

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN RADIO ENLACE PARA LA
AMPLIACIÓN DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN ENTRE LAS
ESTACIONES NUPAMARCA Y CHAVÍN DE HUANTAR EN ANCASH”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ASTO SIMBRON, KARLENIA

Villa El Salvador

2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos quienes me impulsaron a seguir adelante para alcanzar mis objetivos y no rendirme ante las adversidades.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la dicha de tener los mejores padres y hermanos quienes siempre me guían en cada paso que doy, a mis padres Rubén Asto Riveros y Octavia Simbron Ccahuana y hermanos (Jheny y Mijael) por tener paciencia y darme ánimos para seguir adelante, a mis amigos quienes siempre me brindaron su apoyo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	3
1.3.1 CONCEPTUAL	3
1.3.2 ESPACIAL.....	4
1.3.3 TEMPORAL	4
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.4.1 PROBLEMA GENERAL.....	4
1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	4
1.5 OBJETIVOS	4
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.5.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	5
CAPITULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES.....	6
2.2 BASES TEÓRICAS	8
2.2.1 DEFINICIONES GENERALES EN SISTEMAS DE ENLACE MICROONDAS.....	8
2.2.2 ENLACE MICROONDAS PUNTO A PUNTO.....	10
2.2.3 MODULACIÓN	11
2.2.4 POLARIZACIÓN.....	12
2.2.5 ODU (OUTDOOR - UNIT)	12
2.2.6 ACOPLADOR o HÍBRIDO	13

2.2.7 ANTENA.....	13
2.2.8 LINEAS DE TRANSMISION.....	14
2.2.9 IDU (INDOOR UNIT).....	15
2.2.10 TIPOS DE CONFIGURACION DE RADIOFRECUENCIAS	16
2.2.11 ANCHO DE BANDA:.....	18
2.2.12 TRANSMISIÓN POR E1:	18
2.3 MARCO CONCEPTUAL	19
2.3.1 RADIO ENLACE TERRESTRE.	19
2.3.2 COORDENADAS GEOGRAFICAS:.....	19
2.3.3 CONFIABILIDAD DE UN ENLACE TERRESTRE:	20
2.3.4 PERFIL DE TERRENO (FACTOR DE CURVATURA “K”).....	20
2.3.5 ZONAL DE FRESNEL.....	21
2.3.6 PERDIDA DE ESPACIO LIBRE.....	22
2.3.7 PERDIDA POR DESVANECIMIENTO:.....	22
2.3.8 ALTURA DE LA ANTENA.....	23
2.3.9 GANANCIA DE LA ANTENA.....	24
2.3.10 AZIMUT Y ELEVACION:	25
2.3.11 POTENCIA DE TRANSMISION.....	25
2.3.12 UMBRAL DE RECEPCION	25
2.3.13 SENSIBILIDAD.....	25
2.3.14 TSS (Technical Site Survey)	26
2.3.15 SOFTWARE PARA CÁLCULO DE INGENIERIA:	26
2.3.16 PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA ENLACES MICROONDAS.....	26
CAPITULO III.....	28
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	28
3.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL ENLACE.....	28
3.1.1 ANALISIS DE LA ZONA DE ENLACE:	28

3.1.2 PERFIL GEOGRAFICO DEL DISTRITO DE CHAVIN DE HUANTAR.	29
3.2 ANALISIS Y DISEÑO DEL ENLACE MICROONDAS	30
3.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL NUEVO ENLACE.....	30
3.2.2 ELABORACIÓN DE PERFIL DEL ENLACE.....	31
3.2.3 CÁLCULO DEL ENLACE	33
3.2.4 ANALISIS DEL DISEÑO CON SOFTWARE PATHLOSS.....	38
3.3 IMPLEMENTACION DEL ENLACE MICROONDAS: ERMO NUPAMARCA URA CHAVIN DE HUANTAR.	42
3.3.1 URA CHAVIN DE HUANTAR:.....	43
3.3.2 ERMO NUPAMARCA:	50
3.3.3 GESTIÓN DEL ENLACE MICROONDAS:.....	57
3.4 CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS	62
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFIA	68
ANEXOS	70

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	9
FIGURA 2 - ENLACE PUNTO A PUNTO.....	11
FIGURA 3 - EJEMPLO DE MODULACIÓN.	12
FIGURA 4 - ODU SIAE MICROELECTRONIC.....	12
FIGURA 5 - COUPLER O HIBRIDO.	13
FIGURA 6 - ANTENA MW POLARIDAD DUAL RFS.	14
FIGURA 7 - CABLE COAXIAL.	15
FIGURA 8 – IDU.....	15
FIGURA 9 - CONFIGURACIÓN 1+1.	17
FIGURA 10 - REPETIDORA DE MICROONDAS.....	19
FIGURA 11 - LÍNEA BASE DEL ECUADOR Y DEL MERIDIANO DE GREENWICH.	20
FIGURA 12 - CURVATURA DEL TERRENO.	21
FIGURA 13 - ZONA DE FRESNEL.	22
FIGURA 14 - AZIMUT.	25
FIGURA 15 - UBICACIÓN URA CHAVÍN DE HUANTAR.	32
FIGURA 16 - UBICACIÓN ERMO NUPAMARCA.	32
FIGURA 17 - PERFIL DEL ENLACE ERMO NUPAMARCA – URA CHAVÍN DE HUANTAR.	33
FIGURA 18 - ACOPLADOR XPIC	36
FIGURA 19 - FOTO PANORÁMICA DE LA URA CHAVÍN.	45
FIGURA 20 - ANTENA DE ENLACE EXISTENTE ANTES DE SER REEMPLAZADO.....	45
FIGURA 21 - ANTENA EXISTENTE Y ANTENA NUEVA.....	46
FIGURA 22 - ANTENA, ODU’S, ACOPLADOR INSTALADO Y CABLEADO.	46
FIGURA 23 - ATERRAMIENTO DE ODUS EN TORRE.	47
FIGURA 24 - RADIO HORIZONTAL Y RADIO VERTICAL ACOPLADOS AL HIBRIDO.....	48
FIGURA 25 - BREAKER EN GABINETE DE ENERGÍA.	48
FIGURA 26 - EQUIPO NEC Y DDF ANTES DEL DESMONTAJE.	49
FIGURA 27 - EQUIPO ALCPLUS2E (IDU) Y REGLETAS DDFs NUEVOS INSTALADOS.	49
FIGURA 28 - FOTO PANORÁMICA DE LA ERMO NUPAMARCA.....	50
FIGURA 29 - ANTENA EXISTENTE ANTES DE SER REEMPLAZADO.	51
FIGURA 30 - ANTENA NUEVA Y ANTENA EXISTENTE.	51

FIGURA 31 - INSTALACION DE NUEVA ANTENA, ODUs, ACOPLADOR INSTALADO Y CABLEADO.....	52
FIGURA 32 - ATERRAMIENTO DE ODUs EN TORRE.....	53
FIGURA 33 - RADIO HORIZONTAL Y RADIO VERTICAL ACOPLADOS AL HIBRIDO.....	53
FIGURA 34 - BREAKER EN GABINETE DE ENERGÍA.....	54
FIGURA 35 - EQUIPO NEC Y DDF ANTES DEL DESMONTAJE.....	55
FIGURA 36 - EQUIPO ALCPLUS2E (IDU) Y REGLETAS DDFs NUEVOS INSTALADOS.....	55
FIGURA 37 - MEDIDA DE BER USANDO LOOPS PARA CONECTAR LOS CONECTORES PARA E1 EN CASCADA.....	56
FIGURA 38 - TOPOLOGÍA DEL ENLACE MW DESDE HUARAZ HASTA URA CHAVÍN DE HUANTAR.....	58
FIGURA 39 - ROUTER TELLABS 8609 – CENTRAL HUARAZ.....	59
FIGURA 40 - HUAWEI OSN 3500 – CENTRAL HUARAZ.....	59
FIGURA 41 – HUAWEI OSN 1500.....	60
FIGURA 42 – HUAWEI RTN 620.....	60
FIGURA 43 – HUAWEI RTN 620 –SIAE IDU.....	61
FIGURA 44 – FRECUENCIAS, POTENCIA TX Y RX - URA CHAVÍN DE HUANTAR.....	63
FIGURA 45 –TIPO DE CONFIGURACIÓN XPIC URA CHAVÍN DE HUANTAR.....	63
FIGURA 46 – MODULACIÓN Y ANCHO DE BANDA URA CHAVÍN DE HUANTAR.....	64
FIGURA 47 – FRECUENCIAS, POTENCIA DE TX Y RX –ERMO NUPAMARCA.....	64
FIGURA 48 – TIPO DE CONFIGURACIÓN XPIC ERMO NUPAMARCA.....	65
FIGURA 49 – MODULACIÓN Y ANCHO DE BANDA ERMO NUPAMARCA.....	65

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 - TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE RANGO DE FRECUENCIAS.	10
TABLA 2 - SERVICIOS EXISTENTES E1 - CHAVÍN DE HUANTAR.	29
TABLA 3 - CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE XPIC.....	30
TABLA 4 - COORDENAS ERMO NUPAMARCA ,URA CHAVIN DE HUANTAR.	31
TABLA 5 - PERDIDAS DEL ENLACE MICROONDAS.....	39
TABLA 6 - PERFIL ERMO NUPAMARCA-URA CHAVÍN DE HUANTAR.	40
TABLA 7 - PERFIL TRAYECTORIA ERMO NUPAMARCA-URA CHAVÍN DE HUANTAR	40
TABLA 8 - FULL REPORTE: ERMO NUPAMARCA - URA CHAVÍN DE HUANTAR.....	41
TABLA 9 - DIAGRAMA DE GANT.....	43
TABLA 10 - PASANTES DE GESTIÓN MW.....	57
TABLA 11 - CAPACIDAD SEGÚN LA MODULACIÓN Y ANCHO DE BANDA MW.....	62

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación lleva por título “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN RADIO ENLACE PARA LA AMPLIACION DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN ENTRE LAS ESTACIONES NUPAMARCA Y CHAVIN DE HUANTAR EN ANCASH”, para optar el título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, presentado por la alumna KARLENIA ASTO SIMBRON.

En la actualidad la demanda de los servicios de telecomunicaciones de mayor capacidad está en aumento y la ciudad de Chavín de Huantar no es la excepción, ya que la cantidad de la población, instituciones públicas y privadas se incrementa y con ello las necesidades de comunicación de cada poblador eh institución. Las empresas de telecomunicaciones tienen la necesidad de aumentar la capacidad de transmisión de sus enlaces para poder satisfacer las necesidades de sus clientes.

En este proyecto se contempla la ampliación de capacidad de transmisión del enlace microondas usando sistema XPIC 2+0 y equipos SIAE ALCPLUS2e como una solución a las necesidades de la población de Chavín de Huantar denominados clientes.

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.

El distrito de Chavín de Huantar es una ciudad en constante crecimiento en la actualidad con más de 9,221 habitantes, con lugares turísticos visitados todo los días del año y con instalaciones de enlaces microondas con capacidades de transmisión limitadas para las necesidades de su comunidad, como el enlace que es materia de este proyecto desde la ERMO NUPAMARCA ubicada en el Cerro de Nupamarca - Ancash ($9^{\circ}40'46.72''S$ $77^{\circ}12'0.04''O$) hasta la URA CHAVIN ubicado en el distrito de Chavín de Huantar- Ancash ($9^{\circ}35'20.74''S$ $77^{\circ}10'37.96''O$).

El incremento de las necesidades y urgencias de contar con mayor ancho de banda que permita a las empresas públicas y privadas, como el Banco de La Nación y Cabinas de Internet, expandir sus sedes potenciando la capacidad de servicio para esta población en crecimiento y con telefonía móvil con servicios de última generación que les permita incorporarse a tecnologías modernas.

Motivaron la ejecución de este proyecto para incrementar la capacidad de transmisión de los enlaces microondas instalados por el Operador.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Considerando la capacidad limitada que tiene el enlace existente Ermo Nupamarca – Ura chavín de Huantar, el cual brinda servicios de Internet a las entidades bancarias, negocios, servicios de data y telefonía móvil a una población que está en constante crecimiento y visitas por su atractivo turístico, se ve en la necesidad de aumentar la capacidad del enlace realizando un nuevo diseño e implementación de tal manera que le permita al usuario contar con un mejor servicio de internet, servicio de telefonía móvil de últimas generaciones para voz y datos. Ampliando la capacidad de Transmisión del enlace microondas, Ermo Nupamarca – Ura chavin de Huantar, permitirá al operador cubrir las necesidades del de la población de Chavín de Huantar, invertir a bajo costo, ocupar menor espacio en torre, usar una sola banda de frecuencia, ya que usará solo una antena con dos radios instaladas de diferente polaridad el cual permitirá sumar la capacidad de cada radio.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como alcance solo el desarrollo del enlace microondas entre las estaciones Nupamarca y Chavín de Huantar.

1.3.1 CONCEPTUAL

Se utilizó los conceptos de diseño de enlace microondas e implementación el cual permite atender necesidades de comunicaciones que requieran mayor capacidad de transmisión.

1.3.2 ESPACIAL

Este trabajo se realizó en la URA (Acceso de unidad remota) Chavín de Huantar ubicado en el distrito de Chavín de Huantar y la ERMO (Repetidora) Nupamarca ubicado en el distrito de Huaripampa.

1.3.3 TEMPORAL

Comprende el periodo de 5 al 19 de agosto del 2016.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 PROBLEMA GENERAL

¿De qué forma se podrá incrementar la capacidad del enlace entre la Ermo Nupamarca y Ura chavín de Huantar para satisfacer las necesidades de comunicación con mayor ancho de banda?

1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Es posible incrementar la capacidad de un enlace Microondas?
- ¿Cuál es el procedimiento para aumentar la capacidad de transmisión de un enlace microondas?
- ¿Qué equipos microondas cumplen los requerimientos para llevar comunicación con mayor capacidad de transmisión?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Incrementar la capacidad del enlace microondas utilizando el sistema XPIC 2+0 que permitan aumentar la capacidad de transmisión del enlace.

1.5.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Analizar y determinar todos los requerimientos que permitan el diseño del enlace con mayor capacidad de transmisión.
- Mejorar la capacidad de transmisión del enlace usando la técnica de diversidad de polaridad.
- Precisar los equipos microondas que permita el requerimiento del enlace.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

A lo largo de la investigación, se encontraron varias tesis que sirvieron de ayuda para el presente trabajo, entre ellas están:

“Diseña de una red de microondas empleando Cocanal” Realizado por: Viviana Estévez (2011).

Contempla: La operación cocanal en los sistemas de radioenlaces es la respuesta a la demanda del mercado por el incremento de capacidad y utilización más eficiente del espectro. Con el uso del sistema cocanal la capacidad se puede doblar si se compara con los sistemas de radioenlace convencionales.

“Sistema de Comunicación para la Transmisión de datos entre la Matriz y las sucursales de la Cooperativa de Ahorro y crédito Financredit LTDA.” Realizado por: Roberto Asdrubal Segura Flores (Julio 2012).

Contempla: Con la existencia de un sistema dedicado de comunicación, se permitirá que los socios de estas entidades puedan acceder a su cuenta en cualquier lugar donde exista una sucursal de la Cooperativa.

“Sistemas de comunicación digitales y analógicos” Realizado por: Leon W. Couch (2008).

Menciona: Los sistemas de comunicación están para transmitir información. Los diseñadores de sistemas de comunicación tienen cuatro intereses principales: La selección de la forma de onda que contendrá la información, ancho de banda y la potencia de la forma de onda, el efecto del ruido en la información recibida y costo del sistema.

“Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.” Realizado por: Wayne Tomasi (2003).

Menciona: Las comunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de información entre dos o más lugares, mediante circuitos electrónicos. La fuente original de información puede estar en forma analógica, como por ejemplo la voz humana o la música, o en forma digital, como por ejemplo los números codificados binariamente o los códigos alfanuméricos. Sin embargo, todas las formas de información se deben convertir a energía electromagnética antes de ser propagadas a través de un sistema electrónico de comunicaciones.

“Ampliación De Capacidad De La Microonda Para La Red WAN De La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. En La Ciudad De Cuenca.” Realizado por: Darío Xavier Teran Lascano.

Menciona: La red permitirá el transporte y comunicación de todas las agencias de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSID CA. Este proyecto muestra los pasos básicos del procedimiento e instalación de una red backbone de microondas. Desde el diseño de red hasta la entrega de cada uno de los enlaces. Pasando por la instalación y configuración de los radios y equipos instalados.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 DEFINICIONES GENERALES EN SISTEMAS DE ENLACE MICROONDAS

2.2.1.1 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS:

Gallardo, S. (2015) define como ondas electromagnéticas aquellas ondas que se propagan por el espacio radioeléctrico. Estas ondas están compuestas por un campo magnético y un campo eléctrico perpendiculares entre sí.

Partes de una Onda Electromagnética:

- Longitud de Onda: Es la distancia entre dos crestas consecutivas.
- Amplitud: Es el valor máximo de la elongación de la onda.
- Frecuencia: Es la cantidad de ondas que se propaga en cada unidad de tiempo. Se mide en rpm o rps (Hertz).
- Periodo: Es el tiempo que emplea la onda en realizar un desplazamiento completo.
- Velocidad: La velocidad de la onda depende del medio que se propague.

De ahí se define al espectro electromagnético como un conjunto de ondas electromagnéticas que se encuentran ordenados de acuerdo a su longitud de onda, tal como se muestra en la figura 1.

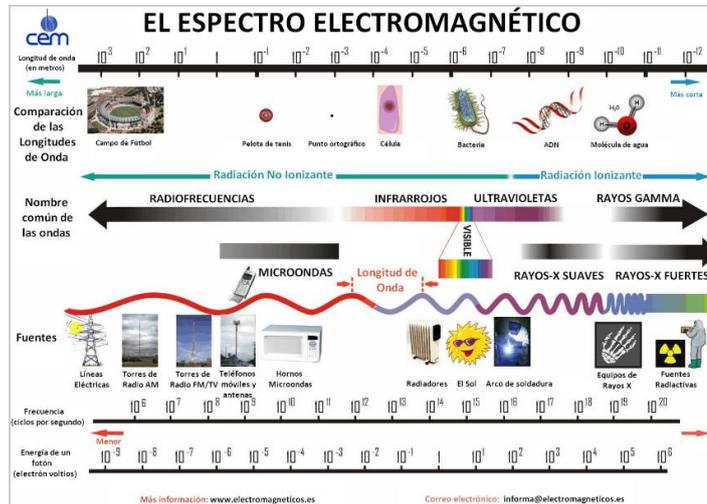


Figura 1 - Espectro Electromagnético

Fuente: www.electromagneticos.es

2.2.1.2 ENLACE MICROONDAS:

Tomasi, W. (2003) y la IEEE definen las “Microondas” a las ondas electromagnéticas cuyas frecuencias se encuentran en intervalo de comprendido entre los 1 GHz y 300 GHz, otras definiciones comprenden a una señal microondas desde los 300Mhz hasta los 300GHz y una longitud de onda en el rango de 1m a 1mm.

En la Tabla 1 se aprecia que la señal microondas abarca los rangos de frecuencia de UHF, SHF y EHF:

Tabla 1 - Tabla de distribución de Rango de Frecuencias.

SIGLA	DENOMINACIÓN	LONGITUD ONDA	DE GAMA DE FRECUENC.	DE CARACTERÍSTICAS	USO TÍPICO
VLF	VERY LOW FRECUENCIAS Frecuencias muy bajas	30.000 m a 10.000 m	10 KHz a 30 KHz	Propagación por onda de tierra, atenuación débil. Características estables.	ENLACES DE RADIO A GRAN DISTANCIA
LF	LOW FRECUENCIAS Frecuencias bajas	10.000 m. a 1.000 m.	30 KHz a 300 KHz	Similar a la anterior, pero de características menos estables.	Enlaces de radio a gran distancia, ayuda a la navegación aérea y marítima.
MF	MEDIUM FRECUENCIAS Frecuencias medias	1.000 m. a 100 m.	300 KHz a 3 MHz	Similar a la precedente pero con una absorción elevada durante el día. Propagación prevalentemente ionosférica durante la noche.	RADIODIFUSIÓN
HF	HIGH FRECUENCIAS Frecuencias altas	100 m. a 10 m.	3 MHz a 30 MHz	Propagación prevalentemente ionosférica con fuertes variaciones estacionales y en las diferentes horas del día y de la noche.	COMUNICACIONES DE TODO TIPO A MEDIA Y LARGA DISTANCIA
VHF	VERY HIGH FRECUENCIAS Frecuencias muy altas	10 m. a 1 m.	30 MHz a 300 MHz	Prevalentemente propagación directa, esporádicamente propagación ionosférica o Troposférica.	Enlaces de radio a corta distancia TELEVISIÓN, FRECUENCIA MODULADA
UHF	ULTRA HIGH FRECUENCIAS Frecuencias ultra altas	1 m. a 10 cm.	de 300 MHz a 3 GHz	Exclusivamente propagación directa, posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites artificiales.	Enlaces de radio, Radar, Ayuda a la navegación aérea, TELEVISIÓN GPS - CELULARES
SHF	SUPER HIGH FRECUENCIAS Frecuencias superaltas	10 cm. a 1 cm.	de 3 GHz a 30 GHz	COMO LA PRECEDENTE	Comunicaciones satelitales - Microondas
EHF	EXTRA HIGH FRECUENCIAS Frecuencias extra-altas	1 cm. a 1 mm.	30 GHz a 300 GHz	COMO LA PRECEDENTE	COMO LA PRECEDENTE

Fuente: Instalaciones de Radiocomunicaciones por Juan Antonio Villalpando.

Recuperado de: <http://iesromerovargas.es/recursos/elec/est/2.htm>

2.2.2 ENLACE MICROONDAS PUNTO A PUNTO

Según Gil, Pomares y Candelas (2010) en los enlaces microondas se emplea una propagación en línea de vista en la que se dispone de dos antenas perfectamente orientadas entre sí sobre la superficie terrestre (Punto - Punto), como se puede apreciar en la Figura 2.

Un enlace microondas establece una comunicación del tipo full – dúplex el cual usa el medio para transmisión y recepción de manera simultánea, en la que se usan dos portadoras moduladas: una para la transmisión (frecuencia alta) y otra para la recepción (frecuencia baja).

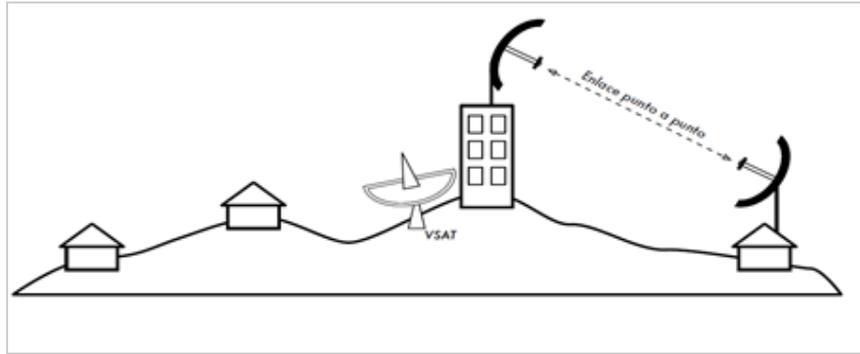


Figura 2 - Enlace punto a punto.

Fuente: Granados, J. Redes inalámbricas.

Recuperado: <https://jhoongranados.blogspot.pe/2012/09/redes-inalambricas.html>

2.2.3 MODULACIÓN

Tomasi, W. (2003) señala que la “Modulación” no es más que el proceso de cambiar una o más propiedades de la portadora, en proporción con la señal de información.

Según los tipos de comunicación existen dos técnicas de modulación: analógica y digital.

Existen tres técnicas para la modulación analógica: Por Amplitud, Frecuencia y Fase, siendo la de mejor calidad la modulación por frecuencia.

Existen tres tipos importantes de modulación digital: Por desplazamiento de amplitud, fase, o frecuencia modulada. En modulación de amplitud (ASK), codificando on-off (OOF) es usado cuando el valor de la amplitud es cambiado entre cero y alguna amplitud predeterminada, en modulación de fase (PSK) la fase es cambiada por 180 grados; y en modulación de frecuencia la frecuencia son cabidas entre dos valores de frecuencias. Un ejemplo de la modulación analógica se muestra en la Figura 3.

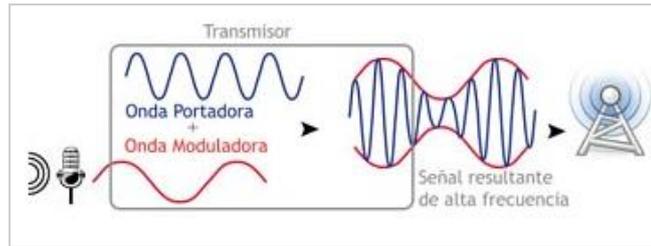


Figura 3 - Ejemplo de modulación.

Fuente: Manual para Radialistas Analfatecnicos.

Recuperado de: <http://www.analfatecnicos.net/pregunta.php?id=15>

2.2.4 POLARIZACION

Maxwell, J. (1861) Define que las ondas electromagnéticas están formadas por un campo eléctrico y otro magnético. El ángulo o posición absoluta que presenta el campo eléctrico de la onda electromagnética con el plano de la tierra se denomina polarización (Horizontal o Vertical); llamamos polarización vertical cuando la posición del campo eléctrico se encuentra paralelo al eje terrestre el cual nos permite un mejor uso de la señal con menos bits de error y llamamos polarización horizontal cuando está es perpendicular al eje terrestre.

2.2.5 ODU (OUTDOOR - UNIT)

Campanario, L. (2014) Menciona que es la unidad de radio, donde se realiza la modulación de la señal para ser enviada a la antena o a la IDU. Los parámetros técnicos de la ODU a tomar en cuenta son las Sub bandas (high y low) en el mismo rango de frecuencia.



Figura 4 - Odu Siae Microelectronic.

Fuente: Michigan – Productos – Radios Digitales SIAE

Recuperado: <http://michigan.com.br/loja/index.php/produto/radio-digital-siae-ge3508-42-odu/>

2.2.6 ACOPLADOR o HIBRIDO

Dispositivo que permite llevar a cabo la combinación de la señal de dos radios por una sola antena. Muy empleado en despliegues que empleen XPIC (emisiones en polarización cruzada). Hay dos tipos de híbrido en los sistemas protegidos, uno es el tipo de conexión de cable coaxial para las bandas 7/8 GHz y el otro es de tipo montaje directo en la ODU-Direct Mount para las Bandas de 11/38GHz. EL también llamado OMT introduce pérdidas de ganancia de 6dB.



Figura 5 - Coupler o Hibrido.

Fuente: <http://picclick.co.uk/2-x-SIAE-ALCplus2e-ALC-2e-IDU-2x-ASN42-1500-262692153322.html>.

2.2.7 ANTENA

Es un dispositivo capaz de radiar y recibir las ondas electromagnéticas en el espacio. Existen muchos tipos de antenas entre las que resaltamos son las antenas simples y las antenas de doble polaridad.

Antena simple: Se denomina antena simple a las antenas que solo usan un tipo de polaridad pueden ser polarización Vertical o polarización Horizontal.

Antena doble polaridad: Tiene la capacidad de transmitir simultáneamente dos señales polarizadas ortogonalmente una verticalmente y otra horizontalmente. En la Figura 6 se aprecia una antena de polaridad dual de 1.2m de diámetro. Este tipo de antenas se usan para enlace que usen técnicas como

XPIC. Este tipo de antenas cuentan un valor de discriminación de polarización cruzada (XPD) en un rango de 28dB hasta 35 dB.



Figura 6 - Antena MW polaridad dual RFS.

Fuente: <http://rfs-kmp.com.br/var/www/html/rfs-kmp.com.br/web/noticias/rfs-e-a-primeira-a-oferecer-antenas-de-micro-ondas-de-banda-ultra-larga-que-cobrem-a-faixa-7-ghz-para-o-mercado-norte-americano>

2.2.8 LINEAS DE TRANSMISION

Rodríguez, R. (2017) Define que es el cualquier sistema de conductores, semiconductores, o la combinación de ambos, que pueden emplearse para transmitir información en forma de energía eléctrica o electromagnética entre dos puntos. Entre los medios más comunes se encuentran las Guías De Onda, Cable Coaxial.

CABLE COAXIAL: Está constituido por un núcleo metálico aislado con un material dieléctrico (aire o espuma), de una malla conductora cubierta y está a la vez cubierta por un material plástico de protección como se muestra en la Figura 7.

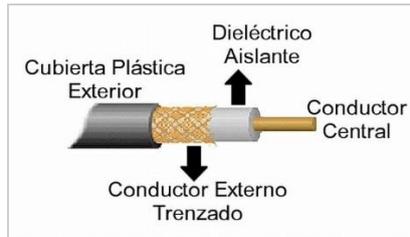


Figura 7 - Cable Coaxial.

Fuente: Medios de transmisión en área local
 Recuperado de: www.bricopage.com

GUÍAS DE ONDA: Es un tubo metálico, conductor en forma de caja rectangular o cilíndrica, a lo largo de la cual se propagan las **ondas** electromagnéticas.

2.2.9 IDU (INDOOR UNIT)

Campanario, L. (2014) La denomina como Unidad Interior, contiene la banda base y frecuencia intermedia, integra los radioenlaces procesando la señal y MUX/DEMUX. Este dispositivo se conecta con la red interna del usuario. Las funciones o capacidades del enlace determinan el tipo de IDU que deba usar como por ejemplo la IDU mostrada en la figura 8.



Figura 8 – IDU

Fuente: Siae Microelettronica.

Recuperado: http://www.digitalairwireless.com/files/SIAE-ALS-Series-Brochure_1369146012.pdf

2.2.10 TIPOS DE CONFIGURACION DE RADIOFRECUENCIAS

Según Villalobos, E. (2006) en su publicación “Configuración de radios Out-Door” manifiesta que se cuenta con diferentes tipos de configuraciones de enlace con protección o sin protección en equipos y propagación:

2.2.10.1 CONFIGURACION 1+0:

Esta configuración no presenta protección en equipos ni en propagación, 1 indica el equipo activo y 0 la cantidad de protección usando dos frecuencias con un costo reducido. Generalmente usados en zonas geográficas donde no se presenten demasiadas interferencias por condiciones atmosféricas.

2.2.10.2 CONFIGURACION 1+1:

A diferencia de la configuración 1+0, esta configuración se caracteriza por presentar protección en equipo, pero no en propagación. Se hace uso de un híbrido o coupler lo que mejora la protección del equipo, pero aumenta la pérdida ya que el híbrido agrega 3.5 dB de pérdida, cada uno, lo que suma 7dB de pérdida dependiendo del tipo de híbrido usado.

Este tipo de configuración se aplica en sistemas de radioenlaces que usen métodos de diversidad, las cuales permiten determinar más rutas o métodos de transmisión disponible; lo que genera mayor confiabilidad en el sistema.

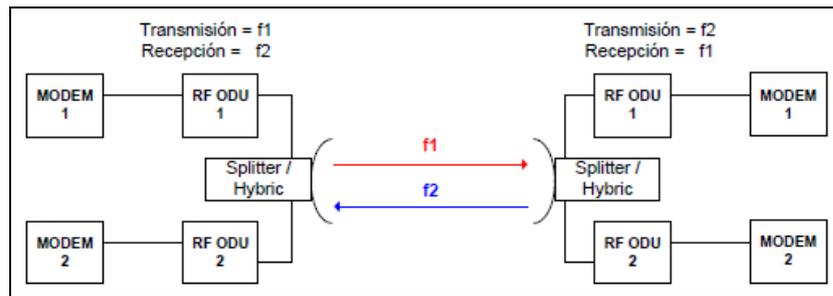


Figura 9 - Configuración 1+1.

Fuente: Elio Villalobos – Configuración de radios Out – Door.

Diversidad de Espacio: La salida de un transmisor se alimenta a dos o más antenas, físicamente separadas por una cantidad apreciable de longitudes de onda, de igual manera en el receptor puede haber más de una antena que proporcione la señal de entrada al receptor.

Diversidad de Frecuencia: Consiste en la modulación de dos frecuencias diferentes de portadora de RF con la misma inteligencia IF y transmitir las un destino determinado. En el destino ambas portadoras son demoduladas y la que de mejor señal de IF es la que se selecciona.

2.2.10.3 DIVERSIDAD DE POLARIDAD:

En este método dos señales procedentes del radiotransmisor se envían simultáneamente, pueden ser radiados por dos o una sola antena, con una radio en polarización horizontal y la otra vertical.

2.2.10.4 CONFIGURACION CON CANCELACION DE INTERFERENCIA DE POLARIZACION CRUZADA (XPIC):

Este tipo de configuración usa doble polarización, todas las configuraciones estudiadas hasta ahora utilizan generalmente la polarización horizontal. Se usa este tipo de configuración para aumentar la capacidad del enlace en la misma frecuencia.

Esta configuración es aplicada en diversidad de Polaridad.

Las polarizaciones se combinan en el mismo trayecto de transmisión mediante un dispositivo conocido como Transformador Ortogonal (OTM) o polarizador que forma parte del sistema de alimentación de la antena.

2.2.11 ANCHO DE BANDA:

Castro A., Jorge R. (2006) Definen como la capacidad del canal por el que puede pasar cierta cantidad de información.

2.2.12 TRANSMISIÓN POR E1:

Bateman, A. (2003) menciona que es una norma de transmisión europea ITU serie E. Utiliza 32 canales de 64kbps cada canal. Donde se usan 31 canales para voz y data más un canal de reloj.

Se puede transmitir por cable coaxial, fibra óptica, cables pares e incluso radioenlaces.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 RADIO ENLACE TERRESTRE.

REPETIDORAS DE MICROONDAS: Se denomina estaciones repetidoras a las estaciones donde se retransmiten las señales tal como se muestra en la Figura 10, los repetidores se pueden clasificar en activos o pasivos.

- **ACTIVOS:** Recibe la señal en la frecuencia de portadora y la baja a una frecuencia intermedia para amplificarla y retransmitirla con la frecuencia de salida, son transceptores y no hay demodulación.
- **PASIVOS:** Reflejan la señal y se puede dividir en pasivos convencionales que son pantallas reflectoras y los pasivos Back to Back que están constituidos por dos antenas en direcciones contrarias. Los usan en escenarios donde se presentan obstáculos aislados y de corta distancia.

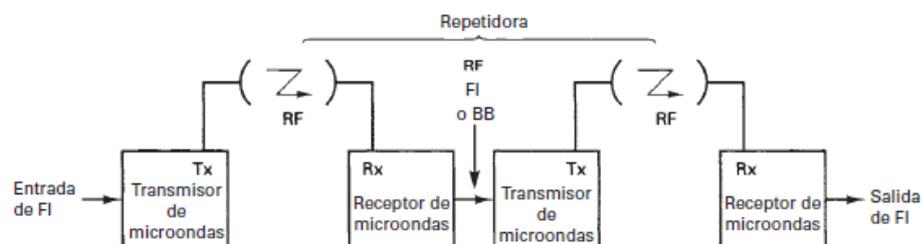


Figura 10 - Repetidora de microondas.

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

Figura 17-2

2.3.2 COORDENADAS GEOGRAFICAS:

Conjunto de líneas imaginarias que permiten ubicar con exactitud la superficie de la Tierra, estos conjuntos de líneas corresponden a los meridianos y paralelos.

- Latitud: (Su línea de base es el Ecuador) Es la distancia que existe entre un punto cualquiera y ecuador. Se expresa en grados Sexagesimales, se mide de 0 a 90 grados.
- Longitud: (Su línea de base es el Meridiano de Greenwich) Es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el meridiano de Greenwich. Reciben la denominación de (E) Este u Oeste(O) de acuerdo a la orientación del meridiano de Greenwich. Se mide en Sexagesimales desde 0 hasta 180 grados.

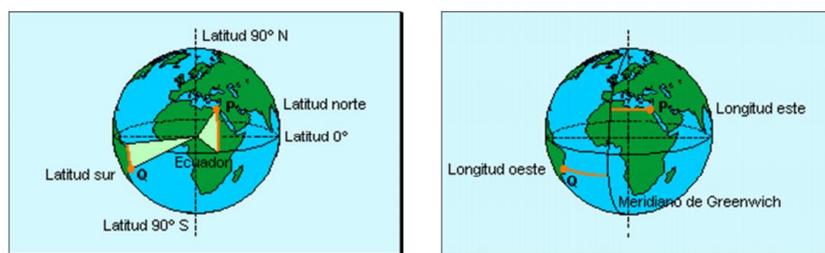


Figura 11 - Línea Base del Ecuador y del Meridiano de Greenwich.

Fuente: Artículos del Contenidos escolar.com

Recuperado de: <http://www.escolar.com/avanzado/geografia008.htm>

2.3.3 CONFIABILIDAD DE UN ENLACE TERRESTRE:

La confiabilidad depende del funcionamiento del sistema microondas instalado y viene dado no solo por los equipos, sistemas de poder y clima sino también por las condiciones del medio de propagación.

2.3.4 PERFIL DE TERRENO (FACTOR DE CURVATURA “K”)

El grado y dirección de la curvatura de la tierra se define como un factor K. este factor varía según el radio de la tierra de tal manera que permita enderezar la curvatura de la onda electromagnética.

La Figura 12 muestra el valor de las constantes de acuerdo a las características de la atmosfera en cuanto a refracción donde: $K=4/3$ es un valor

medio para una atmosfera estándar, $K=\infty$ sigue la curvatura de la tierra, $K=1$ o menor a 1 la trayectoria es hacia arriba.

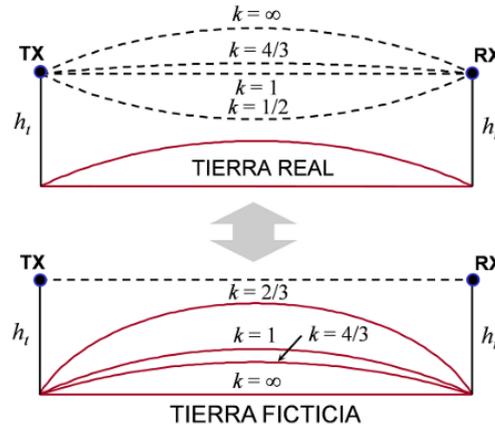


Figura 12 - Curvatura del Terreno.

Fuente: Radioenlaces, tecnologías inalámbricas y diseños de radioenlaces

Recuperado de: <http://www.radioenlaces.es/articulos/correccion-de-la-altura-de-los-obstaculos/>

2.3.5 ZONAL DE FRESNEL

Es la zona de despeje que se encuentra libre de obstáculos el cual permita la visibilidad directa entre ambas antenas.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del factor K considerando que para un $K=4/3$ la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con $K=2/3$ se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel. En la figura 13 se muestra la primera zona de Fresnel y los parámetros que se consideran para hallar el radio de la primera zona de Fresnel(h_0) mediante la ecuación (1) en donde se considera a λ =Longitud de onda, $r_1=d_1$, $r_2=d_2$, $d=r$.

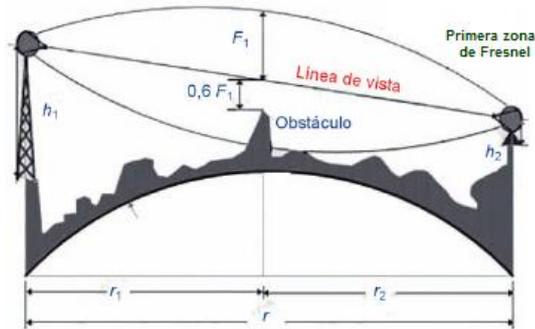


Figura 13 - Zona de Fresnel.

Fuente: Ramon, L. (2015). Sistema de Radiocomunicaciones. España. Figura 6.44

$$h_0 = \frac{\sqrt{(\lambda d_1 d_2)}}{\sqrt{d}} \dots \dots \dots \text{Ecuación(1)}$$

2.3.6 PERDIDA DE ESPACIO LIBRE

Las pérdidas en el espacio libre (Lt(dB)) se producen al propagar la onda a lo largo del trayecto sufriendo la degradación de dicha onda.

Para hallar la pérdida de espacio libre se considera la siguiente ecuación.

$$Lt(dB) = 92.44 + 20\log(F) + 20\log(D) \dots \dots \dots \text{Ecuación(2)}$$

Donde:

F: Frecuencia del trabajo del enlace (GHz).

D: Distancia del enlace en Km.

2.3.7 PERDIDA POR DESVANECIMIENTO:

Se considera margen de desvanecimiento a las pérdidas intermitentes en la intensidad de la señal provocada por perturbaciones meteorológicas, como lluvia, nieve, trayectos múltiples de transmisión y por la superficie irregular de la tierra

que afectan la propagación de las ondas electromagnéticas. La pérdida por desvanecimiento se obtiene de la siguiente ecuación (3).

$$L_D(dB) = 30 \log(d) + 10 \log(6xAxBxF) - 10 \log(1 - R) - 70 \dots \dots \dots \text{Ecuación(3)}$$

Donde:

L_D = Margen de desvanecimiento (dB)

d = distancia del transmisor al objeto (Km)

A = Factor de rugosidad:

- 4 si el terreno es plano o agua.
- 1 para un terreno promedio.
- 0,25 para un terreno rugoso.

B = Factor climático:

- 0,5 zonas calientes y húmedas.
- 0,25 zonas intermedias.
- 0,125 para áreas montañosas o muy secas.

$1-R=0.00001$ (Objetivo de confiabilidad del enlace)

70 = Constante

2.3.8 ALTURA DE LA ANTENA

Para determinar las alturas de las antenas considerando la altitud (h_{a2}) se usan los siguientes datos del trayecto del enlace.

$$h_{a2} = \frac{d}{d_1}(h_0 + h_s) - \frac{d_2}{d_1}(h_{a1}) + \frac{dd_2}{2ka} \dots \dots \dots \text{Ecuación(4)}$$

Donde:

- h_{a2} = *Altura de la antena 2 desde el nivel del suelo*

- $d =$ *Distancia corta de enlace sobre eje horizontal*
- $d_1 =$ *Distancia cerca del obstaculo*
- $d_2 =$ *Distancia alejada del obstaculo*
- $h_{a1} =$ *Altura de la antena (valor conocido)*
- $h_0 =$ *1era zona de Fresnel*
- $h_s =$ *Altura del obstaculo*
- $k =$ *Coefficiente de curvatura de la tierra.*
- $a =$ *Radio de la tierra ($6.37 \times 10^6 m$)*

2.3.9 GANANCIA DE LA ANTENA

Indica la cantidad de señal concentrada en el foco de la antena, lo que implica que a mayor diámetro del plato de la antena parabólica mayor será la concentración de energía en el foco.

$$G = n \frac{\pi^2 D^2}{\lambda^2} \dots \dots \dots \text{Ecuación(5)}$$

- $G =$ *Ganancia de potencia (dB)*
- $n =$ *Eficiencia Global*
- $D =$ *Diametro de la antena*
- $\lambda =$ *Longitud de onda de espacio libre*

2.3.10 AZIMUT Y ELEVACION:

- **Azimut:** Es el valor que indica el punto exacto en que debemos fijar la antena en el plano horizontal en relación al Norte geográfico. Se mide en el sentido de las agujas del reloj.
- **Elevación:** Es la inclinación de la antena con respecto al plano vertical.

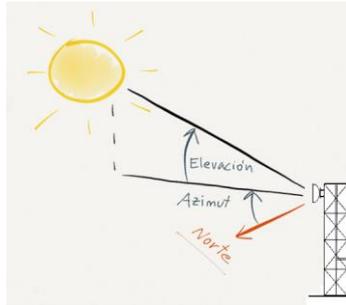


Figura 14 - AZIMUT.

Fuente: Propia

2.3.11 POTENCIA DE TRANSMISION

Es la potencia de salida de radio, el límite máximo de uso de potencia depende de las regulaciones de cada país, depende de la frecuencia de operación.

2.3.12 UMBRAL DE RECEPCION

Es un valor referencial de potencia que tiene el equipo receptor, las señales que estén por encima de este valor establecerán una comunicación inalámbrica confiable.

$$UR = Pr - Fm$$

2.3.13 SENSIBILIDAD

Es el nivel mínimo de la señal de radio frecuencia que puede detectarse en la entrada del receptor y todavía producirá una señal de información demodulada útil.

2.3.14 TSS (Technical Site Survey)

Es el estudio previo de la estación para determinar las condiciones de instalación, ubicación, energía y pernería.

2.3.15 SOFTWARE PARA CÁLCULO DE INGENIERIA:

En la actualidad existen variedad de programas que permite realizar cálculos de manera automatizada como LinkPlanner, Radio Mobile, Pathloss, cadCom.

Uno de los cálculos de ingeniería más recomendado por la ITU es el Pathloss, el cual se usó para este diseño por requerimiento del cliente ya que contiene la librería de las capacidades de los equipos a instalar.

Pathloss: Es una herramienta de diseño para radio enlace. Trabaja con frecuencia de 30Mhz hasta 100GHz, se encuentra organizado en módulos.

Los principales datos que se obtiene son las perdidas en el enlace, la potencia de operación, altura a la que se encuentran las antenas, azimut y ángulo de elevación y frecuencias de transmisión.

2.3.16 PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA ENLACES MICROONDAS

El protocolo de pruebas consiste en verificar el correcto funcionamiento del enlace, consta de varios procedimientos entre ellas, la Medición de BER o analizador de E1s, pruebas de PIN, pruebas de tráfico, estas pruebas son verificadas y al mismo tiempo validadas por el personal encargado de la estación al que se le denomina Zonal. Estas pruebas se realizan de acuerdo al requerimiento del OPERADOR.

PRUEBAS DE BERT: Es la prueba más importante para evaluar la calidad final del radioenlace. Es verificar la relación entre el número de bits con errores y el número total de bits transmitidos en un intervalo de tiempo. Para ello la UIT ha elaborado la recomendación de G.821, el cual establece los criterios de prueba.

PRUEBA DE THROUGHPUT: Es la máxima tasa a la cual el conteo de tramas recibidas del Radio es igual al de tramas enviadas por el generador de tráfico.

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL ENLACE

3.1.1 ANALISIS DE LA ZONA DE ENLACE:

Este proyecto fue realizado con la finalidad de extender la red de telefonía móvil y aumentar la capacidad del ancho de banda para cubrir las necesidades de comunicación del distrito de Chavín de Huantar ubicado en la Provincia de Huaraz en el departamento de Ancash.

Se reemplaza un enlace microondas existente por un enlace nuevo, el cual fue instalado por el operador de telefonía, basándose en el uso de doble polaridad, vertical y horizontal al mismo tiempo en una sola frecuencia.

El enlace microondas existente el cual será reemplazado cuenta con las siguientes características:

- Equipo microondas NEC TRP-7G34MB-2500C: Equipo que consta de IDU y ODU integrada con capacidad de llegar a 34MB.
- Uso de E1 para enviar servicios de 2G, Internet.

Tabla 2 - Servicios existentes E1 - Chavín de Huantar.

CHAVIN 1 AXE 1	E1 - 1	Servicios de internet para hospedaje
CHAVIN 1 AXE 2	E1 - 2	Servicio de Internet para hospedaje
URA Chavín de Huantar	E1 - 3	Servicio de 2G
BANCO DE LA NACION	E1 - 4	Servicios de Banco de la Nación
ADSL SYS 1	E1 - 5	Servicios de Internet
ADSL SYS 2	E1 - 6	Servicios de Internet

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 PERFIL GEOGRAFICO DEL DISTRITO DE CHAVIN DE HUANTAR:

El distrito de Chavín de Huantar se encuentra ubicado en la provincia de Huari, departamento de Ancash. Limita al noreste con la Provincia de Lima y Huaraz, en la sierra Oriental de Ancash al este de la cordillera blanca.

El distrito de Chavín de Huantar cuenta con una superficie de aproximadamente 434,1 km², tiene 8694 habitantes, con una altitud de 2900msnm en la parte más baja y la parte más alta de 6370m.s.n.m. Su clima es variado, según rango altitudinal, desde semi - seco y semi – frío con una temperatura media máxima de 23° C y mínima de 15° C, siendo la temporada de lluvia en los meses de enero, febrero. Marzo y abril.

3.2 ANALISIS Y DISEÑO DEL ENLACE MICROONDAS

En este capítulo detallaremos paso a paso el desarrollo del diseño del nuevo enlace microondas, usando la técnica de diversidad de polaridad para la ampliación del ancho de banda y también la implementación para dicho enlace.

Para iniciar con el diseño del enlace es indispensable realizar un estudio previo de la zona donde se desea implementar el sistema microondas de esta manera se obtendrá mayor información para considerar la factibilidad y los recursos para su desarrollo. En el desarrollo de este diseño se hará uso de los fundamentos teóricos junto a programas de simulación y aplicaciones (google earth, Pathloss) que nos permitan verificar los resultados plasmados en el diseño, durante el diseño se tomará datos adicionales proporcionados por Operador de telefonía.

3.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL NUEVO ENLACE

- Se considera las siguientes características, definidas por el operador, para el nuevo enlace.

Tabla 3 - Características del enlace XPIC.

PARAMETROS	ERMO NUPAMARCA	URA CHAVIN DE HUANTAR
Frecuencia de trabajo de Enlace	18GHz	
Potencia de Transmisión	21dB	21dB
Capacidad de Enlace por polaridad (solicitado por el Operador)	Superiores a 83Mbs	
Capacidad Máxima del enlace (expresado de acuerdo al equipo instalado)	682Mbs	

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2 ELABORACIÓN DE PERFIL DEL ENLACE

A continuación, se procede a realizar las ubicaciones de las estaciones que se encuentran en la Provincia de Huari usando la aplicación de Google Earth el cual permitirá la ubicación exacta y generará los datos más cercanos del perfil geográfico de dichas estaciones, esto permitirá definir la altura del nuevo enlace en relación a la ya existente.

Tabla 4 - Coordenas Ermo Nupamarca ,Ura Chavin de Huantar.

	<i>ESTACIÓN</i>	
	ERMO NUPAMARCA	URA CHAVIN DE HUANTAR
Distrito	Huaripampa	Chavin de Huantar
Provincia	Huari	Huari
Departamento	Ancash	Ancash
Latitud (S)	9°40'46.72"S	9°35'20.74"S
Longitud (O)	77°12'0.04"O	77°10'37.96"O
Azimut	14	194
Altitud (msnm)	4497	3147
Distancia del Enlace (Km)	10,5	

Fuente: Elaboración Propia.

- **URA CHAVIN DE HUANTAR:**

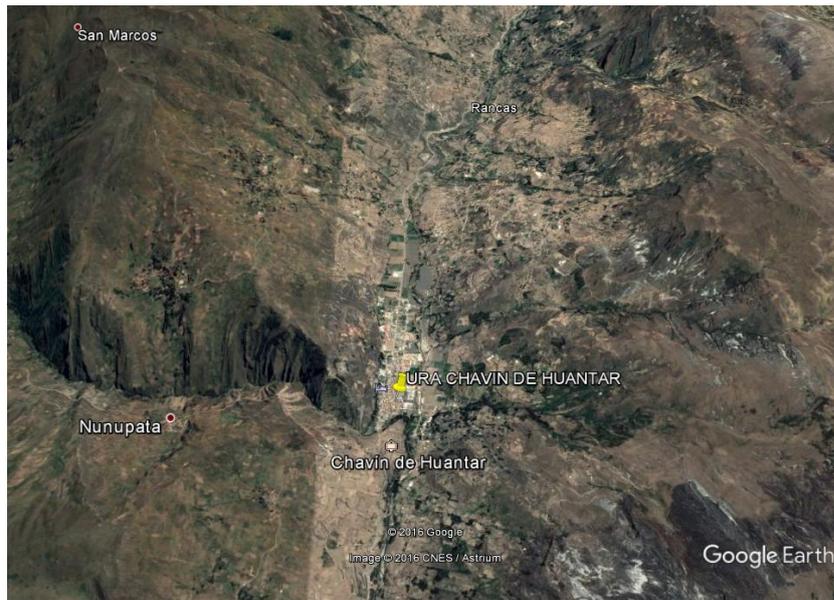


Figura 15 - Ubicación Ura Chavín de Huantar.

Fuente: Elaboración Propia.

- **ERMO NUPAMARCA:**

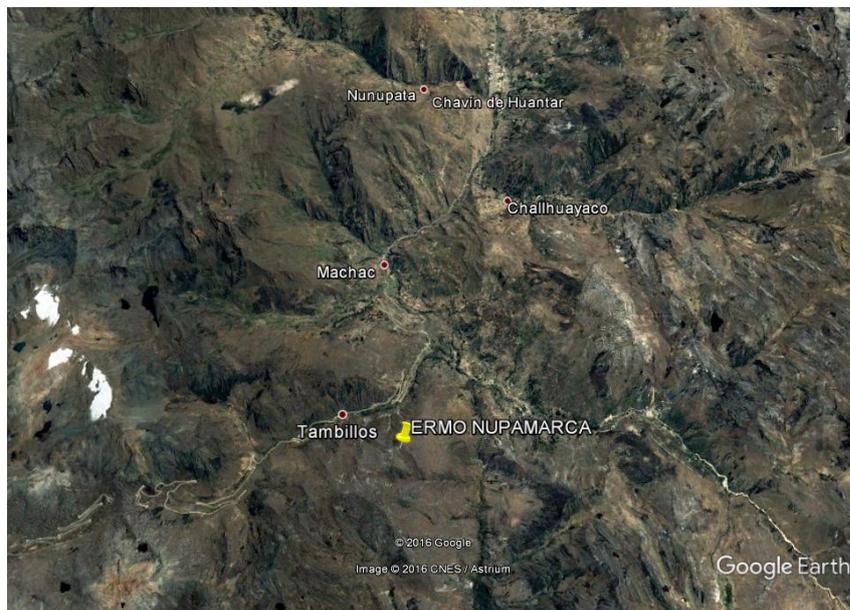


Figura 16 - Ubicación Ermo Nupamarca.

Fuente: Elaboración Propia.

- PERFIL DE ENLACE:



Figura 17 - Perfil del enlace Ermo Nupamarca – Ura Chavín de Huantar.

Fuente: Elaboración Propia.

Del Perfil de enlace concluimos que existe línea de vista lo cual indica que no existe obstáculo para el enlace del nuevo enlace.

3.2.3 CÁLCULO DEL ENLACE

Teniendo en cuenta la frecuencia a usar, hallamos la longitud de onda:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{18 \times 10^9 \text{ Hz}} = 17 \times 10^{-3} \text{ m}$$

3.2.3.1 ZONA DE FRESNEL:

Reemplazando valor de λ en la ecuación: $h_0 = \frac{\sqrt{(\lambda d_1 d_2)}}{\sqrt{d}}$

$$h_0 = \frac{\sqrt{(17 \times 10^{-3} \text{ m})(6.1 \times 10^3 \text{ m})(4.8 \times 10^3 \text{ m})}}{\sqrt{10.9 \times 10^3 \text{ m}}}$$

$$h_0 = 6.75$$

3.2.3.2 ALTURA DE LA ANTENA (H_2)

$$h_0 = 6.75$$

$$h_s = 3924$$

$$h_{a1} = 3144 + 30$$

$$k = \frac{4}{3}$$

$$k_a = 849333$$

Reemplazando los datos en la ecuación (2):

$$h_{a2} = \frac{d}{d_1}(h_0 + h_s) - \frac{d_2}{d_1}(h_{a1}) + \frac{dd_2}{2ka}$$

$$h_{a2} = \frac{10900}{6100}(6.75 + 3924) - \frac{4800}{6100}(3174) + \frac{10400 \times 4800}{2(849333)}$$

$$h_{a2} = 7023.7 - 2497.5 + 3$$

$$h_{a2} = 4529.2$$

$$h_{a2} = H_2 + \text{Elevación Geografica}$$

$$H_2 = 4529.2 - 4500$$

$$H_2 = 29 \dots\dots\dots \text{Altura para la instalación de antena}$$

3.2.3.3 MARGEN DE DESPEJE ABSOLUTO:

$$h_c = h_{a1} - \frac{d}{d_1}(h_{a1} - h_{a2}) - \frac{d_1 d_2}{2k_a} - h_s$$

$$h_c = 3174 - \frac{6100}{10900}(3174 - 4529.2) - \frac{6100 \times 4800}{2 \times 849333} - 3924$$

$$h_c = 3174 + 758.4 - 1.7237 - 3924$$

$$h_c = 6.70$$

3.2.3.4 PERDIDA POR ESPACIO LIBRE:

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

$$L_t(dB) = 92.44 + 20\log(18GHz) + \log(10.9Km)$$

$$L_t(dB) = 92.44 + 25.10 + 20.7$$

$$L_t(dB) = 138.24$$

3.2.3.5 PERDIDA POR CONECTORES Y CABLE COAXIAL:

$$L_A(dB) = L_a + L_c + L_x \dots \dots \dots + L_n \dots \dots \dots \text{Pérdida Total}$$

Perdida por cable Coaxial RG8:

$$L_a = L_{a1} + L_{a2}$$

- $L_{a1}(dB) = 30 \left(\frac{4.27dBm}{100m} \right)$; Pérdida del cable alimentador por 30 metros
- $L_{a1}(dB) = 1.281 \dots \dots \dots$ Pérdida por cable de la estación 1
- $L_{a2}(dB) = 29 \left(\frac{4.27dBm}{100m} \right)$; Pérdida del cable alimentador por 30 metros
- $L_{a2}(dB) = 1.2383 \dots \dots \dots$ Pérdida por cable de la estación 2

$$L_a = L_{a1} + L_{a2} \rightarrow L_a = 1.281 + 1.2383 = 2.51$$

Perdida Por conector:

- $L_{cA}(dB) = 0.25$
- $L_{cB}(dB) = 0.25$

$$L_c(dB) = L_{cA} + L_{cA} = 0.5$$

3.2.3.6 PERDIDA POR DIVERSIDAD – XPIC

El acoplador tiene una pérdida considerada de 3 dB.

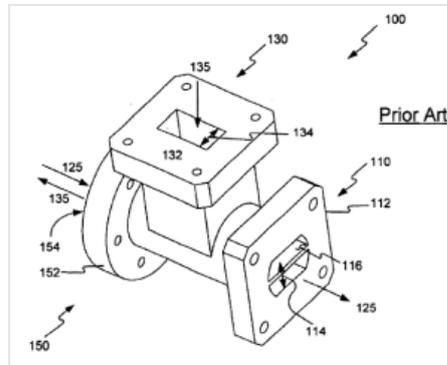


Figura 18 - Acoplador XPIC

Fuente: BBits Tecnología y Opinión - Artículo de radioenlace (2016)

Recuperado: <https://borrowbits.com/2016/05/todo-lo-que-deberias-saber-para-disenar-radioenlaces-xpic/>

$$L_{acopladorH+V}(dB) = 3dB$$

3.2.3.7 PERDIDA POR DESVANECIMIENTO

$$L_D(dB) = 30 \log(d) + 10 \log(6xAxBxF) - 10 \log(1 - R) - 70$$

$A = 3.3$; Donde A es el factor de propagación para una zona húmeda y rocosa

$B = 0.25$; Donde B es factor de probabilidad

$R = 99.999$; Factor de confiabilidad

$$L_D(dB) = 30 \log(10.9km) + 10 \log(6 \times 0.3 \times 0.25 \times 18) - 10 \log(1 - 99.999) - 70$$

$$L_D(dB) = 31.2 + 9.08 - (-30) - 70$$

$$L_D(dB) = 0.21$$

3.2.3.8 GANANCIA DE ANTENA:

La Ganancia para antenas con polarización dual se define de la siguiente forma.

$$G = n \frac{\pi^2 D^2}{\lambda^2}; G = 20\log(D) + 20\log(F) - 162.2$$

Reemplazando:

$$F = 1800\text{MHz}$$

$$D = 1.2\text{m}$$

$$G = 20\log(1.2) + 20\log(18 \times 10^9) - 162.2$$

$$G = 44.5\text{dB}$$

Al usar una antena de 1.2m de diámetro con una frecuencia de 18GHz se asegura una ganancia de 44.5dB lo que nos permitirá tener un nivel de recepción óptimo.

3.2.3.9 POTENCIA DE NIVEL DE RECEPCION:

$$PRx = PTx(\text{dBm}) + G_A Tx(\text{dBm}) + G_A Rx(\text{dBm}) - Lt(\text{dBm}) - LA(\text{dBm}) - Ld(\text{dBm})$$

$$PRx = 21(\text{dBm}) + 44.5(\text{dBm}) + 44.5(\text{dBm}) - 138.24(\text{dBm}) - (3.01 + 6)(\text{dBm}) - 0.2(\text{dBm})$$

$$PRx = -37.45\text{dBm}$$

3.2.3.10 POTENCIA ISOTROPICA RADIADA

$$PIRE = PTx + G - Lc$$

$$PIRE = 21\text{dB} + 44.5\text{dB} - 0.5$$

$$PIRE = 65\text{dB}$$

3.2.4 ANALISIS DEL DISEÑO CON SOFTWARE PATHLOSS

A continuación, se realizará el diseño del radioenlace mediante el software Pathloss para sustentar que el enlace es viable, que existe línea de vista y comparar los cálculos realizados teóricamente y verificar que los valores sean confiables para la implementación del mismo.

Es indispensable contar con los principales parámetros de un radioenlace como son: Las coordenadas geográficas, las alturas en la cual se instalarán las antenas propuesta en el análisis teórico, las frecuencias y ancho de banda asignadas por el operador Telefónica del Perú, tipo de equipos a instalar (IDU, ODU, IDU, COUPLER), los parámetros de los equipos.

También se debe considerar en este análisis la perdida por cable, la perdida por conectores, perdida por acoplador (misceláneas), el valor XPD (discriminador de polarización) que depende del fabricante del equipo y el valor XPIC (mejora introducida de XPIC),

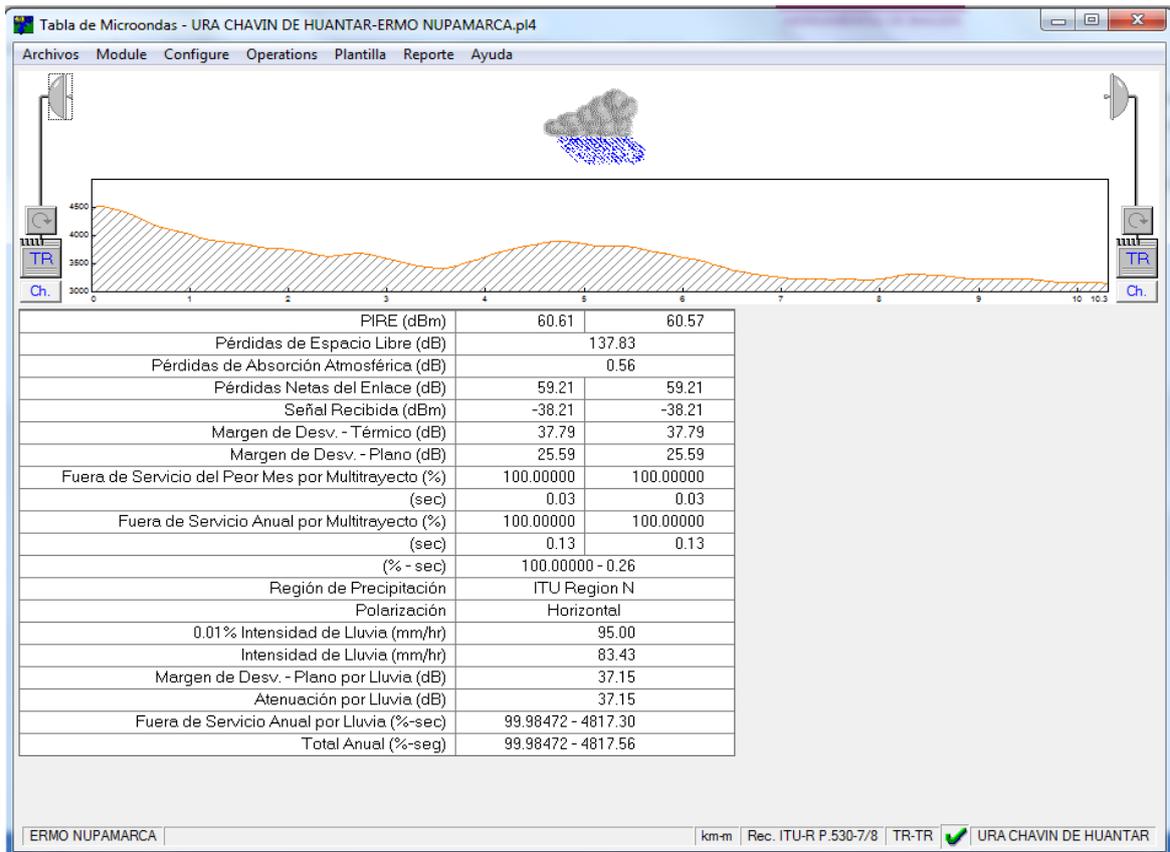
En marco teórico tiene que hacer comparativo entre software similares a pathloss.

- SIMULACION DEL ENLACE MICROONDAS. ERMO NUPAMARCA – URA CHAVIN DE HUANTAR.

PERFIL DE ENLACE:

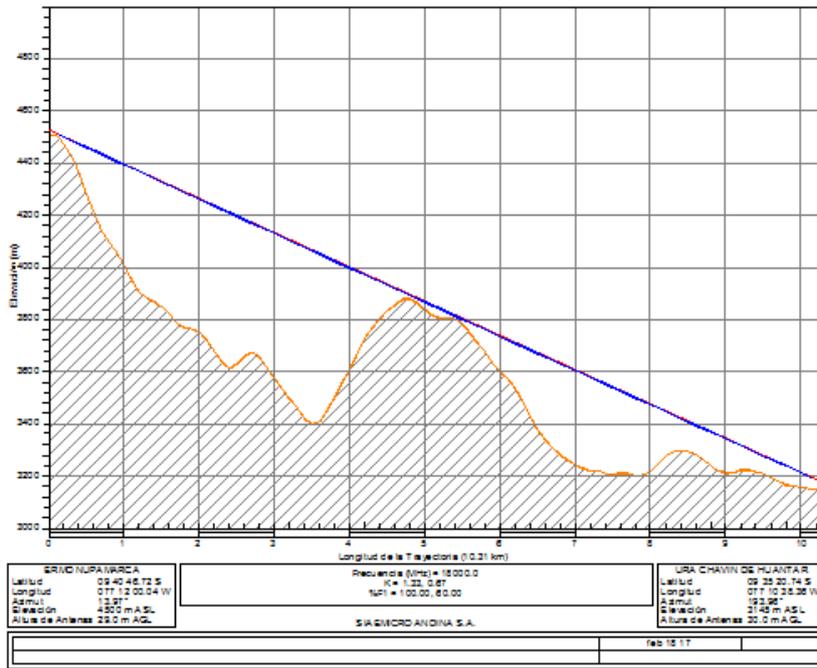
Para realizar el diseño comenzaremos con la evaluación del perfil del enlace generado por el Pathloss en el cual verificamos la existencia de línea de vista y la despejada la zona de fresnel.

Tabla 5 - Perdidas del Enlace Microondas.



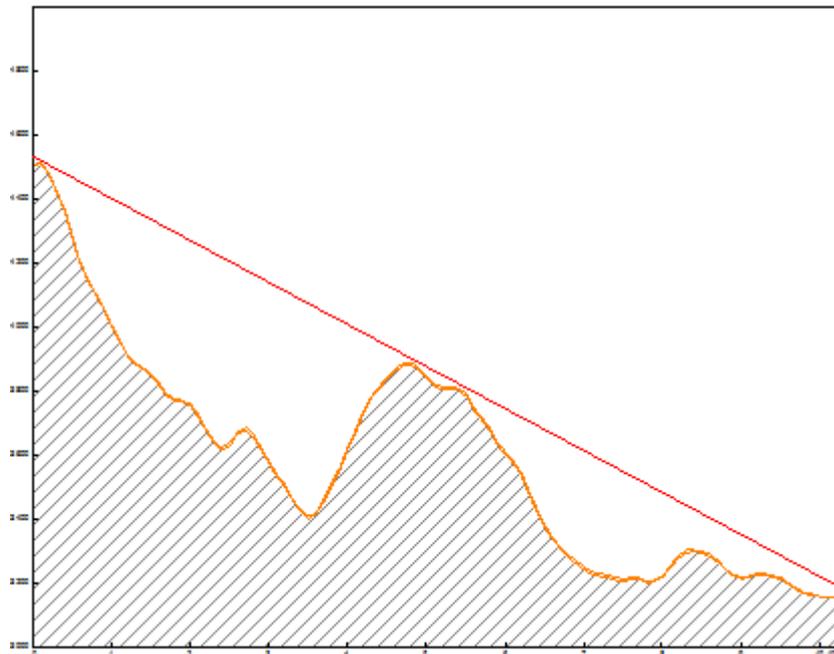
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6 - Perfil Ermo Nupamarca-Ura Chavín de Huantar.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7 - Perfil Trayectoria Ermo Nupamarca-Ura Chavín de Huantar



Fuente: Elaboración Propia.

Se aprecia en el perfil de elevación que existe línea de vista, en el cual se usó como dato a la altura mínima en la que se instalara la antena en ambas estaciones.

3.2.4.1 CALCULO DE ENLACE CON PATHLOSS:

Para el desarrollo de este cálculo se usó los datos anteriormente mencionados, en el siguiente cuadro se muestra el resultado generado por el software.

Tabla 8 - Full Reporte: Ermo Nupamarca - Ura Chavín de Huantar

	ERMO NUPAMARCA	URA CHAVIN DE HUANTAR
Elevación (m)	4499.96	3144.54
Latitud	09 40 46.72 S	09 35 20.74 S
Longitud	077 12 00.04 W	077 10 38.36 W
Azimuth Verdadero (°)	13.97	193.96
Ángulo Vertical (°)	-7.52	7.45
Modelo de Antena	SLC1218DS6	SLC1218DS6
Altura de Antena (m)	29.00	30.00
Ganancia de Antena (dBi)	44.55	44.55
Longitud de Línea de TX (m)	29.00	30.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB/100 m)	4.27	4.27
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.24	1.28
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Misceláneas (dB)	3.00	3.00
Frecuencia (MHz)	18000.00	
Polarización	Horizontal	
Longitud de la Trayectoria (km)	10.31	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	137.83	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.56	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	58.31	58.31
Modelo de Radio	ASN18-ALPlus2E 166M 16Q	ASN18-ALPlus2E 166M 16Q
Potencia de Transmisión (W)	0.13	0.13
Potencia de Transmisión (dBm)	21.00	21.00
PIRE (dBm)	61.06	61.02
Designador de Emisor	56M00D7WET	56M00D7WET
TX Channels	276 18085.0000H	276 19095.0000H
	276 18085.0000H	276 19095.0000H
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-76.00	-76.00
Señal Recibida (dBm)	-37.31	-37.31
Margen de Desv. - Térmico (dB)	38.69	38.69
XPD fade margin - multipath (dB)	25.86	25.86
Margen de Desv. - Plano (dB)	25.64	25.64
Factor Geodimático	6.32E-06	
Inclinación del Trayecto (m°)	130.67	
Fade occurrence factor (Po)	3.96E-06	
Temperatura Anual Promedio (°C)	28.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.03	0.03
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.13	0.13
(% - sec)	100.00000 - 0.26	
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
XPD fade margin - rain (dB)	46.48	46.48
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	38.02	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	85.06	
Atenuación por Lluvia (dB)	38.02	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-seg)	99.98561 - 4538.12	
Total Anual (%-seg)	99.98561 - 4538.38	

Fuente: Elaboración Propia.

En el cálculo generado verificamos que el nivel de recepción óptimo para para el enlace es de -37.31 dBm usando una potencia de 21 dBm con un nivel de umbral de -76dBm.

Para realizar el cálculo de este enlace con sistema XPIC usamos el valor de XPD de 30dBm el cual es un valor otorgado por el fabricante del equipo y el valor de XPIF de 9dBm el cual es el factor de mejoramiento de la polarización cruzada para la BER de referencia.

En los diseños que no usan sistema XPIC el factor XFIC toma el valor de 0.

3.3 IMPLEMENTACION DEL ENLACE MICROONDAS: ERMO NUPAMARCA URA CHAVIN DE HUANTAR.

Una vez determinado la existencia de línea de vista y los parámetros necesarios obtenidos mediante el diseño realizado teóricamente y mediante el software Pathloss se procede a realizar la implementación del enlace.

Previo al procedimiento de instalación se analizó el TSS el cual nos indicara la ubicación y la cantidad de los equipos y materiales necesarios a instalar, en este caso se debe tener en cuenta la existencia de un enlace anteriormente instalado el cual se pretende reemplazar con el enlace diseñado con el fin de aumentar la capacidad de servicio para entender el procedimiento de la instalación.

Tabla 9 - Diagrama de Gant.

SECUENCIA DE IMPLEMENTACION		AGOSTO																	
Nº	ACTIVIDAD	INICIO	FIN	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	
1	Preparacion de herramientas, equipos y materiales	5-ago.	5-ago.	█															
2	Viaje al departamento de Ancash	5-ago.	6-ago.	█	█														
3	Pre visita a las estaciones	6-ago.	6-ago.		█														
4	Transporte y ubicación de los equipos en la estacion Nupamarca	8-ago.	8-ago.				█												
5	Transporte y ubicación de los equipos en la estacion Chavin de Huantar	9-ago.	9-ago.					█											
6	Alineacion de antenas y configuracion de equipos	10-ago	11-ago						█	█									
7	Acabados según estándar	12-ago	13-ago								█	█							
8	Pruebas de conexión , pruebas de PIN , pruebas de BER	15-ago	16-ago											█	█				
9	Pasante de Gestion en Estacion Huaraz	16-ago	17-ago												█	█			
10	Pasante de Gestion en Estacion Dos Obreros	17-ago	18-ago													█	█		
11	Validacion por el zonal y firma de acta de conformidad	19-ago	19-ago																█

Fuente: Propio.

3.3.1 URA CHAVIN DE HUANTAR:

- Se ubicó el espacio del RACK en la sala de Transmisión sugerido en el TSS y se procede con la instalación de la IDU, asegurándola al Rack y evitando las afectaciones a servicios generados por otros equipos instalados ajenos al enlace.
- Se instaló 2 DDF's para la conexión de 2 cables tributarios, ya que el enlace existente contaba con 12 E1's 6 Tx y 6 Rx y se debió migrar al nuevo enlace.
- Se realizó los conectores de energía para posteriormente conectarlas a la IDU y los dos terminales conectara a dos breaker's existentes con capacidad de 10Amperios, el equipo IDU se alimenta con -48vDC a través de un breaker, el segundo breaker's cumple la función de backup.
- En la parte de la Torre se procedió a instalar la antena de 1.2m de Diámetro, el acoplador de doble polarización y las radios (ODU) de Polaridad Horizontal y Vertical usando soportes nuevos.

- Se realizó la conexión del terminal del cable coaxial RG8 a las ODUs individualmente asegurando un correcto sellado, y se procede a peinar el cable a través de la torre hasta llegar a la sala de transmisión o Gabinete donde se encuentre el equipo IDU. La IDU cuenta con dos latiguillos los cuales se conectarán al Cable coaxial a través de un conector N hembra y macho.
- Se instaló el cable de aterramiento en los conectores de aterramiento de las ODU engrasando el conector y llevando el cable como máximo hasta 3 metros de distancia usando morsetos.
- La IDU (AlcPlus 2e) instalada, tiene la capacidad de trabajar en sistema XPIC, cuenta con una capacidad máxima de 682Mbps si se usa un ancho de banda de 56MHz.
- Se procedió a energizar la IDU el cual a su vez energizar a las ODUs.
- Se asignó mediante la configuración del equipo los parámetros asignados por Telefónica del Perú. Para proceder con las pruebas de interferencia y la alineación de antenas.

3.3.1.1 INSTALACION DE EQUIPOS:

En las siguientes imágenes se muestra escenario antes y después de la instalación final de los equipos.

- En la figura 19 se aprecia vista panorámica de la torre en la estación Ura Chavín de Huantar, donde se aprecia la posición de los equipos instalados y la estructura de la torre el cual mide 35m de altura aproximadamente.

A continuación, foto panorámica de la estación.



Figura 19 - Foto Panorámica de La Ura Chavín.

Fuente: Elaboración Propia

- En la figura 20 se aprecia la antena NEC del enlace existente el cual será reemplazado por una antena SIAE.

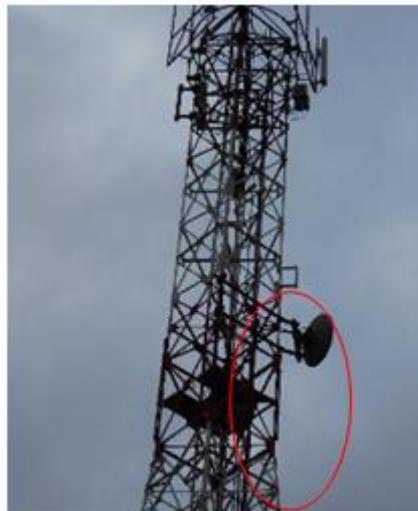


Figura 20 - Antena de enlace existente antes de ser reemplazado.

Fuente: Elaboración Propia

- En la figura 21 se muestra la nueva antena SIAE de diámetro 1.2 instalada a una altura cercana a la antena NEC existente.



Figura 21 - Antena existente y Antena Nueva.

Fuente: Elaboración Propia

- En la figura 22 se muestra la instalación de la nueva antena en soporte con la pernería correctamente engrasada, con las radios (ODUS) de polaridad vertical y horizontal acomodadas al acoplador, y el cableado conformado por cable coaxial y cable de aterramiento.



Figura 22 - Antena, ODU's, Acoplador instalado y cableado.

Fuente: Elaboración Propia.

- En la figura 23 se muestra el aterramiento de las ODUS, en este caso se aprecia que no se encuentra aterrado a una barra de cobre, esto es debido a que la distancia entre la antena y la barra de aterramiento instalada en estructura es muy amplia por lo que se optó por usar un material llamado morseto el cual se solo se debe acomodar como máximo a 3m de recorrido del cable, este material se acopla a la estructura de la torre ya que esta cuenta también con un sistema de aterramiento.

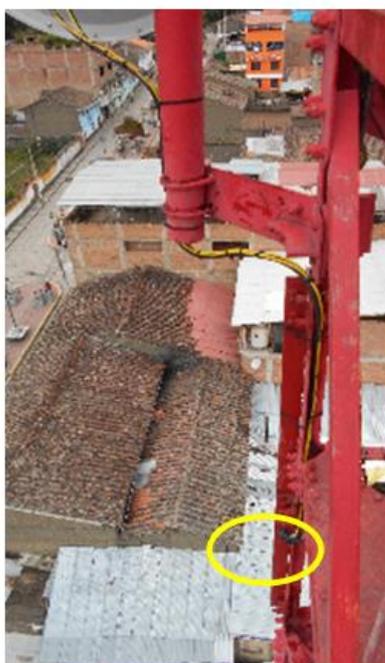


Figura 23 - Aterramiento de ODUs en torre.

Fuente: Elaboración Propia

- En la figura 24 se muestra una imagen más cercana de las radios (ODUS) una de polaridad Vertical y otra de polaridad Horizontal acoplados al híbrido o acoplador.



Figura 24 - Radio Horizontal y Radio Vertical Acoplados Al Híbrido.

Fuente: Elaboración Propia

- En la figura 25 se muestra los breaker's etiquetados de color naranja los cuales permiten el energizado de la IDU SIAE AlcPlus2e, y el breaker etiquetado de color amarillo apagado el cual energizaba a la IDU NEC del enlace q será reemplazado. Se aprecia las fotos del gabinete donde se ubican los breaker's y una toma cercana del mismo.



Figura 25 - Breaker En Gabinete De Energía.

Fuente: Elaboración Propia

- En la figura 26 y 27 se muestra los equipos NEC que serán reemplazado y el equipo nuevo SIAE finalmente instalado. Ambas fotos muestran la IDU instaladas en el Rack así mismo una toma cercada de la misma IDU.

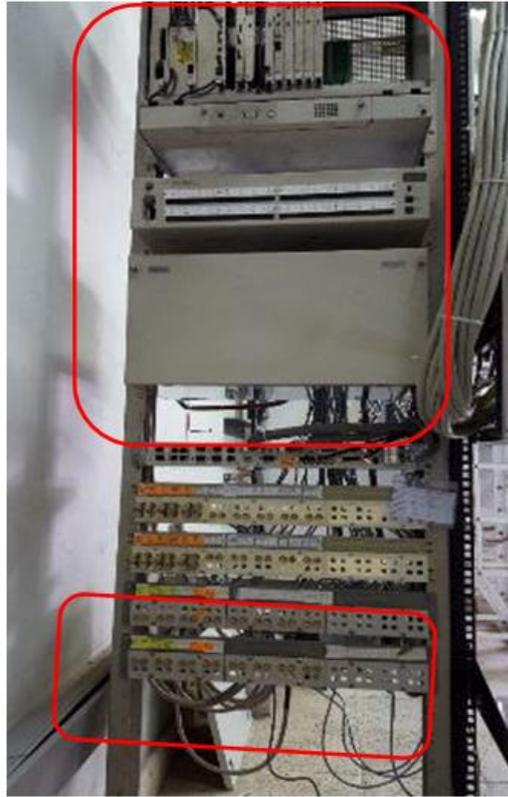


Figura 26 - Equipo NEC y DDF antes del desmontaje.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 27 - Equipo ALCplus2e (IDU) y Regletas DDFs nuevos instalados.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 ERMO NUPAMARCA:

El proceso de instalación de los equipos del enlace en la Repetidora Nupamarca es similar al proceso de instalación realizada en la URA Chavín de Huantar (instalación de antena, coupler, odus, cableados, idus, energizados, pruebas de interferencias y alineación de antenas).

3.3.2.1 INSTALACION DE EQUIPOS:

- En la figura 28 se aprecia vista panorámica de la torre de la estación Ermo Nupamarca, donde se aprecia la posición de los equipos instalados y la magnitud de la estructura.



Figura 28 - Foto Panorámica De La Ermo Nupamarca.

Fuente: Elaboración Propia

- En la figura 29 se aprecia la antena NEC del enlace existente el cual será reemplazado por una antena SIAE.



Figura 29 - Antena existente antes de ser reemplazado.

Fuente: Elaboración Propia

- En la figura 30 se muestra la nueva antena SIAE de diámetro 1.2 instalada a una altura cercana a la antena NEC existente.

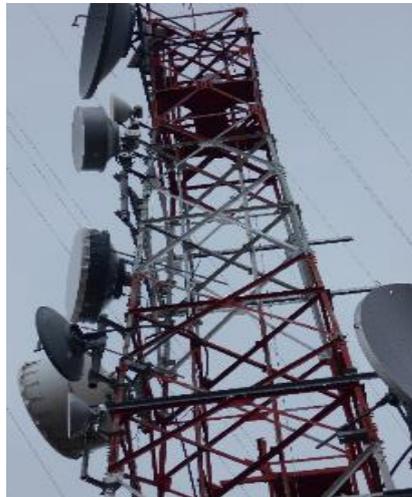


Figura 30 - Antena Nueva y antena existente.

Fuente: Elaboración Propia

- En la figura 31 se muestra la instalación de la nueva antena en soporte con la pernería correctamente engrasada, con las radios (ODUS) de polaridad vertical y horizontal acomodadas al acoplador, y el cableado conformado por cable coaxial y cable de aterramiento.



Figura 31 - Instalacion de nueva Antena, ODUs, Acoplador instalado y cableado.

Fuente: Elaboración Propia

- En la figura 32 se muestra el aterramiento de las ODUS, en este caso se aprecia que no se encuentra aterrado a una barra de cobre, esto es debido a que la distancia entre la antena y la barra de aterramiento instalada en estructura es muy amplia por lo que se optó por usar un material llamado morseto el cual se solo se debe acomodar como máximo a 3m de recorrido del cable, este material se acopla a la estructura de la torre ya que esta cuenta también con un sistema de aterramiento.



Figura 32 - Aterramiento de ODUs en torre.

Fuente: Elaboración Propia

- En la figura 33 se muestra una imagen más cercana de las radios (ODUS) una de polaridad Vertical y otra de polaridad Horizontal acoplados al híbrido o acoplador.



Figura 33 - Radio Horizontal Y Radio Vertical Acoplados Al Híbrido.

Fuente: Elaboración Propia

- En la figura 34 se muestra los breaker's etiquetados de color naranja los cuales permiten el energizado de la IDU SIAE AlcPlus2e, y el breaker

etiquetado de color amarillo apagado el cual energizaba a la IDU NEC del enlace q será reemplazado. Se aprecia las fotos del gabinete donde se ubican los breaker's y una toma cercana del mismo.

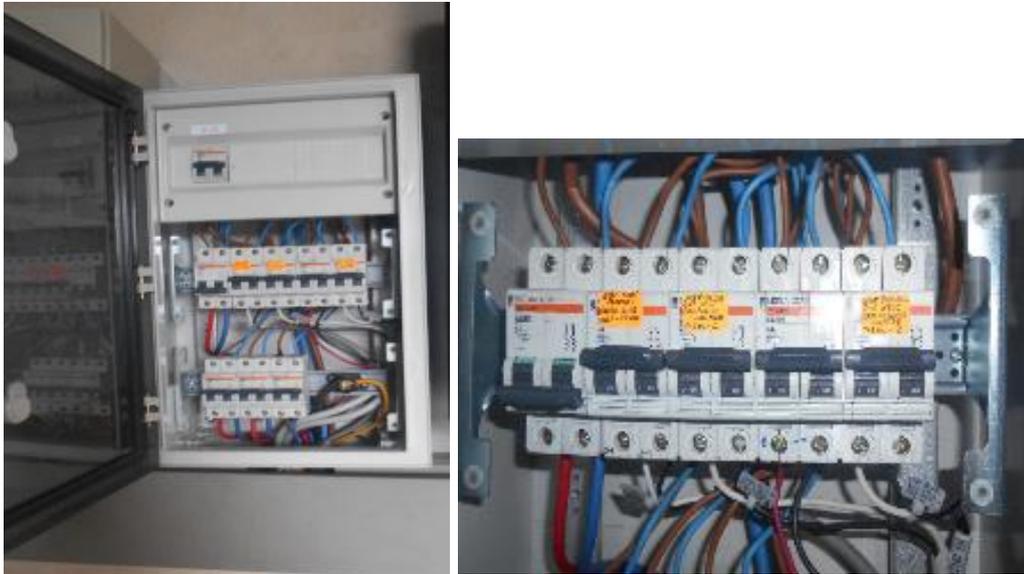


Figura 34 - Breaker En Gabinete De Energía.

Fuente: Elaboración Propia.

- En la figura 35 y 36 se muestra los equipos NEC que serán reemplazados y el equipo nuevo SIAE finalmente instalado, en la figura 36 se muestra las regletas DDF nuevas donde se instalan los cables tributarios por los cuales pasan los servicios de internet y telefonía. Se aprecian las fotos de la IDU instalada en el rack y una toma cercana de la regleta.

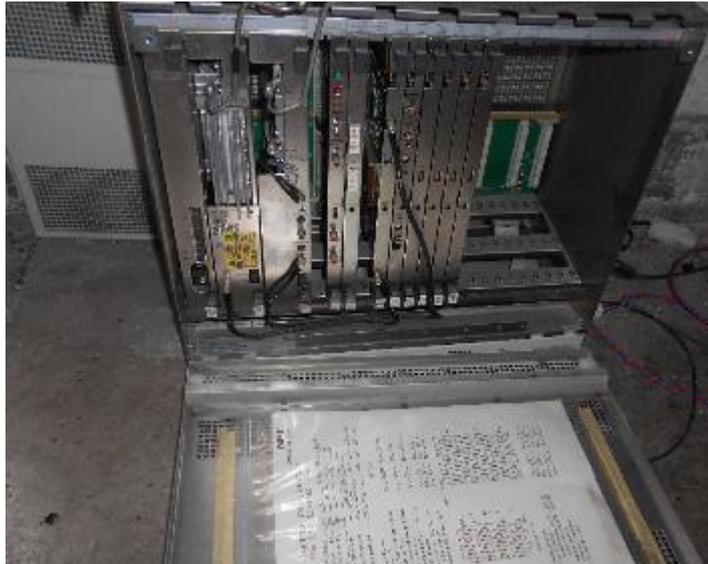


Figura 35 - Equipo NEC y DDF antes del desmontaje.

Fuente: Elaboración Propia

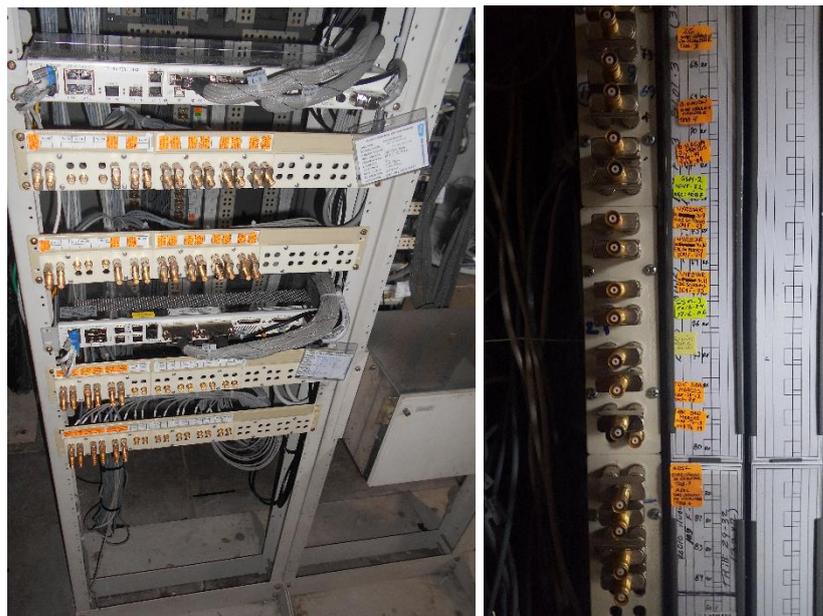


Figura 36 - Equipo ALCplus2e (IDU) y Regletas DDFs nuevos instalados.

Fuente: Elaboración Propia

- Una vez finalizado la implementación de los equipos, culminada las pruebas de interferencia y alineación se procede a realizar la prueba de BER (cantidad de Bits recibidos con error / Cantidad total de Bits recibidos) a las tramas de E1 el cual tiene como medio físico a los cables instalados en la regleta DDF en forma de cascada para dicha prueba. Se aprecia las fotos del equipo de medición y una foto donde se muestra la regleta instalada con los loops en el Rack.



Figura 37 - Medida de BER usando loops para conectar los conectores para E1 en cascada.

Fuente: Elaboración Propia

- Una vez culminada la implementación, culminada la medición de BER, se procede a realizar la migración de los servicios en coordinación con el Operador de Telefónica del Perú. Tal como se muestra en las fotos finales de implantación.

3.3.3 GESTIÓN DEL ENLACE MICROONDAS:

La gestión de este enlace microondas permitirá estar en constante monitoreo del mismo ante cualquier problema físico o cualquier cosa q haga que la señal no llegue con fidelidad. Este enlace microondas se ajusta a las condiciones del clima y si esta empeora provocando pérdidas en la señal este enlace MW cambia su configuración a una modulación más baja que le permita seguir transmitiendo.

La gestión parte de la estación Central Huaraz por medio del enlace microondas con la estación Ermo Dos Obreros, de esta Estación parte hasta la Ermo Nupamarca el cual forma parte del enlace con la Ura Chavín de Huantar. A continuación, se mostrará un cuadro donde se muestra la ruta de los pasantes hechos desde la Central Huaraz hasta la Ura Chavín De Huántar.

Tabla 10 - Pasantes de Gestión MW.

CENTRAL HUARAZ	DIR. ERMO DOS OBREROS	ERMO DOS OBREROS	DIR. ERMO NUPAMARACA	ERMO NUPAMARCA	DIR. URA CHAVIN DE HUANTAR
TELLABS 8609	HUAWEI	HUAWEI	HUAWEI	HUAWEI RTN	SIAE PLUS 2E
M4 / PORT 7	OSN 3500 SLOT 16 / PORT. 4	OSN 1500 SLOT 1 / PORT 2 → SW SIAE GESTION	RTN 620 / EFT 4 / FE. 4	RTN 620 / EFT 4 / FE. 4	URA CHAVIN DE GUANTAR. SIAE_MNGT1

Fuente: Elaboración Propia

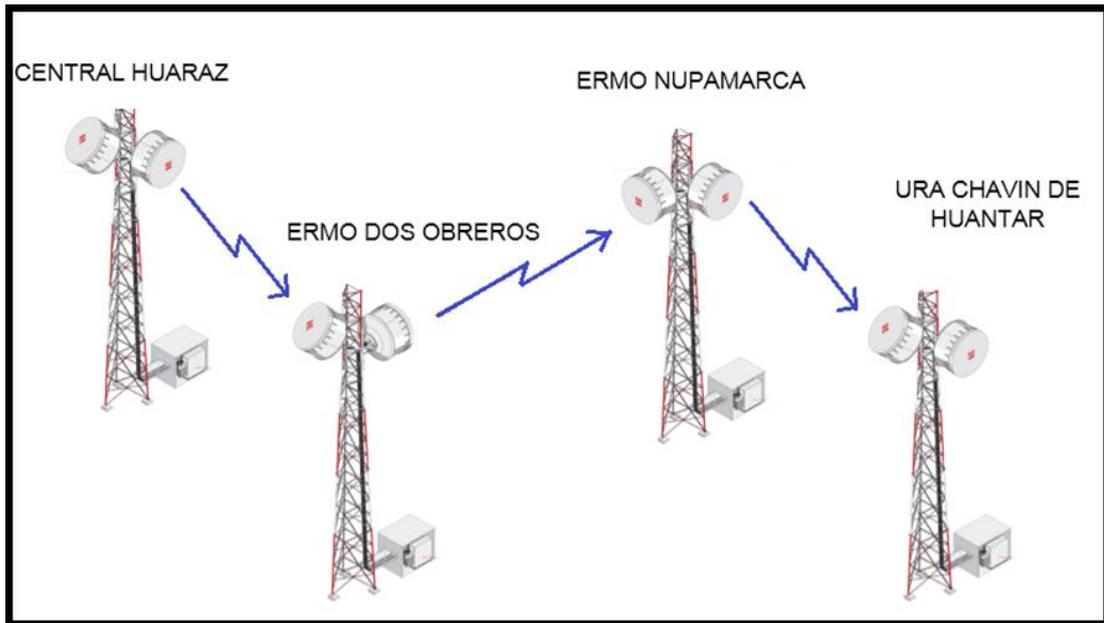


Figura 38 - Topología del enlace MW desde Huaraz hasta Ura Chavín de Huantar.

Fuente: Elaboración Propia

FOTOS DE LOS EQUIPOS QUE SE USARON PARA RELIZAR EL PASANTE DE LA GESTION:

A continuación, se detallará como llega la gestión y el servicio al nuevo enlace.

- Los servicios y gestión se generan a través de la Estación Central de Huaraz conectando un cable Ethernet desde el Router Tellabs modelo 8609 como se aprecia en la figura 39 al equipo IDU Huawei modelo OSN 3500 como muestra la figura 40 el cual pertenece al enlace microondas Central Huaraz – Ermo dos Obreros.
- Los equipos usados para la gestión del enlace Mw:Router TELLABS y Huawei Osn 3500. A continuación, fotos panorámicas de equipos dentro del Rack y cercanas apreciándose las etiquetas y puertos usados.



Figura 39 - Router Tellabs 8609 – Central Huaraz.

Fuente: Elaboración Propia

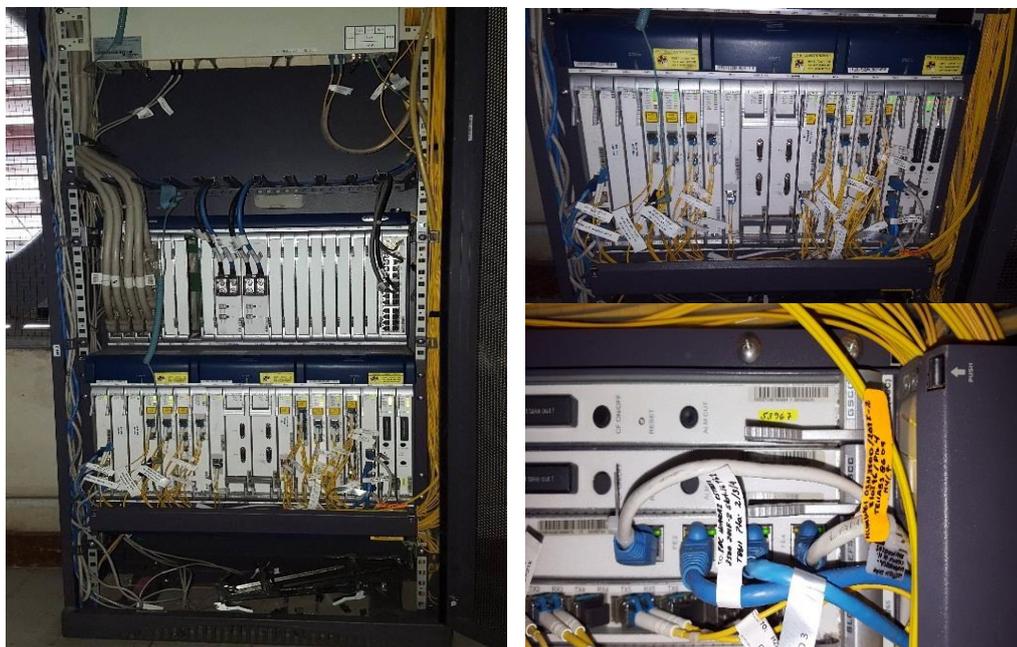


Figura 40 - Huawei Osn 3500 – Central Huaraz.

Fuente: Elaboración Propia

- En la estación Ermo Dos Obreros se conecta un pasante del equipo Huawei OSN 1500 mostrada en la figura 41 que pertenece al enlace Central de Huaraz con Ermo Dos Obreros a un equipo Huawei modelo RTN 620 que pertenece al enlace Ermo Dos Obreros – Ermo Nupamarca mostrado en la figura 42. A continuación fotos panorámicas de equipos dentro del Rack y cercanas apreciándose las etiquetas y puertos usados.



Figura 41 – Huawei Osn 1500.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 42 – Huawei RTN 620.

Fuente: Elaboración Propia

- En la estación Ermo Nupamarca se realiza la conexión del pasante desde el equipo RTN 620 perteneciente al enlace Ermo Dos Obreros Nupamarca – Ermo Nupamarca hasta el nuevo equipo instalado Siae AlcPlus2e del enlace Ermo Nupamarca Ura Chavín como se muestra en la figura 43. A continuación, se muestra una foto panorámica del equipo dentro del Rack y cercanas apreciándose las etiquetas y puertos usados.



Figura 43 – Huawei RTN 620 –SIAE IDU.

Fuente: Elaboración Propia

3.4 CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

La configuración del enlace se realizó considerando las especificaciones del operador telefónico, las obtenidas del análisis teórico y la simulación. Los parámetros usados en la configuración son los siguientes:

- Capacidad superior a los 83 Mbps, considerando las especificaciones del equipo microondas SIAE. La capacidad requerida se determinará según la Tabla 11 donde se aprecia la capacidad que tienen los equipos usados respecto a su ancho de banda y modulación.

Tabla 11 - Capacidad según la Modulación y Ancho de Banda MW.

BW	SIAE AIC Plus 2E						
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

Fuente: Elaboración Propia

- Se concluye que para llegar a superar los 83 Mbps por polaridad se debe de usar 28 MHz de ancho de banda y 16 QAM de modulación.

Se configuro para 16 E1(16 X2=32 Mbps) y 45.5 Mbps para el tráfico por Ethernet. A continuación, principales pantallas tomadas de la configuración de la IDU.

La Figura 44 muestra los parametros RF (Frecuencias, Potencia Tx, Rx) asignados para el enlace desde el area local Ura Chavin de Huantar.

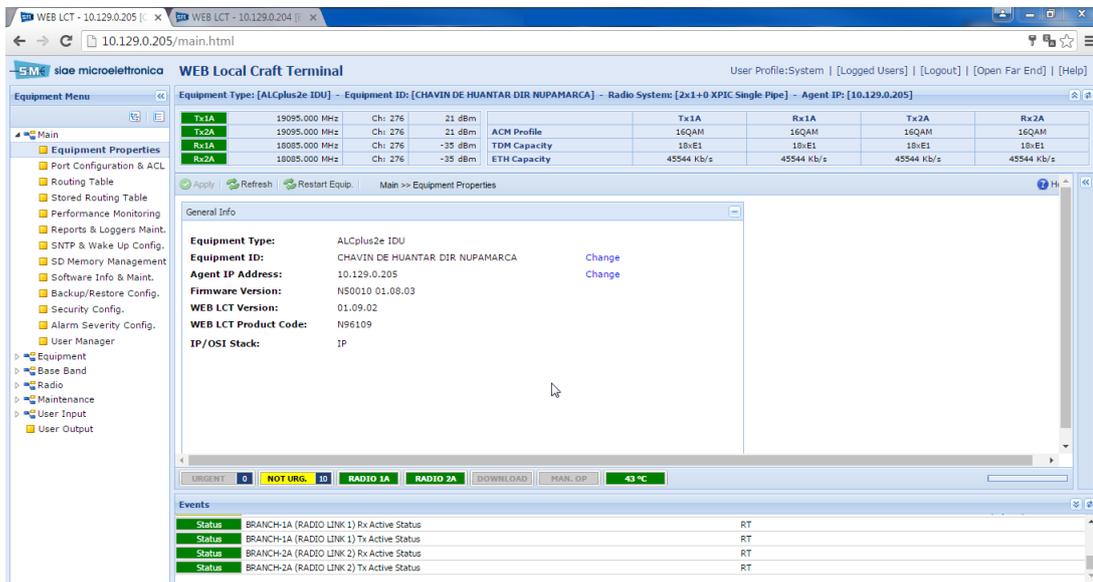


Figura 44 – Frecuencias, Potencia Tx y Rx - Ura chavín de Huantar.

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 45 muestra el tipo de configuración con el trabajará el enlace.

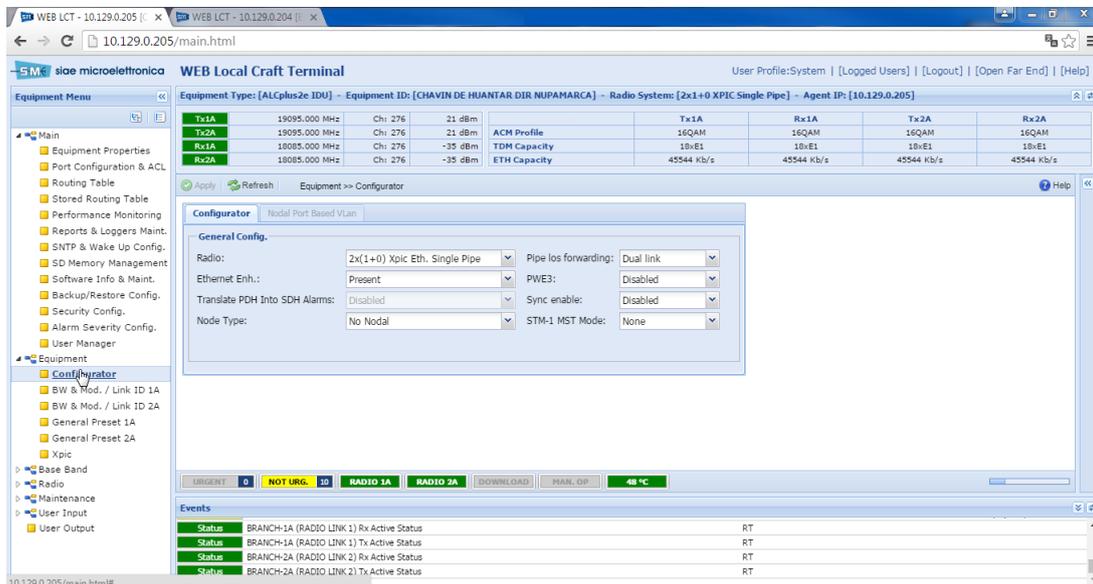


Figura 45 –Tipo de Configuración XPIC Ura chavín de Huantar.

Fuente: Elaboración Propia

La figura 46 muestra la modulación y ancho de banda asignadas al enlace.

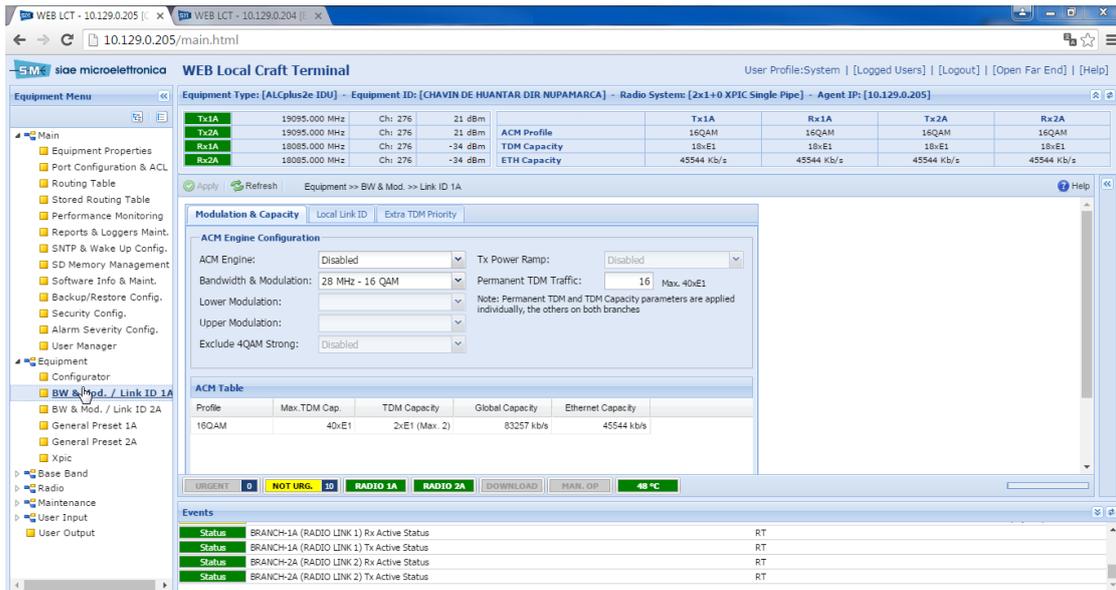


Figura 46 – Modulación y Ancho de Banda Ura chavín de Huantar.

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 47 muestra los parametros RF (Frecuencias, Potencia Tx, Rx) asignados para el enlace desde el area Remota Ermo Nupamarca.

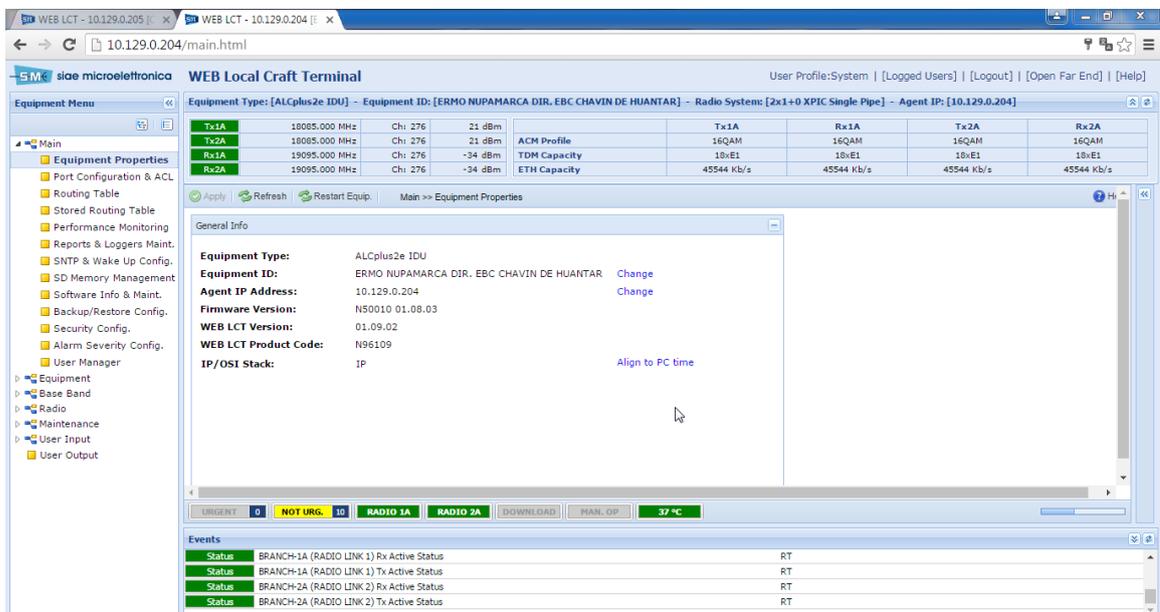


Figura 47 – Frecuencias, Potencia DE Tx Y Rx –Ermo Nupamarca.

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 48 muestra el tipo de configuración con el trabajará el enlace, configuración realizada desde la estación Ermo Nupamarca.

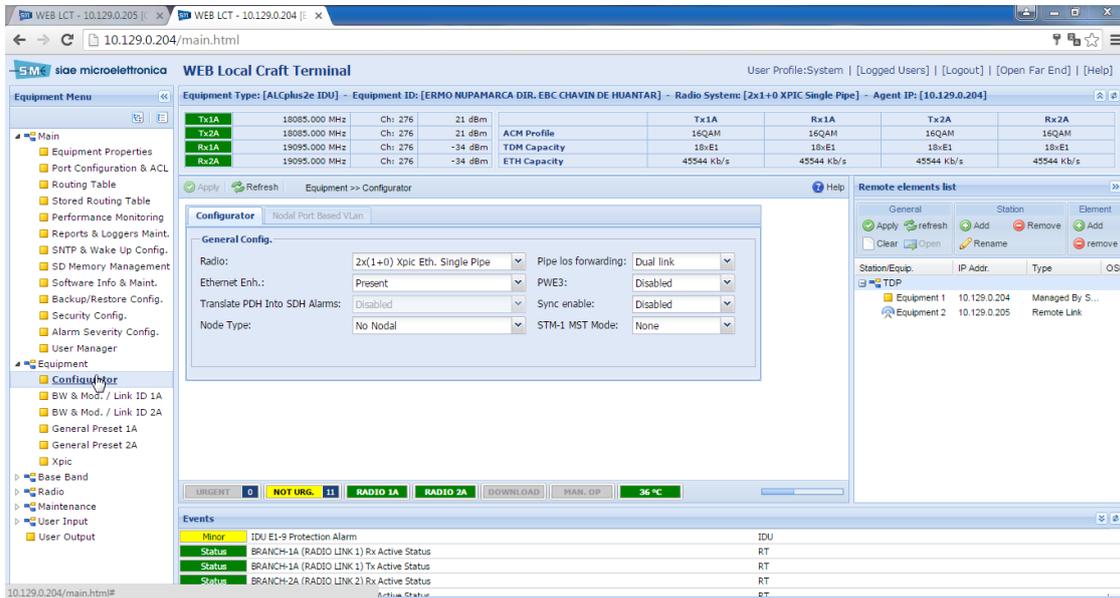


Figura 48 – Tipo de Configuración XPIC Ermo Nupamarca.

Fuente: Elaboración Propia

La figura 49 muestra la modulación y ancho de banda asignadas al enlace.

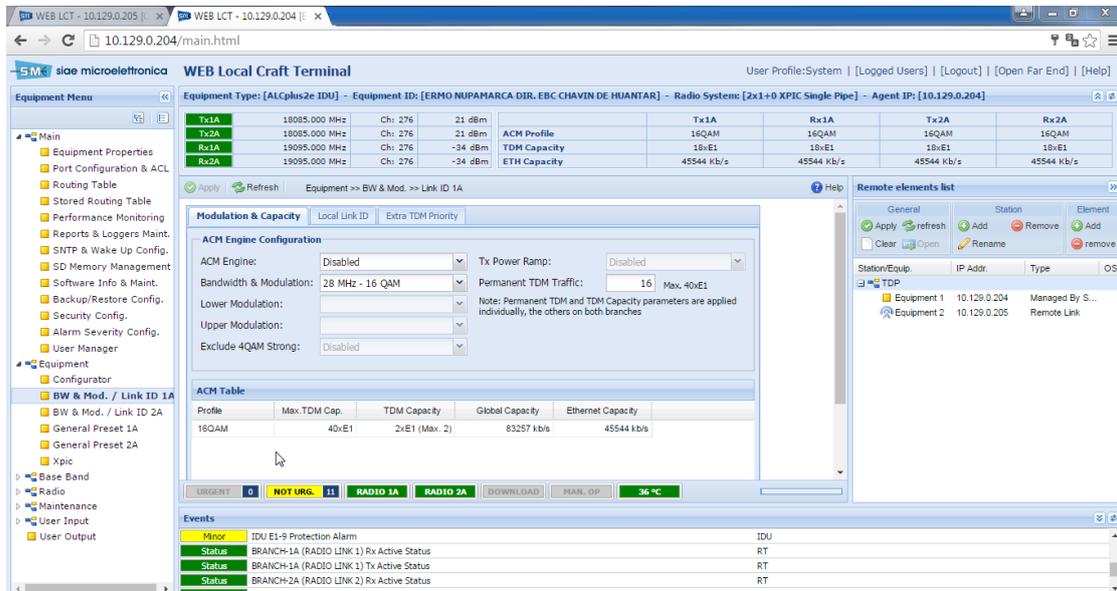


Figura 49 – Modulación y Ancho de Banda Ermo Nupamarca.

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- De este proyecto se concluye que es posible ampliar la capacidad del enlace haciendo uso del sistema XPIC, trabajando de manera eficiente hasta los 65km de distancia.
- Se comprueba que los datos obtenidos teóricamente, en el diseño, son muy cercanos a los datos obtenidos mediante un software de simulación como el Pathloss, y los resultados reales mostrados en la configuración del enlace.
- Mediante el diseño se pudo obtener de manera eficaz los datos necesarios para realizar la implementación.
- Permite profundizar los conocimientos adquiridos previamente.
- El utilizar la configuración XPIC con diversidad de polaridad, nos permite optimizar el uso del espectro radioeléctrico ya que usa una frecuencia con polaridad vertical y horizontal contando así con dos señales. De esta manera el operador duplicará la capacidad del enlace.
- Haciendo uso de la diversidad de polaridad implementando solo una antena de polaridad dual y acoplando las Odus, permite tener menos costo en la compra de equipos, ahorro de espacio en la torre.

RECOMENDACIONES

- Se debe tener en cuenta el alcance del enlace al usar la configuración XPIC, para poder realizar diseño que les brinde datos muy cercanos a los reales.
- Se debe ser minucioso en la elaboración del diseño ya que dependerá de este la correcta implementación del enlace obteniendo datos satisfactorios para el operador.
- Se debe aplicar los parámetros, obtenidos en el diseño, cuando se realice la configuración e implementación, pues de esta manera obtendrá los resultados esperados.
- Se recomienda realizar los protocolos de prueba para asegurar al operador el correcto funcionamiento del enlace.
- Para la ejecución de la implementación del enlace es indispensable contar con todas las herramientas necesarias, de lo contrario existirán problemas en la instalación generando errores y disminuyendo la calidad del servicio o la disponibilidad del enlace.

BIBLIOGRAFIA

- Bateman, A. (2003). *Comunicaciones digitales: diseño para el mundo real*. España: Marcombo.
- Carrillo, J. A. (2011). Diseño de un Protocolo de Pruebas para la Aceptación de un Radioenlace Punto a Punto de Microonda PDH Mini-Link e Hot Stand – By en la Banda de 7 – 38GHz. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0285_EO.pdf
- Castro, R. (2007). *Fundamentos, Infraestructura, Diseño e Implementación de un enlace Punto a Punto de Microondas dentro de la Jerarquía Digital Plesiocrona(PDH) EN MEXICO*. Tesis de Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica. Instituto Politécnico Nacional. D.F. México.
- Couch, L. (2008). *Sistemas de Comunicaciones Digitales y Analógicos*. México: Pearson Educación.
- Estevez, V. (2011). *Diseño de una Red de Microonda empleando Tecnología Cocanal*. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3970/1/CD-3733.pdf>
- Gallardo, S. (2015). *Elemento de sistema de Telecomunicaciones*. España: Paraninfo, SA.
- Gil P., Pomares J., Candelas F. (2010). *Redes y transmisión de datos*. España: Universidad de Alicante.

Hita, A. (2016). Todo lo que deberías saber para diseñar Radioenlaces XPIC. Recuperado de: <http://borrowbits.com/2016/05/todo-lo-que-deberias-saber-para-disenar-radioenlaces-xpic/>

Orozco, A. J. (2011). *Pruebas de Aceptación y Calidad de Transmisión de Radioenlace Digitales para Ampliaciones en la Región Capital de CANTV*. Recuperado de: <http://159.90.80.55/tesis/000134459.pdf>

Siae Microelectronica. Recuperado de: <https://www.siaemic.com/>

Siae. ALS IP/PDH /SDH Series. Recuperado de http://www.digitalairwireless.com/files/SIAE-ALS-Series-Brochure_1369146012.pdf

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

Terán, D. (2013). *Ampliación de capacidad de la microonda para la red WAN de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. en la ciudad de Cuenca*. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6101>

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México: Pearson Educación.

Villalobos, E. (2006). Radioenlaces - Configuración de radios Out-Door. Recuperado de: xa.yimg.com/kq/groups/22029778/.../name/Configuración+de+radios+Outdoor.pdf

**PROTOCOLO DE PRUEBA PARA EQUIPO DE RADIO
ALC PLUS2e 34x2E1 2+0 XPIC 4GE - SIAE TRANSMISOR - RECEPTOR**

**ERMO NUPAMARCA -URA
CHAVIN DE H.**

**Estación
PRUEBAS**

URA CHAVIN DE HUANTAR

PRUEBA DEL TRANSMISOR		
Potencia de Tx Nominal (dBm)	21	21
Potencia de Tx de operación (dBm)	21	21
Atenuacion (dB)	0	0

Nivel de Umbral (dbm)	-76	-76
-----------------------	-----	-----

PRUEBA DEL RECEPTOR		
Nivel de Recepción Nominal (dBm)	-37	-37
Nivel de Recepción de operación (dBm)	-34	-34
Rx Level MON (V)	2.6	2.6

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

Anexo 2 – Pruebas A.
Fuente: Elaboración Propia

PROTOCOLO DE PRUEBA PARA EQUIPO DE RADIO
ALC PLUS2e 34x2E1 2+0 XPIC 4GE - SIAE TRANSMISOR – RECEPTOR

Enlace **ERMO NUPAMARCA -URA**
CHAVIN DE H.

Estación **ERMO NUPAMARCA**

PRUEBAS

Radio 1

Radio 2

PRUEBA DEL TRANSMISOR		
Potencia de Tx Nominal (dBm)	21	21
Potencia de Tx de operación (dBm)	21	21
Atenuación (dB)	0	0

Nivel de Umbral (dbm)	-76	-76
-----------------------	-----	-----

PRUEBA DEL RECEPTOR		
Nivel de Recepción Nominal (dBm)	-37	-37
Nivel de Recepción de operación (dBm)	-34	-34
Rx Level MON (V)	2.6	2.6

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

Anexo 3 – Pruebas B.
Fuente: Elaboración Propia

ALC PLUS2e 32x2E1 2+0 XPIC 4GE - SIAE TRANSMISOR – RECEPTOR

ASIGNACION DE ETHERNET

CENTRAL HUARAZ	DIR. ERMO DOS OBREROS	ERMO DOS OBREROS DIR. ERMO NUPAMARACA		ERMO NUPAMARCA	DIR. URA CHAVIN DE HUANTAR
TELLABS 8609	HUAWEI	HUAWEI	HUAWEI	HUAWEI RTN	SIAE PLUS 2E
M / PORT 7	OSN 3500 SLOT 16 / PORT 4	OSN 1500 SLOT 1 / PORT 2 → SW SIAE GESTION	RTN 620 / EFT 4 / FE. 4	RTN 820 / EFT 4 / FE. 4	URA CHAVIN DE HUANTAR. SIAE_MNGT1

Anexo 4 – Asignación de Ethernet.

Fuente: Elaboración Propia

➤ **Hojas Técnicas:**

- **ANTENA: SLU1218DS**

Detail

Type :
SLU1218D-B

Desc :
1.2m Ultra High Performance Low Profile Antenna, dual-separated,17.7~19.7 GHz

Download



Desc

Frequency (GHz)		17.7~19.7GHz
Antenna Type		SLU1218D-B
Gain (dBi)	Low	44.0
	Mid	44.5
	Top	44.9
3dB BW(°)		0.9
VSWR		1.3
Return Loss(dB)		17.69
F/B Ratio(dB)		73
XPD(dB)		30
Polarization		Dual
ETSI Standard		Range2, 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

Anexo 5 – SHENGLU - ANTENA.

Recuperado de: <http://www.shenglu.com/en/product/show-2403.html>

➤ ODU:



Technical Specifications (*)

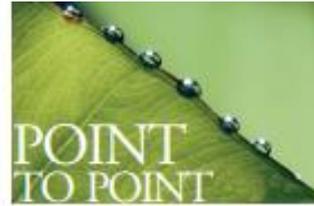
Frequency Band	4 GHz	6L/6U GHz	7/8 GHz	10/11 GHz	13 GHz	15 GHz	18 GHz	23 GHz	25 GHz	28 GHz	32 GHz	38 GHz	42 GHz	
Frequency Range	4.4-5.0	5.9-7.1	7.11-8.5	10.2-11.7	12.75-13.25	14.4-15.35	17.7-19.7	21.2-23.6	24.5-26.5	27.5-29.5	31.8-33.4	37-39.5	40.5-43.5	
Channel Spacing	4 QAM: 4 Mbits (3.5 MHz BW) to 100 Mbits (56 MHz) 8 QAM: 18 Mbits (7MHz BW) to 150 Mbits (56 MHz) 16 QAM: 8 Mbits (3.5 MHz BW) to 200 (56 MHz BW) 32 QAM: 30 Mbits (7 MHz BW) to 240 Mbits (56 MHz BW) 64 QAM: 38 Mbits (7MHz BW) to 290 Mbits (56 MHz BW) 128 QAM: 42 Mbits (7 MHz BW) to 340 Mbits (56 MHz BW) 256 QAM: 50 Mbits (7 MHz BW) to 500 Mbits (56 MHz BW)													
Supported Configurations	Terminal applications: 1+0 / 1+1 MHSB / 1+1 SD / 1+1 FD / 2+0 / 2x(1+1) Nodal applications: Up to 8x(1+1) or up to 16x(1+0)													
Modulation Schemes	4 QAM / 8 QAM / 16 QAM / 32 QAM / 64 QAM / 128 QAM / 256 QAM													
Supported Capacities	2x/E1 / 4x/E1 / 5x/E1 / 8x/E1 / 10x/E1 / 16x/E1 / 21x/E1 / 32x/E1 / 42x/E1 / 53x/E1 / 1x5STM1 / 80x/E1 / 160x/E1 / 2x5TM1 / 4x5TM1													
Ethernet Throughput	Up to 1 Gbps per radio channel													
Output Power (dBm) at Point C**														
AL ODU / AS ODU	4 QAM	+29/+	+/-29	+27/+29	+25/+28	+25/+28	+25/+28	+20/+23	+20/+23	+20/+22	+19/+21	+17/+20	+17/+19	+/-17
	8 QAM	-	+/-29	+/-29	+/-28	+/-28	+/-28	+/-23	+/-23	+/-22	+/-21	+/-20	+/-19	+/-17
	16 QAM	+24/+	+/-26	+22/+26	+20/+25	+20/+25	+20/+25	+15/+21	+15/+21	+15/+20	+14/+19	+13/+18	+13/+17	+/-15
	32 QAM	+23/+	+/-26	+20/+26	+20/+25	+20/+25	+20/+25	+15/+21	+15/+21	+15/+20	+14/+19	+13/+18	+13/+17	+/-15
	64 QAM	-	+/-25	+/-25	+/-24	+/-24	+/-24	+/-19	+/-19	+/-18	+/-17	+/-16	+/-15	+/-13
	128 QAM	-	+/-25	+/-25	+/-24	+/-24	+/-24	+/-19	+/-19	+/-18	+/-17	+/-16	+/-15	+/-13
	256 QAM	-	+/-24	+/-24	+/-23	+/-23	+/-23	+/-18	+/-18	+/-17	+/-16	+/-15	+/-14	+/-12
Receiver Sensitivity (dBm) at BER 10 ⁻⁴ at Point C (1+0 conf., 28 MHz BW, RF filter losses included)														
AL / ALplus, ALS, ALplus2 (see Indoor Unit Table)	4 QAM	+85/+	+83/+89.5	+83/+89.5	+82.5/+89	+82.5/+89	+82.5/+89	+82/+88.5	+82/+88.5	+81.5/+88	+81/+87.5	+80/+86	+80.5/+86.5	+85.5
	8 QAM	-	+/-82.5	+/-82.5	+/-82	+/-82	+/-82	+/-81.5	+/-81.5	+/-81	+/-80.5	+/-79	+/-79.5	+/-78.5
	16 QAM	+78/+	+76/+81	+76/+81	+75.5/+80.5	+75.5/+80.5	+75.5/+80.5	+75/+80	+75/+80	+74.5/+79.5	+74/+79	+73/+77.5	+73.5/+78	+77
	32 QAM	+76/+	+74/+77.5	+74/+77.5	+73.5/+77	+73.5/+77	+73.5/+77	+73/+76.5	+73/+76.5	+72.5/+76	+72/+75.5	+71/+74	+71.5/+74.5	+73.5
	64 QAM	-	+/-75.5	+/-75.5	+/-75	+/-75	+/-75	+/-74.5	+/-74.5	+/-74	+/-73.5	+/-72	+/-72.5	+/-71.5
	128 QAM	-	+/-70.5/+73.5	+/-70.5/+73.5	+/-70/+73	+/-70/+73	+/-70/+73	+/-69.5/+72.5	+/-69.5/+72.5	+/-69/+72	+/-68.5/+71.5	+/-67.5/+70	+/-67.5/+70.5	+/-69.5
	256 QAM	-	+/-70.5	+/-70.5	+/-70	+/-70	+/-70	+/-69.5	+/-69.5	+/-69	+/-68.5	+/-67	+/-67.5	+/-66.5
Frequency Stability	± 5 ppm													
Frequency Agility	250 KHz (software programmable), 125 KHz on request													
RTPC	Up to 20/30 in 1 dB steps													
ATPC	Up to 20/40 dB in 1 dB steps													
Management Interfaces	RS232C, USB, Ethernet 10 BASE-T (TMN)													
IDU/ODU Interconnection (per terminal)	50 Ω Coaxial Cable per RT													
Dimensions (W x H x D)														
	1RU Compact IDU	480 x 45 x 212 (mm)												
	1RU Modular IDU	480 x 45 x 270 (mm)												
	2RU Modular IDU	480 x 90 x 270 (mm)												
	AL ODU 1+0	254 x 254 x 114 (mm)												
	AS ODU 1+0	254 x 254 x 154 (mm)												
Power Supply	+48 Vdc (-15%, +20%)													
Overall Power Consumption (per Terminal)														
	1+0 configuration	ALC+ALCplus ≤ 34 W				ALS-C ≤ 42 W				ALCplus2 ≤ 60 W				

Anexo 6 - SIAE - Especificaciones técnicas - Throughput.

Recuperado de: [http://www.digitalairwireless.com/files/SIAE-ALS-Series-](http://www.digitalairwireless.com/files/SIAE-ALS-Series-Brochure_1369146012.pdf)

Brochure_1369146012.pdf

IP/PDH/SDH Series



OUTDOOR UNIT



Two ODU versions are available:
AL for IP/PDH applications and AS for IP/PDH/SDH applications

- > Light weatherproof (IP65) box
- > Easy and quick deployment
- > Full software programmability of main RF parameters
- > Extended (Software) frequency agility
- > Configuration, capacity and modulation independent
- > Excellent short and long term frequency stability
- > Built-in ATPC functionality
- > RF Loop

INDOOR UNIT

Several IDU models are available to fit any application:

IP PDH SDH Medium & High Capacity

IDU Model	IP - PDH Solutions AL / ALplus	IP - SDH Solutions ALS	IP - PDH - SDH Solutions ALplus2 / ALplus2 / ALplus2e
8RU (1 rack unit) - Compact Version			
Configuration	1+0 / 1+1	1+0 / 1+1 / 2x(1+0) / XPIC	1+0 / 1+1 / 2x(1+0) / XPIC
TDM Transmission Capacity	Up to 32xE1	1xSTM1 / 2xSTM1 / 63-128xE1*	Up to 164xE1 per radio direction
Ethernet Throughput Capacity	Up to 100 Mbps	-	Up to 500 Mbps (per radio channel - 1 Gbps with XPIC)
Modulation	4 to 32QAM	32 and 128QAM	4 to 256QAM with 8 ACN
Tributary Interfaces	16xE1 + 3xE	2xSTM1	(16+2)xE1 + 2xSTM1 (32+2)xE1 + 2xSTM1 TDM Cross Connection capability 2xGE Electrical + 2xGE Optical/Electrical Synchronous Ethernet Support
Maintenance Interfaces	2x10BaseT + USB + RS232 + G704 (E1)	2x10BaseT + USB + RS232	2x10BaseT + USB + G704 (E1)
8RU (1 rack unit) - Modular Version			
Configuration	1+0 / 1+1	1+0 / 1+1 / 2x(1+0)	1+0 / 1+1 / 2x(1+0)
TDM Transmission Capacity	Up to 32xE1	1xSTM1 / 2xSTM1 / 4xSTM1	Up to 80xE1 (per radio channel)
Ethernet Throughput Capacity	Up to 100 Mbps	155 / 310 / 620 Mbps	Up to 400 Mbps (per radio channel)
Modulation	4 to 32QAM	32 and 128QAM	4 to 256QAM with 8 ACN
Tributary Interfaces	32xE1 24xE1 + 4xE	2xSTM1 4xSTM1 8xE1 + 2xE + 1xGE	16xE1 + 2xSTM1 TDM Cross Connection capability 1xGE Electrical/Optical + 1xGE Electrical + 1xGE Optical
Maintenance Interfaces	2x10BaseT + USB + RS232 + G704 (E1)	2x10BaseT + USB + RS232	2x10BaseT + USB + RS232 + G704 (E1)
8RU - Nodal			
Configuration	Modular 2RU 1+0 / 1+1 / 2x(1+1) Drop/Insert	Modular 2RU 1+0 / 1+1 / 2x(1+0) / 2x(1+1)	Nx1RU Nx(1+0), Nx(1+1) Drop/Insert Nx2(1+0), Drop/Insert
TDM Transmission Capacity	Up to 53xE1	1xSTM1 / 2xSTM1 / 4xSTM1	Up to 164xE1 (per radio direction)
Ethernet Throughput Capacity	Up to 100 Mbps	145 / 290 / 580 Mbps	Up to 500 Mbps (per radio channel - 1 Gbps with XPIC)
Modulation	4 to 32QAM	32 and 128QAM	4 to 256QAM with 8 ACN
Tributary Interfaces	53xE1 53xE1 + 4xE 2xSTM1 + 16xE1 + Nodal Connection 2xSTM1 + 16xE1 + 1xE + 1xGE + Nodal Connection	2xSTM1 4xSTM1 8xE1 + 2xE + 1xGE	Nx2xSTM1 Nx16xE1 Nx2xGE TDM Cross Connection capability Synchronous Ethernet Support
Maintenance Interfaces	2x10BaseT + USB + RS232 + G704 (E1)	2x10BaseT + USB + RS232	2x10BaseT + USB + G704 (E1)



IDU 1RU
up to 800 Mbps



IDU 1RU / NODAL
up to Nx800 Mbps

More versions and interfaces are available. Please contact SIAE MICROELETTRONICA.



Anexo 8 - Tipo de Configuración.

Recuperado de: http://www.digitalairwireless.com/files/SIAE-ALS-SeriesBrochure_1369146012.pdf



Anexo 9 - Tipos de Conectores.

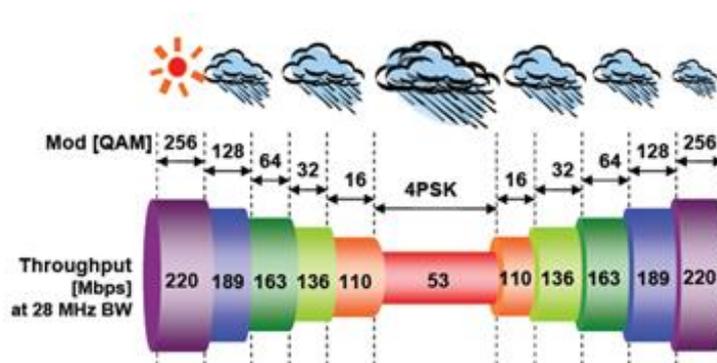
Recuperado de: <http://historiadecisco0.blogspot.pe/>

➤ Regleta DDF: E1



Anexo 10 - Montaje en rack 16 E1 coaxial.

Recuperado de: <http://historiadecisco0.blogspot.pe/>



Anexo 11 - Throughput y Modulaci3n.

Recuperado de: http://id.nec.com/en_ID/products/networking/for-network-service-providers/radio-microwave-system/pasolink-neo.html

SHORT CATALOG

TECHNICAL TABLE MICROWAVE PRODUCTS

Aggregation Platform	Connectivity
AGS20 Aggregator 6GE	25Gbps switching matrix; 2xGbE electrical; 2xGbE 2.5Gbps optical; 2xGbE Combo
AGS20 Aggregator 10GE	25Gbps switching matrix; 2xGbE electrical; up to 4xGbE 2.5Gbps optical; 4 Combo GbE POE/optical; up to 16xE1 native/PWE3; 2xSTM-1 native
AGS20 Outdoor	4xGbE with PoE; 2x2.5GbE optical

Microwave Platform	Frequency	ETSI	FCC	Modulation with ACM	Net Throughput	Connectivity
AGS20s	4/42 GHz	7/56 MHz	30/40* MHz	up to 2048 QAM	500 Mbps	2xGbE electrical 4xGbE 2.5Gbps optical; 2xGbE Combo; up to 4x E1; up to 16xE1 native/PWE3; up to 2xSTM-1 optional
ALFOplus	7/42 GHz	7/56 MHz	10/50* MHz	up to 1024 QAM	450 Mbps	2xGbE electrical/optical
ALFOplus2	6/42 GHz	2x14/112 MHz	2x20/80 MHz	up to 4096 QAM	2 Gbps	2xGbE electrical; 2xGbE SFP (2.5Gbps optical)
TL	4/13 GHz	28/40 MHz	30/40 MHz	up to 512 QAM	up to 4 Gbps	up to 16xSTM-1; up to 4xGbE
ALFOplus80 ALFOplus80HD	70/80 GHz	250/1000 MHz	250/1000 MHz	up to 64 QAM	up to 2 Gbps	2 ports: up to 2.5GbE optical or GbE electrical
EasyCell60	60 GHz	500 MHz	500 MHz	BPSK - 8 PSK	up to 1 Gbps	2xGbE electrical ports - FDD
EasyCell-N	2.6/3.5 5.4 - 5.8 GHz	10/40 MHz	10/40 MHz	256 QAM	up to 400 Mbps	True MLDs with Beamforming and Nullforming smart antenna; up to 6/12 ENs in PMP solution - TDD/OFDM

* on the supported frequency bands

SOFTWARE PRODUCTS

NMS

Network Management System

From large nation-wide networks to small/medium regional networks, the supervision and management of the installed base is fundamental for the operator to run its services.

SIAE MICROELETTRONICA NMSS network management offers immediate access to the network status, fast identification of alarms via friendly graphical interface, automated service provisioning and field proven Operations Support System (OSS) integration.



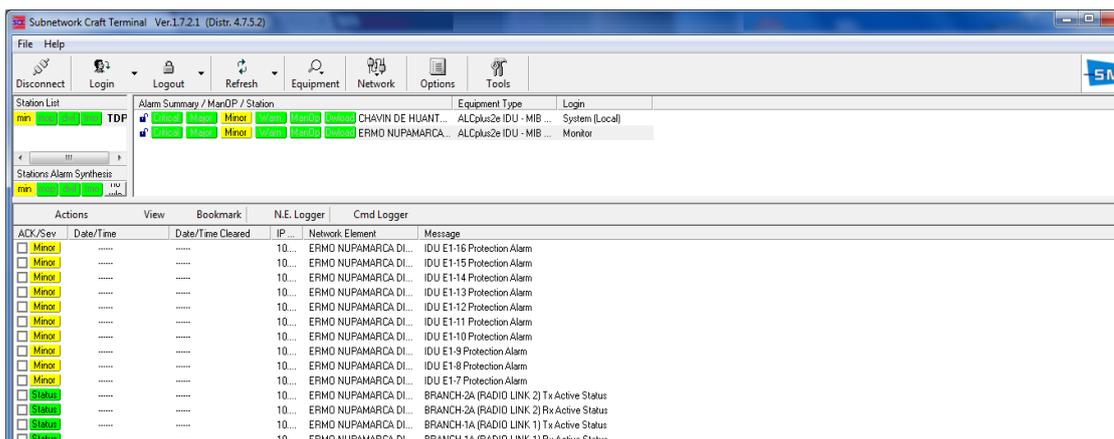
Anexo 12 - Technical Table Microwave Products.

Recuperado de:

file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/sieamic.Short%20Catalog.SC.01.15%20.pdf

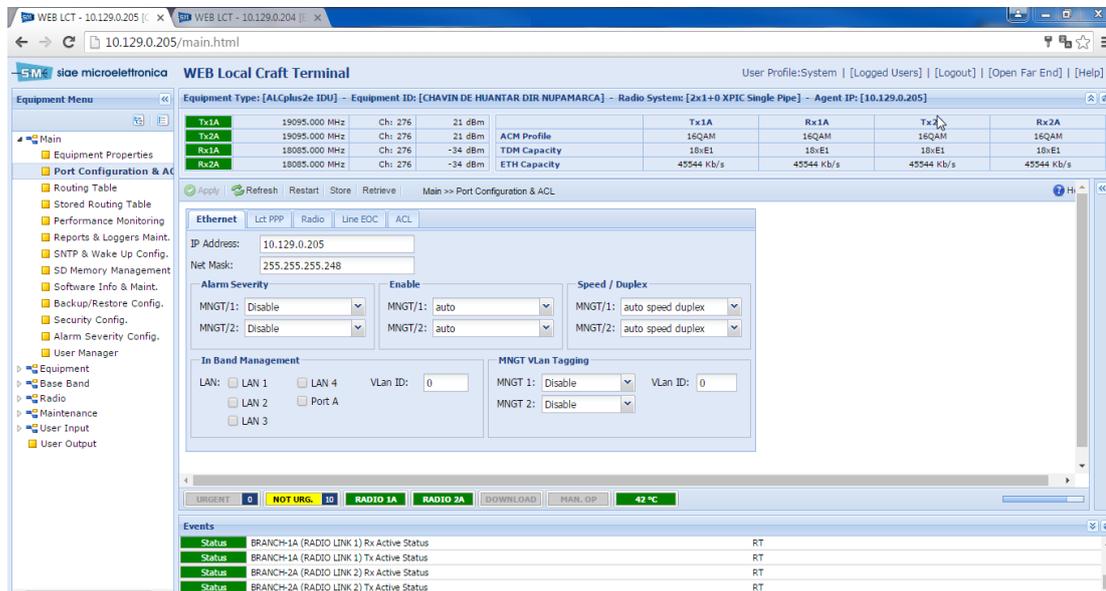
A continuación, se muestra pantallas tomadas de la configuración del enlace, mediante la IDU, el cual permitirá saber otros parámetros que tiene el enlace microondas entre las Estaciones Nupamarca y Chavín de Huantar.

➤ **Site chavín de Huantar:**



Anexo 13 – Gestión del Enlace MW.

Fuente: Elaboración Propia



Anexo 14 – IP - Gestión del Enlace MW.

Fuente: Elaboración Propia

WEB Local Craft Terminal
 Equipment Type: [ALCplus2e IDU] - Equipment ID: [CHAVIN DE HUANTAR DIR NUPAMARCA] - Radio System: [2x1+0 XPIC Single Pipe] - Agent IP: [10.129.0.205]

Equipment	Frequency	Channel	Power	ACM Profile	Tx1A	Rx1A	Tx2A	Rx2A
Tx1A	19095.000 MHz	Ch: 276	21 dBm	16QAM	16QAM	16QAM	16QAM	16QAM
Tx2A	19095.000 MHz	Ch: 276	21 dBm	16QAM	16QAM	16QAM	16QAM	16QAM
Rx1A	18085.000 MHz	Ch: 276	-34 dBm	18x1E1	18x1E1	18x1E1	18x1E1	18x1E1
Rx2A	18085.000 MHz	Ch: 276	-34 dBm	18x1E1	18x1E1	18x1E1	18x1E1	18x1E1

Destination	Net Mask	Hop	Interface	Protocol
10.129.0.200	255.255.255.248	10.129.0.205	Lan	Local
10.129.0.206	255.255.255.255	10.129.0.205	Lct	Local

Station/Equip.	IP Addr.	Type	OSI
Equipment 1	10.129.0.205	Managed By S...	
Equipment 2	10.129.0.204	Remote Link	

Events	Status	Message	RT
BRANCH-1A (RADIO LINK 1) Rx Active Status	RT		
BRANCH-1A (RADIO LINK 1) Tx Active Status	RT		
BRANCH-2A (RADIO LINK 2) Rx Active Status	RT		
BRANCH-2A (RADIO LINK 2) Tx Active Status	RT		

Anexo 15 – Rounting Table.

Fuente: Elaboración Propia

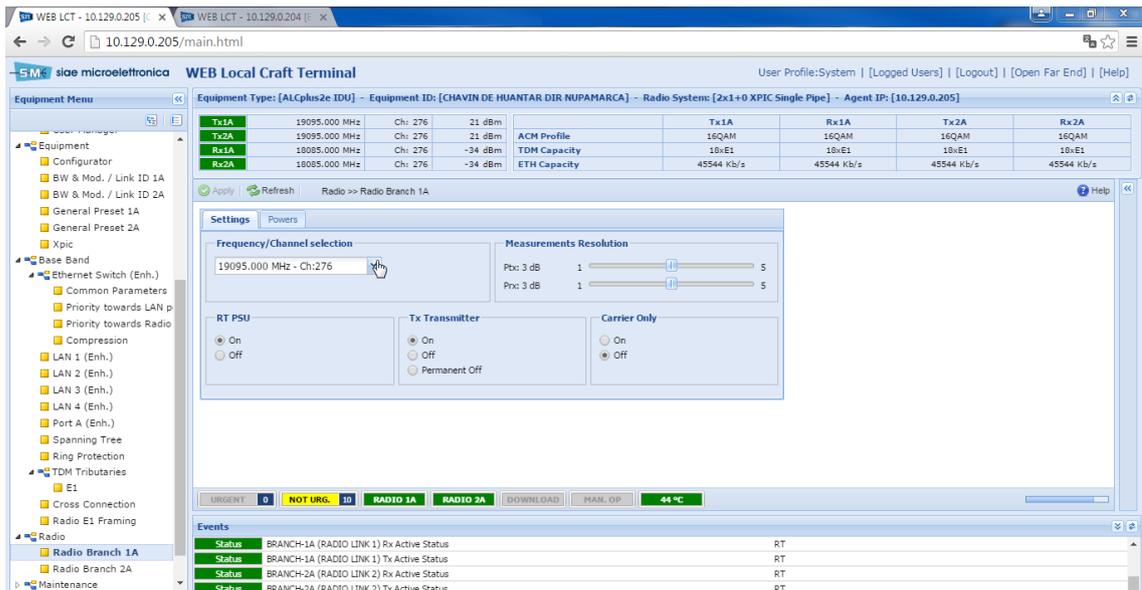
WEB Local Craft Terminal
 Equipment Type: [ALCplus2e IDU] - Equipment ID: [CHAVIN DE HUANTAR DIR NUPAMARCA] - Radio System: [2x1+0 XPIC Single Pipe] - Agent IP: [10.129.0.205]

Tributary Label	Enable	Line Loop	Internal Loop	Los Inversion	LOS Alarm	AIS Alarm
E1 1	Enable	----	----	----		
E1 2	Enable	----	----	----		
E1 3	Enable	----	----	----		
E1 4	Enable	----	----	----		
E1 5	Enable	----	----	----		
E1 6	Enable	----	----	----		
E1 7	Disable	----	----	Los Inversion		
E1 8	Disable	----	----	Los Inversion		
E1 9	Disable	----	----	Los Inversion		
E1 10	Disable	----	----	Los Inversion		
E1 11	Disable	----	----	Los Inversion		

Events	Status	Message	RT
BRANCH-1A (RADIO LINK 1) Rx Active Status	RT		
BRANCH-1A (RADIO LINK 1) Tx Active Status	RT		
BRANCH-2A (RADIO LINK 2) Rx Active Status	RT		
BRANCH-2A (RADIO LINK 2) Tx Active Status	RT		

Anexo 16 – TDM Tributarios E1.

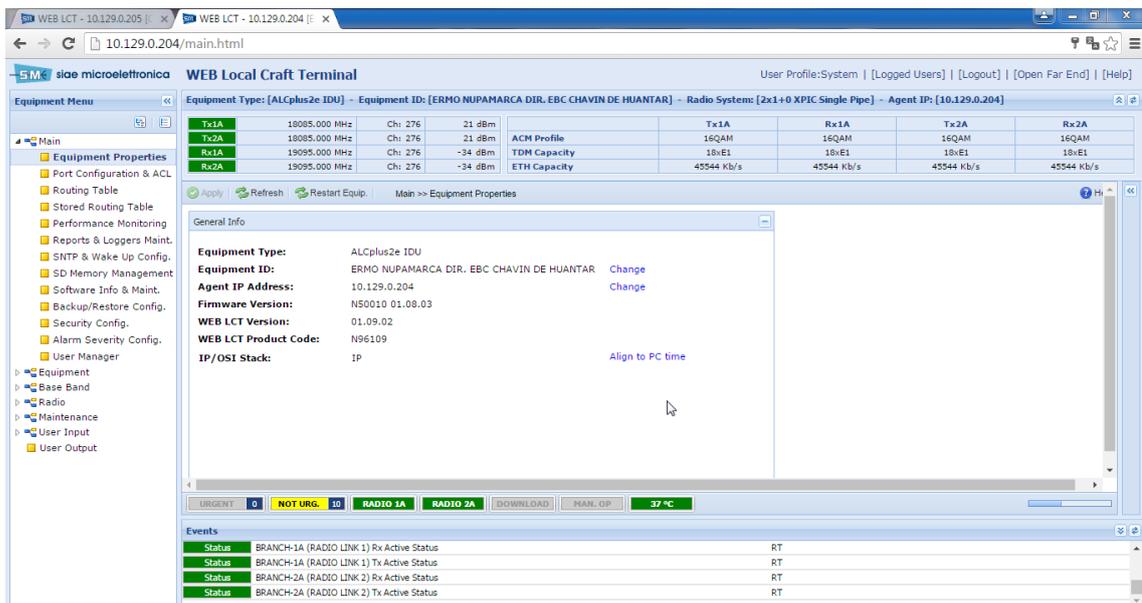
Fuente: Elaboración Propia



Anexo 17 – Frecuencia Tx y Chanel.

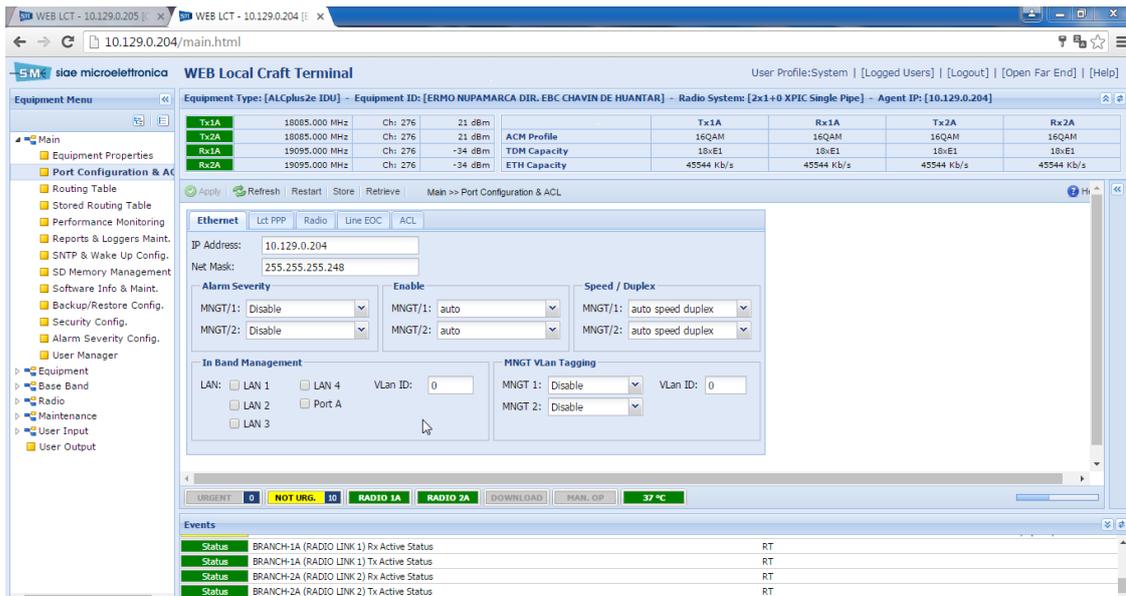
Fuente: Elaboración Propia

➤ **Site Nupamarca:**



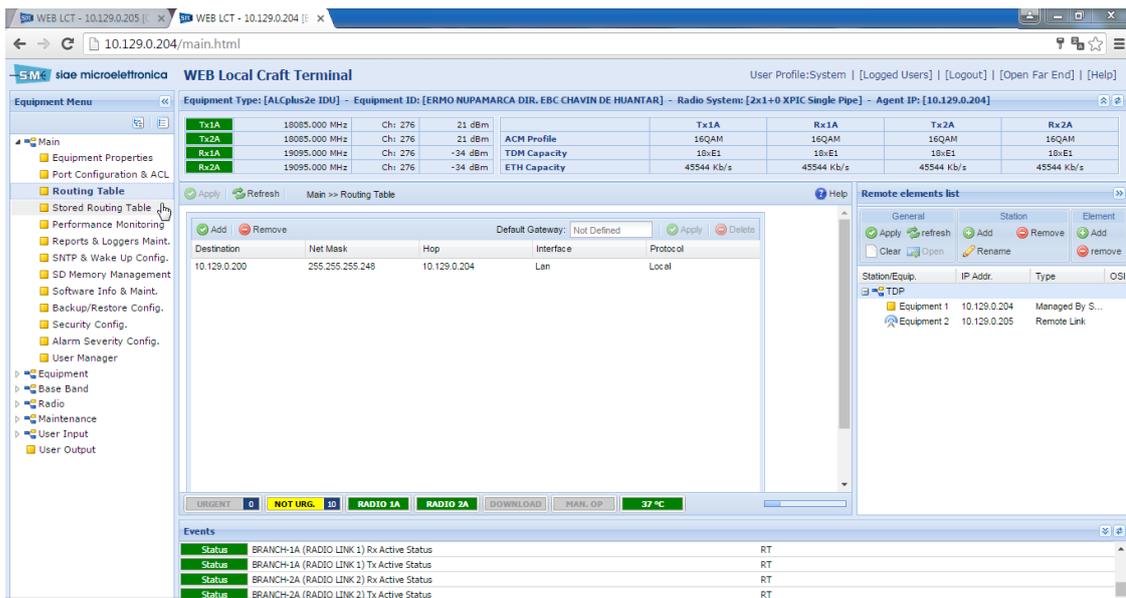
Anexo 18 – Equipment Type - Firmware Version.

Fuente: Elaboración Propia



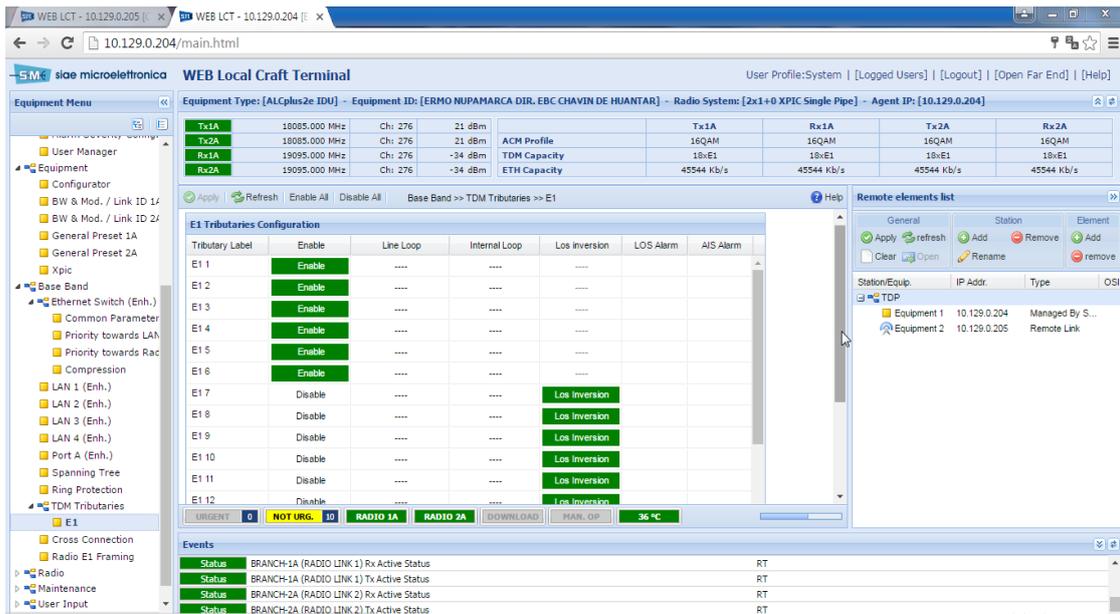
Anexo 19 – IP - Gestión del Enlace MW.

Fuente: Elaboración Propia

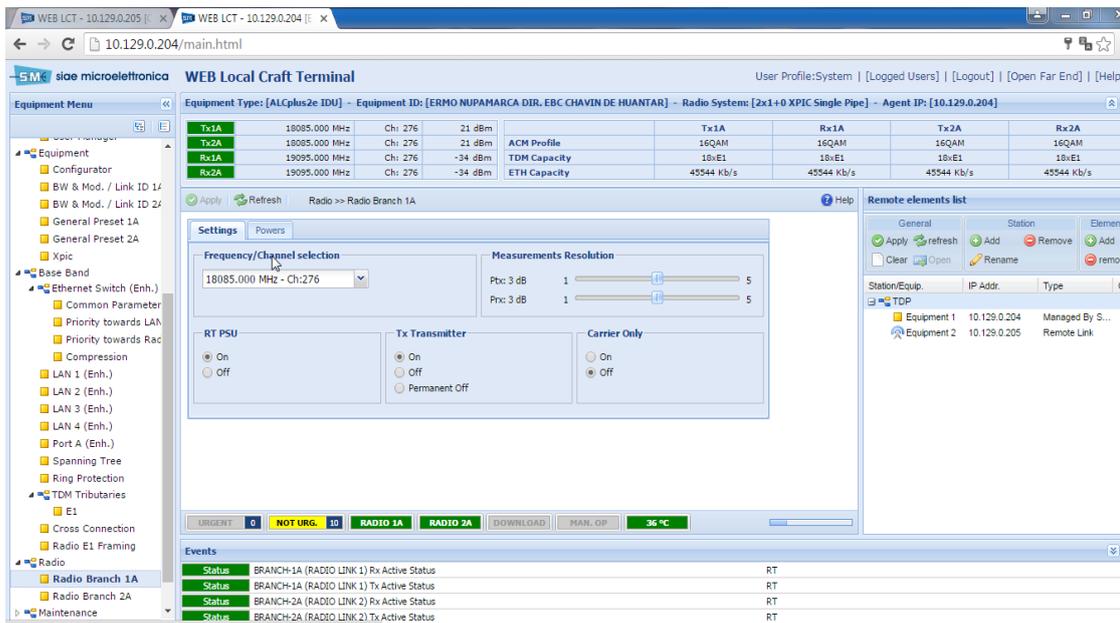


Anexo 20 – Routing Table.

Fuente: Elaboración Propia



Anexo 21 – TDM Tributarios E1.
Fuente: Elaboración Propia



Anexo 22 – Frecuencia Tx y Chanel.
Fuente: Elaboración Propia