	
PRUEBA DE ALARMAS IDU			
Funcionamiento de Alarma de URG.	Ok	No Aplicable	
Funcionamiento de Alarma de NURG.	Ok	No Aplicable	
Funcionamiento de Alarma en TEST.	Ok	No Aplicable	
CANAL DE SERVICIO			
Funcionamiento	No Aplicable	No Aplicable	
LOOPS / PING LOCAL Y REMOTO			
FE loop back cont 1 - 16E1	Ok	No Aplicable	
NE loop back cont 1 - 16E1	Ok	No Aplicable	
Ping PTP	Ok	No Aplicable	

Tabla 3.18 – Protocolo de prueba – Ebc_Gozen

Fuente: Siae Microelettronica (2016). “Protocolo de pruebas radio enlace microondas – ALC PLUS 2 E1 1+0 4 GE”. EBC GOZEN – REP ROQUE. Lima-Perú. Pag.2.

**PROTOCOLO DE PRUEBA PARA EQUIPO DE RADIO
ALC PLUS2e 18x2E1 1+0 4GE - SIAE TRANSMISOR - RECEPTOR**

3/10

Enlace **EBC GOZEN - REP ROQUE** Estación **REP ROQUE**

PRUEBAS

	Radio 1	Radio 2
PRUEBA DEL TRANSMISOR		
Potencia de Tx Nominal (dBm)	25	No Aplicable
Potencia de Tx de operación (dBm)	25	No Aplicable
Atenuación (dB)	0	No Aplicable
Nivel de Umbral (dbm)	-71	No Aplicable
PRUEBA DEL RECEPTOR		
Nivel de Recepción Nominal (dBm)	-42.36	No Aplicable
Nivel de Recepción de operación (dBm)	-40	No Aplicable
Rx Level MON (V)	2.23	No Aplicable
CONMUTACION		
Conmutación de Transmisión	No Aplicable	No Aplicable
Conmutación de Recepción	No Aplicable	No Aplicable
Conmutación Manual (Tx y Rx)	No Aplicable	No Aplicable
FUENTE DE ALIMENTACION		
Voltaje de fuente de energía primaria de IDU (V)	-48	No Aplicable
PRUEBA DE ALARMAS IDU		
Funcionamiento de Alarma de URG.	Ok	No Aplicable
Funcionamiento de Alarma de NURG.	Ok	No Aplicable
Funcionamiento de Alarma en TEST.	Ok	No Aplicable
CANAL DE SERVICIO		
Funcionamiento	No Aplicable	No Aplicable
LOOPS / PING LOCAL Y REMOTO		
FE loop back cont 1 - 16E1	Ok	No Aplicable
NE loop back cont 1 - 16E1	Ok	No Aplicable
Ping PTP	Ok	No Aplicable

Tabla 3.19 – Protocolo de prueba – Rep_Roque

Fuente: Siae Microelettronica (2016). “Protocolo de pruebas radio enlace microondas – ALC PLUS 2 E1 1+0 4 GE”. EBC GOZEN – REP ROQUE. Lima-Perú. Pag.3.

A continuación, se muestra las tablas 3.18 y 3.19 de inspecciones realizadas en campo.

INSPECCION VISUAL DE LA IDU

No.	Puntos a revisar	EBC GOZEN	REP ROQUE	OBSERVACIONES
1	El Equipo IDU debería estar instalado firmemente en la posición especificada según las coordinaciones.	Ok	Ok	
2	Cada Equipo IDU debería estar libre de manchas de pintura o daños. De otra manera, se debería repintar y limpiar la unidad.	Ok	Ok	
3	Cuando la IDU esta insertada en el Rack la perneria debería estar completa y bien asegurada.	Ok	Ok	
4	La ruta de los cables debería estar instalado según indicaciones del cliente para tener un facil mantenimiento y expansion futuro.	Ok	Ok	
5	Los cables no deberían estar dañados, rotos o cruzados	Ok	Ok	
6	Los E1 de los tributarios debería estar probado la continuidad	Ok	Ok	
7	Los cables deberían estar bien amarrados con cintillos sin dejar sobrantes en los cintillos	Ok	Ok	
8	Los cables tributarios deberían estar enrutados correctamente en el bastidor.	Ok	Ok	
9	Los cables fuera del bastidor y en la escalerilla deberían estar bien amarrados, sin cruzarse.	Ok	Ok	
10	Las etiquetas de los cables deberían estar llenados según lo acordado. Estos deberían estar a 2 cms de los conectores.	Ok	Ok	
11	El cable de energia y el cable de tierra deberían estar cableados separadamente de los cables de señal.	Ok	Ok	
12	La soldadura de los conectores de E1 deberá ser realizada apropiadamente.	Ok	Ok	
13	El conector N que se conecta con el latiguillo de la IDU debe ser protegido con cinta aislante.	Ok	Ok	
14	Los E1 pasantes deben ser rotulados y etiquetados frontalmente.	Ok	Ok	
15	La tierra de la IDU debidamente etiquetado en ambos extremos con cintillo de etiquetar.	Ok	Ok	
16	La posicion de energia debe estar etiquetado en ambos extremos y en la parte frontal del Rectificador.	Ok	Ok	

Tabla 3.20 – Inspección visual de la IDU

Fuente: Siae Microelettronica (2016). “Protocolo de pruebas radio enlace microondas – ALC PLUS 2 E1 1+0 4 GE”. EBC GOZEN – REP ROQUE. Lima-Perú. Pag.11.

INSPECCION VISUAL ANTENA Y ODU

No.	Puntos a revisar	EBC GOZEN	REP ROQUE	OBSERVACIONES
1	La ubicación y dirección de la antena debería estar instalado según indicaciones del proyecto o del cliente.	Ok	Ok	
2	La antena debería estar instalada correctamente.	Ok	Ok	
3	Los logos de la antena debería estar en la parte superior o hacia arriba.	Ok	Ok	
4	Los soportes de la antena debería estar instalados en el pole correctamente.	Ok	Ok	
5	Los pernos de la ODU y Antena deberían estar bien asegurados.	Ok	Ok	
6	La antena, el acoplador híbrido y la ODU debería estar en el rango de protección del pararrayos, debería ser menor de 45 grados y en las montañas debería ser menos de 30 grados.	Ok	Ok	

INSPECCION VISUAL DE LOS CABLES ODU

No.	Puntos a revisar	EBC GOZEN	REP ROQUE	OBSERVACIONES
1	Todos los conectores outdoor y puntos de tierra del cable de IF deberían estar encintados adecuadamente.	Ok	Ok	
2	Los conectores del cable IF deberían estar correctamente armados.	Ok	Ok	
3	El cable de IF no debería presentar rotura o dobles.	Ok	Ok	
4	La radio de curvatura del cable IF debería ser realizado apropiadamente, esta curvatura debería ser mayor a 30 cms.	Ok	Ok	
5	El cableado de IF no debería presentar cruces ni sobrepuestos.	Ok	Ok	
6	Los cintillos o clamps en el cable de IF deberían ser puestos cada 1 metro. Además los sobrantes deberían ser cortados apropiadamente.	Ok	Ok	
7	Las etiquetas del cable IF deberían estar fijadas y alineadas en una misma dirección.	Ok	Ok	
8	No se debería dejar exeso de cale IF (RG8)	Ok	Ok	
9	Los puntos de tierra de la ODU deberían estar engrasado correctamente, además de colocar cintillos en los extremos.	Ok	Ok	
10	No cablear la tierra de la ODU mas de 12mts	Ok	Ok	
11	El cable de tierra de la ODU debería estar conectado correctamente.	Ok	Ok	

Tabla 3.21 – Inspección visual de cables, ODU y antena.

Fuente: Fuente: Siae Microelettronica (2016). "Protocolo de pruebas radio enlace microondas – ALC PLUS 2 E1 1+0 4 GE". EBC GOZEN – REP ROQUE. Lima-Perú. Pag.12.

3.7 COMPARATIVA DE SOFTWARE DE MODELAMIENTO

En la actualidad existen herramientas que ayudan a automatizar el proceso de calcular el presupuesto de un enlace microondas, además de simular el estado del enlace en diferentes condiciones, estas herramientas tomarán en cuenta otros factores relevantes (como absorción de los árboles, efectos del terreno, clima, e incluso la estimación de las pérdidas en el trayecto en áreas urbanas).

Se comparan 3 software de modelamiento:

- PATHLOSS
- AIRLINK
- LINKCALC

	PATHLOSS	AIRLINK	LINKCALC
LICENCIA	PAGADO	GRATUITO	GRATUITO
CALCULO	SI	SI	SI
GESTION DE MAPAS DIGITAL	PROPIO	GOOGLE	BING, GOOGLE
MODELAMIENTOS DE EQUIPOS	TODAS LAS MARCAS	PROPIOS, ADAPTADOS	PROPIOS
SIMULACION DE MODELAMIENTO	SI	SI	NO
DESARROLLADORES	Contract Telecommunication Engineering Ltd	UBIQUITI	LIGOWAVE

Tabla 3.22 – Cuadro comparativo de Software de modelamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Estas herramientas permiten el diseño y simulación de sistemas inalámbricos, construyen automáticamente un perfil entre dos puntos en el mapa digital.

Cada herramienta completa los parámetros principales para todos los productos, Ubiquiti en el caso del AirLink y LigoWave en el caso de LinkCalc, no siendo el caso del software Pathloss que posee librerías propias de los fabricantes para ser cargados directamente.

Por esta razón es que el software Pathloss posee mayor confiabilidad en el modelamiento de enlaces microondas.

CONCLUSIONES

1. Basándose en la recopilación de los datos obtenidos en campo para el diseño, se concluye que en el enlace microondas si existe línea de vista, como se demuestra en los resultados del perfil de elevación en el apartado 3.2.2.
2. Se realizaron todos los procesos de diseño en el software Pathloss y se pudo comprobar los datos obtenidos en el análisis teórico, además mediante el reporte final generado por el software se concluye que se puede proceder a la etapa de implementación del enlace microonda, con equipos de la marca SIAE MICROELECTTRONICA ya que estos cumplen con las especificaciones establecidas en el diseño basado en el software Pathloss.
3. Se realizó todos los procesos necesarios de la etapa de implementación del enlace microondas, que mediante fotos se busca explicar y demostrar los trabajos realizados en el apartado 3.4. Se concluye que la implementación de los equipos fue exitosa, como así lo demuestra los resultados obtenidos en el apartado 3.5, de la consolidación de resultados, donde se verifica que los protocolos de prueba y la inspección visual de los equipos son los necesarios para su correcto funcionamiento.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda determinar los obstáculos del terreno donde se instalarán los enlaces microondas para saber si es factible realizar la implementación.
2. Es necesario que se use completamente los implementos de seguridad certificados para los trabajos de altura.
3. Tener siempre en cuenta los factores ambientales y climatológicos a los que estarán expuestos los equipos y considerarlos a la hora de diseñar el enlace microonda.
4. Se recomienda dar mantenimiento preventivo a los equipos así como a la estructura que los soporta para optimizar el tiempo de vida útil de dichos equipos.

BIBLIOGRAFIA

- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, D.F. México.
- Castro, R. (2007). *Fundamentos, Infraestructura, Diseño e Implementación de un enlace Punto a Punto de Microondas dentro de la Jerarquía Digital Plesiocrona (PDH) en México*. Tesis de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, Instituto Politécnico Nacional, D.F. México.
- Flores, M., Hernández, M. y Martínez, W. (2007). *Diseño de un enlace Microondas dedicado entre las Radio Bases de Acajate, Cuanopala, Esperanza y una central en Puebla*. Tesis de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, Instituto Politécnico Nacional, D.F. México.
- Cisco. (2012). *Unified Ran Transport Solution*. [en línea]. Disponible en: [//www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/service-provider/unified-ran-backhaul/white_paper_c11-707543.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/service-provider/unified-ran-backhaul/white_paper_c11-707543.pdf) [2016, 11 de Julio].
- Buettrich, S. (2007). *Calculo de Radio Enlace*. [en línea]. Disponible en: http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf
- ALS. (2012). *ALS series*. [en línea]. Disponible en: http://www.advantec.it/wp-content/uploads/SIAE-ALS-ALCplus2e_Leaflet-ALS.L.01.13.pdf [2016, 11 de Julio].

ANEXOS

1 IDU



IDU - ALCPLUS2e, 1+0, 4GE

Fuente: Elaboración Propia

INDOOR UNIT

IDU Model	ALCplus2e	
IDU Compact Version	ALCplus2e: IDU 1RU	ALCplus2e : N x IDU 1RU NODE
Configuration	1+0 / 1+1 / 2 x (1+0) / XPIC	2N x (1+0), N x (1+1), N x XPIC Node up to 16 Radio directions
TDM Transmission Capacity	Up to 164 x E1 (per radio direction)	N x 164 x E1
Ethernet Throughput Capacity	1Gbps w/o Header Compression 2Gbps with Header Compression	N x 1 Gbps w/o Header Compression N x 2 Gbps with Header Compression
Modulation	4QAMs / 4QAM / 8QAM / 16QAM / 32QAM / 64QAM / 128QAM / 256QAM with ACM	
Tributary Interfaces	6xGbE + 18xE1 + 2xSTM1 + NBUS * 6xGbE + 34xE1 + 2xSTM1 * 6xGbE + 2xE1 * TDM/PWE3 mode software selectable Non blocking TDM Cross Connections 6 Gbps switching capability Synchronous Ethernet +1588v2 Support	2 x N x STM1, 18 x N x E1, 4 x N x GbE N equal to number of stacked IDUs TDM/PWE3 mode software selectable Non blocking TDM Cross Connections Single Node SW management Synchronous Ethernet +1588v2 Support
Security features	HTTPS / SNMPv3 / SFTP / SSH	
Maintenance Interfaces	2x10BaseT + USB + G704 (E1)	2xNx10BaseT + USB + G704 (E1)

* 6xGbE = 4GbE + 2GbE



ALCplus2e IDU
6xGbE + 34xE1 + 2xSTM1
Up to 2Gbps



ALCplus2e IDU
6xGbE + 2xE1
Up to 2Gbps



ALCplus2e Nodal IDU
6xGbE + 18xE1 + 2xSTM1 + Nodal Bus
Up to 16 directions

OUTDOOR UNIT

- Supporting any configuration
- Best in class Power consumption (12 W)
- Outstanding transmit power performance with lowest power consumption
- Small form factor: 2Liters volume
- Easy and quick deployment
- Built in ATPC functionality
- 1024 QAM modulation



IDU - Especificaciones técnicas

Fuente: SIAE-ALS-ALCplus2e .Recuperado de: http://www.advantec.it/wp-content/uploads/SIAE-ALS-ALCplus2e_Leaflet-ALS.L.01.13.pdf

2 ODU



ODU - ASN8

Fuente: Elaboración Propia

La ODU mostrada en la figura es de la marca Siae Microelettronica, modelo ASN8, esta se acopla a la antena parabólica funcionando ambas (ODU – antena) como un solo equipo disminuyendo las pérdidas por conexión.

Este equipo se caracteriza por tener una modulación de hasta 1024 – QAM, consume 12 W de potencia y es de fácil instalación.

Technical Specification

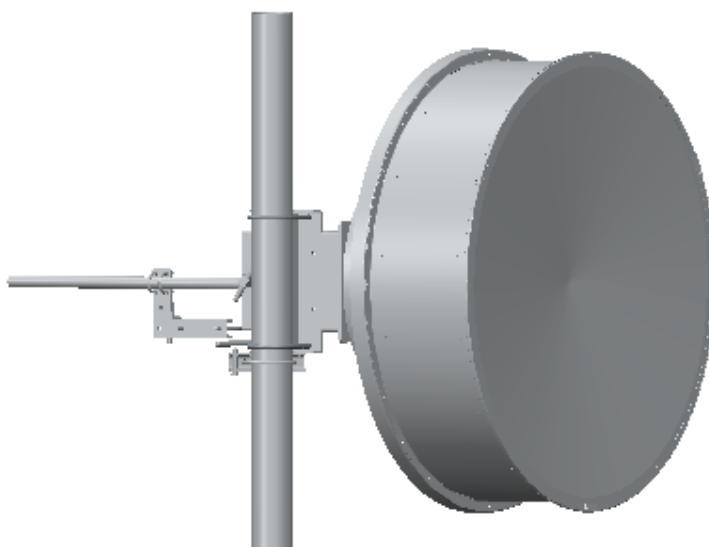
Frequency Band	4 GHz	6L/6U GHz	7/8 GHz	10/11 GHz	13 GHz	15 GHz	18 GHz	23 GHz	25 GHz	28 GHz	32 GHz	38 GHz	42 GHz	
Frequency Range	4.4-5.0	5.9-7.1	7.11-8.5	10.2-11.7	12.75-13.25	14.4-15.35	17.7-19.7	21.2-23.6	24.5-26.5	27.5-29.5	31.8-33.4	37-39.5	40.5-43.5	
Modulation Schemes	4 QAM / 8 QAM / 16 QAM / 32 QAM / 64 QAM / 128 QAM / 256 QAM / 512QAM/1024 QAM													
Channel Spacing	3.5 MHz / 7 MHz / 14 MHz / 28 MHz / 40 MHz / 56 MHz													
Ethernet Throughput	Up to 1 Gbps per radio channel													
Supported Configurations	Terminal applications	1+0 / 1+1 / 1+1 SD / 1+1 FD / 2+0 / 2x(1+1) / XPIC												
	Nodal applications	Up to 8x(1+1) or up to 16x(1+0)												
Supported Capacities	2xE1 to 82xE1 / 160XE1 / 2XSTM1 / 4XSTM1													
Output Power (dBm) at Point C*														
AS ODU/ASN ODU														
4 QAM	+28	+29	+29	+28	+28	+28	+23	+23	+22	+21	+20	+19	+17	
8 QAM	+28	+29	+29	+28	+28	+28	+23	+23	+22	+21	+20	+19	+17	
16 QAM	+25	+26	+26	+25	+25	+25	+21	+21	+20	+19	+18	+17	+15	
32 QAM	+25	+26	+26	+25	+25	+25	+21	+21	+20	+19	+18	+17	+15	
64 QAM	+24	+25	+25	+24	+24	+24	+19	+19	+18	+17	+16	+15	+13	
128 QAM	+24	+25	+25	+24	+24	+24	+19	+19	+18	+17	+16	+15	+13	
256 QAM	+23	+24	+24	+23	+23	+23	+18	+18	+17	+16	+15	+14	+12	
512 QAM	+23	+24	+24	+23	+23	+23	+18	+18	+17	+16	+15	+14	+12	
1024QAM	+22	+23	+23	+22	+22	+22	+17	+17	+16	+15	+14	+13	+11	
Receiver Sensitivity (dBm) at BER 10 ⁻⁶ at Point C (1+0 conf., 28MHz BW, RF filter losses included)														
AL/ALplus/ALS/ALplus2,ALplus2e (see indoor unit table)														
4 QAM	-89.5	-89.5	-89.5	-89	-89	-89	-88.5	-88.5	-88	-87.5	-86	-86.5	-85.5	
8 QAM	-85.5	-82.5	-82.5	-82	-82	-82	-81.5	-81.5	-81	-80.5	-79	-79.5	-78.5	
16 QAM	-81	-81	-81	-80.5	-80.5	-80.5	-80	-80	-79.5	-79	-77.5	-78	-77	
32 QAM	-77.5	-77.5	-77.5	-77	-77	-77	-76.5	-76.5	-76	-75.5	-74	-74.5	-73.5	
64 QAM	-75.5	-75.5	-75.5	-75	-75	-75	-74.5	-74.5	-74	-73.5	-72	-72.5	-71.5	
128 QAM	-73.5	-73.5	-73.5	-73	-73	-73	-72.5	-72.5	-72	-71.5	-70	-70.5	-69.5	
256 QAM	-70.5	-70.5	-70.5	-70	-70	-70	-69.5	-69.5	-69	-68.5	-67	-67.5	-66.5	
512 QAM	NA	-67.5	-68	-67.5	-67.5	-67.5	-66.5	-67	-66.5	-66	-64.5	-65	-64	
1024QAM	NA	-63.5	-64	-63.5	-63.5	-63.5	-63	-63	-62.5	-62	-60.5	-61	-60	
Frequency Stability	±5 ppm													
Frequency Agility	250 KHz (software programmable)													
RTPC	Up to 30 in 1 dB steps													
ATPC	Up to 30 in 1 dB steps													
IDU/ODU Interconnection per terminal	50Ω Coaxial Cable per RT													
Dimensions (WxHxD)	1RU Compact IDU	480x45x212 (mm)												
	ASN ODU 1+0	182x182x65 (mm)												
Power Supply	-48 Vdc (-15%, +20%)													
Overall Power Consumption	1+0 Terminal	≤ 45 W												
	1+0 Terminal	≤ 60 W												
Environmental Performance	ODU Weather Proofing Class: IP65							IDU Temperature Range: -5°C to +50°C ODU Temperature Range: -35°C to +55°C Working Temperature range with performance not guaranteed: -45°C to +60°C						
Altitude	3000m													
Compliant with	ETSI EN 302 217													

(*) Typical values

ODU - Especificaciones técnicas

Fuente: SIAE-ALS-ALCplus2e .Recuperado de: http://www.advantec.it/wp-content/uploads/SIAE-ALS-ALCplus2e_Leaflet-ALS.L.01.13.pdf

3 ANTENA



Antena - SLU1278S

Fuente: Antena Product Specifications. Recuperado de:
<http://www.shenglu.com/en/product/show-2387.html>

La antena mostrada en la figura es de la marca Shenglu, modelo SLU1278S, consta de un diametro de 1.2 m, frecuencia de operación de entre 7 y 8 GHz y una ganancia de 37.3 dBi.

Desc

Frequency (GHz)	7.1~8.5GHz	
Antenna Type	SLU1278S	
Gain (dBi)	Low	36.8
	Mid	37.3
	Top	37.7
3dB BW(*)	2.2	
VSWR	1.3	
Return Loss(dB)	17.69	
F/B Ratio(dB)	63	
XPD(dB)	30	
Polarization	Single	
ETSI Standard	Range1, Class3	
Wind Velocity Operational	162km/h	
Wind Velocity Survival Rating	250km/h	
Fine Azimuth Adjustment	Coarse 360° Fine ±15°	
Fine Elevation Adjustment	Fine ±10°	
Mounting Pipe Diameter	Φ114 mm	
Ice-load	25.4 mm	
Operational Temperature	-45~ +75 °C	

Antena Especificaciones técnicas

Fuente: Antena Product Specifications. Recuperado de:
<http://www.shenglu.com/en/product/show-2387.html>