

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,

INFORMÁTICA Y MECÁNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



INFORME TÉCNICO

**OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE NETWORKING
Y MICROONDAS DE LA RED DE ACCESO EN EL PROYECTO:
INSTALACIÓN DE BANDA ANCHA PARA LA CONECTIVIDAD INTEGRAL Y
DESARROLLO SOCIAL DE LA REGIÓN DE CUSCO Y AYACUCHO**

PRESENTADO POR:

Br. MAMANI FIGUEROA, Dahivis Marlon

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRONICO**

**EN LA MODALIDAD POR SERVICIOS A
NIVEL PROFESIONAL**

CONSEJERO:

Mgt. VELASQUEZ CURO, Milton Jhon

CUSCO-PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Operación y Mantenimiento de Sistemas de Networking y Microondas de la red de Acceso en el proyecto: Instalación de Banda Ancha para la conectividad Integral y Desarrollo Social DE la región de Cusco y Arecuzho presentado por: Dahuis Marlon Mamani Figueroa con DNI Nro.: 45633615 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Electrónico

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 30 de Julio de 2024



Firma

Post firma Milton John Velasquez Curo

Nro. de DNI 41053102

ORCID del Asesor 0000-0001-7521-8846

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:370804954

NOMBRE DEL TRABAJO

**O&M Sistemas Networking Microondas.p
df**

AUTOR

Dahivis

RECUENTO DE PALABRAS

25003 Words

RECUENTO DE CARACTERES

143389 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

171 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.5MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 30, 2024 10:22 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 30, 2024 10:24 AM GMT-5**● 8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Victoria e Hilario,

Con todo mi amor y gratitud, dedico este trabajo a ustedes. Su apoyo incondicional y su constante ánimo han sido esenciales para lograr este objetivo. Gracias por ser mi fuente de inspiración y por enseñarme la importancia del trabajo duro y la constancia.

Victoria, tu fortaleza y dedicación me han enseñado a enfrentar los desafíos con valentía. Hilario, tu sabiduría y paciencia me han guiado a lo largo de este camino. Ambos han sido mis pilares y mi refugio en los momentos de duda.

Este logro es un reflejo de los sacrificios que han hecho por mí y del amor con el que me han rodeado. Les agradezco desde lo más profundo de mi corazón por creer siempre en mí y por estar a mi lado en cada paso de este recorrido.

Con todo mi cariño y respeto,

Dahivis.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a mis padres, Victoria e Hilario, quienes, con su amor incondicional, su constante apoyo y sus sabios consejos han sido mi mayor fuente de inspiración y motivación.

A mis Docentes y compañeros de la escuela Profesional de Ingeniería Electrónica quienes con su conocimiento y camaradería han enriquecido mi experiencia académica. Su apoyo y amistad han sido una parte crucial de mi formación.

Finalmente, agradezco a todas las personas y entidades que, de alguna manera, han contribuido al desarrollo de este trabajo. A todos ustedes, mi más profundo y sincero agradecimiento.

Con gratitud,

Dahivis

INDICE

	PÁG.
RESUMEN	1
ACRÓNIMOS.....	2
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	3
1.1 Información Personal	3
1.2 Actividades principales realizadas	3
1.2.1 Actividades adicionales realizadas.....	3
1.3 Datos de la Empresa.....	4
1.4 Organigrama de la Empresa	6
1.5 Descripción del problema.....	7
1.6 Formulación del Problema	8
1.7 Objetivos	8
1.7.1 Objetivo general	8
1.7.2 Objetivos específicos.....	8
1.8 Limitaciones	9
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	10
2.1 Antecedentes	10
2.2 Definición de Banda Ancha	11
2.3 Redes de telecomunicaciones de Banda Ancha	12

2.3.1	Los enlaces de salida a internet	13
2.3.2	Red de Telecomunicaciones del ISP	13
2.4	Red de banda ancha en el Perú.....	14
2.5	Conceptos Generales sobre Radio Frecuencia.	15
2.5.1	Radiaciones electromagnéticas	15
2.5.2	Radiofrecuencia.....	15
2.5.3	Zona de Fresnel	17
2.6	Enlaces de Microondas.....	19
2.7	Diagrama de Bloques de un radio enlace Microondas	21
2.7.1	Full Indoor.....	23
2.7.2	Split unit (RF outdoors)	23
2.7.3	Full Outdoor	24
2.8	Etapas de un sistema de radio microondas.....	25
2.8.1	Interfaces de Usuario.....	25
2.8.2	Muldem (multiplexor secundario).....	26
2.8.3	Modem	26
2.8.4	Tranceptor	28
2.8.5	Circuito Derivador (Branching Circuit)	29
2.9	Parámetros a considerar para un sistema de radio enlace.	32

CAPITULO III ARQUITECTURA DE LA RED DE ACCESO DE LOS PROYECTOS	
REGIONALES EN LA REGIÓN CUSCO Y REGIÓN AYACUCHO.....	34
3.1 Nodos de la red de Acceso	35
3.2 Subsistemas de los Nodos de la Red de Acceso.....	36
3.2.1 Subsistema Infraestructura.	37
3.2.2 Subsistema de Networking.....	42
3.2.3 Subsistema Microondas.....	47
3.2.4 Subsistema de Seguridad y Video Vigilancia.	63
3.2.5 Subsistema de Energía	72
3.3 Usuarios Finales de la Red de Acceso (IAO).....	75
3.3.1 Subsistemas de los Usuarios finales de la Red de Acceso	76
3.3.2 Subsistema Microondas.....	76
3.3.3 Subsistema Networking.....	78
CAPITULO IV PROCESO DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS NETWORKING,	
MICROONDAS Y REPORTE DE ALARMAS MEDIANTE EL OFFICE TRACK.	81
4.1 Mantenimiento Correctivo	81
4.1.1 Detección del problema.....	83
4.1.2 Diagnóstico inicial y asignación de recursos	83
4.1.3 Diagnostico detallado.....	84
4.1.4 Planificación de la solución.....	84

4.1.5	Implementación de la solución.....	84
4.1.6	Verificación y validación	85
4.1.7	Documentación y análisis posterior	86
4.2	Pruebas de enlace para equipos Nokia 9500MPRe.....	86
4.3	Pruebas de enlace para equipos PTP Cambium 450i	91
4.4	Pruebas de verificación para equipos Cambium ePMP1000 y ePMP Force 18095	
4.5	Procedimiento de mantenimiento del sistema Networking.....	97
4.5.1	Procedimiento de Mantenimiento Correctivo	97
4.6	Pruebas de verificación router Nokia 7210 Sas-T.....	100
4.7	Verificación de la Correcta Operatividad de un OmniSwitch 6450 Alcatel.....	103
4.8	Pruebas de verificación Router MikroTik RB750Gr3	105
4.9	Mantenimiento Preventivo	107
4.9.1	Procedimiento de Mantenimiento Preventivo	108
4.10	Office track como herramienta de reporte de incidencia y Documentación de atenciones.....	110
4.11	Descripción de los trabajos realizados de la Orden de Trabajo (OT) 66572.	115
5.	CAPITULO V OPERACIÓN Y REPORTE DE ATENCIONES DE MANTENIMIENTO.....	138
5.1	Gestión de Recursos	139
5.1.1	Recursos Humanos.....	139

5.1.2 Recursos Financieros.....	139
5.1.3 Recursos Materiales	139
5.1.4 Automatización de tareas	140
5.2 Planificación de Mantenimiento Preventivo	140
5.2.1 Estimación de avance	140
5.2.2 Elaboración de cronograma de actividades.....	141
5.3 Planificación de Mantenimiento Correctivo	145
CONCLUSIONES	148
RECOMENDACIONES.....	149
REFERENCIAS.....	150
ANEXOS	152

INDICE DE FIGURAS

	PÁG.
Figura 1 <i>Logo de Telrad</i>	5
Figura 2 <i>Organigrama Telrad</i>	6
Figura 3 <i>Ancho de banda en Otros Países</i>	12
Figura 4 <i>Estructura de redes de banda ancha para el acceso a internet</i>	13
Figura 5 <i>Espectro Electromagnético</i>	15
Figura 6 <i>Espectro Radioeléctrico</i>	16
Figura 7 <i>Onda Electromagnética</i>	17
Figura 8 <i>Zona de Fresnel</i>	18
Figura 9 <i>Configuración de enlaces Microondas</i>	20
Figura 10 <i>Uso de duplexores y circuladores para la separación de señales</i>	21
Figura 11 <i>Diagrama de bloque del sistema de radio enlaces</i>	22
Figura 12 <i>Distribución full Indoor</i>	23
Figura 13 <i>Distribución Split unit</i>	24
Figura 14 <i>Distribución Full Outdoor</i>	25
Figura 15 <i>Arreglo Hot Standby</i>	30
Figura 16 <i>Arreglo de diversidad de frecuencia</i>	31
Figura 17 <i>Arreglo de diversidad de espacio</i>	32
Figura 18 <i>Arquitectura de la red de Acceso</i>	34
Figura 19 <i>Plano de arquitectura de distribución de un nodo distrital (Referencial)</i>	35
Figura 20 <i>Infraestructura de un nodo de acceso</i>	36
Figura 21 <i>Diagrama de conexión sistema Networking y Microondas</i>	36
Figura 22 <i>Shelter de un nodo Distrital</i>	37

Figura 23 <i>Rack de un nodo distrital</i>	38
Figura 24 <i>Distribución de equipos en el rack</i>	39
Figura 25 <i>Escalerilla para cableado estructurado</i>	40
Figura 26 <i>Cerco de un nodo terminal</i>	40
Figura 27 <i>Torre Autosoportada</i>	41
Figura 28 <i>Sistema de Puesta a Tierra</i>	42
Figura 29 <i>Router Nokia 7210 Sas-T</i>	43
Figura 30 <i>OS6450 de 24 Puertos</i>	44
Figura 31 <i>Especificaciones técnicas OS 6450-24</i>	46
Figura 32 <i>Fuente de Alimentación OS6450</i>	47
Figura 33 <i>MPT-HC-HQAM de alta frecuencia con diplexor interno</i>	49
Figura 34 <i>Poe Injector Box Nokia</i>	51
Figura 35 <i>Data Sheet Antena Tongyu</i>	51
Figura 36 <i>Cambium 450i Integrada y Conectorizada</i>	52
Figura 37 <i>Data sheet PTP cambium 450i</i>	54
Figura 38 <i>Supresor de pico GE</i>	55
Figura 39 <i>Poe Tycon Power 40-60VDC Input</i>	57
Figura 40 <i>ePMP1000 Cambium Conectorizado</i>	59
Figura 41 <i>Antena omnidireccional HG5158DP-13U</i>	60
Figura 42 <i>Antena sectorial Cambium C050900D021A</i>	61
Figura 43 <i>Procet - Inyector PoE</i>	62
Figura 44 <i>Diagrama de Sistema de seguridad y Video Vigilancia</i>	63
Figura 45 <i>Controladora de seguridad AIO</i>	64

Figura 46 <i>Camara Ptz Dahua DH-SD59230I-HC-S3</i>	65
Figura 47 <i>Cámara Bullet dahua DH-HAC-B1A21P-0280B</i>	66
Figura 48 <i>Switch PoE Dahua DH-PFS3106-4ET-60</i>	67
Figura 49 <i>Sensor de aniego AIO</i>	68
Figura 50 <i>sensor de 90° Towe-20AM</i>	68
Figura 51 <i>Sensor de humo AIO</i>	69
Figura 52 <i>Sensor Magnetico ES-155</i>	70
Figura 53 <i>Sirena</i>	70
Figura 54 <i>Lector RFID KR500</i>	71
Figura 55 <i>Cerradura Electromagnética Seco-larm</i>	72
Figura 56 <i>Distribución de ITM en Power Core</i>	73
Figura 57 <i>Rectificador Flatpack2 48V HE 2000W</i>	74
Figura 58 <i>Bancos de batería nodo terminal</i>	75
Figura 59 <i>Diagrama de interconexión de Red IAO</i>	76
Figura 60 <i>ePMP Force 180</i>	78
Figura 61 <i>router Mikrotik RB750Gr3</i>	80
Figura 62 <i>Proceso de mantenimiento Correctivo Microondas</i>	82
Figura 63 <i>Verificación del estado de alarmas</i>	87
Figura 64 <i>Verificación de estado de alarmas del lado remoto</i>	87
Figura 65 <i>Niveles de potencia de enlace</i>	88
Figura 66 <i>Parámetros de Modulación</i>	89
Figura 67 <i>Nivel de potencia de Tx y Rx Local</i>	89
Figura 68 <i>Temperatura de equipo</i>	90

Figura 69 Verificación de los contadores de modulación.....	90
Figura 70 Verificación de la eficiencia del enlace	91
Figura 71 Trayectoria y Modulación QPSK	92
Figura 72 Niveles de potencia de Tx y Rx	93
Figura 73 Verificación resultados BER	94
Figura 74 Verificación de parámetros de enlace	95
Figura 75 Parámetros Inalámbricos	95
Figura 76 Test de Velocidad	96
Figura 77 Análisis de Espectro	97
Figura 78 Interface Putty	101
Figura 79 Verificación de arranque Timos	101
Figura 80 Conexión a la consola	106
Figura 81 Verificación de tareas mediante el office Track Movil	111
Figura 82 Verificación de Estado de la atención.....	112
Figura 83 Llenado de información en campo	113
Figura 84 Reportes generación por el Office Track	114
Figura 85 Ticket de Escalamiento de Avería	115
Figura 86 Localización del nodo Chuvivana	117
Figura 87 Niveles de Potencia de Rx antes de la afectación	118
Figura 88 Asignación de atención	119
Figura 89 Revisión del sistema de Energía.....	120
Figura 90 Revisión de estado de alarmas en Smart Pack.....	121
Figura 91 Medición de tensión en Omni Switch	122

Figura 92 <i>Medición de tensión en POE Injector</i>	123
Figura 93 <i>Revisión de conectores y cableado en Torre</i>	124
Figura 94 <i>Radio con parámetros por default</i>	127
Figura 95 <i>Verificación de la versión del equipo</i>	127
Figura 96 <i>Verificación de la Negociación del equipo</i>	128
Figura 97 <i>Configuración de parámetros del enlace</i>	129
Figura 98 <i>Asignación de parámetros del enlace TX</i>	130
Figura 99 <i>Asignación de IP</i>	130
Figura 100 <i>Diagrama de conexión de PTP Cambium 450i</i>	131
Figura 101 <i>Conexión al equipo PTP Cambium 450i</i>	132
Figura 102 <i>Revisión de parámetros PTP Cambium 450i</i>	132
Figura 103 <i>Asignación de parámetros Generales</i>	133
Figura 104 <i>Asignación de Ip</i>	134
Figura 105 <i>Asignación de Frecuencia, ancho de canal, color code</i>	134
Figura 106 <i>Asignación de Credenciales</i>	135
Figura 107 <i>Asignación de VLAN</i>	135
Figura 108 <i>Verificación de aterramientos</i>	136
Figura 109 <i>Estimación de avance por día</i>	141
Figura 110 <i>Elaboración de Cronogramas Anual</i>	142
Figura 111 <i>Estimación de avance por Mes</i>	142
Figura 112 <i>Planificación de avance visualización por mes</i>	143
Figura 113 <i>Cronograma periodo 2021-2022</i>	144
Figura 114 <i>cronograma de mantenimiento preventivo periodo 2023-2024</i>	145

Figura 115 <i>Numero de atenciones por mes</i>	146
Figura 116 <i>Atenciones por mes de sistemas Networking y Microondas</i>	147
Figura 117 <i>Cuadrillas De O&M</i>	152
Figura 118 <i>Trabajos de supervisión de la Red</i>	153
Figura 119 <i>Trabajos de supervisión de la red</i>	153
Figura 120 <i>Trabajos Microondas</i>	154
Figura 121 <i>Trabajos Networking</i>	155
Figura 122 <i>Trabajos de Mantenimiento Preventivo</i>	156

INDICE DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 1 <i>Histórico de alarmas Nodo Chuvivana</i>	118
Tabla 2 <i>Tiempo de Respuesta</i>	146

RESUMEN

El Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL) es un programa implementado en Perú para promover la inclusión digital y disminuir la disparidad tecnológica en áreas rurales y de difícil acceso. El presente informe técnico tiene como objetivo principal dar a conocer las actividades realizadas para el manejo de la Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Networking y Microondas de la red de Acceso en el Proyecto: “Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo Social de la Región de Cusco y Ayacucho”. Actividades como operación, mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, soporte y gestión de recursos que permiten garantizar que la infraestructura de red instalada en Ayacucho y Cusco, funcione de manera óptima para proporcionar servicios de telecomunicaciones confiables a la población local. Se describen procesos de la operación que involucra acciones en equipos de telecomunicaciones como torres, antenas, equipos de transmisión, para asegurar que todos los componentes estén activos y operando dentro de los parámetros adecuados para mantener la conectividad. También como parte de la operación se realiza Gestión de recursos humanos, técnicos y financieros necesarios para ejecutar las actividades de operación y mantenimiento de manera eficiente y sostenible. En caso de fallos o problemas detectados se describe el proceso de mantenimiento correctivo para restaurar rápidamente el servicio, esto puede incluir procedimiento de detección de fallas, reemplazo de equipos defectuosos, configuración y pruebas de operatividad de equipos dentro de un SLA (tiempo de solución de avería).

PALABRAS CLAVE:

“Operación”, “Mantenimiento”, “Networking”, “Microondas”, “Soporte”

ACRÓNIMOS

LOS: Line of Sight (Línea de Vista)

NLOS: Non-Line of Sight (Sin Línea de Vista)

PTP: Point-to-Point (Punto a Punto)

PMP: Point-to-Multipoint (Punto a Multipunto)

EIRP: Effective Isotropic Radiated Power (Potencia Radiada Isotrópica Efectiva)

BER: Bit Error Rate (Tasa de Errores de Bit)

FEC: Forward Error Correction (Corrección de Errores Adelantada)

QoS: Quality of Service (Calidad de Servicio)

FDD: Frequency Division Duplex (Dúplex por División de Frecuencia)

TDD: Time Division Duplex (Dúplex por División de Tiempo)

SNR: Signal-to-Noise Ratio (Relación Señal/Ruido)

RSSI: Received Signal Strength Indicator (Indicador de Intensidad de Señal Recibida)

RSL: Received Signal Level (Nivel de Señal Recibida)

IF: Intermediate Frequency (Frecuencia Intermedia)

RF: Radio Frequency (Frecuencia de Radio)

ETSI: European Telecommunications Standards Institute (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones)

ITU: International Telecommunication Union (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

MIMO: Multiple Input Multiple Output (Múltiple Entrada Múltiple Salida)

HPA: High Power Amplifier (Amplificador de Alta Potencia)

LNA: Low Noise Amplifier (Amplificador de Bajo Ruido)

CAPITULO I:

ASPECTOS GENERALES

1.1 Información Personal

Noviembre del 2020 inicio actividades en la empresa Telrad Perú SA, encargada de prestar el servicio de gestión de la red de transporte y Acceso en la región Cusco, Huancavelica, Ayacucho e Ica, subvencionado por el FITEI y adjudicado al consorcio GILAT, paso a formar parte del área de Operación y Mantenimiento, desempeñado funciones en la región de Cusco como personal de campo, actividad que consistía en salir a atender las averías de microondas, Networking, energía y seguridad presentadas en la red, luego asumiendo el cargo de Especialista de Planta Interna actividad que consistía en brindar soporte remoto y capacitaciones al personal de campo en las atenciones diarias de averías, en el mes de Julio del 2023 se me destaca a la región de Ayacucho como supervisor de Operaciones asumiendo funciones de supervisión, gestión de recursos, planificación de actividades y soporte al personal de campo para así poder garantizar una red estable y cumpliendo con todos los estándares solicitados por el cliente.

1.2 Actividades principales realizadas

Una de ellas fue identificar, resolver fallas y brindar orientación en los sistemas Networking y microondas en la red de acceso al personal técnico en campo que lo necesiten a través de diversos canales, con la finalidad de reanudar la operatividad lo más pronto.

1.2.1 Actividades adicionales realizadas

- Realizar seguimiento a las órdenes de trabajo generadas por caída de sistema Networking, Microondas, energía y seguridad en la de acceso.

- Diagnostico e identificación de fallas en los sistemas de Networking, Microondas, energía y seguridad en la red de acceso.
- Cumplimiento y revisión de los protocolos de montaje y cambio de equipos.
- Configuración de equipos PTP NOKIA MPR9500, Wavence UBT-S, Cambium 450i y Alfo Plus.
- Configuración de equipos PMP Cambium ePMP 1000, ePMP 3000, Force 180 y Force 200.
- Configuración de equipos Router Nokia 7210 SAS-Mxp, Alcatel OS6450
- Elaboración de informes de trabajo de acuerdo a los requerimientos del cliente.
- Cumplir con los KPI indicados en el contrato con el cliente.
- Asegurar la atención de las averías presentadas dentro de los tiempos estipulados (SLA).
- Elaborar y revisar procedimientos e instructivos de mantenimiento.

1.3 Datos de la Empresa

Telrad Networks es una corporación israelí que elabora artículos, prestaciones y alternativas tecnológicas para el ámbito de las telecomunicaciones, interviniendo en iniciativas que actualmente suministran prestaciones a millones de clientes finales a nivel global.

Telrad Perú S.A. con RUC 20554290818, es una empresa que fue incorporada en Perú el 28 de agosto del 2013, actualmente cuenta con más de una década en la industria de telecomunicaciones. Realiza proyectos de diseño, construcción, mantenimiento de sitios y antenas de telecomunicaciones en más de 15 regiones del país y forma parte de Telrad Networks.

Telrad presta servicio de Operación y Mantenimiento de la Red de Transporte y Acceso, requeridos para la correcta operación del Proyecto “Instalación de Banda Ancha para la

Conectividad Integral y Desarrollo Social de la Región de Ayacucho y Cusco”, subvencionado por el FIDEL y adjudicado al consorcio GILAT.

Figura 1

Logo de Telrad

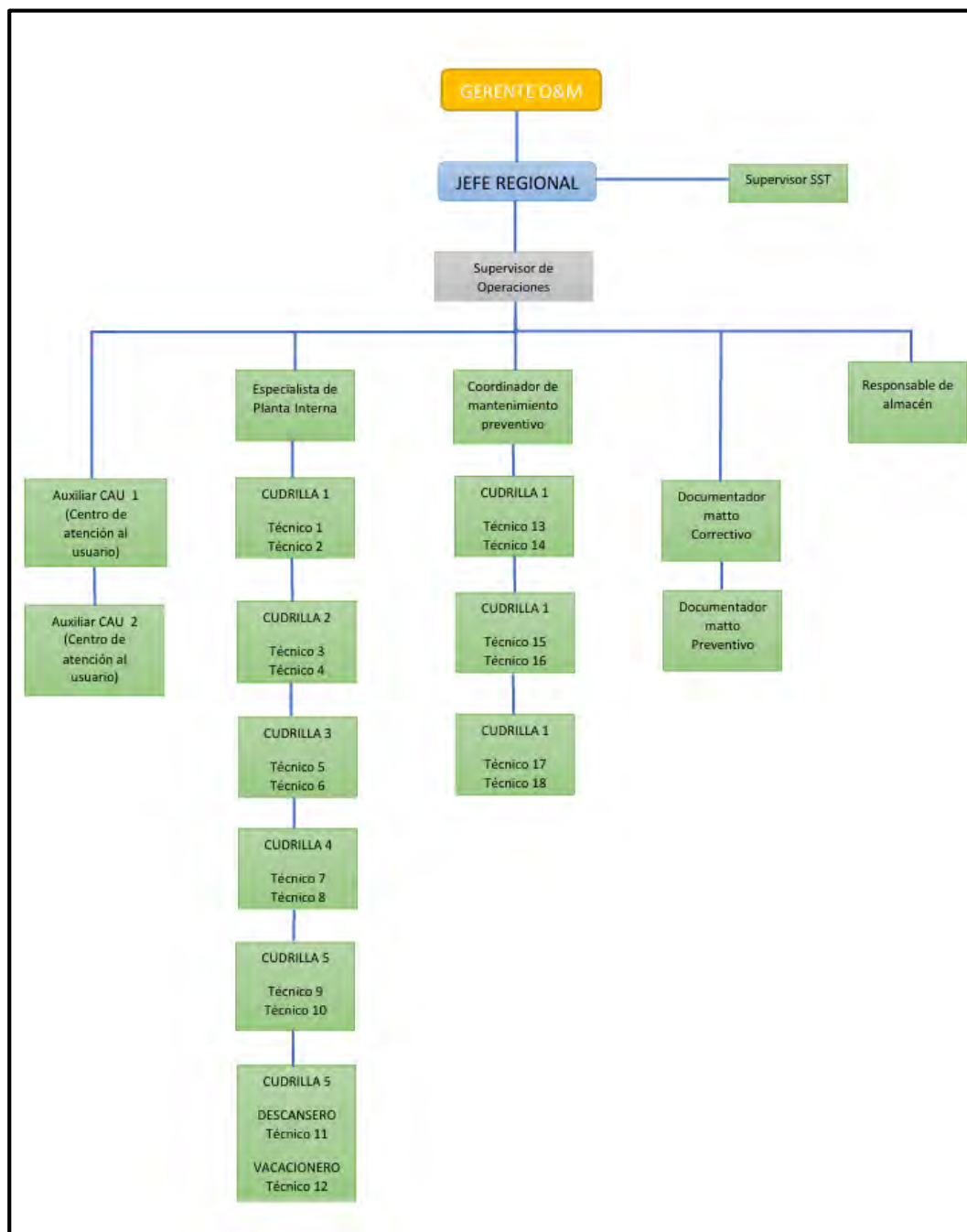


Nota. Información extraída de la página Telrad.

1.4 Organigrama de la Empresa

Figura 2

Organigrama Telrad



Nota. Elaboración propia.

1.5 Descripción del problema

Debido a la diversidad geográfica que poseen las regiones del Perú, se ha identificado una brecha digital en las áreas rurales de todo el país, es así que PRONATEL (Programa Nacional de Telecomunicaciones) ejecuta en las regiones de Cusco y Ayacucho un proyecto de "Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo". Más allá de la implementación inicial de infraestructuras de telecomunicaciones avanzadas, reside la necesidad crítica de garantizar la actividad continua y la preservación efectiva de estas infraestructuras de acceso. Este aspecto es fundamental para asegurar que los beneficios de la conectividad digital perduren y se maximicen en beneficio de las comunidades locales.

Las redes de acceso son la columna vertebral de la conectividad moderna. En el contexto de este proyecto, la instalación de fibra óptica y tecnologías inalámbricas avanzadas representa un avance significativo hacia la reducción de la brecha digital. No obstante, la verdadera medida del éxito radica en la capacidad de estas infraestructuras para operar de manera confiable y eficiente a lo largo del tiempo.

El mantenimiento de las redes de acceso abarca una variedad de elementos tecnológicos y funcionales que deben ser cuidadosamente planificados y ejecutados. Desde la gestión proactiva de la calidad del servicio hasta la rápida respuesta ante fallos o interrupciones, cada detalle cuenta para asegurar una comunicación fluida y sin interrupciones para los usuarios finales. Esto es particularmente crucial en áreas geográficamente desafiantes como las montañas de Cusco y Ayacucho, donde las condiciones climáticas extremas y la topografía accidentada pueden afectar la infraestructura física.

La capacitación y el desarrollo de habilidades locales son otro componente esencial del mantenimiento efectivo de las redes de acceso. A medida que se despliegan estas tecnologías

avanzadas, es imperativo empoderar a la comunidad local con los conocimientos necesarios para la operación básica, el monitoreo y la resolución de problemas menores. Esto no solo promueve la autosuficiencia y el empleo local, sino que también fortalece la resiliencia de las redes ante posibles desafíos técnicos.

En resumen, el éxito del proyecto de "Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo" no solo depende de la construcción inicial de infraestructuras avanzadas, sino también de la capacidad de operar y mantener estas redes de acceso de manera eficiente y segura a largo plazo. Este enfoque integral no solo fortalece la infraestructura tecnológica, sino que también potencia el desarrollo socioeconómico sostenible en las regiones de Cusco y Ayacucho, promoviendo un futuro digital inclusivo y próspero para todos sus habitantes.

1.6 Formulación del Problema

Se ha desplegado e implementado la red de acceso de banda ancha en las regiones de Cusco y Ayacucho a nivel de infraestructura y equipamiento; es allí que surge la necesidad de garantizar la operación y mantenimiento efectivo y eficiente de esta red para brindar un servicio confiable y de calidad a largo plazo.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Describir los procedimientos de mantenimiento correctivo y preventivo que se aplican como parte de la Operación y Mantenimiento de la red de Acceso de banda ancha, minimizando el tiempo de inactividad y maximizando la cobertura de servicio.

1.7.2 Objetivos específicos

1. Revisar los principios básicos y las tecnologías utilizadas dentro de la red de acceso de banda ancha en las regiones de Cusco y Ayacucho.

2. Explicar la arquitectura de los sistemas de Microondas y Networking en los nodos de acceso y usuarios finales.
3. Mostrar los procesos de atenciones, como parte de mi experiencia profesional, para la solución de averías y mantenimientos preventivos a los equipos de Microondas y Networking que conforman la red de Acceso operada por Telrad en las regiones de Cusco y Ayacucho,
4. Mostrar detalles del proceso de gestión de recursos para la operación y mantenimiento de la red, buscando eficiencias y optimización en la gestión de presupuestos y recursos técnicos.

1.8 Limitaciones

Durante el desarrollo del presente informe existieron algunas limitaciones, las cuales tienen incidencia en el presente informe y es necesario indicar:

- a) La implementación y diseño de la red estuvo a cargo de otra contrata, razón por la cual no se tiene actualizado los planos.
- b) Los parámetros de configuración de los diferentes equipos que se mencionan son referenciales, ya que por motivos de autoría y seguridad de la red no se muestran a detalle.
- c) Acceso restringido a la información del monitoreo de la red, esta actividad se encuentra a cargo de otra contrata.
- d) En el proceso de atención de alarmas dentro de la operación y mantenimiento se presentan una gran diversidad de casuísticas que originan una alarma y cada una con su particularidad, motivo por el cual no se detallan todas, pero si las más recurrentes.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

López (2018), desarrollo en su estudio denominado Mantenimiento preventivo y correctivo a servidores a través de manuales de procedimientos en una organización gubernamental ,dada en Universidad Autónoma del Estado de México, cuyo objetivo primordial se basó en un análisis de fallas para llevar a cabo cuidados anticipados y correctivos en servidores, basado en directrices operativas usadas en entidades gubernamentales, se concluye que los cuidados anticipados y correctivos mediante directrices operativas son cruciales para cualquier entidad. Estas directrices permiten optimizar los recursos humanos y financieros al estandarizar procedimientos y conservar el conocimiento organizacional, obteniendo información de errores y fallos a lo largo del tiempo.

Camacho (2012), realizo un trabajo de investigación Modelo para la operación y mantenimiento de redes de acceso inalámbrico para servicios móviles., dada en Universidad ICESI de Santiago de Cali, cuyo objetivo principal fue formular y validar un modelo de operación y mantenimiento para redes de acceso inalámbrico para servicios móviles, apoyándose en las mejores prácticas de los marcos de referencia eTOM (enhanced Telecom Operations Map), ITIL (IT Infrastructure Library) y COBIT (Control Objectives for Information and related Technology) donde una de las conclusiones es que el modelamiento desarrollado muestra la importancia que tiene definir el área de negocio sobre la que se desea efectuar el mejoramiento y la forma como a ella se pueden integrar las propuestas de marcos de referencia como eTOM, ITIL y COBIT.

Casas (2019), realizo un trabajo de investigación Optimización del control de los procesos de operación y mantenimiento para una empresa de telecomunicaciones, dada en Universidad Nacional del Callao, cuyo objetivo principal fue Identificar y especificar los Principios, Estándares

y Herramientas que resulten necesarios para lograr el cumplimiento óptimo del SLA de soporte técnico de la empresa M&N Multiservicios Generales S.A.C, a la Unidad de Servicio HELPDESK de equipos de NOKIA, para los servicios de la proveedora de telecomunicaciones CLARO, a nivel Nacional, donde una de las conclusiones es que la necesidad de optimizar, en el ámbito de las empresas de Mantenimiento y Soporte Técnico, como M&N Multiservicios Generales S.A.C, a cargo del control de las fallas en los procesos de operación y mantenimiento requeridos por las grandes empresas de Telecom de alcance nacional, como CLARO. Los empresarios comprenden cómo funcionar económicamente en cualquier mercado, pero son escasos los que pueden MEJORAR al máximo sus operaciones completas. Esta capacidad es ahora esencial para mantener la competitividad en el mercado de telecomunicaciones en los próximos años, especialmente con la progresiva desaparición a corto plazo de las conexiones y dispositivos analógicos, y el creciente desarrollo de conexiones digitales de alta velocidad entre los consumidores.

2.2 Definición de Banda Ancha

La banda ancha se define como una tecnología de comunicación que facilita la transferencia de información a velocidades elevadas y en grandes cantidades a través de un medio de transmisión y es fundamental para el acceso rápido a internet y otros servicios digitales.

Técnicamente, la banda ancha se caracteriza por tener una capacidad de transmisión de datos considerablemente mayor que la proporcionada por las tecnologías de acceso a internet más antiguas, como la conexión dial-up. Esto permite a los usuarios cargar y descargar información rápidamente.

En Perú, aunque no se ha adoptado oficialmente una definición específica de banda ancha, para propósitos estadísticos se ha considerado como accesos de banda ancha aquellas conexiones

que ofrecen velocidades de transferencia de datos mayores que las alcanzadas por las conexiones vía dial-up, tanto por cable como de manera inalámbrica. (**Gobierno del Perú, Plan nacional de la banda ancha en el Perú, 2011**).

La UIT (Unidad Internacional de telecomunicaciones) define la banda ancha como aquellas conexiones que tienen una velocidad de descarga de al menos 256 Kbps. A continuación, se presenta una comparación a nivel internacional.

Figura 3

Ancho de banda en Otros Países

País/Organismo	Velocidad de banda ancha
UIT	256 Kbps en el Downlink, incluye banda ancha fija y banda ancha móvil.
OCDE	256 Kbps en el Downlink
Brasil: Ministerio de Comunicaciones (1)	El acceso al flujo del tráfico que permita a los consumidores individuales o corporativos, fijos o móviles, disfrutar con calidad un conjunto de servicios y aplicaciones de voz, datos y video.
Canadá: Radio-Television and Telecommunications Commission (2)	1.5 Mbps en el Downlink, incluye Cablemodem, ADSL y banda ancha móvil.
Colombia: Comisión de Regulación (3)	1024Kbps en el Downlink y 512Kbps en el Uplink (Velocidad Efectiva), ya sea para banda ancha alámbrica como inalámbrica
Ecuador: Consejo Nacional de Telecomunicaciones (4)	256 en el Downlink y 128 en el Uplink (Velocidad Efectiva)
Estados Unidos: Federal Communications Commission (5)	4 Mbps en downstream 1 Mbps en upstream
India: Telecom Regulatory Authority (6)	512Kbps en el Downlink, y 256 en el Uplink, incluye banda ancha alámbrica e inalámbrica.
Noruega: Norwegian Post and Telecommunications Authority (7)	640Kbps de velocidad percibida en el Downlink y 128 Kbps en el Uplink

Nota. Información extraída de GPR-OSIPTTEL

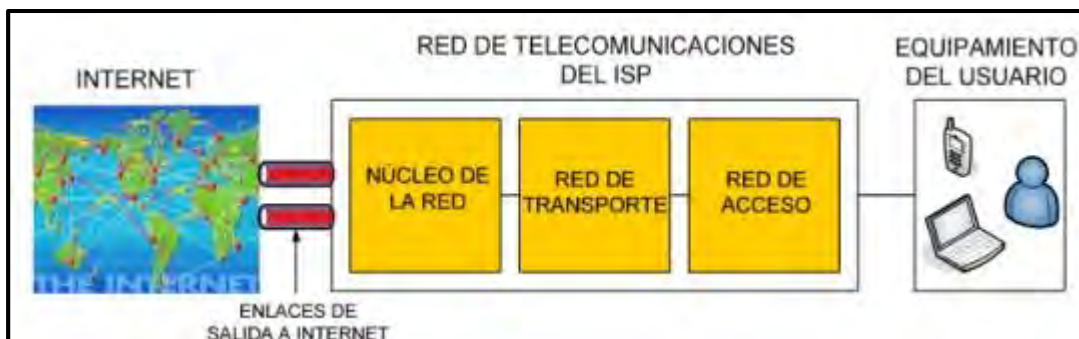
2.3 Redes de telecomunicaciones de Banda Ancha

Una red de banda ancha se trata de una red de comunicación que facilita la transferencia de grandes cantidades de información a velocidades elevadas. Este tipo de red facilita el acceso

rápido a internet y soporta una variedad de servicios digitales. Utiliza tecnologías que pueden incluir cable coaxial, fibra óptica, microondas, y líneas DSL (Digital Subscriber Line), dependiendo de la disponibilidad y la infraestructura de cada región.

Figura 4

Estructura de redes de banda ancha para el acceso a internet



Nota. Información extraída de GPR-OSIPTTEL

2.3.1 Los enlaces de salida a internet

Son enlaces rápidos que posibilitan la unión de la red de telecomunicaciones de un proveedor de servicios de internet con la red mundial de la red. En líneas generales, hay dos categorías de enlaces:

- **Enlaces Internacionales:** Estos conectan naciones y continentes mediante cables submarinos de fibra óptica.
- **Enlaces Locales:** Estos comunican con los nodos de intercambio de tráfico local, también llamados puntos de acceso a la red o NAP (Network Access Points). Generalmente, estos enlaces también utilizan fibra óptica.

2.3.2 Red de Telecomunicaciones del ISP

Este compuesto por:

- **Núcleo de red:** Se basa principalmente en redes y dispositivos de enrutamiento de paquetes de gran capacidad y rapidez, que permiten centralizar el flujo de información de todos los usuarios de la red y direccionan los datos hacia y desde Internet mediante conexiones globales.
- **Red de transporte:** Se refiere a la estructura, los medios de transferencia y los dispositivos fundamentales para llevar señales de telecomunicaciones. Este sistema está formado por conexiones que unen diversas zonas dentro de una urbe, así como diferentes zonas y distritos del país, empleando mayormente tres tipos de vías de transporte: fibra óptica, conexiones de microondas y enlaces vía satélite.
- **Red de Acceso:** Está constituido por la estructura, dispositivos de comunicación y medios de entrada necesarios para unir los dispositivos de los usuarios con la red. Esta posee un alcance restringido, típicamente dentro de un área limitada de pocos kilómetros, frecuentemente dentro de un único distrito.

2.4 Red de banda ancha en el Perú

Ley N.º 29904, Ley de Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica. Con fecha 20 de julio del 2012, se publicó en el diario oficial “El Peruano”, la Ley N.º 29904, llamada “Ley de Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica”. Mediante la ley, se proclama de necesidad general y relevancia nacional la edificación de una Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO), es así que el estado Peruano comenzó un significativo esfuerzo para mejorar la infraestructura nacional de red de banda ancha con el objetivo de extender el uso de Internet en todo el país. Como parte de este impulso, en 2016 se puso en funcionamiento la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO) y más tarde se desarrollaron los 21 Proyectos Regionales de Banda Ancha, sumando en

total más de 40 mil kilómetros de cable de vidrio en redes de transporte, distribución y entrada. No obstante, para mayo de 2021, solo el 3.2% de estas redes están en uso. (Gobierno del Perú, Plan nacional de la banda ancha en el Perú, 2011).

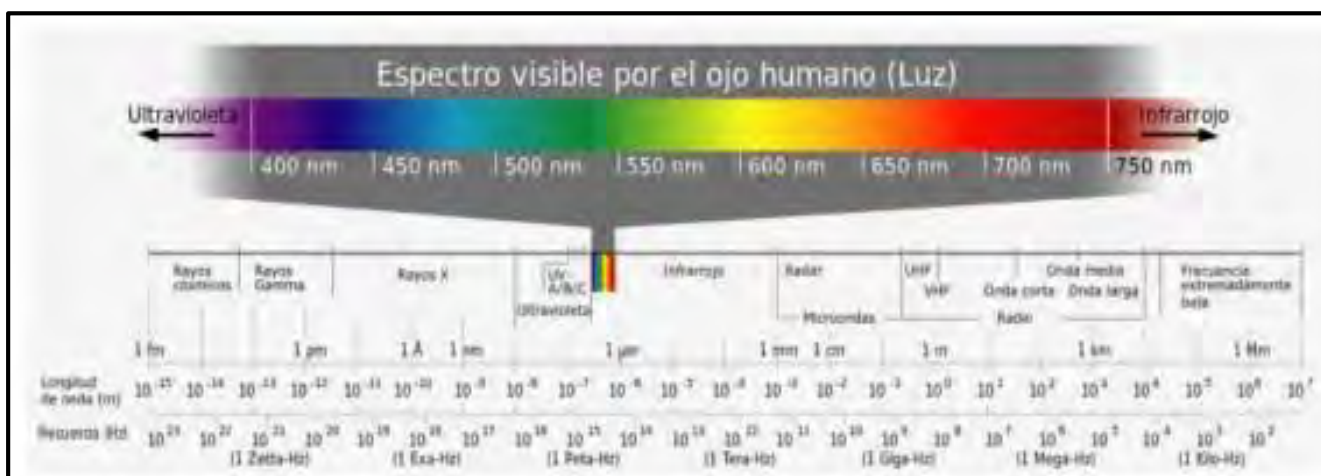
2.5 Conceptos Generales sobre Radio Frecuencia.

2.5.1 Radiaciones electromagnéticas

Se describen como procedimientos que liberan energía en configuración de ondulaciones o corpúsculos y pueden desplazarse tanto mediante un medio tangible como en el espacio vacío. Estas radiaciones varían según su frecuencia; entre más alta es la frecuencia, más es la energía de la radiación. La clasificación de estas radiaciones se realiza a través del espectro electromagnético de frecuencias. (Fiscalab. 2024)

Figura 5

Espectro Electromagnético



Nota. Información extraída de <https://culturacientifica.com/>

2.5.2 Radiofrecuencia

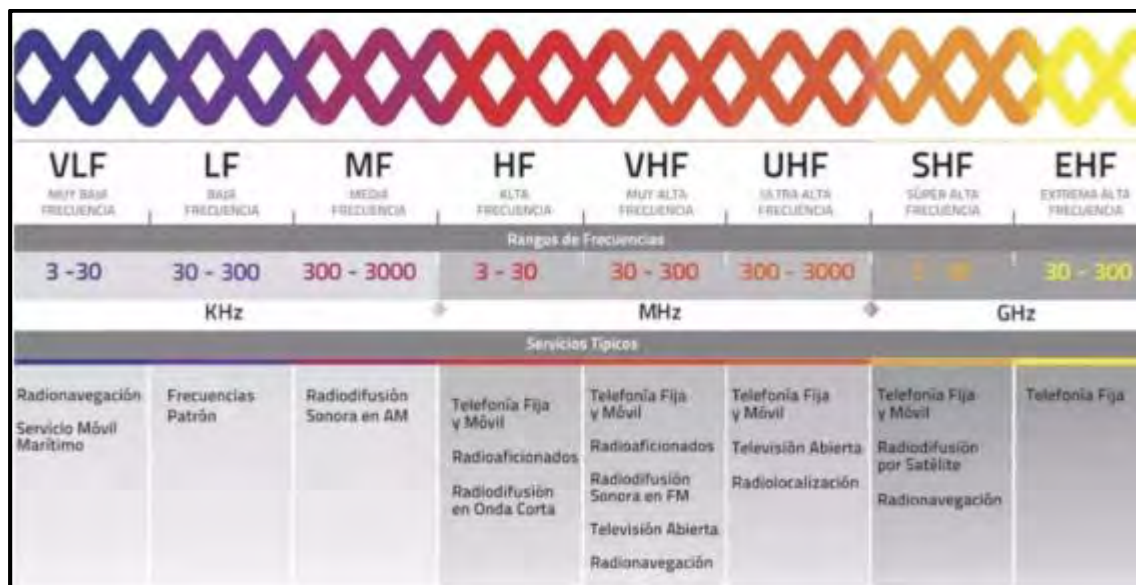
Hace referencia a la velocidad de oscilación dentro del rango de radiación electromagnética o de las ondas electromagnéticas, con frecuencias que van desde 300 gigahercios (GHz) hasta 3

kilohercios (KHz). Este espectro de radiofrecuencia puede utilizarse para diversas telecomunicaciones inalámbricas mediante distintos tipos de antenas y transmisores. Diversos aparatos funcionan y transmiten en diferentes frecuencias, que pueden ser muy bajas, extremadamente altas, o intermedias. Por ejemplo, la radio de amplitud modulada (AM) transmite su señal en un rango de frecuencias intermedias, mientras que la radio de modulación de frecuencia (FM) lo hace en frecuencias elevadas. (Canga, 2011)

Los cambios en las frecuencias tienen un impacto directo en la distancia y la excelencia de la señal. Por ejemplo, la radio AM abarca distancias mayores en comparación con la FM, pero la calidad de la señal es menor en AM que en FM.

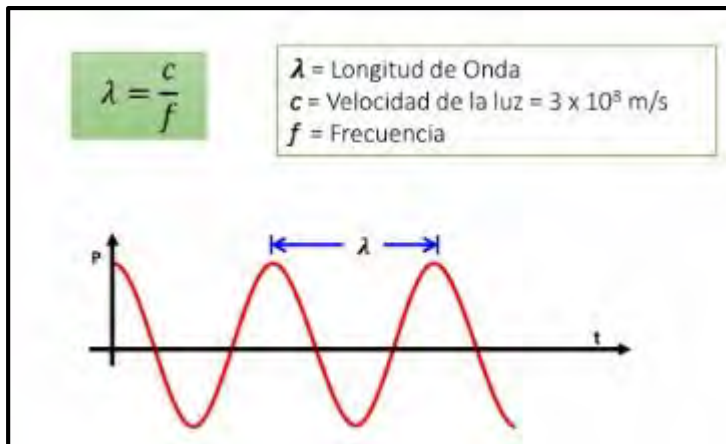
Figura 6

Espectro Radioeléctrico



Nota. Información extraída de <https://www.redeszone.net/>

En donde la frecuencia es el número de oscilaciones por segundo (f), y la Longitud de onda es la distancia de un ciclo completo de la Onda (m)

Figura 7*Onda Electromagnética*

Nota. Información extraída de Nokia.

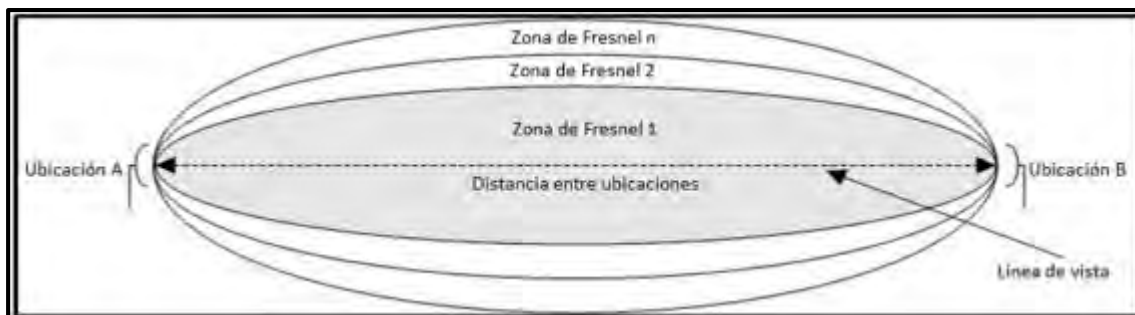
2.5.3 Zona de Fresnel

Es un concepto crucial en el diseño y análisis de enlaces de comunicación por microondas y ondas de radio. Desarrollado por el físico Augustin-Jean Fresnel, este concepto describe el volumen tridimensional alrededor de la línea de vista directa entre un transmisor y un receptor, dentro del cual los obstáculos pueden causar interferencia debido a la difracción. Comprender y calcular la zona de Fresnel es esencial para optimizar la calidad y la confiabilidad de las conexiones de comunicación inalámbrica.

La zona de Fresnel se puede imaginar como una serie de elipsoides concéntricos en las proximidades de la trayectoria visual directa entre dos antenas. Cada zona tiene un efecto distinto en la excelencia de la señal, pero la primera zona de Fresnel es la más crítica. Si los obstáculos están dentro de esta primera zona, pueden causar una significativa atenuación de la señal. (Kuhlmann, H. 2019)

Figura 8

Zona de Fresnel



Nota. Información extraída de <https://hackmd.io/>

El radio de la zona-n de Fresnel en cualquier punto entre el transmisor y el receptor se calcula usando la siguiente fórmula:

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

- r_n es el radio de la n-ésima zona de Fresnel en metros.
- n es el número de la zona de Fresnel (Para la primera zona $n=1$).
- λ es la longitud de onda de la señal en metros.
- d_1 es la distancia desde el punto considerado hasta el transmisor en metros.
- d_2 es la distancia desde el punto considerado hasta el receptor en metros.

Este radio disminuye a medida que uno se acerca a los extremos del enlace (transmisor y receptor). Para garantizar una emisión eficaz y evitar la atenuación de la señal, es crucial mantener la región de Fresnel despejada. Esto se puede lograr mediante la elevación de las antenas, la selección de rutas adecuadas o la eliminación de obstáculos. (Kuhlmann, H. 2019)

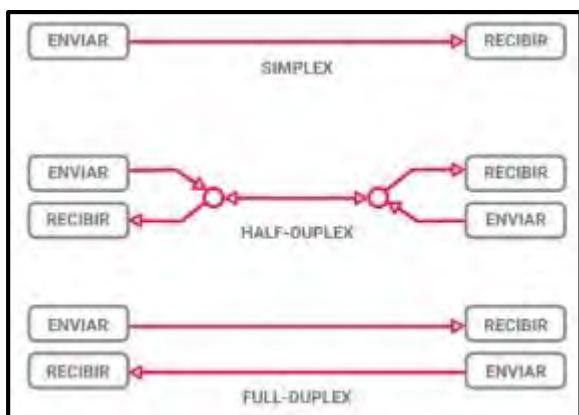
2.6 Enlaces de Microondas

Los enlaces de microondas son una tecnología de transmisión de datos inalámbrica que utiliza ondas electromagnéticas con frecuencias en el rango de microondas, típicamente entre 1 GHz y 100 GHz.

Un vínculo de radio en microondas es una conexión entre terminales de telecomunicaciones mediante ondas electromagnéticas, ya sea analógica o digital, y puede configurarse como una conexión directa entre dos puntos o como una conexión que abarca varios puntos desde un solo punto central. Funcionan en configuración simplex, half duplex o full dúplex.

(Singh, R., & Sharma, P. 2020)

- **Modo Simplex:** Se emplea una frecuencia mediante la cual un punto emite datos y el otro únicamente los recibe.
- **Modo Half Dúplex:** Se emplea una frecuencia donde los datos pueden transmitirse en ambas direcciones, pero únicamente en una dirección a la vez. Esto implica que un punto puede enviar o recibir información mientras el otro realiza la operación opuesta. La alternancia entre roles de transmisión y recepción se determina mediante un proceso de negociación entre los dos puntos.
- **Modo Full Dúplex:** Se disponen de dos frecuencias, lo cual posibilita la transmisión simultánea de datos en ambas direcciones. Esto significa que un punto puede enviar y recibir información de forma simultánea.

Figura 9*Configuración de enlaces Microondas*

Nota. Información extraída de <http://coeficientemx.com/>

Los enlaces de microondas transmiten datos usando ondas electromagnéticas de alta frecuencia. Las características clave de estos enlaces incluyen:

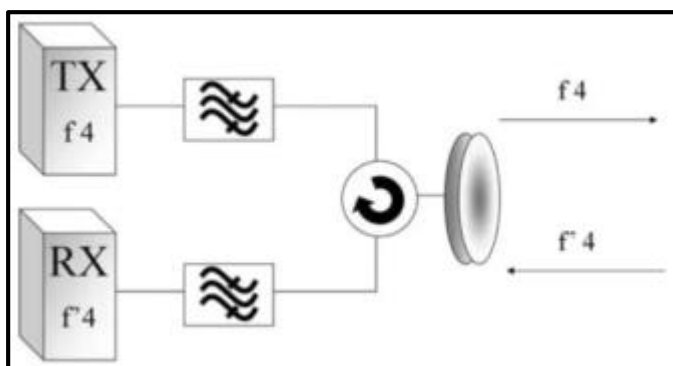
- **Alta Capacidad de Transmisión:** Capaces de manejar altos volúmenes de datos debido a las altas frecuencias utilizadas.
- **Direccionalidad:** Utilizan antenas altamente direccionales para enfocar las ondas de radio entre puntos específicos, minimizando la dispersión de la señal y maximizando la energía transferida.
- **Línea de Vista (LOS):** Necesitan una trayectoria visual despejada entre las antenas emisoras y receptoras para garantizar una comunicación eficaz. Esto implica que cualquier obstáculo entre los dos puntos puede degradar o romper la conexión.

Un sistema de microondas transmite una señal digital de banda base mediante la modulación sobre una portadora analógica de radiofrecuencia, la cual se emite como una onda electromagnética. En el modo Full dúplex, las frecuencias de transmisión y recepción se envían y

reciben a través de una misma antena, logrando esto mediante el uso de duplexores. El duplexor permite acoplar las señales en una sola antena y proporciona el aislamiento imprescindible para prevenir que la señal de transmisión interfiera con el receptor de RF. En ciertos casos, se emplean componentes ferromagnéticos denominados circuladores para desempeñar esta tarea. (Telectrónica, 2018)

Figura 10

Uso de duplexores y circuladores para la separación de señales



Nota. Información extraída de www.telectronika.com

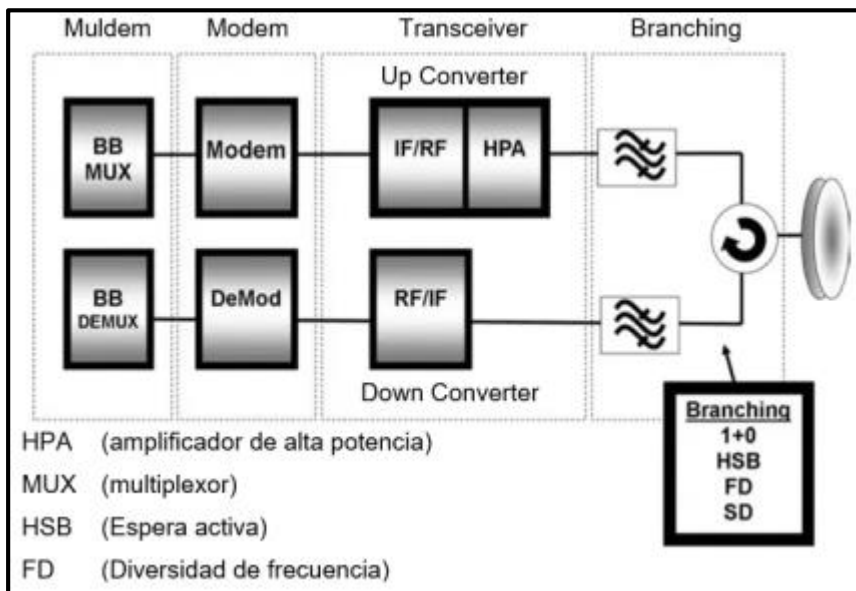
2.7 Diagrama de Bloques de un radio enlace Microondas

La transmisión de base de banda (voz y datos), junto con bytes adicionales para señalización, canales de servicio, canal de voz para ingeniería (order wire), control de radio, etc., ingresa al multiplexor, donde se combinan en un solo flujo de datos. Este flujo se procesa para lograr una distribución uniforme de las líneas espectrales. Luego, los datos se comprimen para obtener un flujo más eficiente, permitiendo así reducir el ancho de banda en el modulador. Después, la señal se convierte a una frecuencia intermedia (IF) para facilitar la amplificación en términos de linealidad. Posteriormente, se transforma a una frecuencia de RF utilizando un oscilador local de transmisión y se dirige a la etapa de potencia. Generalmente, hay un módulo

amplificador de alta potencia (HPA) al final de la etapa electrónica, antes de pasar al circuito derivador (compuesto por filtros y circuladores) para la conexión a la antena. (Telectronika, 2018)

Figura 11

Diagrama de bloque del sistema de radio enlaces



Nota. Información extraída de www.telectronika.com

La disposición de estos componentes varía según el equipo, pero principalmente se pueden identificar tres categorías:

- Full indoor (Equipamiento de interiores),
- Split unit (unidades ODU/IDU),
- Full outdoors (Equipamiento de exteriores).

2.7.1 Full Indoor

De manera tradicional, los dispositivos de microondas Full Indoor se colocan dentro de una sala de equipos de transmisión (sala de microondas). Un cable coaxial, como el tipo Helix, o una guía de ondas enlaza el circuito derivador con la antena montada en la torre, transportando la señal de RF. Estos dispositivos suelen tener una estructura modular para facilitar el mantenimiento. Los equipos Full Indoor se utilizan generalmente para enlaces de larga distancia que requieren altas potencias de transmisión y arreglos de circuitos derivadores para múltiples frecuencias (diversidad de frecuencia). Su ventaja radica en su alta capacidad de tráfico y la reutilización de antenas. (Telectronika, 2018)

Figura 12

Distribución full Indoor



Nota. Información extraída de www.telectronika.com

2.7.2 Split unit (RF outdoors)

Esta clase de equipo es idóneo para redes de acceso, en el cual las estaciones tienen espacio restringido y es necesario poner más enlaces por nodo. Estos dispositivos se separan en dos secciones: a) la parte interna (IDU), que incluye las interfaces de banda base, el modulador y la

tarjeta de control que administra todo el equipo, y b) la parte externa (ODU), que consiste en el módulo de RF, generalmente independiente de la capacidad del enlace. Ambas partes están conectadas por un cable coaxial que lleva la señal en IF, los datos de control y la energía requerida para alimentar la ODU. Colocar la etapa de RF cerca de la antena reduce la pérdida de potencia, especialmente al usar frecuencias superiores a 20 GHz. (Telectrónica, 2018)

Figura 13

Distribución Split unit



Nota. Información extraída de www.telectronika.com

2.7.3 Full Outdoor

Cuando se emplean vínculos de microondas para conectar microceldas celulares o usuarios a corta distancia desde el nodo, es esencial utilizar dispositivos compactos con antenas pequeñas que sean fáciles de montar y no requieran mucha energía. Estos sistemas de radio manejan velocidades de datos de aproximadamente 1Gbps, pero la potencia de transmisión es limitada, lo que restringe su uso a distancias medianas o cortas. Estos dispositivos de radio integran todos los componentes esenciales en un único paquete sellado herméticamente para proteger sus partes internas del deterioro. (Telectrónica, 2018)

Figura 14

Distribución Full Outdoor



Nota. Información extraída de www.telectronika.com

2.8 Etapas de un sistema de radio microondas

- Interfaces de Usuario
- Muldem (Multiplexor/demultiplexor)
- Modem (Modulador/demodulador)
- Transceptor (Transmisor/Receptor)
- Branching Circuit (Circuito derivador)

2.8.1 Interfaces de Usuario

Según el tipo de sistema de radio, los vínculos de microondas pueden llevar tráfico de voz, datos o ambos. Esto determina si se utiliza una interfaz TDM o Ethernet, o posiblemente ambas. Afortunadamente, hay equipamiento adecuado para toda situación. Las interfaces primordiales

dentro de esta clasificación incluyen TDM (como E1, E3, STM-1) y Ethernet, que puede ser eléctrico u óptico. (Telectrónica, 2018)

2.8.2 Muldem (multiplexor secundario)

Las tramas E1 (o T1) no son las exclusivas empleadas en redes de transporte; también se utilizan señales de 34 Mbit/s (E3) para la transmisión de señales de TV, así como señales STM-1 o Ethernet. Así, la entrada de un sistema de radio puede ser compatible con varios estándares, como E1, T1, E3, STM-1 o Ethernet.

Los sistemas de radio deben transmitir estas señales de manera transparente al otro extremo del enlace, sin alterarlas. Primero, la radiodifusión requiere generar una señal compuesta a partir de múltiples entradas, que pueda ser enviada al otro punto. Para lograr esto, es preciso multiplexar el total de las señales y añadir cabeceras si es necesario, para distinguir cada flujo de datos. Esta función la realiza el Muldem, que es un multiplexor a nivel de señales de banda base. (Telectrónica, 2018)

2.8.3 Modem

Un modulador/demodulador (modem) se encarga de convertir señales multiplexadas de banda base para su transporte sobre una portadora de RF. Esto se logra modulando la señal en una portadora de frecuencia intermedia (IF) o de radiofrecuencia (RF). A continuación, se detallan las funciones específicas del modulador y demodulador:

El modulador toma las señales de banda base multiplexadas y las modula en una portadora de IF o RF, mientras que el demodulador realiza el proceso inverso, recuperando la señal de banda base original a partir de la señal modulada recibida. (Telectrónica, 2018)

2.8.3.1 El modulador

Es responsable de convertir la señal en banda base para su transmisión. Hay dos métodos principales de ajuste en tecnologías de radio digital:

- **Modulación Directa:** La señal en banda base se aplica directamente al modulador sin usar una portadora de frecuencia intermedia (IF), lo que reduce desembolsos y dificultad.
- **Modulación Indirecta:** La señal en banda base se convierte primero a una frecuencia intermedia (IF) y luego a una frecuencia de radio (RF). Este método es común en los sistemas de radio microondas punto a punto.

Tipos Principales de Modulación Digital

- **Modulación por Amplitud (ASK):** La señal cambia entre valores de amplitud predeterminados.
- **Modulación por Fase (PSK):** La etapa de la señal varía en 180 grados.
- **Modulación por Frecuencia (FSK):** La señal alterna entre dos frecuencias.

Las variantes multinivel de estos métodos, como B-PSK y M-QAM, combinan técnicas anteriores y utilizan modulación multi-símbolo para mejorar la eficiencia del ancho de banda. Estos diseños necesitan una relación más elevada de señal-ruido (S/N) para funcionar correctamente. (Teledrónica, 2018)

2.8.3.2 El demodulador

Lleva a cabo la operación contraria al modulador, recuperando la señal original a partir de la señal modulada. Existen dos categorías primordiales de receptores utilizados con el fin de identificar señales digitales:

- **Detectores de Envolvente:** Utilizan dispositivos básicos hechos de diodos y capacitores para obtener la envolvente de la señal.

- **Detectores de Fase:** Son necesarios para modulaciones como PSK y QAM, donde no hay variaciones en la envolvente. Este procedimiento combina la señal modulada entrante con una copia idéntica de la señal portadora IF en fase y frecuencia, generada por un circuito de fase cerrada (PLL). Un filtro pasa-bajos se usa para obtener nuevamente la señal en banda base.

2.8.4 Tranceptor

Un tranceptor de RF combina los módulos de transmisión y recepción en un solo dispositivo.

- **Transmisor**

La señal modulada se convierte a una señal RF o IF y luego se amplifica con un dispositivo de aumento de potencia. Los emisores modernos usan un oscilador local controlado por voltaje (VCO) para generar la señal de RF, permitiendo la selección de la frecuencia de transmisión mediante software. Para minimizar la distorsión, la señal se pre-distorsiona antes de la amplificación, un proceso conocido como ecualización. Además, el transmisor incluye un ajuste automático de ganancia (AGC) para conservar la potencia de salida constante, incluso con variaciones de temperatura. (Telectrónica, 2018)

- **Receptor**

En la recepción, la señal RF modulada se convierte a una señal IF antes de la demodulación, mediante la mezcla con un oscilador local sintetizado (VCO). El receptor también utiliza un control automático de ganancia (AGC) para mantener constante la señal IF ante variaciones en la señal RF recibida. La señal de AGC se emplea para medir la intensidad del nivel de recepción, útil en el alineamiento de antenas. (Telectrónica, 2018)

2.8.5 Circuito Derivador (Branching Circuit)

El circuito derivador, o branching unit, es la interfaz entre la antena y el transceptor, e incluye componentes como filtros, circuladores e híbridos. Permite el uso de una sola antena para enviar y obtener señales, filtrando las señales de transmisión para evitar interferencias con canales adyacentes y co-canales, y eliminando señales espurias en la recepción.

La integración de señales de emisión y recepción se logra mediante dispositivos pasivos ferromagnéticos llamados circuladores. Estos, junto con los filtros, forman un duplexor, que transfiere señales con mínimas pérdidas y alto aislamiento entre puertos, garantizando baja fuga de señales. Es crucial que los planificadores de radio consideren las pérdidas introducidas por los duplexores en sus cálculos de diseño. (Telectrónica, 2018)

Entre las principales categorías de configuraciones de ramificación están:

- Hot Standby
- Diversidad de Frecuencia
- Diversidad de Espacio

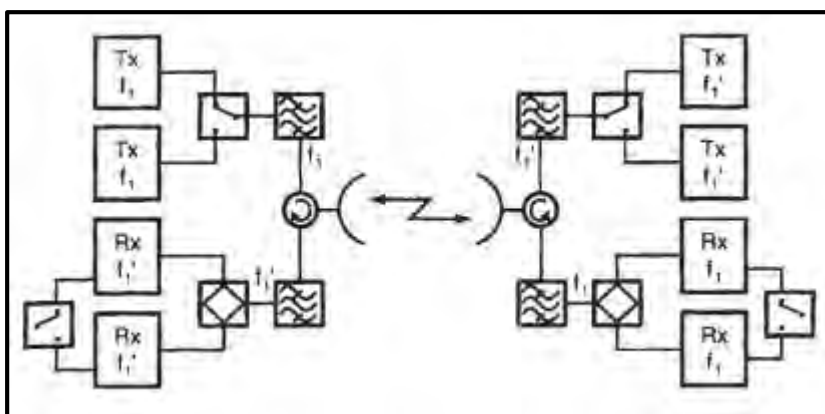
2.8.5.1 Hot Standby

En un sistema de reserva en caliente convencional se emplean dos transceptores en cada extremo de un enlace de radio punto a punto, pero solo se utiliza un conjunto de frecuencias. Esto significa que no se puede transmitir simultáneamente desde ambos transceptores; se necesita un interruptor para gestionar la señal a uno de los transceptores, mientras que el otro permanece en espera (Hot Standby) para activarse en caso de fallo del primero, proporcionando redundancia. El conmutador puede reducir la señal de transmisión en 0.5 dB. (Telectrónica, 2018)

En la recepción, la señal se divide en dos caminos, ambos demodulados, eligiendo la mejor señal. La división reduce la señal en 3 dB, pero en la realidad, la disminución puede oscilar entre 3.5 dB y 4 dB. Este arreglo asegura que si un transceptor falla, el otro pueda tomar su lugar inmediatamente, manteniendo la continuidad de la transmisión. La figura 2.19 demuestra el esquema típico de Hot Standby. (Telectrónica, 2018)

Figura 15

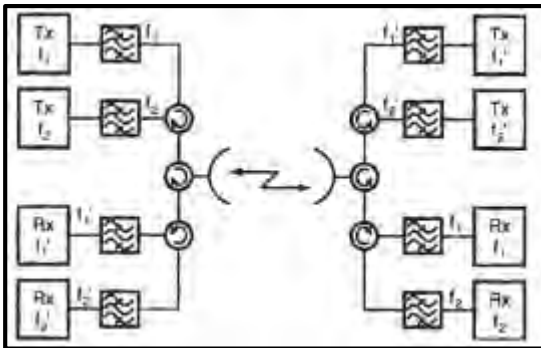
Arreglo Hot Standby



Nota. Información extraída de www.telectronika.com

2.8.5.2 Diversidad de Frecuencia (FD)

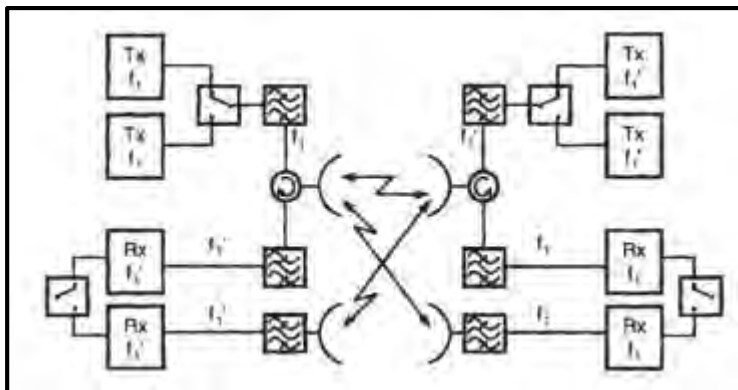
En un sistema de variedad de frecuencias, es posible establecer varios transceptores en configuraciones N+0 o N+1. En la configuración N+0, se tienen N transceptores sin respaldo. En la configuración N+1, hay N+1 transceptores, donde uno adicional está en espera para sustituir a cualquiera de los N transceptores activos en caso de falla. Cada transmisor opera en una frecuencia distinta, por lo que no se necesita un conmutador o divisor de señal, lo que resulta en pérdidas significativamente menores que en un arreglo Hot Standby, con pérdidas típicas de solo 0.1 dB por calculador y filtro. (Telectrónica, 2018)

Figura 16*Arreglo de diversidad de frecuencia*

Nota. Información extraída de www.telectronika.com

2.8.5.3 Diversidad de Espacio (SD)

En un conjunto de diversidad espacial, se puede emplear una disposición que incluya diversidad de frecuencias o un enlace punto a punto utilizando un único sistema, diferenciándose por la inclusión de una antena de recepción adicional. Esta antena extra capta la señal y mejora el rendimiento global del sistema. Hay dos tipos de diversidad de espacio: por conmutación y por ecualización. La diversidad de espacio por conmutación selecciona la mejor señal recibida por las antenas mediante un conmutador, aumentando así la disponibilidad del enlace. Por otro lado, la diversidad de espacio por ecualización combina y ecualiza las señales de ambas antenas para generar una señal única mejorada, lo que incrementa tanto la disponibilidad del enlace como la ganancia total del sistema en hasta 3 dB. (Telectrónica, 2018)

Figura 17*Arreglo de diversidad de espacio*

Nota. Información extraída de www.telectronika.com

2.9 Parámetros a considerar para un sistema de radio enlace.

- **Nivel de Señal (RSSI)**

El Nivel de Señal Recibida (RSSI, por sus siglas en inglés) es una medida de la potencia de la señal recibida. Para la mayoría de los enlaces, se busca un valor de RSSI lo suficientemente alto para asegurar una comunicación fiable. (Kaveh, P. 2017).

Valores mínimos aceptables: Esto puede variar, pero generalmente se busca un RSSI de al menos -70 dBm para enlaces de datos de alta capacidad. Para aplicaciones menos demandantes, un RSSI de -80 dBm podría ser aceptable.

- **Relación Señal a Ruido (SNR)**

La Relación Señal a Ruido (SNR) mide la disparidad entre el nivel de señal y el nivel de ruido ambiental. Una SNR alta indica que la señal es mucho más fuerte que el ruido, lo cual es deseable.

Valores mínimos aceptables: Una SNR de 20 dB es generalmente considerada buena para la mayoría de las aplicaciones, aunque algunas pueden requerir valores más altos para alcanzar el máximo rendimiento.

- **Calidad de Señal (Signal Quality)**

Este parámetro puede incluir medidas como la tasa de errores de bits (BER) o la tasa de errores de paquetes (PER). Indica qué tan “limpia” es la señal y afecta directamente el rendimiento del enlace.

Valores mínimos aceptables: Idealmente, la BER debería ser lo más baja posible, preferentemente menor a 1×10^{-6} . Para la PER, valores menores al 1% son generalmente aceptables. (Kurose, J. F., & Ross, K. W. 2021)

CAPITULO III

ARQUITECTURA DE LA RED DE ACCESO DE LOS PROYECTOS REGIONALES EN LA REGIÓN CUSCO Y REGIÓN AYACUCHO

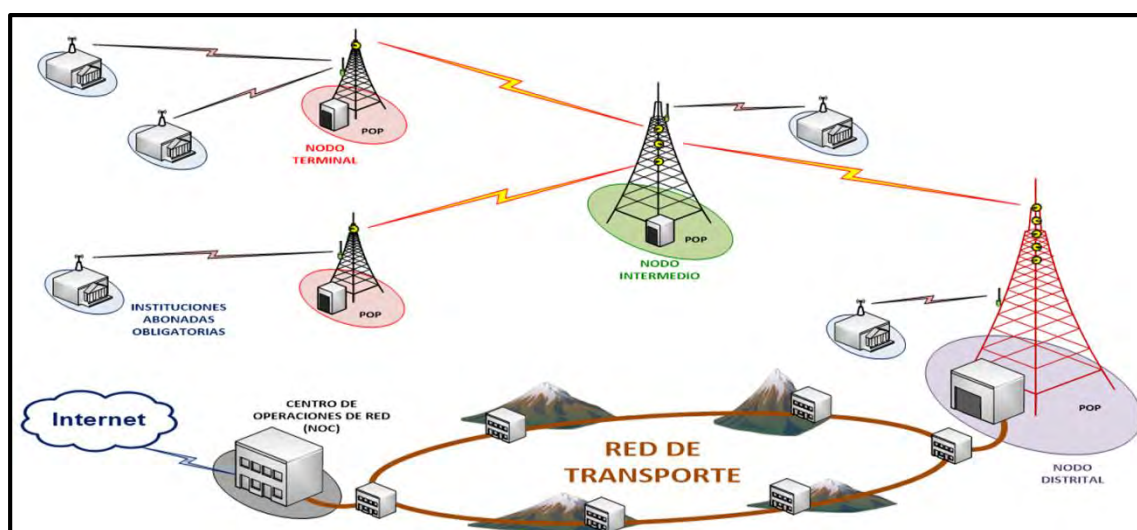
La arquitectura de la red de acceso en los proyectos regionales contempla el diseño estructural y organizativo que conecta la red troncal con los usuarios finales abarcando las zonas rurales y menos desarrolladas de las regiones beneficiarias con este proyecto.

Esta arquitectura es fundamental porque provee una conectividad segura, eficiente y de excelente calidad permitiendo la transmisión de datos, voz y video, logrando conectar a los usuarios con el mundo digital, también tiene como función principal cerrar la brecha Digital y promover el desarrollo socioeconómico en todas las regiones de impacto.

La red de acceso está conformada por los nodos de Acceso y los Usuarios finales de la red de acceso IAO (Instituciones Abonadas Obligatorias)

Figura 18

Arquitectura de la red de Acceso



Nota. Información extraída de Proyecto Regionales.

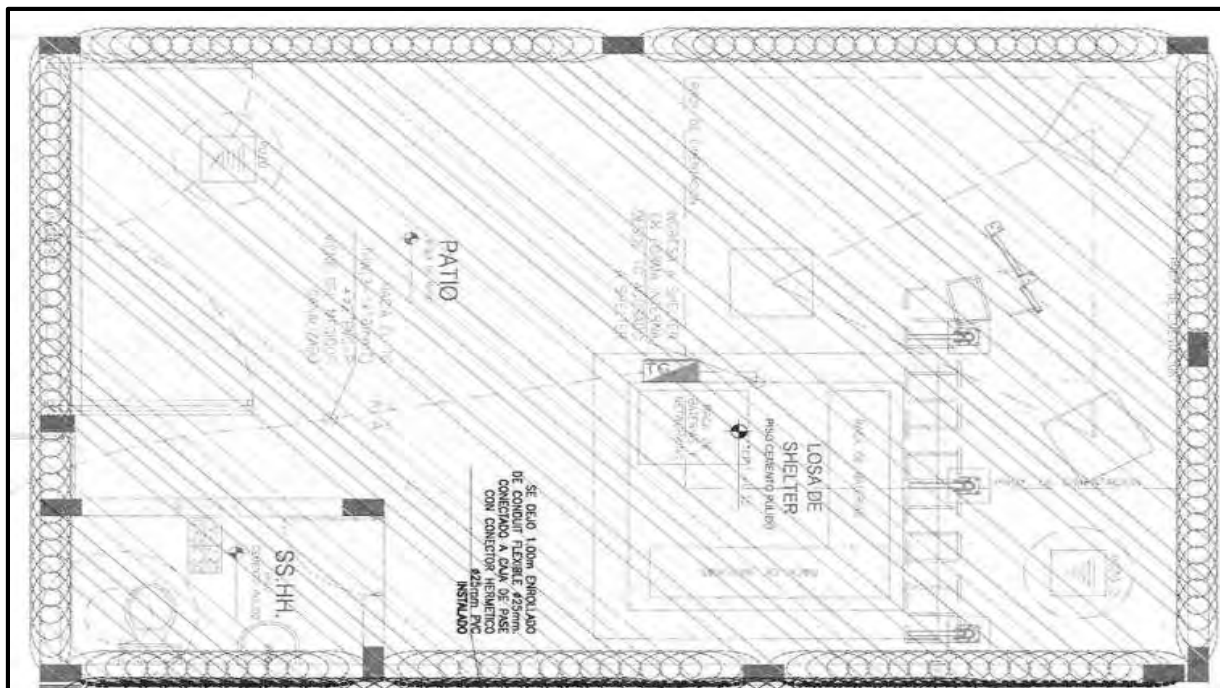
3.1 Nodos de la red de Acceso

Los nodos de la red de Acceso, que se dividen en 3 tipos:

- **Nodo Distrital**, Es ese punto que tiene conexión con la Red de Transporte y donde comienza la Red de Distribución. Este punto puede tener un Punto de Acceso (POP) es el lugar desde donde se brinda conectividad a los Usuarios Finales a través de la Red de Última Milla.
- **Nodo Intermedio**, Es el nodo encargado de retransmitir la señal que proviene de un Nodo Distrital y la encamina hacia un Nodo Terminal. Este nodo puede albergar un Punto de Acceso (POP).
- **Nodo Terminal**, es aquel nodo en donde finaliza la Red de Distribución y además tiene un Punto de Presencia (POP).

Figura 19

Plano de arquitectura de distribución de un nodo distrital (Referencial)

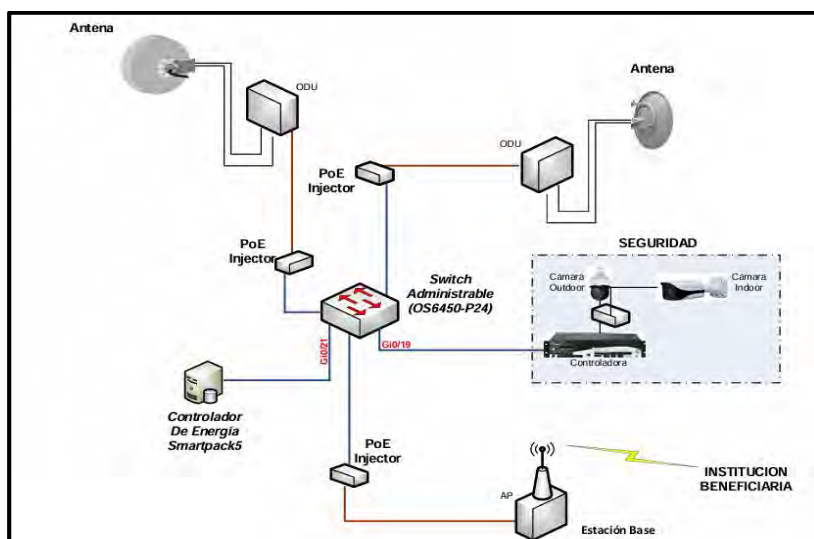


Nota. Información obtenida de Proyecto Regionales

Figura 20*Infraestructura de un nodo de acceso***Nota.** Elaboración propia

Se especifica cómo está implementado los nodos de acceso, los diferentes subsistemas que conforman y los equipos utilizados con sus respectivas características de operación.

3.2 Subsistemas de los Nodos de la Red de Acceso

Figura 21*Diagrama de conexión sistema Networking y Microondas***Nota.** Información obtenida de Proyecto Regionales

3.2.1 Subsistema Infraestructura.

Compuesto por los siguientes Ítems:

3.2.1.1 Shelter

Un shelter es una estructura cerrada y segura que alberga los equipos electrónicos y de telecomunicaciones, como transmisores, receptores, fuentes de alimentación, baterías y sistemas de enfriamiento. Estos refugios están diseñados para proporcionar un entorno controlado que proteja los equipos de factores externos que podrían dañarlos o afectar su rendimiento.

Figura 22

Shelter de un nodo Distrital



Nota. Elaboración Propia

3.2.1.2 Rack

El rack utilizado dentro del proyecto son estructuras de soporte donde se instala los equipos electrónicos de manera accesible y ordenada, también facilitan la instalación del cableado de manera ordenada y permiten la correcta ventilación de equipos. Estos racks alojan los equipos y/o módulos como son power core, ordenadores de cable, router y switch, bandejas fijas para la

instalación de arrestores, poes, así como también bandejas plegables para el soporte de pcs cuando se realicen trabajos de mantenimiento.

Figura 23

Rack de un nodo distrital



Nota. Elaboración propia

Los racks dentro del proyecto presentan la distribución:

Figura 24*Distribución de equipos en el rack***Nota.** Información Obtenida de Proyecto regionales

3.2.1.3 Escalerillas

Las escalerillas dentro del proyecto Conocidas también como bandejas, son estructuras metálicas de acero galvanizado que facilitan la implementación del cableado estructurado, ayuda a que los cables estén de manera ordenada, puede instalarse interior y exteriormente.

Figura 25

Escalerilla para cableado estructurado.



Nota. Elaboración propia

3.2.1.4 Cerco con postes de concreto, malla y puerta metálica.

El cerco dentro del proyecto es una estructura de alambre trenzado con soporte de columnetas de concreto, cuenta con una puerta de acceso metálico, en la parte superior cuenta con una concertina de alambre de púas que proporcionan seguridad, protección y delimitación del área.

Figura 26

Cerco de un nodo terminal



Nota. Elaboración propia

3.2.1.5 Torre Autosoportada

Dentro del proyecto se ha implementado Estructuras independientes constituida de acero galvanizado que están diseñadas para ser estables y autoportantes eso quiere decir que no necesitan cables de soporte adicionales, sobre esta estructura van instalado las antenas de los enlaces PTP (punto a punto) y PMP (punto multi punto), la altura de estas estructuras van desde los 18 metros hasta los 70 metros.

Figura 27

Torre Autosoportada



Nota. Elaboración propia

3.2.1.6 Sistema de puesta a tierra

Un sistema de puesta a tierra se compone de varios elementos interconectados que establecen una conexión eléctrica directa con el suelo. Este sistema comprende conductores, barras de tierra, placas de tierra, electrodos de tierra y conexiones equipotenciales, entre otros componentes. Su propósito principal es asegurar que cualquier exceso de corriente, causado por fallos de aislamiento, descargas eléctricas atmosféricas o transitorios eléctricos, se dirija de manera

segura hacia el suelo. El sistema de puesta a tierra debe ser menor a 5 ohmios para equipos electrónicos y menor a 10 Ohmios para pararrayos.

Figura 28

Sistema de Puesta a Tierra



Nota. Elaboración propia

3.2.2 Subsistema de Networking

Para la implementación de los subsistemas Networking dentro de los nodos de la red de acceso del proyecto regionales de banda ancha en la región de Cusco y Ayacucho se ha utilizado equipos Router Nokia 7210 Sas-T para los nodos Distritales, para lo nodos intermedios y terminales se ha utilizado los equipos Alcatel-Lucent Enterprise OmniSwitch 6450 Series.

3.2.2.1 Router Nokia 7210 SAS-T (Nodos Distritales)

Dentro del Proyecto se instalado en los Nodos Distritales los Router Nokia 7210 SAS-T, este equipo es parte de la serie Service Access Switch (SAS) de Nokia, diseñada para proporcionar soluciones avanzadas de acceso y agregación en redes de proveedores de servicios. Este dispositivo ofrece un rendimiento robusto y características avanzadas que facilitan la implementación de servicios de alta calidad y la expansión de redes dentro del proyecto.

Figura 29

Router Nokia 7210 Sas-T



Nota. Elaboración propia

El router Nokia 7210 SAS es una solución de red avanzada diseñada para soportar diversas aplicaciones de comunicación y servicios en entornos empresariales y de operadores. Aquí se tiene un resumen de sus principales características y especificaciones técnicas:

El Nokia 7210 Service Access Switch (SAS) es una plataforma de conmutación y enrutamiento de alto rendimiento que forma parte de la familia de productos Nokia Service Router. Este dispositivo está diseñado para proporcionar una conectividad flexible y escalable en redes de acceso, agregación y borde.

Especificaciones Técnicas

- **Interfaces de Red:**

Variedad de interfaces incluyendo puertos Gigabit Ethernet (GE), 10 Gigabit Ethernet (10GE), y 100 Gigabit Ethernet (100GE).

Soporte para SFP, SFP+, QSFP+, y otras transceivers ópticas y eléctricas.

- **Capacidad de Conmutación:**

Altas capacidades de conmutación, con opciones de configuración que soportan desde decenas hasta cientos de gigabits por segundo.

- **Protocolos y Tecnologías:**

Soporte para MPLS, VPLS, IP/MPLS VPNs, y servicios Ethernet.

Protocolos de enrutamiento como OSPF, BGP, IS-IS y más.

- **Resiliencia y Alta Disponibilidad:**

Características de alta disponibilidad como redundancia de hardware y software.

Soporte para failover rápido y recuperación ante fallos.

3.2.2.2 Switch Alcatel-Lucent Enterprise OmniSwitch 6450 Series (Nodos Intermedios y Terminales)

Dentro del proyecto se tiene instalado en los Nodos Intermedios y Terminales el equipo Alcatel-Lucent OmniSwitch 6450 de 24 puertos, es un switch Ethernet diseñado para ofrecer alto rendimiento, flexibilidad y seguridad en redes. Este dispositivo es parte de la serie OmniSwitch 6450, conocida por su fiabilidad y características avanzadas.

Figura 30

OS6450 de 24 Puertos



Nota. Elaboración Propia

Características Principales:

El Switch OS6450-24 puede manejar hasta 176 Gbps de capacidad de conmutación y 132 Mpps (millones de paquetes por segundo) de rendimiento. Esto lo hace adecuado para gestionar tráfico de red intenso y aplicaciones críticas, también Ofrece una latencia extremadamente baja, Incluye 24 puertos 10/100/1000 Base-T, que permiten conectividad gigabit para todos los dispositivos conectados, Además cuenta con puertos de fibra 2 puertos SFP+ (10G) que proporcionan opciones adicionales para enlaces ascendentes de alta velocidad y expansión futura.

Permite el apilamiento de hasta 8 unidades, lo que facilita la expansión de la red sin comprometer el rendimiento. Esto proporciona una solución escalable para crecer con las necesidades de la organización.

Power over Ethernet (PoE): Disponible en versiones que soportan PoE y PoE+, lo que facilita la alimentación de dispositivos como aparatos de voz sobre IP, sistemas de videovigilancia y nodos de conexión WiFi enlazados directamente a través del cable Ethernet, Soporta autenticación basada en puertos 802.1X, listas de control de acceso (ACL) y protección contra ataques de negativa de servicio (DoS), asegurando que únicamente los usuarios permitidos puedan ingresar a la red, para la encriptación Incluye soporte para IEEE 802.1AE MACsec, proporcionando encriptación de tráfico para proteger la integridad y confidencialidad de los datos, en cuanto a calidad de servicio (QoS) Ofrece QoS avanzado con 8 colas de prioridad por puerto, lo que permite la priorización de diferentes tipos de tráfico según su importancia, Implementa shaping y policing de tráfico para gestionar el ancho de banda y asegurar un rendimiento óptimo de la red.

Facilidad de Implementación y Gestión, interfaz de Usuario que proporciona una interfaz gráfica de usuario (GUI) intuitiva y un CLI (Command Line Interface) completo para la

configuración y gestión del dispositivo, gestión Centralizada Compatible con la plataforma de gestión de red Alcatel-Lucent OmniVista, facilitando la monitorización, configuración y actualización de múltiples dispositivos en la red.

Figura 31

Especificaciones técnicas OS 6450-24

OmniSwitch 6450-24 Rear Panel

Item	Description
A	Grounding Block Type LCD8-10A-L grounding lug
B	Power Supply Connector Internal AC power supply
C	Internal Backup Power Supply Slot
D	Expansion Module Slot

OS6450-24 Specifications	
RJ-45 10/100/1000BaseT ports	24
SFP+ Gigabit/10Gigabit uplink ports	2
Ports per expansion module	2
Max. chassis per stack	8
Flash memory size	128 MB
RAM memory size	256 MB SDRAM
Chassis Width	17.32 inches (44.00 cm)
Chassis Height	1.73 inches (4.40 cm)
Chassis Depth	12.3 inches (31.24 cm)
Weight	9 lbs (4.08 kg)
Operating Humidity	5% to 95%
Storage Humidity	5% to 95%
Operating Temperature	0C to +45C (32F to 113F)
Storage Temperature	-40C to +75C (-40F to +167F)
Default Upper Threshold Temperature	74C
Danger Threshold Temperature	79C
Data rate (RJ-45)	10/100/1000 Mbps
Maximum frame size	9216 bytes

Nota. Información obtenida de <https://www.al-enterprise.com/>

3.2.2.2.1 Power Supply Ps-90W-DC

El Switch OS6450 requiere de una fuente o power Supply PS-90w-DC, el cual es un módulo que se inserta en la parte posterior del equipo, pero también puede funcionar con una fuente AC 220V, pero dentro del proyecto se tiene implementado este módulo cuyas características principales son:

Tensión de entrada: soporta un rango de -48 a -60 Vdc

Tension de salida: 12 Vdc.

Corriente de salida: 0 amp - 7.5 Amp a 90 W.

Figura 32

Fuente de Alimentación OS6450



Nota. Elaboración Propia

3.2.3 Subsistema Microondas

Dentro del proyecto en los nodos de acceso se tiene instalado equipos de microondas para enlaces PTP (Nokia 9500 MPRe y Cambium PTP 450i) y para los enlaces PMP (ePMP1000 Cambium). Se presenta el escenario de instalación All Outdoor en donde la instalación de todo el sistema se encuentra en el exterior, y esta preparador para un montaje adjunto o anexo a la

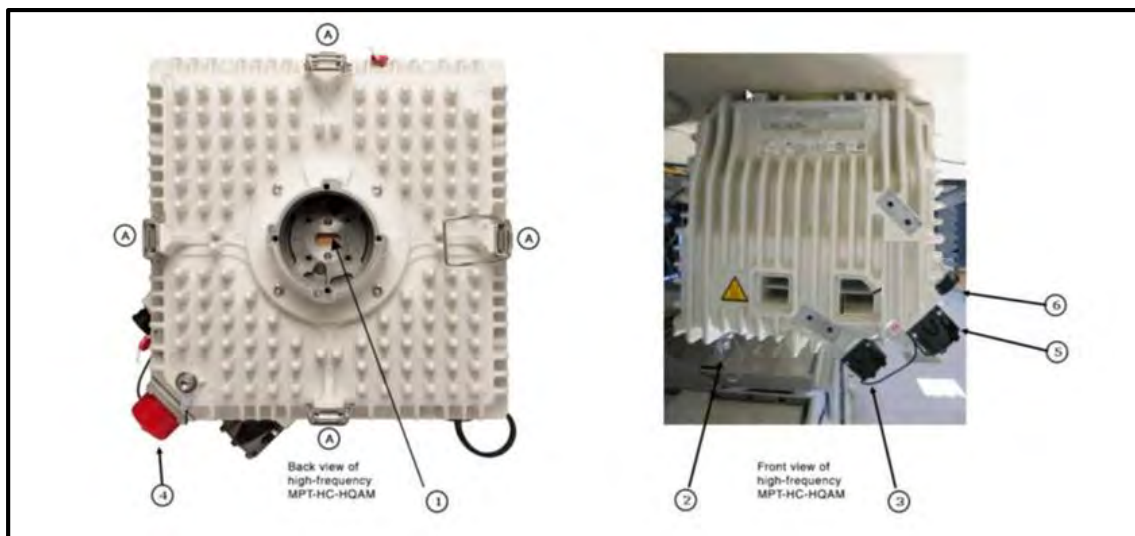
Antena, para este caso el cableado entre el exterior e interior del shelter es a través de cables sftp o fibra óptica.

3.2.3.1 Radio Nokia 9500 MPRe

Los equipos Nokia 9500 MPRe están instalados en los nodos de acceso distrital, intermedio y terminal, es un sistema de radio de microondas punto a punto (PTP) diseñado para ofrecer una solución eficiente y de alta capacidad para redes de telecomunicaciones. Esta radio es parte de la familia de productos de microondas de Nokia, conocida por su confiabilidad y rendimiento en la transmisión de datos a larga distancia.

El 9500 MPR transporta tráfico multimedia de manera eficiente al manipular paquetes de forma nativa. Además, proporciona la excelencia de servicio requerida para contentar a los usuarios últimos. Este enfoque mejora la consolidación de paquetes, aumenta la capacidad de transmisión y optimiza la interconexión Ethernet. Gracias al 9500 MPR, la red puede absorber el rápido crecimiento del tráfico multimedia de manera fácil y eficiente, adaptando el envío de paquetes según las condiciones atmosféricas y la calidad exigida por diversos tipos de servicios. Ofrece una plataforma IP genérica y modular para múltiples aplicaciones de red, incluyendo 2G/3G/HSDPA/backhauling de WiMAX hacia áreas Metro Ethernet, permitiendo alojar servicios de banda ancha. La familia de radios del 9500 MPR soporta aplicaciones de capacidad baja, media y alta, utilizando tasas de datos ANSI y ETSI, frecuencias, planes de canales e interfaces tributarias.

- Tasas de datos TDM/PDH/SDH:
- Mercado ANSI: DS1, DS3 y OC3.
- Velocidad de datos Ethernet: 10, 100, 1000 Mb/s, 10 Gb/s.
- Rango de frecuencia RF: 4 a 80 GHz.

Figura 33*MPT-HC-HQAM de alta frecuencia con diplexor interno*

Nota. Información obtenida de Proyecto Regionales.

Utiliza tecnología de modulación adaptativa (Adaptive Modulation), que ajusta dinámicamente el esquema de modulación para optimizar el rendimiento del enlace según las condiciones del canal, diseñada para aplicaciones que requieren baja latencia, garantizando la calidad del servicio (QoS) para aplicaciones críticas como VoIP y video en tiempo real, Soporta encriptación AES de 256 bits, proporcionando una protección robusta para los datos transmitidos, Incluye mecanismos de autenticación para asegurar que solo dispositivos autorizados puedan conectarse y comunicarse, garantizando la integridad de la red.

Utiliza modulación adaptativa con esquemas de codificación avanzados para maximizar la eficiencia espectral y la capacidad del enlace. Los esquemas de modulación incluyen QPSK, 16-QAM, 64-QAM y 256-QAM, que se ajustan de manera variable según las condiciones de la conexión, soporta anchos de banda de canal de 7 MHz a 56 MHz, lo que facilita una mayor adaptabilidad en la organización de la red y la optimización del rendimiento del enlace, la potencia

de transmisión es ajustable, permitiendo configuraciones que optimizan el rendimiento del enlace y cumplen con las regulaciones de emisión de RF siendo la potencia máxima de salida puede llegar hasta 27 dBm, dependiendo de la banda de frecuencia y los parámetros de diseño.

3.2.3.1.1 Power Injector Box (PIB)

El Power Injector es un dispositivo para interiores que está diseñado para proporcionar alimentación de corriente continua (DC) al MPT utilizando el mismo cable que transporta el tráfico Ethernet. En su entrada, recibe el tráfico Ethernet y la fuente de alimentación a través de dos conectores separados, y en su salida, combina ambos en un solo conector, entregando tanto la alimentación como el tráfico Ethernet. Esta tecnología es conocida como PFoE (Power Feed over Ethernet o Alimentación sobre Ethernet). Un Power Injector Box tiene la capacidad de alimentar hasta 2 MPT.

Posee dos fuentes de alimentación pueden proporcionar alimentación con redundancia. El voltaje de entrada es de -38.4 a -57.6 Vdc, y teniendo una salida de 48 Vdc, posee 02 puertos DATA que son los interfaces hacia el router de interconexión ethernet de tipo RJ45 y 02 puertos DC+DATA que son los interfaces hacia la odu permitiendo la interconexión ethernet y alimentación dc hacia la radio Nokia.

Figura 34*Poe Injector Box Nokia***Nota.** Información obtenida de Proyecto Regionales

3.2.3.1.2 Antena

Dentro del proyecto están instaladas las antenas TONGYU, con diámetros de 0.3 m a 0.9 m para los enlaces PTP Nokia 9500MPRe.

Figura 35*Data Sheet Antena Tongyu*

Parámetro	Valor		
	TYA06U07WC-BUBT	TYA06U10WC-BUBT	TYA06U015C-BUBT
Frecuencia (GHz)	7.125~8.5	10.0~11.7	14.4~15.35
Polarización	Dual (V/ H)	Dual (V/ H)	Dual (V/ H)
Ganancia, Low (dBi)	29.6	33.8	36.5
Ganancia, Mid (dBi)	31.1	34.5	36.8
Ganancia, Top (dBi)	32.2	35.2	37.2
Cross-pol. Discrimination (dB)	30	30	30
Diámetro(m)	0.6	0.6	0.6
Tamaño de guía de Onda	1.04" dia	0.748" dia	0.531" dia
Ajuste de Azimut	Fuerte: 360 ° Fino: ±15 °	Fuerte: 360 ° Fino: ±15 °	Fuerte: 360 ° Fino: ±15 °
Ajuste de elevación	Fino: ±15°	Fino: ±15°	Fino: ±15°
Temperatura de operación (°C)	-45~+60	-45~+60	-45~+60
Diámetro del Pole Mounting (mm)	Φ51~Φ114	Φ51~Φ114	Φ51~Φ114
Peso neto (Kg)	8.2	8.2	8.2
Peso Bruto (Kg)	11.7	11.7	11.7
LxWxH (mm)	702x702x385	702x702x385	702x702x385

Nota. Información obtenida de Proyecto Regionales

3.2.3.2 Radio PTP 450i Cambium

Dentro de la red de acceso para enlaces punto a punto también se ha hecho uso de la radio Cambium PTP 450i ya que una es una solución de comunicación inalámbrica punto a punto (PTP) diseñada para proporcionar enlaces de alta capacidad y fiabilidad en redes de telecomunicaciones. En este resumen se centrará en los detalles de la radio PTP 450, los parámetros de funcionamiento y otros aspectos relevantes para un mejor entendimiento de la tecnología utilizada.

Figura 36

Cambium 450i Integrada y Conectorizada



Nota. Información obtenida de <https://www.cambiumnetworks.com/products/backhaul/ptp-450i/>

Características Principales de la Radio Cambium PTP 450:

La PTP 450 puede soportar hasta 300 Mbps de throughput, lo que la hace adecuada para plataformas que necesitan grandes capacidades de ancho de banda, como el backhaul de redes móviles y la difusión de vídeo de alta resolución, Funciona en bandas de frecuencia de 3.5 GHz y

5 GHz, proporcionando flexibilidad para su implementación en diferentes entornos y para cumplir con diversas regulaciones de espectro.

Utiliza tecnología de modulación avanzada OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) que aumenta la eficacia en el uso del espectro y la robustez de la señal, la PTP 450 está construida para soportar condiciones ambientales adversas, incluyendo temperaturas extremas, humedad y exposición a la intemperie, Incorpora tecnologías para la mitigación de interferencias, asegurando una comunicación fiable incluso en entornos con alta densidad de RF, Soporta encriptación AES de 128 bits, proporcionando seguridad robusta para los datos transmitidos a través del enlace, Incluye mecanismos de autenticación para garantizar que únicamente dispositivos habilitados puedan conectarse y comunicarse.

La radio PTP 450 opera en bandas de 3.5 GHz y 5 GHz, lo que permite su uso en diferentes entornos y cumplimiento con diversas normativas de espectro, utiliza modulación OFDM con esquemas de codificación avanzados para maximizar la eficiencia espectral y la capacidad del enlace, los esquemas de modulación incluyen QPSK, 16-QAM y 64-QAM, que se ajustan de manera variable según las circunstancias de la conexión, soporta anchos de banda de canal de 5, 10, 15, 20 y 30 MHz, lo que facilita una mayor adaptabilidad en la organización de la red y la optimización del rendimiento del enlace, la potencia máxima de salida puede llegar hasta 27 dBm, dependiendo de la banda de frecuencia y la configuración del país.

Figura 37*Data sheet PTP cambium 450i*

MODELO 5 GHz	C050045B003A (Conectorizado) C050045B004A (Integrado)
ESPECTRO	
FREQUENCY RANGE	4900 - 5925 MHz
CHANNEL WIDTH	5 MHz, 10 MHz or 20 MHz
INTERFACE	
PHYSICAL LAYER	2x2 MIMO/OFDM
ETHERNET INTERFACE	100/1000BaseT, full duplex, rate auto negotiated (802.3 compliant)
PROTOCOLS USED	IPv4, UDP, TCP, IP, ICMP, Telnet, SNMP, HTTP, FTP
NETWORK MANAGEMENT	HTTP, HTTPS, Telnet, FTP, SNMP v3
VLAN	802.1ad (DVLAN Q-in-Q), 802.1Q with 802.1p priority, dynamic port VID
PERFORMANCE	
ARQ	Yes
Modulation Levels (Adaptive)	MCS - Signal to Noise Required (SNR, in dB)
2X	QPSK - 10
4X	16QAM - 17
6X	64QAM - 24
8X	256QAM - 32
Maximum Deployment Range	Up to 200 kilometers (124 miles) depending on configuration
Latency	3 - 5 ms, typical
Quality of Service	Diffserv QoS
Throughput	300 Mbps (40 MHz)
LINK BUDGET	
Antenna Beam Width	10° azimuth for 23 dBi integrated antenna
Antenna Gain	(+23 dBi H+V, integrated or external)
Maximum Transmit Power	(+27 dBm combined output)
PHYSICAL	
Antenna Connection	50 ohm, N-Type (Connectorized version only)
ENVIRONMENTAL	IP66, IP67
Temperature / Humidity	(-)40°C to +60°C (-40°F to +140°F), 0-95% non-condensing

Nota. Información obtenida de <https://www.cambiumnetworks.com/products/backhaul/ptp-450i/>

3.2.3.2.1 Supresor de pico GE

Para los enlaces Cambium PTP 450i se ha instalado supresor de picos y protección de sobre corriente (Arrestor), se tiene instalado 1 en torres y otro en gabinete para maximizar la protección de equipos.

Figura 38

Supresor de pico GE



Nota. Información obtenida de <https://www.cambiumnetworks.com/products/backhaul/ptp-450i/>

Características:

Número de Modelo: C000000L033A

Conectores: 2 x RJ-45 1000BaseT

Potencia: Nominal de 56VDC (compatible con PMP/PTP 450i)

Modo de Protección: Línea-a-Línea y Línea-a-Tierra

Tiempo de Respuesta: Típico 5 ns.

Sobretensión Nominal: 172A, 10/200 μ s

Temperatura de Operación: -40° F (-40° C) a +140° F (+60° C).

Humedad de Operación: Condensación del 100%

Montaje: Mástil o montaje en pared

Dimensiones: 118 x 88 x 46 mm

Peso: 0.16 Kg

Protección Ambiental: IP54

3.2.3.2.2 PoE Tycon Power 40-60VDC Input

Para los enlaces PTP Cambium dentro de la red como fuente de alimentación y gestión se ha implementado los Poes Tycon Power 40-60VDC Input, encargada de energizar la radio Cambium PTP 450i. posee características como salida PoE pasiva o compatible con IEEE 802.3af/at, entradas duales para conectar 2 fuentes de alimentación, potencia hasta 50W, Protección contra cortocircuitos, sobrecorriente y voltaje inverso/sobrevoltaje, Conector de entrada de datos y salida de datos/POE: RJ45 (blindado) con negociación de hasta 10/100/1000 MB.

Especificaciones del producto:

Voltaje de entrada CC: +/- 36 VCC - 72 VCC

Voltaje de salida CC: 56 V (pasivo)

Corriente de salida (máx.): 0,9 A

Potencia de salida (máx.): 50W

Potencia de autoconsumo: 1W

Eficiencia (mínima): 75%

Temperatura de funcionamiento: -30 a +60 grados C (-22 a +140 grados F)

Humedad de funcionamiento: 5% - 90%

Figura 39*Poe Tycon Power 40-60VDC Input*

Nota. Información obtenida de Baltick Networks

Los nodos de acceso que cuentan con servicio POP en el proyecto, se han instalado para el acceso y/o conexión de los usuarios finales radios ePMP 1000 Cambium, radios diseñadas para enlaces Punto Multi Punto.

3.2.3.3 El ePMP 1000: 5GHz GPS Sync

Es un dispositivo de telecomunicaciones diseñado para proporcionar soluciones de conectividad inalámbrica de alto rendimiento. Este equipo es ideal para aplicaciones de acceso a internet en entornos rurales, urbanos y de difícil acceso. A continuación, se detallan las especificaciones técnicas y características principales del ePMP 1000: 5GHz GPS Sync.

Rango de Frecuencia de operación de 5 GHz, ideal para aplicaciones de banda ancha inalámbrica, proporcionando un equilibrio entre alcance y capacidad de transmisión, ancho de Banda de hasta 200 Mbps de rendimiento agregado así como alta capacidad de datos para soportar

múltiples usuarios y aplicaciones intensivas en datos. Posee sincronización GPS Sync que es una sincronización de tiempo mediante GPS para reducir la interferencia entre estaciones base y mejorar la eficiencia del espectro, modulación QPSK, 16-QAM, 64-QAM, y 256-QAM, potencia de Salida: Hasta 30 dBm, rango de sensibilidad de -85 dBm a -60 dBm dependiendo de la modulación y el ancho de canal, puerto ethernet: 1 x 10/100/1000BaseT, con soporte para PoE (Power over Ethernet), entrada de Energía: 24 VDC, 1 A (PoE) y admite un rango de temperatura de operación -30°C a +60°C, protección ambiental IP55

Tecnología ePMP: Utiliza la tecnología ePMP para ofrecer una solución eficiente y escalable en la banda de 5 GHz, ideal para proveedores de servicios de internet y redes privadas.

Sincronización GPS: La sincronización GPS permite la reutilización del espectro y reduce la interferencia, mejorando la capacidad total del sistema y la calidad del servicio.

QoS (Calidad de Servicio): Soporta mecanismos avanzados de QoS para priorizar el tráfico crítico, garantizando una experiencia de usuario ideal para funciones como VoIP, video y datos.

Flexibilidad de Implementación: Compatible con diversas configuraciones de antenas externas, lo que posibilita ajustarse a diversas exigencias de cobertura y rendimiento.

Gestión y Configuración: Gestión remota y ajuste mediante una interfaz en línea intuitiva y soporte para SNMP, facilitando la administración y monitoreo del dispositivo.

Figura 40*ePMP1000 Cambium Conectorizado*

Información obtenida de <https://www.cambiumnetworks.com/products/backhaul/ptp-450i/>

Para la instalación de enlaces PMP se tienen escenarios con 02 tipos de antena las cuales son omnidireccionales y sectoriales.

3.2.3.3.1 Antena Omnidireccional HG5158DP-13U

La Antena Omni de 5.1 – 5.8 GHz y 13 dBi es una antena diseñada para aplicaciones de telecomunicaciones que requieren cobertura omnidireccional en la banda de frecuencia de 5 GHz.

A continuación, se presentan sus características y especificaciones principales:

Rango de Frecuencia: 5.1 GHz a 5.8 GHz

Ganancia: 13 dBi

Polarización: Vertical

Ancho de Haz:

Horizontal: 360° (Omnidireccional)

Vertical: 7° a 10°

Impedancia: 50 ohmios

Conector: Tipo N hembra

Dimensiones: Aproximadamente 1.2 metros de longitud

Materiales: Construcción resistente a la intemperie con carcasa de fibra de vidrio y soportes de aluminio o acero inoxidable

Protección Ambiental: Clasificación IP65 o superior, adecuada para uso exterior

Figura 41

Antena omnidireccional HG5158DP-13U



Nota. Información <https://www.ds3comunicaciones.com/lcom/images/HG5158DP-13U-1.JPG>

3.2.3.3.2 Antena sectorial Cambium C050900D021A

Polarización dual (vertical y horizontal).

Rango de frecuencia de 4.9 a 6 GHz.

Ganancia de 18 dBi

Apertura de 120° grados.

2 conectores SMA Hembra Inverso.

Aislamiento anterior-posterior de 35 dB

Incluye montaje para torre y jumpers de interconexión.

Ensamble directo para ePMP 1000 ó 3000 conectorizados.

Cobertura simulable en Link Planner

Figura 42

Antena sectorial Cambium C050900D021A



Nota. Información obtenida de https://www.winncom.com/images/items/Cambium_ePMP_Sector_Antenna.jpg

3.2.3.3.3 Procet - Inyector POE

Para energizar los equipos epmp1000 en el proyecto se ha utilizado los equipos POE Procet, es un PoE pasivo alimenta directamente PDs de 24 V y 30 W. Protege la salida contra sobretensión, sobrecorriente, cortocircuito, todos los materiales utilizados cumplen con la normativa RoHS. Diseño aislado eléctrico en el interior para evitar daños de entrada de alta corriente. Puerto PoE con 6 KV(10/700us) de iluminación y protección contra sobretensiones. Velocidad de transmisión de soporte de 10/100/1000 Mbps (Gigabit). Conexión con interruptor para intercambiar datos, proporcionar una fuente de alimentación estable y sostenida a través de cable Cat5e/Cat6 a PDP remoto al Switch.

Figura 43

Procet - Inyector PoE



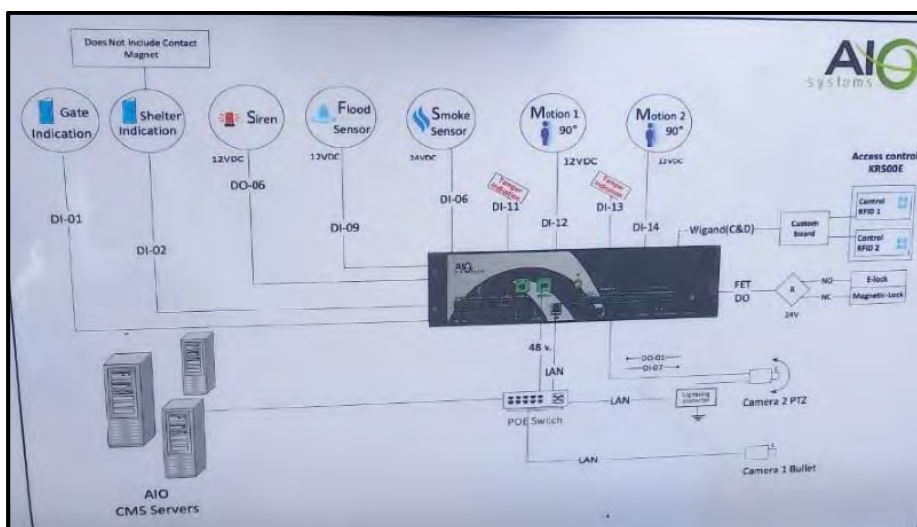
Nota. Información obtenida de <https://manuals.plus/wp-content/uploads/2023/07/PROCET-PT-PSE109GBRO-D-DC-to-DC-PoE-InjectorPRO.jpg?ezimgfmt=rs:368x251/rscb1/ng:webp/ngcb1>

3.2.4 Subsistema de Seguridad y Video Vigilancia.

El subsistema de seguridad y video vigilancia del proyecto regionales de la región cusco y Ayacucho es una parte integral de las infraestructuras de seguridad, utilizado para monitorear y proteger las instalaciones de los nodos de acceso distritales, intermedios y terminales. Este subsistema contempla cámaras de seguridad, sistemas de monitoreo, análisis de video y sistemas de control de acceso para proporcionar una solución de seguridad completa y eficaz.

Figura 44

Diagrama de Sistema de seguridad y Video Vigilancia



Nota. Información Obtenida de Proyecto Regionales

3.2.4.1 Controladora AIO (All in One)

La controladora AIO (All-In-One) es un dispositivo diseñado para gestionar y controlar los distintos componentes del nodo como sensor de humo, aniego, sensor de movimiento de cámaras, sensor de 90, sirena, final de carrera de shelter y tiene un puerto RJ45 para la gestión remota de todo el sistema. A continuación, se describen sus características principales y las funcionalidades ofrecidas por sus diferentes interfaces.

Características Técnicas

- **Interfaces de Conexión:**

Entradas Digitales (DI): Proporciona varias entradas digitales para conectar sensores y otros dispositivos de entrada.

Salidas de Relé (DO): Permite controlar dispositivos externos a través de salidas de relé.

Conectores de Alimentación: Incluye terminales para la entrada de alimentación DC de 48V, asegurando una fuente de energía estable.

- **Puertos de Comunicación:**

RS485: Utilizado para la comunicación en serie con dispositivos compatibles, facilitando la integración en sistemas de control industrial.

Ethernet (LAN): Puerto RJ-45 para conectividad de red, permitiendo la gestión remota y la integración con sistemas de monitoreo basados en IP.

Puertos de Expansión: Interfaces adicionales para la conexión de módulos de expansión y otros periféricos.

Figura 45

Controladora de seguridad AIO



Nota. Información obtenida de Proyecto Regionales

3.2.4.2 Cámaras de video vigilancia

En el proyecto se ha implementado cámaras PTZ para monitorear el acceso y patio del nodo e Indoor para monitorear la actividad en los equipos instalados dentro del shelter.

3.2.4.2.1 Cámara Ptz Dahua DH-SD59230I-HC-S3

La cámara PTZ IA Dahua ofrece una resolución de 2 MP con un zoom óptico de 25x, ideal para vigilancia detallada, incluyendo detección de intrusos. Su capacidad PTZ (pan-tilt-zoom) permite un monitoreo flexible y completo, con un rango de movimiento horizontal de 360° y vertical de -15° a 90°. Además, cuenta con iluminación infrarroja para visión nocturna, protección IP66 para resistencia a la intemperie y funciones avanzadas como seguimiento automático.

Figura 46

Camara Ptz Dahua DH-SD59230I-HC-S3



Nota. Información obtenida de <https://www.dahuasecurity.com/es/Products>

3.2.4.2.2 Camara Bullet Dahua DH-HAC-B1A21P-0280B

La cámara bullet Dahua 2MPX DH-HAC-B1A21P-0280B es una solución de vigilancia eficiente que proporciona una resolución de 2 megapíxeles para imágenes claras y detalladas. Su diseño resistente con clasificación IP67 la hace ideal para uso exterior, soportando condiciones climáticas adversas. Equipada con tecnología de visión nocturna infrarroja, ofrece un alcance efectivo de hasta 20 metros en completa oscuridad. La cámara utiliza tecnología HDCVI para una transmisión de video sin compresión a largas distancias y cuenta con funciones avanzadas como

reducción de ruido y ajuste automático de ganancia para mejorar la calidad de la imagen en diversas condiciones de iluminación.

Figura 47

Cámara Bullet dahua DH-HAC-B1A21P-0280B



Nota. Información obtenida de <https://www.dahuasecurity.com/es/Products>

3.2.4.2.3 Switch PoE Dahua DH-PFS3106-4ET-60

El PoE Switch Dahua DH-PFS3106-4ET-60 es un conmutador no gestionado de 6 puertos, incluyendo 4 puertos PoE, diseñado para entornos industriales y aplicaciones de vigilancia. Opera con una entrada de alimentación de 48V a 57V DC, proporcionando hasta 3A. Este switch puede suministrar tanto datos como energía a dispositivos compatibles a través de los puertos PoE, ideal para cámaras IP y puntos de acceso inalámbricos. Fabricado por Zhejiang Dahua Vision Technology Co., Ltd., en Hangzhou, China, el switch cuenta con certificaciones de cumplimiento con las normas de seguridad y compatibilidad electromagnética. Es una solución robusta y confiable para instalaciones que requieren alimentación a través de Ethernet.

Figura 48

Switch PoE Dahua DH-PFS3106-4ET-60



Nota. Información obtenida de <https://www.dahuasecurity.com/es/Products>

3.2.4.3 Sensores de Aniego AIO

El sensor de aniego va instalado en la parte inferior interna del shelter, es un sensor de agua con un contacto de relé, diseñado para detectar daños por agua ocasionados por fugas en tuberías o calentadores de agua corroídos. Este sensor puede identificar cualquier líquido conductor no inflamable y ayuda a reducir los costos asociados con fugas de agua no detectadas.

Características:

Requisitos de energía: 12 VDC

Tensión de conmutación: Máximo 30VDC

Corriente de conmutación: Máximo 500 mA

Potencia: Máximo 20 mW

Figura 49

Sensor de aniego AIO



Nota. Información obtenida de Proyecto Regionales

3.2.4.4 Sensores de Movimiento TOWER-20AM

Los nodos de acceso cuentan con 02 sensores de 90° TOWER-20AM ofrece una cobertura de detección de 12 metros con un ángulo de 90°. Diseñado para exteriores, este sensor utiliza tecnología avanzada de infrarrojos pasivos (PIR) para detectar movimientos y proteger contra intrusiones. Además, cuenta con características anti-mascotas y tecnología de anti-mascaramiento para evitar falsas alarmas y asegurar una detección precisa en condiciones ambientales adversas.

Figura 50

sensor de 90° Towe-20AM



Nota. Información obtenida de <https://catalog.visonic.com/sp/wp-content/uploads/2014/06/>

3.2.4.5 Sensor Humo

El sensor de humo fotoeléctrico D-MAX de 4 hilos opera a 12V y está diseñado para detectar humo de manera eficiente y precisa. Este sensor cuenta con una función de auto-reset, esta instalado en la parte superior central del shelter.

Figura 51

Sensor de humo AIO



Nota. Elaboración propia

3.2.4.6 Sensores puerta abierta ES-155

Para detectar el estado de puerta abierta del nodo se usa sensor magnético semipesado para exteriores, y para censar el estado de puerta del shelter se usa un final de carrera ambos con estado de salida NC, NA.

Figura 52

Sensor Magnetico ES-155



Nota. Elaboración Propia

3.2.4.7 Sirena

La sirena instalada en el nodo de acceso proporciona señales audibles y visoras para la alerta de algún evento no registrado en el Nodo, proporcionando seguridad al sistema. Funciona con 12 V y 500 mA, opera en un rango de temperatura de -20°C a 55 °c, y humedad del 80%

Figura 53

Sirena



Nota: Elaboración Propia

3.2.4.8 Lectores RFID KR500

Dispositivo instalado en la parte exterior e interior del nodo que permite la apertura de puertas con una tarjeta proximidad RFID de 125 KHz con un rango de lectura es de hasta 10cm,

tiene un diseño con clasificación IP65 para resistencia al agua y protección contra inversión de polaridad. Incluye un indicador LED externo para mostrar la lectura de la tarjeta (verde/rojo) y un zumbador externo.

Especificaciones:

Tiempo de Lectura: $\leq 200\text{ms}$

Puerto de Entrada LED: Externo

Buzzer: Externo

Formato de Salida: Wiegand 26bits

Fuente de Alimentación: DC 6-14V/Max. 70mA

Temperatura de Operación: -20°c a 65°c

Material: ABS + PC con Textura

Humedad de Operación: 10% - 90%

Figura 54

Lector RFID KR500



Nota. Información obtenida de zkteco

3.2.4.9 Cerradura eléctrica y electromagnética Seco-larm

Equipos instalados en la puerta metálica de acceso al nodo, cumplen la función de asegurar las puertas de acceso la cerradura electromagnética creando un campo magnético, y la cerradura eléctrica accionando un pestillo mecánico de seguridad, ambos elementos combinados garantizan la seguridad del nodo. Tienen una tensión de entrada de 12 Vdc, accionados por un rele de seguridad conectado a la controladora IAO.

Figura 55

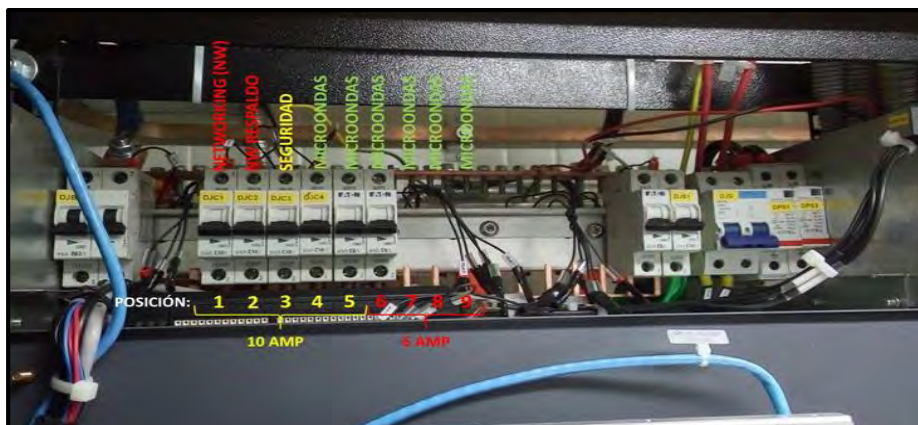
Cerradura Electromagnética Seco-larm



Nota. Información obtenida de Seco-Larm

3.2.5 Subsistema de Energía

Para administrar el sistema de energía de manera adecuada se tiene instalado en los nodos de acceso un sistema de poder Core, en donde van distribuidos los Itm de alimentación de energía de todo los sistemas, pose un ITM de ingreso de la energía comercial luego es derivado al los rectificadores para el proceso de rectificación a -48 Vdc para alimentar a los equipos la carga de los bancos de baterías, pose un relé interno que tiene la función de conmutar ante la usencia de la energía comercial para que los bancos de batería asuman la carga del nodo. Posee 4 slots para rectificadores flat pack 2000/3000W y un módulo Smart pack que controla todos estos procesos.

Figura 56*Distribución de ITM en Power Core*

Nota. información Obtenida de Proyectos Regionales

3.2.5.1.1 Rectificador Flatpack2 48V HE 2000W

El rectificador Flatpack2 48V HE está disponible en modelos de 2000W y 3000W, con números de parte 241115.105 y 241119.105, respectivamente. Ambos modelos aceptan una extensa variedad de voltajes de entrada, operan en frecuencias de 45-66 Hz y ofrecen protección contra transientes y sobre corrientes. El modelo de 2000W entrega una salida nominal de 53.5VDC ajustable entre 43.5-57.6VDC, con una eficiencia del 96% y aislamiento de 3.0 kVAC. Proporciona 41.7A a carga completa y tiene características de ruido bajo y alta confiabilidad con un MTBF superior a 350,000 horas. El modelo de 3000W tiene una salida nominal similar, pero con una corriente máxima de 62.5A y potencia de 1380W a 85VAC. Ambos modelos incluyen alarmas y protecciones integrales, cumplen con múltiples certificaciones internacionales, y están concebidos para funcionar en intervalos de temperatura de -40°C a +75°C, con funciones de reducción de potencia para altas temperaturas.

Figura 57

Rectificador Flatpack2 48V HE 2000W



Nota. información obtenida de Proyecto regionales

3.2.5.1.2 Baterías FIAMM 12XL205

Las baterías FIAMM 12XL205 son acumuladores de plomo-ácido con una capacidad nominal de 200Ah a 12V. Están diseñadas para proporcionar energía fiable en aplicaciones críticas, como sistemas de respaldo y telecomunicaciones. Estas baterías operan a una tensión de 12V con una capacidad de descarga de 200Ah en 10 horas hasta 1.80 V/celda a 20°C y en 8 horas hasta 1.75 V/celda a 77°F. La tensión de flotación es de 13.62V a 20°C o 13.56V a 77°F. Tienen una construcción robusta y hermética (no derramable), y cuentan con certificaciones de seguridad UL y RU. La conexión se realiza con un torque recomendado de 10-12 Nm (88-106 in.lb).

- Nodo de acceso distrital y terminal: 02 bancos de baterías de 200 amp a 48Vdc (8 baterías de 12 Vdc)
- Nodo Distrital: 01 banco de batería de capacidad de 770 amp (24 baterías de 2 Vdc)

Figura 58

Bancos de batería nodo terminal



Nota. Elaboración propia

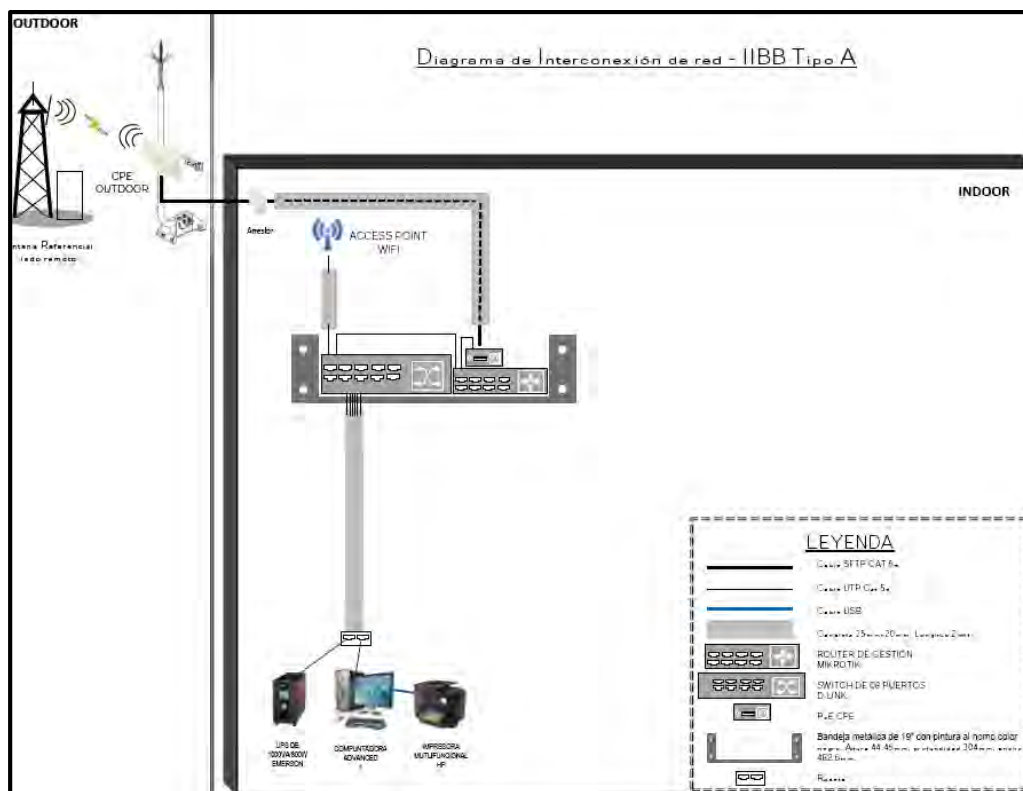
3.3 Usuarios Finales de la Red de Acceso (IAO)

Las Instituciones Abonadas Obligatorias (IAO) en el contexto de proyectos regionales son entidades públicas están legalmente obligadas a suscribirse y participar en determinados servicios, infraestructuras o sistemas implementados por el proyecto. Estas instituciones son los centros de salud, comisarias e Instituciones educativas públicas

Para lo cual se ha implementado equipos e infraestructura para poder integrarse a la red troncal y así poder acceder a internet.

Figura 59

Diagrama de interconexión de Red IAO



Nota. información Obtenida de Proyecto regionales

3.3.1 Subsistemas de los Usuarios finales de la Red de Acceso

3.3.2 Subsistema Microondas

3.3.2.1 ePMP Force 180

El ePMP Force 180 es un dispositivo de comunicación inalámbrica diseñado principalmente para proporcionar conectividad de banda ancha en redes punto a punto (PtP) y punto a multipunto (PtMP). Este dispositivo es ideal para aplicaciones de acceso a internet de alta capacidad, su función principal es establecer enlaces inalámbricos robustos y eficientes, asegurando un alto rendimiento de datos y una cobertura extendida.

Principales Características:

- **Frecuencia de Operación:** Opera en el rango de frecuencia de 5 GHz (4.9 – 5.97 GHz), proporcionando flexibilidad y adaptabilidad a diferentes requisitos y entornos de despliegue.
- **Capacidad de Datos:** Ofrece hasta 200 Mbps de rendimiento agregado, permitiendo el manejo de múltiples usuarios y aplicaciones intensivas en datos de manera eficiente.
- **Ganancia:** Incluye una antena direccional integrada de 16 dBi, optimizada para enlaces de largo alcance y proporcionando una señal más fuerte y estable.
- **Potencia de Transmisión:** Potencia de salida ajustable hasta 30 dBm, lo que permite optimizar el rendimiento de la red y cumplir con las regulaciones locales.
- **Sincronización TDD con GPS:** Mejora la reutilización del espectro y reduce la interferencia entre estaciones base, aumentando la capacidad total de la red.
- **Ethernet:** Equipado con un puerto Ethernet 10/100/1000BaseT que soporta Power over Ethernet (PoE), simplificando la instalación y reduciendo la necesidad de cables adicionales.
- **Resistencia:** Carcasa con clasificación IP55, resistente a la intemperie, ideal para instalaciones exteriores en diversas condiciones climáticas.
- **Montaje:** Soporte robusto y ajustable para una fácil instalación en postes y paredes.
- **Gestión Remota:** Se puede gestionar de forma remota a través de una interfaz web intuitiva, y es compatible con SNMP para facilitar la configuración y el monitoreo.
- **LINKPlanner:** Soporte para Cambium Networks LINKPlanner, que ayuda en la planificación y optimización de los enlaces inalámbricos.

- **Modulación:** Soporta QPSK, 16-QAM, 64-QAM, y 256-QAM para maximizar la eficiencia espectral y el rendimiento de la red.
- **Cifrado:** Utiliza cifrado de datos AES de 128 bits, asegurando la privacidad y seguridad de las comunicaciones.

Figura 60

ePMP Force 180



Nota. información obtenida de <https://www.cambiumnetworks.com/products/epmp/force-180/>

3.3.3 Subsistema Networking

3.3.3.1 Router Mikrotik RB750Gr3

El router MikroTik RB750Gr3, tiene como función principal proporcionar un enrutamiento rápido y confiable, junto con capacidades avanzadas de gestión de red, el RB750Gr3 permite el control y la configuración detallada de la red, incluyendo la gestión de ancho de banda, cortafuegos, VPN, y más.

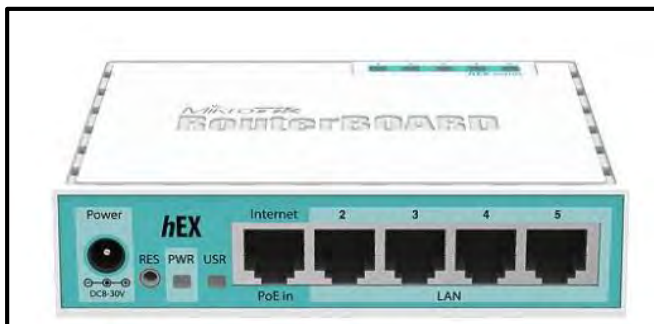
Especificaciones Técnicas:

- **CPU:** Procesador de doble núcleo MediaTek MT7621A a 880 MHz
- **Memoria RAM:** 256 MB
- **Almacenamiento:** 16 MB de almacenamiento flash
- **Puertos Ethernet:** 5 puertos Gigabit Ethernet (10/100/1000 Mbps), todos soportan Auto-MDI/X
- **Puertos USB:** 1 puerto USB 2.0 tipo A para almacenamiento adicional o módems 3G/4G
- **Capacidad de encaminamiento:** Capaz de manejar hasta 2 Gbps en tráfico total
- **Firewall:** Rendimiento del firewall de hasta 470 Mbps
- **VPN:** Capacidad de procesamiento de VPN de hasta 470 Mbps
- **RouterOS:** Nivel de licencia 4, que proporciona una amplia gama de características como enrutamiento avanzado, gestión de ancho de banda, cortafuegos, VPN, calidad de servicio (QoS).
- **Soporte de IPv4 e IPv6:** Completamente compatible con ambos protocolos de Internet
- **Configuración y Gestión:** Acceso mediante WinBox, WebFig, CLI y API para una gestión flexible y potente
- **Soporte para scripts:** Permite la automatización de tareas de red mediante scripts
- **Entrada de Energía:** 10 V a 30 V DC, con adaptador de corriente incluido
- **Consumo de Energía:** Máximo de 5 W

- **Soporte para QoS:** Administración avanzada de la calidad del servicio para priorizar tráfico de red
- **NAT (Network Address Translation):** Soporte completo para NAT para gestionar direcciones IP privadas
- **Soporte para VPN:** Incluye IPsec, PPTP, L2TP y OpenVPN para conexiones seguras

Figura 61

router Mikrotik RB750Gr3



Nota. Información obtenida de <https://mikrotik.com/product/RB750Gr3#fndtn-gallery>

CAPITULO IV

PROCESO DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS NETWORKING, MICROONDAS Y REPORTE DE ALARMAS MEDIANTE EL OFFICE TRACK.

Actualmente la red de acceso desplegada en las regiones de Ayacucho y Cusco ya lleva trabajando un aproximado de 5 años de manera ininterrumpida lo que genera la necesidad de realizar trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo. Este mantenimiento es fundamental y necesario para prevenir interrupciones de servicio, extender la duración operativa de los equipos, y sobre todo garantizar una red estable, con una comunicación de datos confiable y de excelente calidad, minimizando los tiempos de inactividad y mejorando la experiencia del usuario final.

En este capítulo nos enfocaremos y/o describiremos los trabajos, procedimientos de mantenimiento correctivo y preventivo del equipamiento Networking y microondas de los nodos de acceso distritales, intermedio, terminales y los usuarios finales que son las instituciones obligatorias beneficiarias (IAO).

4.1 Mantenimiento Correctivo

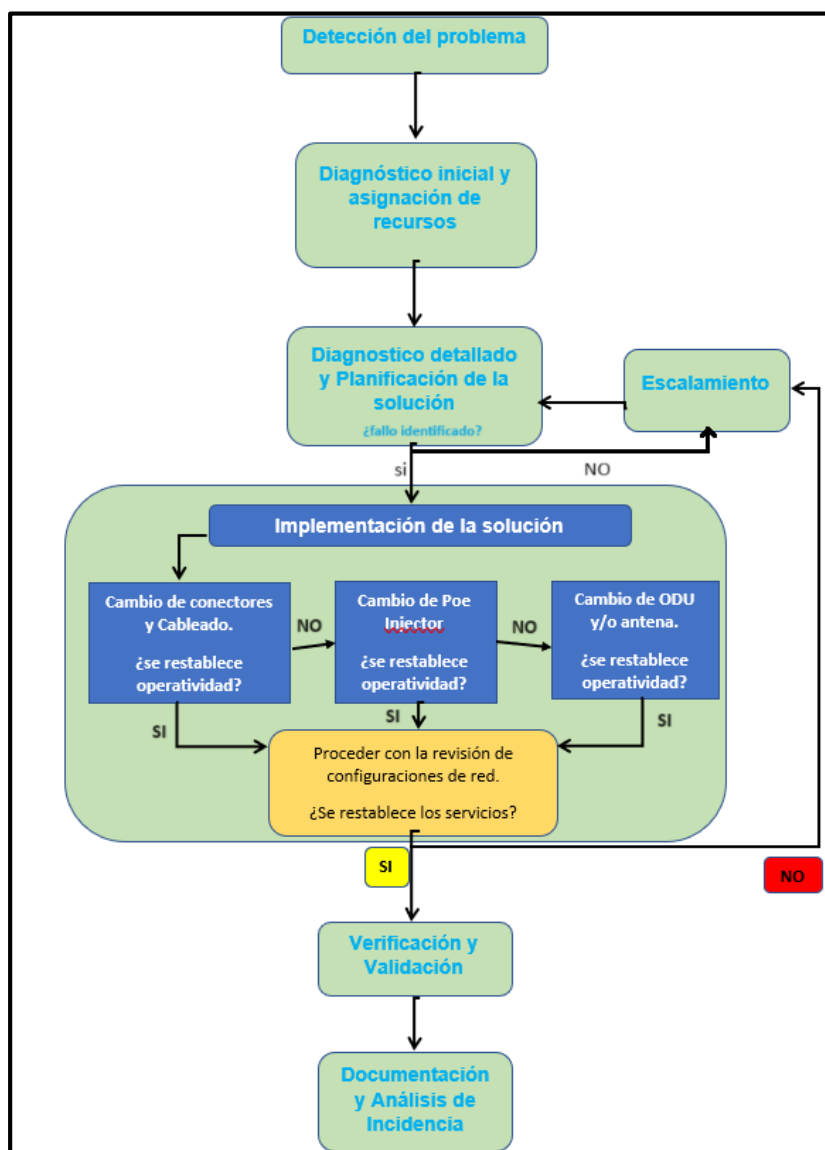
Para la adecuada operación de la red se considera como actividad principal el mantenimiento correctivo de la red de acceso del proyecto que consiste en el proceso de identificar, diagnosticar y resolver fallos y problemas que afectan el rendimiento de la red. Este tipo de mantenimiento es reactivo, respondiendo a incidentes una vez que estos se han producido.

Se muestra un compendio detallado del proceso de mantenimiento correctivo de los sistemas Microondas y Networking, incluyendo sus etapas clave, técnicas, herramientas utilizadas, y las mejores prácticas para una resolución eficiente de incidentes que por su criticidad generan afectaciones o posibles afectaciones al servicio.

Para la interconexión de los usuarios finales hacia la troncal de la red se ha implementados como parte de los sistemas microondas los equipos Nokia 9500MPRe, Cambium PTP 450i, Cambium ePMP1000 y Cambium Forcé 180 para lo cual se sigue el siguiente lineamiento para la resolución de fallos o posibles fallos.

Figura 62

Proceso de mantenimiento Correctivo Microondas



Nota. Elaboración propia.

4.1.1 Detección del problema

- **Monitoreo y Alertas:** Esta actividad está a cargo del NOC (Centro de Operaciones de Red), quien percibe o detecta alguna anomalía y afectación de servicio en tiempo real, generando una orden de trabajo o ticket de atención de alarma con un diagnóstico previo.
- **Reportes de Usuarios:** El área de atención al cliente recibe reportes y/o notificaciones de usuarios finales o personal técnico sobre problemas de conectividad o rendimiento, luego se deriva al NOC para la generación de las ordenes de trabajo.

4.1.2 Diagnóstico inicial y asignación de recursos

- **Recopilación de Datos:** Obtener información preliminar sobre el fallo, revisar histórico de incidencias incluyendo revisión del sistema de energía corroborando si se ha tenido eventos anormales antes de la generación de alarma, la intensidad de la señal, la tasa de error de bits (BER), registros de alarmas y condiciones ambientales (como clima extremo). Determinar si el problema es local (afecta a un solo enlace) o generalizado (afecta a múltiples enlaces en la misma ruta).
- **Asignación de recursos:** Se procede a gestionar los medios precisos para la atención de la alarma en base a la recopilación de datos, asignación del personal adecuado para la atención, equipamiento de diagnóstico, así como equipos de Backup para el reemplazo de equipos dañados de ser necesario.

4.1.3 Diagnóstico detallado

- **Pruebas de Diagnóstico:** Realización de pruebas específicas para identificar la causa del problema, inspección visual de todos los dispositivos que integran el sistema, fuentes de alimentación, verificar el estado de los cableados y conectores, revisar POE Injector realizando mediciones de tensión de entrada y salida de equipo así como sus puertos no se encuentren húmedos ni sulfatados, verificar línea de vista, corroborar que la antena se encuentre en buen estado así como los cables coaxiales que existe entre la ODU y la antena, realizar análisis de espectro para verificar interferencias.

4.1.4 Planificación de la solución

- **Desarrollo de un Plan de Acción:** Elaborar un esquema minucioso para enfrentar el problema identificado, incluyendo los pasos necesarios, recursos requeridos (como piezas de repuesto), y estimaciones de tiempo para la resolución.
- **Evaluación de Impacto:** Considerar el impacto potencial en la red y en los usuarios finales, y planificar las acciones para minimizar interrupciones durante la reparación.

4.1.5 Implementación de la solución

- **Ejecución de Acciones Correctivas:** Se realiza las reparaciones necesarias, reemplazo de componentes defectuosos, actualización de software, ajuste de configuraciones de red y re-configuraciones de equipos de ser necesario.
- **Cambio de conectores y/o cableado:** Una vez realizado la inspección visual de todo el sistema, si se identifica alguna anomalía con los conectores o el cableado este será sustituido e instalado nuevamente cumpliendo con todas las

especificaciones. Luego de ello se procederá a verificar si se restableció la operatividad del sistema para proceder con la revisión de parámetros de las configuraciones de red.

- **Cambio de Poe Injector:** De no restablecer la operatividad con el cambio de conectores y cableado, se procederá a reemplazar el Poe Injector defectuoso, verificando que los puertos Ethernet estos operativos sin falsos contactos, también se realizará mediciones de tensión de salida y entrada en el Poe, luego de ello se procederá a verificar si se restableció operatividad del sistema para proceder con la revisión de parámetros las configuraciones de red.
- **Cambio de la ODU:** Ya habiendo realizado acciones correctivas en los conectores, cableado, poe y protectores de sobretensión se procederá con el reemplazo de la ODU defectuosa luego de ellos se procederá con la revisión de parámetros y configuraciones de red.
- **Revisión de parámetros y configuraciones de Red:** Una vez restablecido la operatividad de todo el equipo se procederá con la revisión de los parámetros del enlace, así como las configuraciones de red, de ser necesario se realizará reconfiguraciones de equipo según hoja de ingeniería en el procedimiento de concepción y ejecución, se realizará actualizaciones de Software, revisión de niveles de potencia, y demás parámetros del enlace para un correcto funcionamiento.

4.1.6 Verificación y validación

- **Pruebas Post-Implementación:** Se realiza pruebas exhaustivas para verificar que el problema ha sido resuelto y que el enlace de microondas está funcionando

correctamente, estas actividades se realizan en conjunto del NOC ya que para dar por finalizado la atención se requerirá su validación.

- **Monitoreo Continuo:** Continuar monitoreando el enlace de microondas para asegurarse de que el problema no reaparece y que no se han introducido nuevos problemas como resultado de las acciones correctivas.

4.1.7 Documentación y análisis posterior

- **Registro de Incidentes:** Documentar detalladamente el incidente, las acciones correctivas y los resultados obtenidos para futuras referencias y análisis. Para dicha actividad se hará el uso de la plataforma del office track que Telrad ha implementados y sus operaciones.
- **Análisis de Causa Raíz:** Llevar a cabo un examen de origen fundamental para identificar cualquier problema subyacente y desarrollar estrategias para prevenir recurrencias.

4.2 Pruebas de enlace para equipos Nokia 9500MPRe

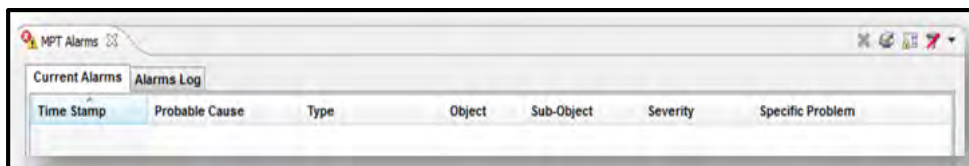
Monitoreo de alarmas

Para verificar que el enlace se encuentre dentro de los parámetros de diseño, se accede a la siguiente pestaña de la interface del equipo:

Mpt alarms

Current alarms: muestra las alarmas activas en tiempo real de la ODU.

Alarms log: muestra el histórico de alamas que presento el equipo.

Figura 63*Verificación del estado de alarmas***Nota.** información obtenida de Interface software Neto**Peripheral Alarms**

Current alarmas: muestra las alarmas activas en tiempo real del otro extremo.

Alarms log: muestra el histórico de alarmas que presento el equipo del otro extremo.

Figura 64*Verificación de estado de alarmas del lado remoto*

Time Stamp	Probable Cause	Type	Object	Sub-Object	Severity	Specific Problem
2018-08-16 03:25:24	Remote Defect Indication	COMMUNICATION	Remote MPT CH1		MINOR	

Nota. información obtenida de Interface software Neto**Power Measurements**

Con el uso de esta herramienta se verifica los niveles de potencia del enlace, los cuales no deben variar +/- 2 dB de lo indicado en diseño.

NE Tx Power: Potencia de Transmisión

Local FE RSL: Nivel de recepción lado remote

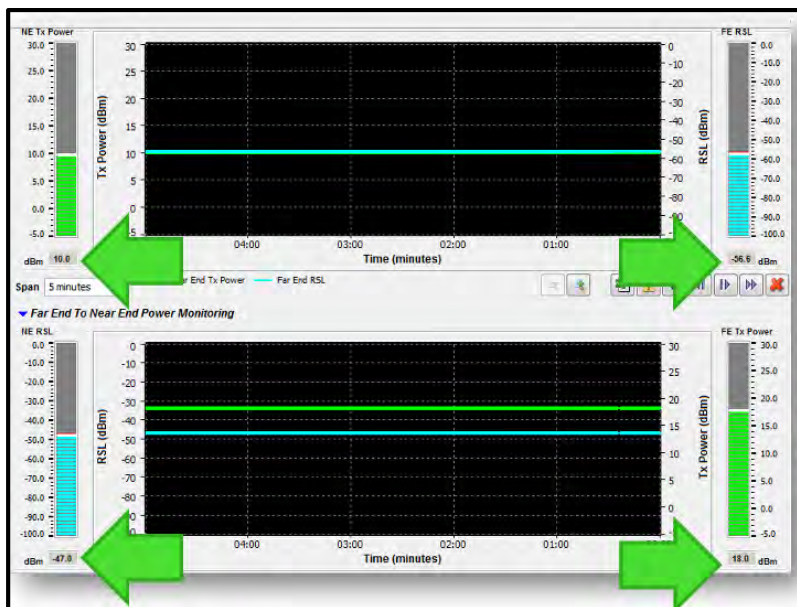
NE RSL: Nivel de recepción lado local

FE Tx Power: Potencia de transmisión lado remote

+

Figura 65

Niveles de potencia de enlace

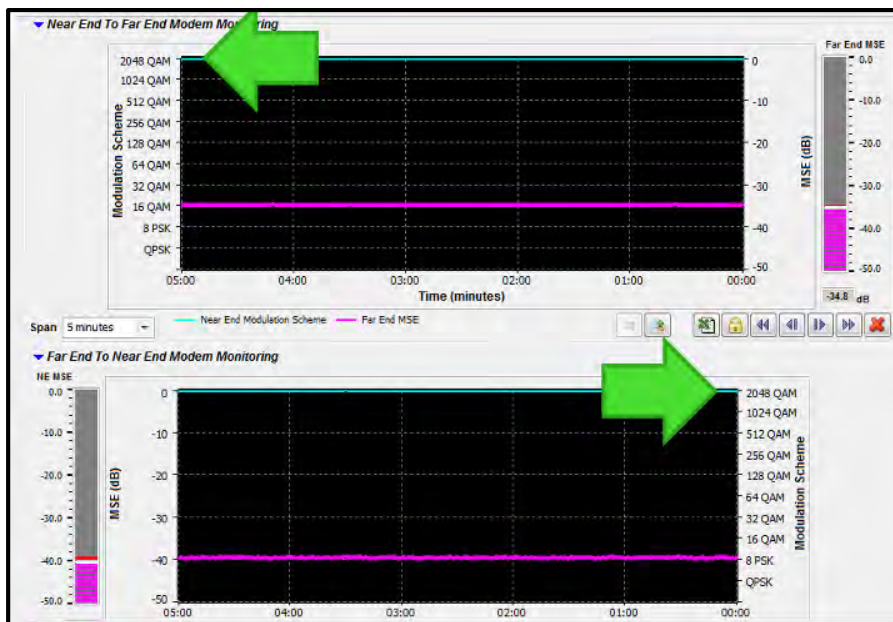


Nota. información obtenida de Interface software Neto

Modem Measurements

Se procede a verificar que la modulación mostrada coincida con los valores asignados en el diseño, también que la modulación obtenida sea constante en el lado actual y remoto.

Figura 66

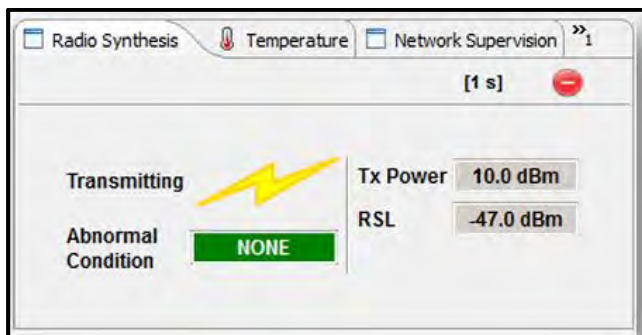
Parámetros de Modulación

Nota. Información obtenida de Interface software Neto

Radio synthesis

Se visualiza en esta pestaña los valores de nivel de potencia de transmisión y recepción local, estos valores deben de coincidir con los parámetros de diseño.

Figura 67

Nivel de potencia de Tx y Rx Local

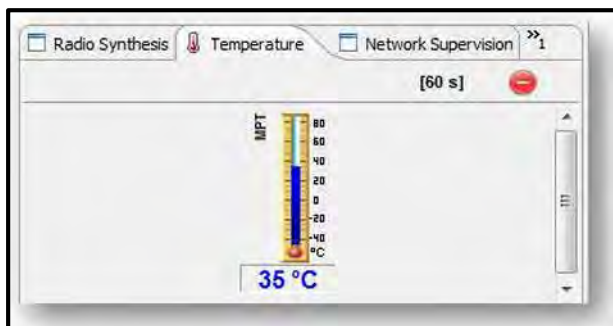
Nota. Información obtenida de Interface software Neto

Temperature

Esta ventana muestra los valores de temperatura del equipo que no debe exceder los 55°C

Figura 68

Temperatura de equipo



Nota. Información obtenida de Interface software Neto

Performance

Al seleccionar la pestaña 15Min Adaptive Modulation Counters, verificar que transcurridos 15 minutos los contadores se mantienen siempre sobre la modulación configurada, esto garantizara un enlace limpio.

Figura 69

Verificación de los contadores de modulación



Nota. Información obtenida de Interface software Neto

4.3 Pruebas de enlace para equipos PTP Cambium 450i

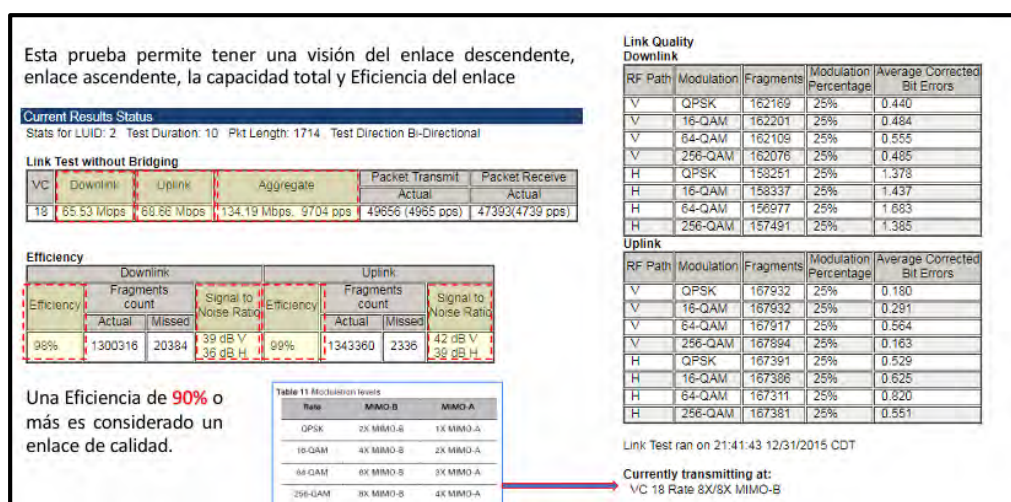
Para verificar que los parámetros del enlace para este tipo de radio son los correctos se requiere realizar algunos test y pruebas, a continuación, se detallan.

Tools –Link Capacity Test

Se ingresa a la herramienta Tools y se realiza una prueba de capacidad de enlace

Figura 70

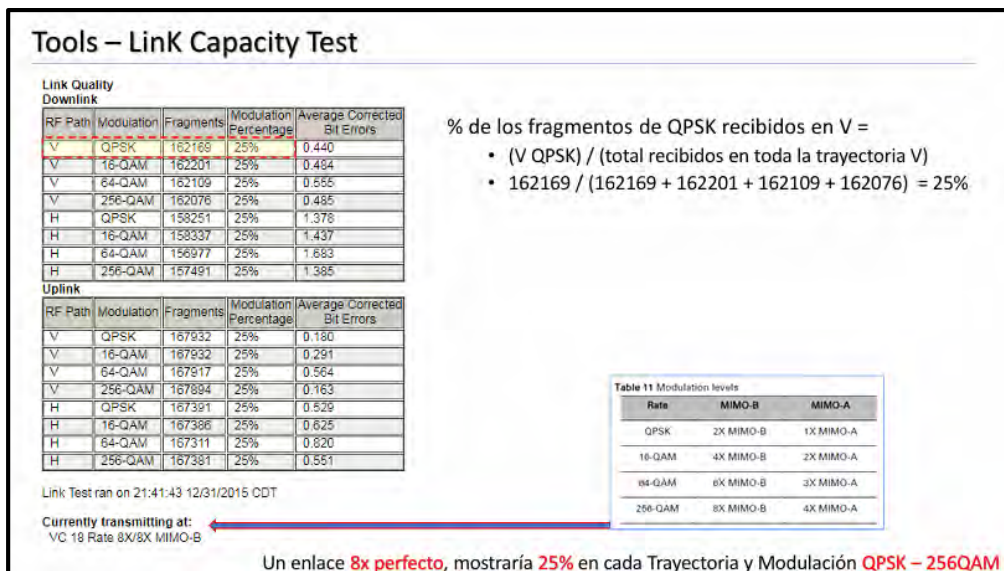
Verificación de la eficiencia del enlace



Nota. información obtenida de la interface Web Cambium

Figura 71

Trayectoria y Modulación QPSK



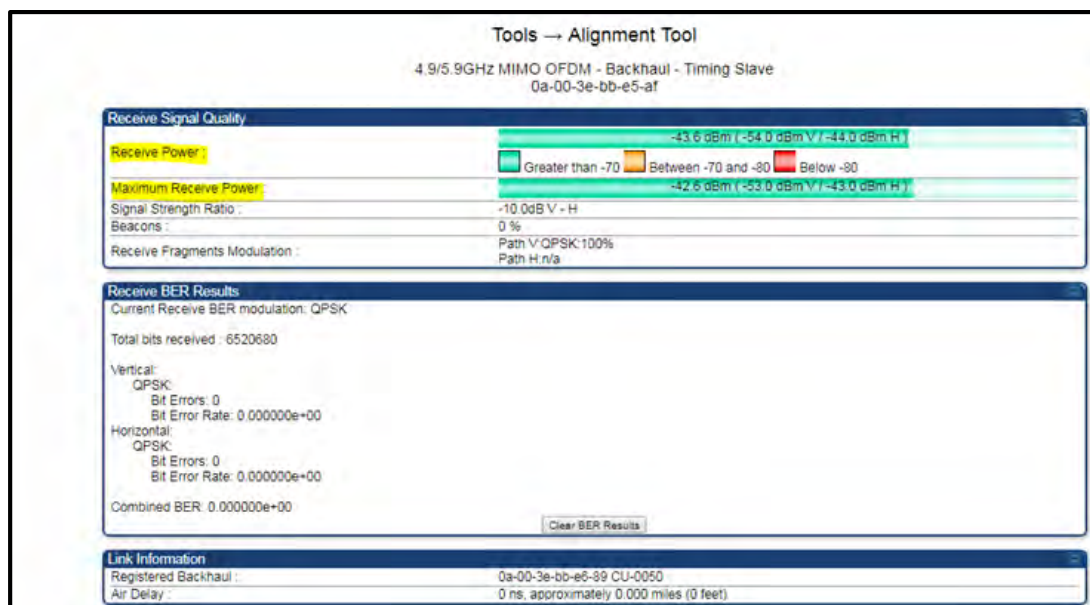
Nota. información obtenida de la interface Web Cambium

Tools –Alignment Tool

Al hacer uso de esta herramienta se verifica los niveles de alineación, potencia transmitida y recibida del enlace, los valores tendrán que corroborarse según parámetros de diseño e implementación.

Figura 72

Niveles de potencia de Tx y Rx



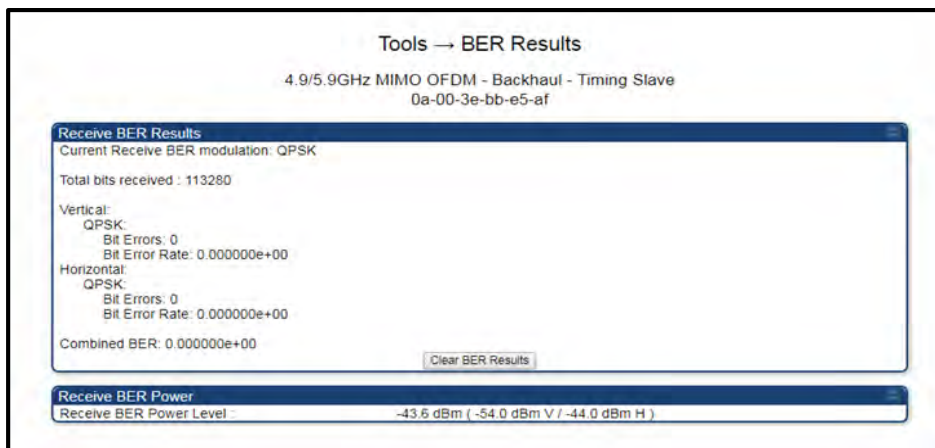
Nota. información obtenida de la interface Web Cambium

Tools – Ber

Esta herramienta se usa para medir la tasa de errores de bit (BER), consiste en medir la integridad de las señales, o también se puede definir como el índice de los bits transmitidos que se reciben de manera incorrecta, la señal se verá afectada cuantos más bits incorrectos haya.

Figura 73

Verificación resultados BER



Nota. información obtenida de la interface Web Cambium

Proceso de Recovery en caso de perder gestión de Equipo

Configurar la tarjeta de red de la PC con la dirección IP 169.254.1.2

Desde el CMD realizar un ping continuo a la dirección IP 169.254.1.1 -t

Energizar la radio al menos por 30 segundos. Y retirar la alimentación durante dos segundos.

Vuelva a energizar la radio, luego de unos 15 segundos veremos en el CMD que

Verificar que se tenga respuesta, realizando ping 169.24.1.1

Acceder a la interfaz web con la dirección IP predeterminada 169.254.1.1 y se mostrará la página radio recovery consola.

Seleccionar la opción Boot default mode y después de 30 segundos ingresara en automático al entorno de configuración.

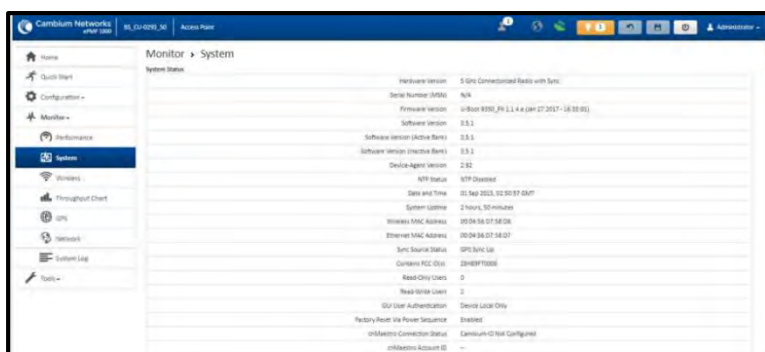
4.4 Pruebas de verificación para equipos Cambium ePMP1000 y ePMP Force 180

System status

Verificar que los parámetros asignados este de acorde a ingeniería, se verifica que el equipo este integrado al cn-maestro, revisar que no presente alarma, verificar la versión del firmware.

Figura 74

Verificación de parámetros de enlace



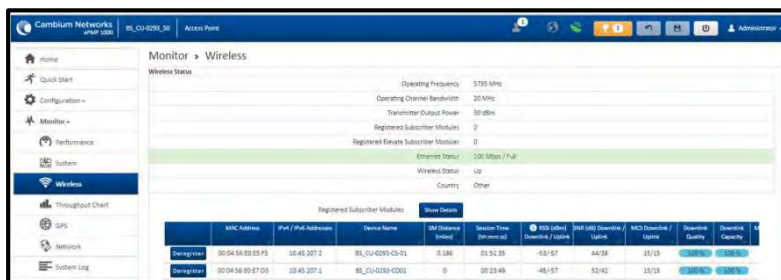
Nota. información obtenida de la interface Web Cambium

Monitor > Wireless

Verificar los niveles de potencia RSSI DL/UL este parámetro debe ser mayor o igual a -74dBm, el SNR debe ser mayor o igual 22dBm y que los valores de MCS deben ser mayores o iguales a 12.

Figura 75

Parámetros Inalámbricos



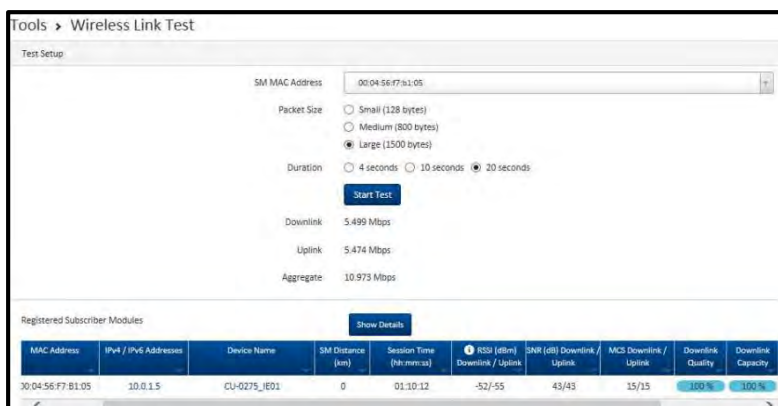
Nota. información obtenida de la interface Web Cambium

Tools > wireless link test

Realizar pruebas de enlace inalámbrico, para lo cual se requiere seleccionar tamaño de paquetes 1500 bytes, tiempo de duración 20 segundos y luego start, corroborar que estas pruebas de velocidad de carga y descarga estén dentro del rango o las velocidades contradas para el usuario.

Figura 76

Test de Velocidad



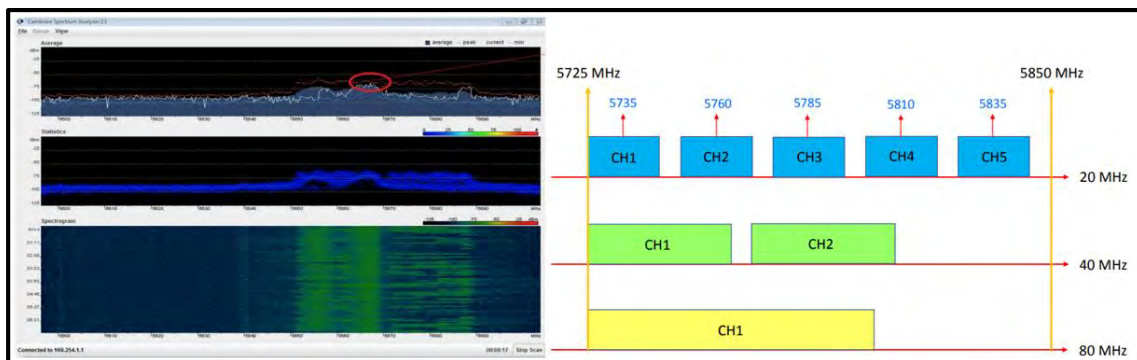
Nota. Información obtenida de la interface Web Cambium

Análisis de espectro

Se realiza un análisis de espectro en la banda libre de los 5.7 Ghz para, para luego seleccionar la frecuencia de operación con un ancho de canal de 20 Mhz

La frecuencia que podrán ser utilizadas son 5735,5760,5785,5810 y 5835.

La magnitud de potencia captada de la señal objetivo debe estar a cierto nivel por encima del nivel de potencia de la señal de interferencia.

Figura 77*Análisis de Espectro*

Nota. Información obtenida de la interface Web Cambium

4.5 Procedimiento de mantenimiento del sistema Networking

La reparación de emergencia de los dispositivos que integran el sistema networking de la red de acceso es importante para garantizar la persistencia y excelencia del servicio de la red. Estos dispositivos son fundamentales para el enrutamiento y la conmutación de datos, respectivamente. A continuación, se presenta un procedimiento detallado para llevar a cabo el mantenimiento correctivo de estos equipos, abarcando la detección de problemas, diagnóstico, reparación y verificación.

4.5.1 Procedimiento de Mantenimiento Correctivo

Detección del Problema

Monitoreo y Alertas: Esta actividad está a cargo del NOC (Centro de Operaciones de Red), quien percibe o detecta alguna anomalía y afectación de servicio en tiempo real, generando una orden de trabajo o ticket de atención de alarma con un diagnóstico previo.

Reportes de Personal: El área de atención al cliente recibe reportes y/o notificaciones de usuarios finales o personal técnico sobre problemas de conectividad o rendimiento, luego se

deriva al NOC para la generación de las ordenes de trabajo.

Diagnóstico Inicial

Recopilación de Datos: Obtener información preliminar sobre el fallo, incluyendo registros de eventos, historial de rendimiento, logs del router y detalles del tráfico de red.

Identificación del Ámbito: Determinar si el problema es local (afecta a un solo router) o generalizado (afecta a múltiples routers o segmentos de la red).

Análisis y Diagnóstico Detallado

Pruebas de Diagnóstico del Router y Switch

Conectividad: Verificar la conectividad básica mediante pruebas de ping y traceroute.

Estado de los Interfaces: Comprobar el estado de los interfaces del router para identificar posibles fallos físicos o configuraciones incorrectas.

Logs del Sistema: Analizar los logs del sistema para identificar mensajes de error o eventos anómalos.

Análisis de Configuración: Verificación de Configuración: Revisar la configuración actual del router, asegurándose de que las rutas, ACLs (Access Control Lists), NAT (Network Address Translation) y otros parámetros estén configurados correctamente.

Comparación con la Configuración de Referencia: Comparar la configuración actual con una configuración de referencia conocida para identificar discrepancias.

Planificación de la Solución

Desarrollo de un Plan de Acción: Elaborar un esquema exhaustivo que contemple pasos concretos para resolver el problema, recursos necesarios (herramientas y piezas de repuesto), y una estimación de tiempo.

Evaluación de Impacto: Evaluar el impacto potencial de las acciones correctivas en otros dispositivos de la red y en los servicios a los usuarios finales.

Implementación de la Solución

Reconfiguración de Parámetros: Ajustar la configuración del router según sea necesario para corregir problemas de enrutamiento, seguridad o rendimiento.

Reemplazo de Hardware: Sustituir componentes defectuosos del router, como módulos de interfaz, fuentes de alimentación o tarjetas de red.

Actualización de Firmware: Instalar actualizaciones de firmware para corregir errores conocidos y mejorar la estabilidad y seguridad del router.

Pruebas Post-Implementación:

Pruebas de Funcionamiento del Router: Realizar pruebas exhaustivas para garantizar que el enrutador está operando adecuadamente después de la reparación.

Pruebas de Conectividad y Rendimiento: Verificar la conectividad y el rendimiento de la red mediante pruebas de ping, traceroute y análisis de tráfico.

Verificación y Validación

Confirmación del Usuario: Confirmar con el personal técnico y los usuarios afectados que el problema ha sido resuelto y que el servicio ha vuelto a la normalidad.

Documentación y Análisis Posterior

Registro de Incidentes: Documentar detalladamente el incidente, las acciones correctivas y los resultados obtenidos para futuras referencias y análisis.

Análisis de Causa Raíz: Analizar la causa raíz para identificar cualquier problema subyacente y desarrollar estrategias para prevenir recurrencias.

4.6 Pruebas de verificación router Nokia 7210 Sas-T

Verificación de la Correcta Operatividad de un Router Nokia 7210 SAS-T

La correcta operatividad de un router Nokia 7210 SAS-T se verifica mediante un conjunto de procedimientos sistemáticos que abarcan inspección física, chequeo de configuraciones, pruebas de conectividad, y análisis de logs y estadísticas. Se sigue el siguiente procedimiento.

Inspección Física

Revisión de Indicadores LED: Verificar que los LED de estado (power, status, link) en el router estén mostrando los colores y patrones correctos, que generalmente indican el funcionamiento normal.

Conexiones de Cable: Asegurarse de que todos los cables de red y de alimentación estén correctamente conectados y firmemente asentados en sus respectivos puertos.

Temperatura y Ventilación: Comprobar que el router no esté sobrecalentado y que los ventiladores (si los tiene) funcionen correctamente.

Acceso a la Interfaz de Gestión

Iniciar Sesión en el Router: instalar software Putty

Abrir PuTTY.

Seleccionar "Serial" como el tipo de conexión.

Configurar los parámetros de conexión:

Serial line: El puerto COM utilizado (por ejemplo, COM1).

Speed: 115200

Data bits: 8.

Stop bits: 1.

Parity: None.

Comprobación de Configuración

Verificación de la Configuración General: Revisar la configuración general del router para asegurarse de que no hay configuraciones incorrectas o faltantes.

```
show configuración
```

Estado de las Interfaces: Comprobar el estado de las interfaces para asegurarse de que están operativas.

```
show port
```

```
show router interface
```

Pruebas de Conectividad

Ping: Realizar pruebas de ping a diferentes dispositivos de la red para asegurar la conectividad.

```
ping <IP_de_destino>
```

Traceroute: Utilizar traceroute para identificar posibles problemas de enrutamiento.

```
traceroute <IP_de_destino>
```

Análisis de Logs

Revisión de Logs del Sistema: Consultar los logs del sistema para detectar cualquier mensaje de error o advertencia que pueda indicar problemas.

```
show log
```

```
show log file
```

Registro de Eventos: Revisar los eventos recientes registrados en el router.

```
show log events
```

Estadísticas y Monitoreo

Uso de CPU y Memoria: Verificar el uso actual de CPU y memoria para asegurar que el router no esté sobrecargado.

```
show system cpu
```

```
show system memory
```

4.7 Verificación de la Correcta Operatividad de un OmniSwitch 6450 Alcatel

Para verificar la correcta operatividad de un OmniSwitch 6450 de Alcatel, es necesario llevar a cabo una secuencia de procedimientos para revisar tanto el hardware como la configuración del software y las funciones operativas del switch. A continuación, se describen los pasos detallados:

Inspección Física

Indicadores LED: Verificar los LED de estado (power, status, link) en el switch. Los colores y patrones deben corresponder a un funcionamiento normal (generalmente verde fijo para "Power" y "Status").

Conexiones de Cable: Asegurarse de que todos los cables de red y de alimentación estén correctamente conectados.

Temperatura y Ventilación: Comprobar que el switch no esté sobrecalentado y que los ventiladores (si los tiene) estén funcionando correctamente.

Acceso a la Interfaz de Gestión

Conexión a la Consola: Utilizar un cable serial y un software de terminal (como PuTTY) para acceder al switch.

Abrir PuTTY.

Seleccionar "Serial" como el tipo de conexión.

Configurar los parámetros de conexión:

Serial line: El puerto COM utilizado (por ejemplo, COM1).

Speed: 9600

Data bits: 8

Stop bits: 1

Parity: None.

Hacer clic en "Open" para iniciar la sesión.

inicio de Sesión: Iniciar sesión en el switch con credenciales de administrador.

Verificación de la Versión del Sistema Operativo

Comprobar la versión del sistema operativo para asegurar que es la versión correcta y está actualizada.

```
show version
```

Verificación del Estado de las Interfaces

Revisar el estado de todas las interfaces de red para asegurarse de que están operativas y correctamente configuradas.

```
show interfaces status
```

```
show interfaces description
```

Pruebas de Conectividad

Realizar pruebas de conectividad para asegurarse de que el switch puede comunicarse con otros dispositivos en la red.

Ping: Enviar pings a dispositivos conocidos en la red.

```
ping <IP_destino>
```

Traceroute: Realizar un traceroute a dispositivos para verificar la ruta de la red.

```
traceroute <IP_destino>
```

Verificación de la Tabla de Enrutamiento

Comprobar la tabla de enrutamiento para asegurarse de que las rutas están configuradas correctamente y que el switch puede enrutar el tráfico adecuadamente.

```
show ip route
```

Verificación de la Tabla MAC

Revisar la tabla de direcciones MAC para asegurarse de que el switch está aprendiendo y conmutando las direcciones MAC correctamente.

```
show mac-address-table
```

Verificación de VLANs

Asegurarse de que todas las VLANs configuradas están operativas y correctamente asignadas a las interfaces.

```
show vlan
```

```
show vlan id <VLAN_ID>
```

4.8 Pruebas de verificación Router MikroTik RB750Gr3

Para verificar la correcta operatividad de un router MikroTik RB750Gr3, es necesario llevar a cabo una secuencia de procedimientos que abarquen la inspección física, la comprobación de configuraciones y la realización de pruebas de conectividad y rendimiento. A continuación, se describe el proceso detallado:

Inspección Física

Indicadores LED: Verificar los LED de estado en el router. Los colores y patrones deben indicar un funcionamiento normal (generalmente verde fijo para "Power" y actividad de red).

Conexiones de Cable: Asegurarse de que todos los cables de red y de alimentación estén correctamente conectados.

Temperatura y Ventilación: Comprobar que el router no esté sobrecalentado y que los ventiladores (si los tiene) funcionen correctamente.

Acceso a la Interfaz de Gestión

Conexión a la Consola: Utilizar un cable Ethernet y acceder al router a través de Winbox por el puerto número 2.

Figura 80

Conexión a la consola



Nota. Elaboración Propia

Inicio de Sesión: Iniciar sesión en el router con credenciales de administrador.

Verificación de la Versión del Sistema Operativo

Comprobar la versión del sistema operativo (RouterOS) para asegurarse de que es la versión correcta y está actualizada.

```
/system package print
```

Verificación del Estado de las Interfaces

Revisar el estado de todas las interfaces de red para asegurarse de que están operativas y correctamente configuradas.

```
/interface print
```

Pruebas de Conectividad

Realizar pruebas de conectividad para asegurarse de que el router puede comunicarse con otros dispositivos en la red.

Ping: Enviar pings a dispositivos conocidos en la red.

```
/ping <IP_destino>
```

Traceroute: Realizar un traceroute a dispositivos para verificar la ruta de la red.

```
/tool traceroute <IP_destino>
```

Verificación de la Tabla de Enrutamiento

Comprobar la tabla de enrutamiento para asegurarse de que las rutas están configuradas correctamente y que el router puede enrutar el tráfico adecuadamente.

```
/ip route print
```

Verificación de VLANs

Asegurarse de que todas las VLANs configuradas están operativas y correctamente asignadas a las interfaces.

```
/interface vlan print
```

4.9 Mantenimiento Preventivo

Se considera una técnica esencial en la gestión de infraestructuras La red del proyecto Regionales, diseñada para evitar fallos y garantizar la persistencia y excelencia del servicio. Este ensayo aborda los atributos, especificaciones y procedimientos necesarios para llevar a cabo un mantenimiento preventivo eficaz en sistemas de microondas y networking. Los sistemas de microondas y los dispositivos de red son componentes críticos de las telecomunicaciones modernas, y su mantenimiento adecuado es vital para el rendimiento y la fiabilidad de la red.

4.9.1 Procedimiento de Mantenimiento Preventivo

Planificación del Mantenimiento

Elaboración de un Calendario: Crear un calendario de mantenimiento regular (mensual, trimestral, anual) para todas las infraestructuras de microondas y dispositivos de networking.

Asignación de Recursos: Asegurar la disponibilidad de personal técnico, herramientas y repuestos necesarios para el mantenimiento.

Inspección Visual y Limpieza

Sistemas de Microondas:

Antenas: Inspeccionar las antenas para detectar corrosión, acumulación de suciedad o daños físicos. Limpiar las superficies y ajustar los tornillos y soportes.

ODU e IDU: Verificar que las unidades exteriores e interiores estén libres de polvo y suciedad. Limpiar los filtros de aire y verificar la integridad de los sellos.

Dispositivos de Networking:

Routers y Switches: Inspeccionar visualmente para detectar signos de desgaste, polvo o corrosión. Limpiar los ventiladores y rejillas de ventilación para asegurar un flujo de aire adecuado.

Cables y Conectores: Verificar que los cables y conectores estén en buen estado y bien asegurados. Reemplazar cualquier cable dañado o suelto.

Verificación de Configuraciones y Actualizaciones

Sistemas de Microondas:

Configuración de Enlaces: Verificar las configuraciones de frecuencia, potencia y modulación. Ajustar si es necesario para optimizar el rendimiento.

Firmware: Asegurarse de que las unidades ODU e IDU estén actualizadas con el firmware más reciente.

Dispositivos de Networking:

Configuración de Red: Revisar y confirmar las configuraciones de red actuales, incluyendo rutas, VLANs, y políticas de seguridad.

Actualización de Firmware y Software: Instalar las últimas actualizaciones de firmware y software para corregir errores y optimizar la seguridad.

Pruebas de Funcionamiento y Diagnóstico**Sistemas de Microondas:**

Pruebas de Alineación: Verificar la alineación de las antenas para asegurar una óptima transmisión de señales.

Medición de Potencia de Señal: Utilizar medidores de potencia para asegurar que las señales transmitidas y recibidas están dentro de los niveles esperados.

Dispositivos de Networking:

Pruebas de Conectividad: Realizar pruebas de ping, traceroute y análisis de tráfico para verificar la conectividad y el rendimiento.

Análisis de Logs: Revisar los registros de eventos para identificar y dar resolución a posibles dificultades previas a su transformación en errores críticos.

Documentación y Reporte

Registro de Actividades: Documentar todas las labores de mantenimiento, incluyendo revisiones, verificaciones, ajustes y actualizaciones.

Reporte de Estado: Generar reportes detallados del estado de los sistemas y dispositivos, destacando cualquier problema detectado y las acciones correctivas realizadas.

4.10 Office track como herramienta de reporte de incidencia y Documentación de atenciones.

Para un posterior análisis de todas las atenciones de mantenimiento correctivo y preventivo se requiere recabar toda la información detallada de cada incidente, es por ello que Telrad a implementado el uso de la herramienta Office Track en el proyecto Regionales región Cusco y Ayacucho para crear una base de datos de todas las alarmas atendidas y esta puedan ser analizadas para mejorar los procesos dentro de la operación.

A continuación, se describe el procedimiento de creación de reportes mediante el office track, para lo cual se debe instalar en dispositivo Movil del colaborador el APK office track NG

1. Creación de Tareas

El primer paso en la asignación de tareas es la creación de una nueva tarea. Esto puede hacerse a través de la interfaz web de OfficeTrack NG, donde un administrador o supervisor ingresa los detalles de la tarea. Estos detalles pueden incluir:

Descripción de la tarea: Una explicación clara y concisa de lo que se necesita hacer.

Prioridad: Nivel de urgencia de la tarea (alta, media, baja).

Fecha y hora de inicio: Cuándo debe comenzar la tarea.

Fecha y hora de finalización: Cuándo debe completarse la tarea.

Ubicación: La dirección o coordenadas GPS del lugar donde se debe realizar la tarea.

2. Asignación Automática o Manual

Una vez creada la tarea, el sistema permite asignarla automáticamente o manualmente al personal disponible:

Asignación Automática: OfficeTrack NG utiliza algoritmos para asignar tareas automáticamente basándose en diversos factores como la proximidad del técnico a la ubicación de la tarea, la carga de trabajo actual y las habilidades específicas requeridas para completar la tarea.

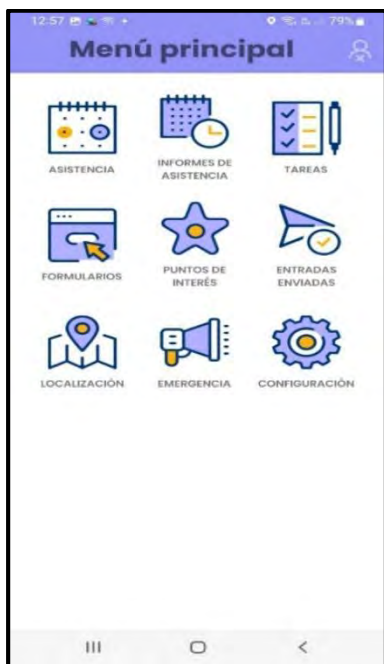
Asignación Manual: El administrador puede asignar la tarea manualmente seleccionando al técnico más adecuado en función de sus conocimientos, disponibilidad y localización.

3. Notificación al Personal a cargo de la atención

Una vez asignada, la tarea se notifica al técnico asignado a través de la aplicación móvil de OfficeTrack NG instalada en su dispositivo. La notificación incluye todos los detalles relevantes de la tarea, como la descripción, la ubicación y los plazos.

Figura 81

Verificación de tareas mediante el office Track Movil



Nota. información extraída de la interface Office Trag NG

Seguimiento y Ejecución de la Tarea

El técnico puede aceptar la tarea y comenzar a trabajar en ella. OfficeTrack NG permite a los técnicos actualizar el estado de la tarea en tiempo real, proporcionando feedback continuo al administrador. Esto incluye:

Inicio de la Tarea: Marcar la tarea como iniciada.

Progreso: Actualizar el estado de la tarea (en progreso, pausada, etc.).

Finalización: Marcar la tarea como completada una vez que haya sido realizada.

Figura 82

Verificación de Estado de la atención



Nota. Información extraída de la interface Office Trag NG

Captura de Datos y Reportes

Durante la ejecución de la tarea, los técnicos pueden capturar datos relevantes utilizando la aplicación móvil. Esto puede incluir:

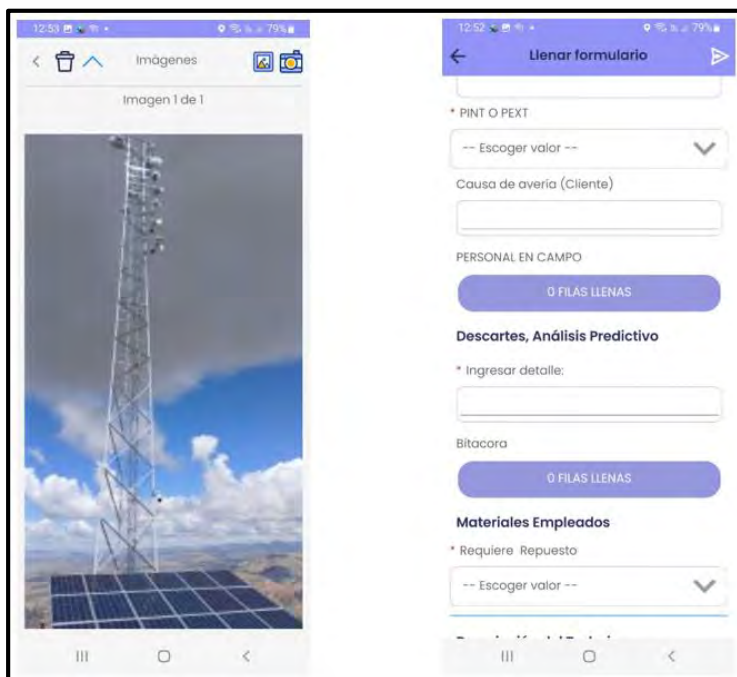
Fotografías: Tomar fotos del trabajo realizado o de cualquier incidencia.

Notas: Añadir comentarios o detalles adicionales sobre la tarea.

Firmas Digitales: Obtener firmas digitales de los clientes o supervisores para confirmar la finalización de la tarea.

Figura 83

Llenado de información en campo



Nota. Información extraída de la interface Office Trag NG

Supervisión y Optimización

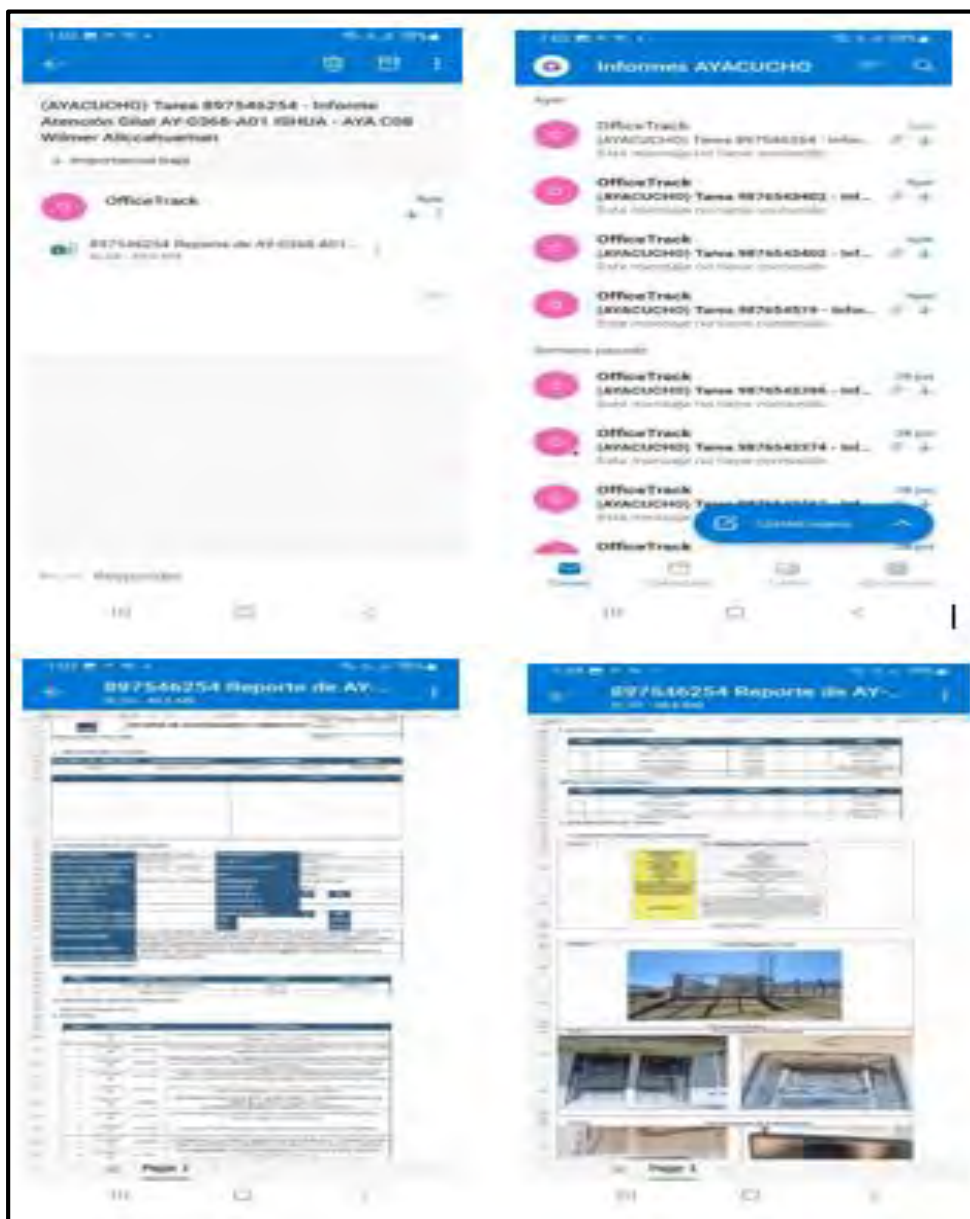
Los administradores pueden supervisar el progreso de las tareas en tiempo real a través de la interfaz web de OfficeTrack NG. Pueden ver la ubicación de los técnicos en un mapa, el estado actual de las tareas y cualquier incidencia reportada. Además, pueden reprogramar o reasignar tareas según sea necesario para optimizar el flujo de trabajo.

Análisis y Reportes

Al finalizar las tareas, OfficeTrack NG genera reportes detallados que permiten analizar el desempeño de los técnicos, la eficiencia de las operaciones y la utilización de los recursos. Estos reportes son esenciales para identificar áreas de mejora y para la toma de decisiones estratégicas.

Figura 84

Reportes generación por el Office Track



Nota. Información extraída de la interface Office Trag NG

4.11 Descripción de los trabajos realizados de la Orden de Trabajo (OT) 66572.

Se toma como ejemplo la OT 66572 para describir el proceso de mantenimiento correctivo, en donde se ve involucrado el sistema de networking y microondas, considerar que los parámetros mostrados son referenciales solo con el fin ilustrativo.

- **Detección del Problema**

Figura 85

Ticket de Escalamiento de Avería

NUMERO DE OT:	66572
PROYECTO:	REGIONALES
REGION:	AYACUCHO
TIPO DE NODO:	ACCESO
CODIGO SITE:	AY-0317-A01.CHUVIVANA
GRUPO SITE:	3
ALARMA:	FALLA_RTR/SWITCH_CON_CORTE_SERVICIO
CATEGORIA:	NETWORKING
SLA_	ALTO_PINT_10_HORAS
TIEMPO ARRIBO(ETA): horas	9
TIEMPO SOLUCION(ETR):	1
HORA DE ESCALAMIENTO	2024-04-27 06:44:18
DATOS ESCALAMIENTO	TELRAD
DIAGNOSTICO	Caida abrupta del nodo se pierde conectividad con el omniswitch revisar el cableado y conectores entre el omniswitch y la radio llevar OMNS de backup y en caso sea necesario hacer el respectivo cambio ademas revisar las conexiones entre la radio poe inyector y omnsw ademas revisar los equipos de energía en general. Llevar OS GNP1003010096 POE GNP1002030029 GNP1002030030. Validar parametros de RF y Verificar puertos del Omni en correcto funcionamiento y sin errores CRC. Validar con el NOC. Reestablecer la conectividad de los equipos y enlaces con los parametros correctos de funcionamiento. Realizar limpieza de equipos de networking segun procedimiento y verificacion de conexion y limpieza de todos los componentes del nodo. Reestablecer la conectividad de los equipos y enlaces con los parametros correctos de funcionamiento. Realizar limpieza de equipos de networking segun procedimiento y ver ificacion de conexion y limpieza de todos los componentes del nodo.

Nota. Información extraída de Proyecto Regionales.

La siguiente Orden de Trabajo escalada a Telrad para su atención, se puede obtener la siguiente información:

Numero de OT: número de asignación a la orden de trabajo

Proyecto:	refiere al proyecto donde se generó la alarma.
Región:	refiere a la región donde se generó la alarma
Tipo de Nodo:	hace referencia a la red a intervenir (Acceso o Transporte)
Código Site:	código de identificación del nodo.
Alarma:	diagnóstico inicial por parte del NOC.
Categoría:	Sistema a intervenir.
Sla:	Tiempo de restablecimiento de avería.

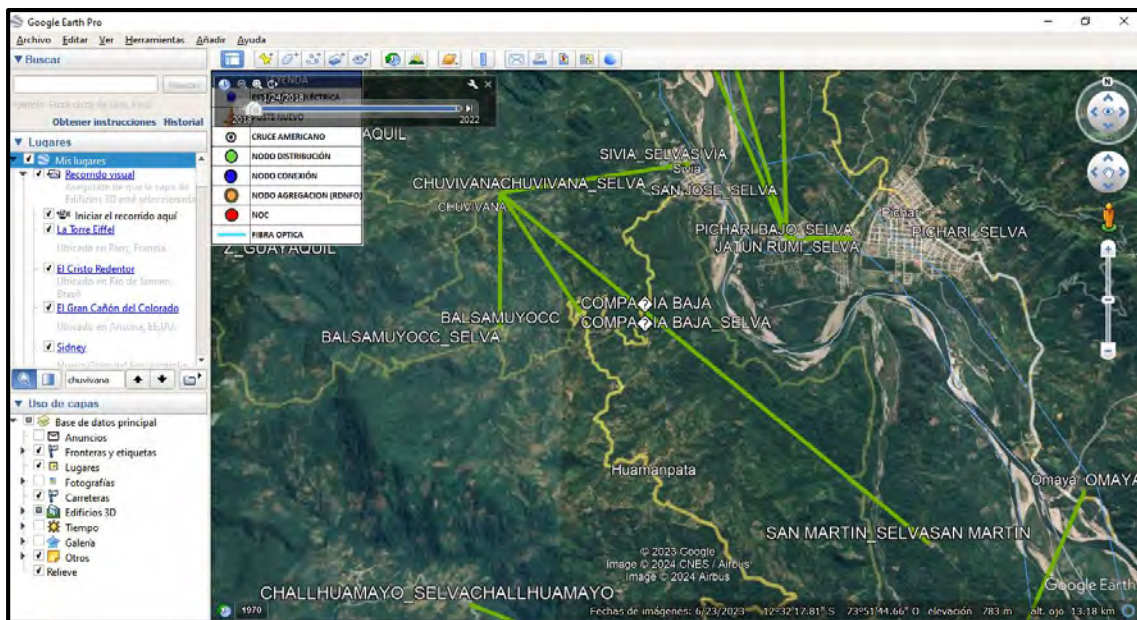
Hora de escalamiento: hora en que se genera la OT.

Diagnóstico: Breve resumen de la incidencia y trabajos a realizar donde se menciona detalles de la afectación, así como posibles equipos averiados.

- **Diagnóstico inicial y asignación de recursos**

Una vez escalado la OT, se identifica que corresponde al Site AY-0317-A01 Chuvivana, el nodo se encuentra en la zona del Vrae, localidad de Chuvivana, distrito de Sivia provincia de Huanta, Región Ayacucho.

Figura 86

Localización del nodo Chuvivana

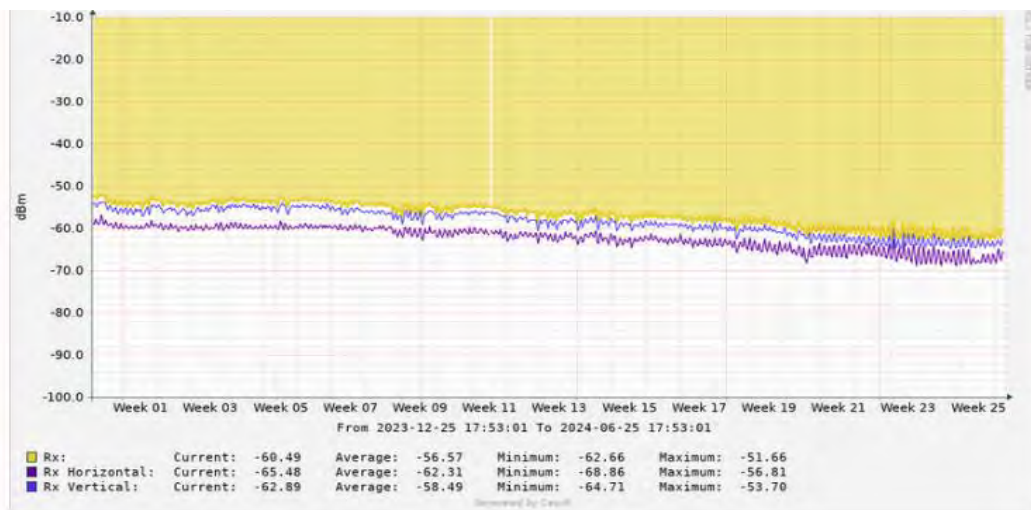
Nota. Información extraída de Google Earth.

También se puede identificar que se trata de un nodo intermedio, con tiempo de solución (SLA) de 10 horas, luego se procede a analizar el diagnóstico inicial reportado por el NOC, según glosa de ticket indica que se tiene una Caída abrupta del nodo, se analiza las posibles causas de la avería:

- a) Omni Switch averiado o alguno de sus componentes que lo conforman.
- b) Enlace PTP en dirección hacia el nodo distrital averiado o alguno de sus componentes que lo conforman
- c) Caída de equipos por agotamiento de baterías o anomalías en el sistema de energía.

Figura 87

Niveles de Potencia de Rx antes de la afectación



Nota. Información extraída Gestores de Monitoreo.

Se procede a realizar más descartes en coordinación del NOC que es el área de Monitoreo y que está a cargo de Gilat, verificando los gestores y los históricos. Se procede revisar histórico de atenciones en el site para tener un mejor análisis de la posible causa.

Tabla 1

Histórico de alarmas Nodo Chuvivana

OT	SL A	CODIG O SITE	NOMBRE SITE	RED	ALARMA	CATEGORIA	CRITICIDAD	FECHA / HORA DE ESCALAMIENTO
55716	10 H	AY-0317-A01	CHUVIVA NA	ACCESO	FALLA_RTR/SWITCH_CON_CORTE_SE RVICIO	NETWORKING	ALTO	10/8/2023 10:29
57917	7D	AY-0317-A01	CHUVIVA NA	ACCESO	LEVANTAMIENTO_OBSERVACIONES	INFRAESTRUCTURA	BAJO	2/10/2023 17:28
58871	24 H	AY-0317-CS01	CHUVIVA NA	ACCESO	RECLAMO_IAO_24_HORAS	USUARIO_FINAL	MEDIO	30/10/2023 19:21
59445	10 H	AY-0317-A01	CHUVIVA NA	ACCESO	FALLA_ODU	MICROONDAS	ALTO	18/11/2023 09:55
59888	30 D	AY-0317-A01	CHUVIVA NA	ACCESO	LEVANTAMIENTO_OBSERVACIONES_30_DIAS	INFRAESTRUCTURA	MUY_BAJO	30/11/2023 19:00

6012 6	10 H	AY- 0317- A01	CHUVIVA NA	ACCES O	FALLA_SUMINIS_INTER_TERM_MAS _24h	ENERGIA_CLIMATIZA CION	ALTO	7/12/2023 05:21
6166 4	10 H	AY- 0317- A01	CHUVIVA NA	ACCES O	FALLA_SUMINIS_INTER_TERM_MAS _24h	ENERGIA_CLIMATIZA CION	ALTO	11/1/2024 02:42
6240 1	10 H	AY- 0317- A01	CHUVIVA NA	ACCES O	INTERMITENCIA_MW	MICROONDAS	ALTO	26/1/2024 15:53
6357 8	10 H	AY- 0317- A01	CHUVIVA NA	ACCES O	FALLA_ODU	MICROONDAS	ALTO	24/2/2024 13:55

De la tabla se puede identificar que en los meses de enero y febrero se tuvo eventos por caída de enlace Microondas, ambos eventos estuvieron relacionados con avería de POE lo cual hace suponer que se trataba de un evento causado por Energía, así como también se tuvo eventos de energía verificando que la energía comercial en zona es inestable según reporte de atenciones pasadas.

Una vez identificado las posibles causas, hecho los análisis y descartes previos se procede con la asignación de recursos, se designa al personal calificado para la atención, se prevé toda la logística necesaria como repuestos, consumibles, equipos de diagnóstico requeridos para la atención.

Figura 88

Asignación de atención



Nota. Elaboración Propia

- **Diagnostico detallado**

Inspección del sistema de energía en el Nodo.

Se procede a inspeccionar suministro de energía en el nodo, corroborando que se tenga una tensión de entrada de 220 Vac, así como también se procede a revisar tablero general y Power Core. Como parte de la revisión del Power Core se debe verificar que los rectificadores tengan una tensión de entrada de 220 Vac y como salida 54 Vdc, esto garantiza que los rectificadores están operando correctamente, luego se procede a revisar banco de baterías, verificando que estén cargadas completamente o en proceso de carga, también se realizara un test de batería o pruebas de autonomía para corroborar que aun se encuentran operativos. La autonomía de los bancos de batería deberá ser de por lo menos 48 horas ante la ausencia de la energía comercial.

Figura 89

Revisión del sistema de Energía



Nota. Elaboración Propia

Luego de haber verificado todo el sistema de energía se procederá, a conectarse con la Ip asignada al Smart pack para la verificación de alamas.

Figura 90*Revisión de estado de alarmas en Smart Pack*

Nota. Información obtenida de la interface web del Smart Pack

Inspeccion del sistema Networking

Como siguiente punto se procede a revisar el Omni switch alcatel 6450 verificando que los testigos o indicadores led del equipo esten encendidos, verificar que el equipo cuente con tension de entrada, y las conexiones esten correctas sin falsos contactos, reinicio fisico de equipo, asi como verificar la conexión hacia el equipo a travez del puerto consola para lo cual necesitaremos una laptop que cuente con el software PUTTY, para ello se debera Utilizar un cable usb a serial db9 y un adaptador db9 a RJ45, luego de ello se deberá:

Abrir PuTTY.

Seleccionar "Serial" como el tipo de conexión.

Configurar los parámetros de conexión:

Serial line: El puerto COM utilizado (por ejemplo, COM1).

Speed: 9600

Data bits: 8

Stop bits: 1

Parity: None.

Hacer clic en "Open" para iniciar la sesión.

Verificar si se tiene respuesta del equipo, en este caso no se recupero la operatividad del equipo lo cual se concluye que el equipo esta averiado y requerira su reemplazo.

Figura 91

Medición de tensión en Omni Switch



Nota. Elaboración propia.

Inspeccion del sistema Microondas

Para tener un correcto diagnóstico de los equipos Microondas, se procede a realizar mediciones de tensión en el POE Injector y verificación de los puertos del POE, estos cuentan con 02 puertos RJ45 Data y DC + Data.

Data: Interconexión Ethernet.

DC+Data: Interconexión Ethernet y alimentación DC para la Radio.

Figura 92

Medición de tensión en POE Injector



Nota. Elaboración propia.

Se procede a realizar pruebas de conexión a los equipos de radio hacia las Ips asignadas, estas pruebas consisten en el envío de paquetes y evaluar si se tiene respuesta (pruebas ping).

Revisión de estado de conectores y cableado, es posible que la afectación tenga como causa principal el mal estado de los conectores y Cableado, es por ello que se procede a inspeccionar el estado de estos en shelter y torre, así como todo el recorrido del cable SFTP.

Figura 93

Revisión de conectores y cableado en Torre



Nota. Elaboración propia.

- **Planificación de la solución**

Se realizó las pruebas correspondientes y los diagnósticos a todos los equipos, verificando que el nodo sufrió una descarga atmosférica afectando los siguientes equipos.

- a) Omni switch 6450 averiado, se procederá con el cambio de equipo y posterior configuración.
- b) Se tiene la radio Nokia 9500 MPre del enlace PTP principal en dirección al nodo distrital de Sivia averiado, se procederá con el cambio de equipo y posterior configuración.
- c) Se tiene la radio Cambium 450i en enlace PTP en dirección al Nodo San Martin averiado, se procederá con el cambio y posterior configuración. Identificando también que se tiene clientes VIP afectados (IPT).

- d) Se tiene la radio Cambium 450i en enlace PTP en dirección al Nodo San Balsamuyoc averiado, se procederá con el cambio y posterior configuración.
- e) Se tiene la radio ePMP 1000 que brinda servicio a los usuarios finales averiado (centro de salud e institución educativa primaria), se procederá con el cambio y posterior configuración.
- f) Se revisará los sistemas SPAT, así como todas las conexiones de aterramiento de todos los equipos.

- **Implementación de la solución**

Antes de iniciar con las acciones correctivas se solicita autorización de cambio de equipos en base a los diagnósticos realizados al área de Monitoreo NOC y el área de Ingeniería de Gilat, así como estos deberán brindar todos los parámetros de configuración de los enlaces, y las plantillas de Backup del Omni Switch.

- a) **Proceso de cambio y configuración de Omni switch 6450 Alcatel**

- Se procede con el desmontaje del equipo averiado, se instala el equipo nuevo, se inserta la tarjeta de fuente de alimentación verificando que todas las conexiones estén fijas y evitando falsos contactos.
- Se procede a energizar el equipo, luego de ello se: prepara el equipo para el proceso de configuración para lo cual ya se debe de contar con la plantilla de configuración previamente brindada por el NOC.
- Se ingresa al equipo por el puerto consola, tal como se describió en el ítem de diagnóstico a través del software Putty y los cables de gestión (usb a serial db9 y adaptador db9 a Rj45).
- Para acceder al equipo por primera vez se debe introducir

ID: admin

Contraseña: switch.

- Se desbloquea todos los tipos de sesión:

aaa authentication default local

- Se procede a cargar la plantilla de configuración brindada por el Noc,

- Se procede a verificar el estado de los puertos:

show interfaces 1 port

- Verificación de las interfaces y Vlan asociados

show vlan port

- Pruebas ping hacia el nodo distrital, y trazado de rutas.

Ping "IP de destino"

Traceroute "Ip de Destino"

- Guardar los cambios realizados

copy Running-config working

copy working certificated

b) Proceso de Cambio y configuración radio PTP 9500MPRe

- Se procede con el desmontaje de la ODU averiada, y se instala el equipo de reemplazo

verificando que las conexiones sean las adecuadas y evitando falsos contactos.

- Para el proceso de configuración de la radio Nokia 9500MPRe será necesario contar con el software Neto instalado en la PC.

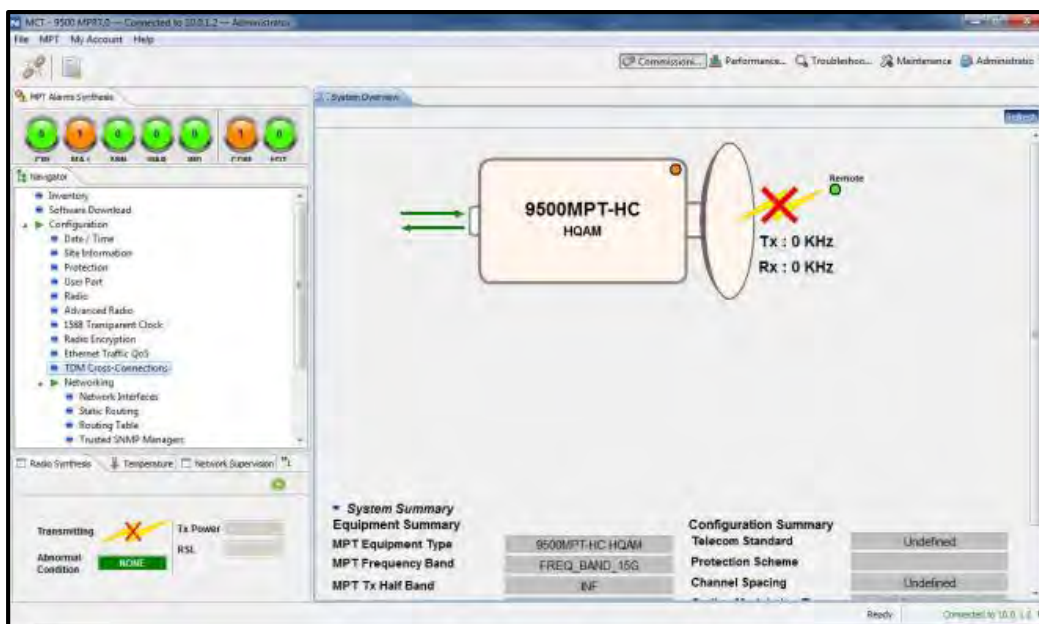
- Se debe Crear una conexión VLAN 4080 en la tarjeta de Red de conexión de área local.

- La dirección por defecto para acceder al equipo por primera vez es: IP: 192.168.100.100

/ Mascara: 255.255.255.0 / Gateway: 192.168.100.1

Figura 94

Radio con parámetros por default

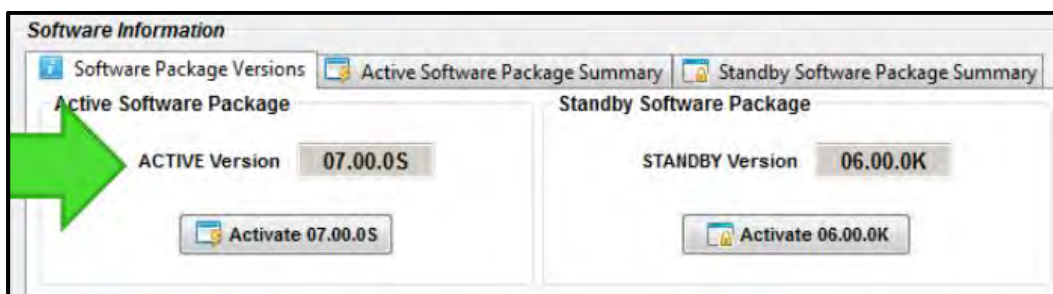


Nota. Información obtenida de la interface del software Neto.

- Se debe Verificar que la versión de software del equipo se encuentre en R7.1, de lo contrario se deberá actualizar

Figura 95

Verificación de la versión del equipo

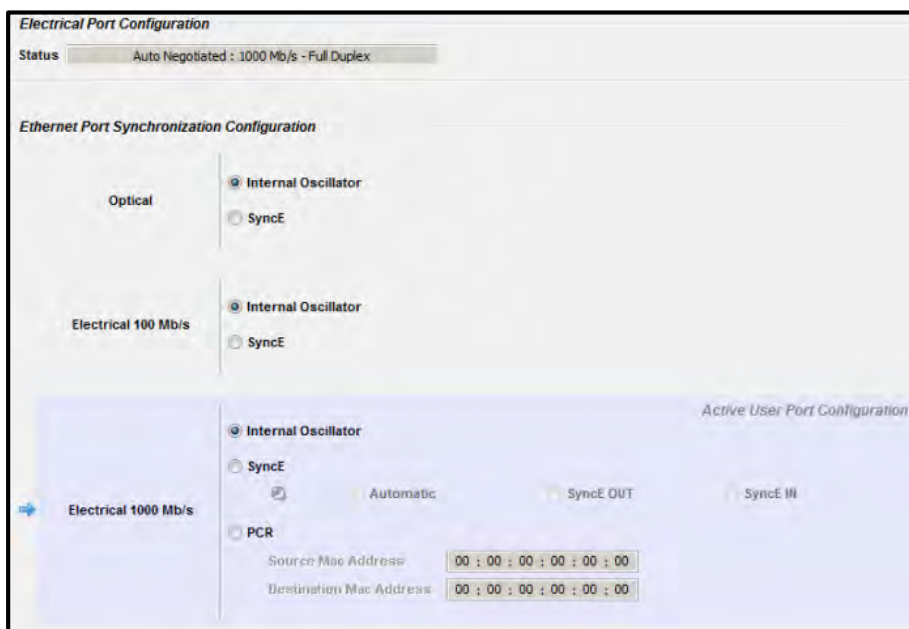


Nota. Información obtenida de la interface del software Neto.

- Se procede a ingresar los datos del nodo (Site), así como los datos del lado remoto.
- Se procede a verificar que la velocidad del Puerto detectada sea de 1000 Mb/s – Full Duplex, caso contrario se procede con la revisión a nivel físico de los conectores y cableado.

Figura 96

Verificación de la Negociación del equipo



Nota. Información obtenida de la interface del software Neto.

- Se procede a asignar los parámetros del enlace, esta información es brindada por el NOC, para el enlace Chuvivana dirección Sivia se tiene los siguientes parámetros:

Tipo de Enlace: Licenciado

Configuración: 1+0

Banda de Operación: 23 Ghz

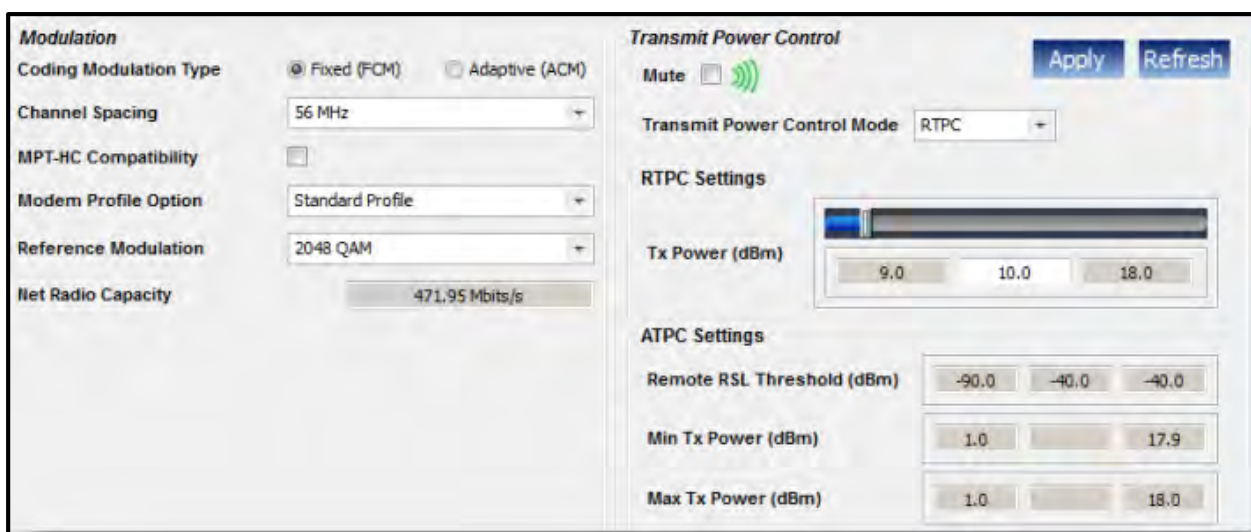
Polarización; Vertical

Freq Tx 1 (MHz): 21238

Freq. Rx (MHz): 22470
Potencia Tx (dBm): 21 dBm
Nivel Rx (dBm): -38.18
Nivel Rx Umbral (dBm); -78.5
BW (MHz): 28
Modulación: 16QAM
Capacidad Ethernet(Mbps): 85
Azimuth Antena (°): 324.53
Ganancia Antena (dBi): 35.3

Figura 97

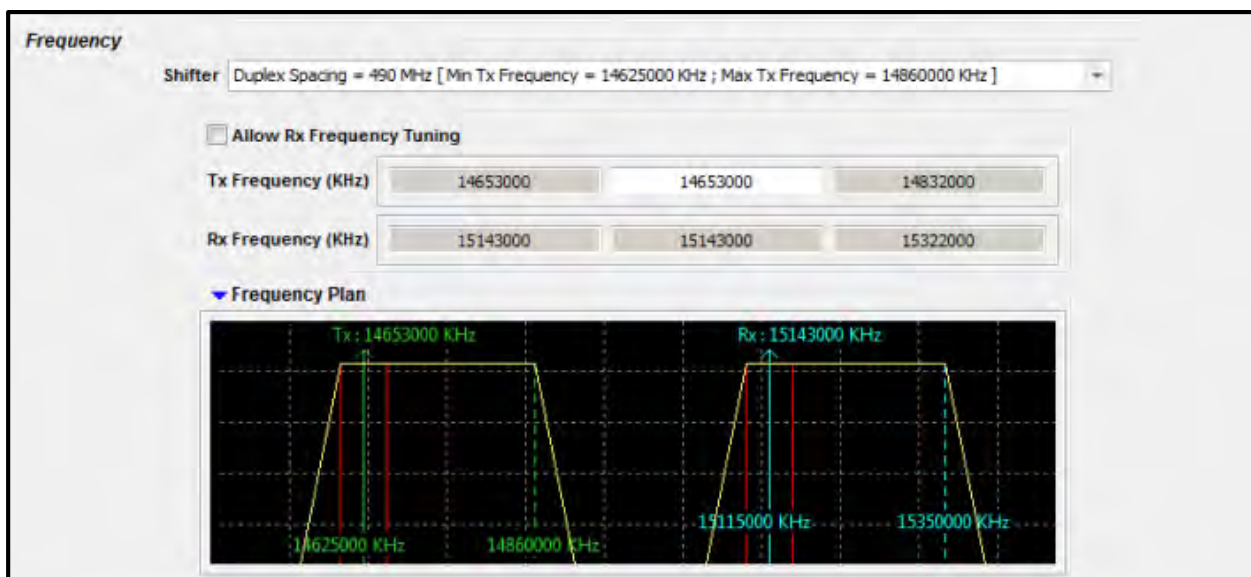
Configuración de parámetros del enlace



Nota. Información obtenida de la interface del software Neto.

Figura 98

Asignación de parámetros del enlace TX

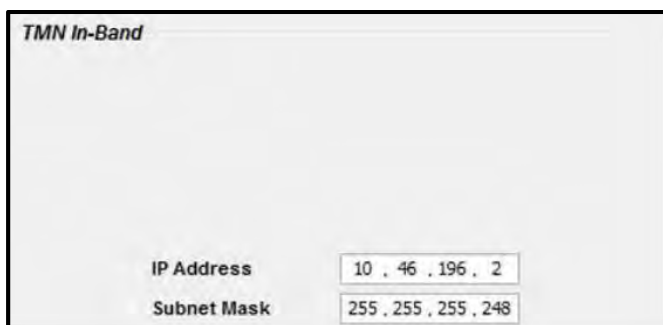


Nota. Información obtenida de la interface del software Neto.

- Continuando con el proceso se procede a asignar la IP, Maskara, Gateway que corresponden según diseño e implementación del proyecto, también mencionar para los equipos PTP Nokia 9500 MPRe se emplea VLAN 510.

Figura 99

Asignación de IP



Nota. Información obtenida de la interface del software Neto.

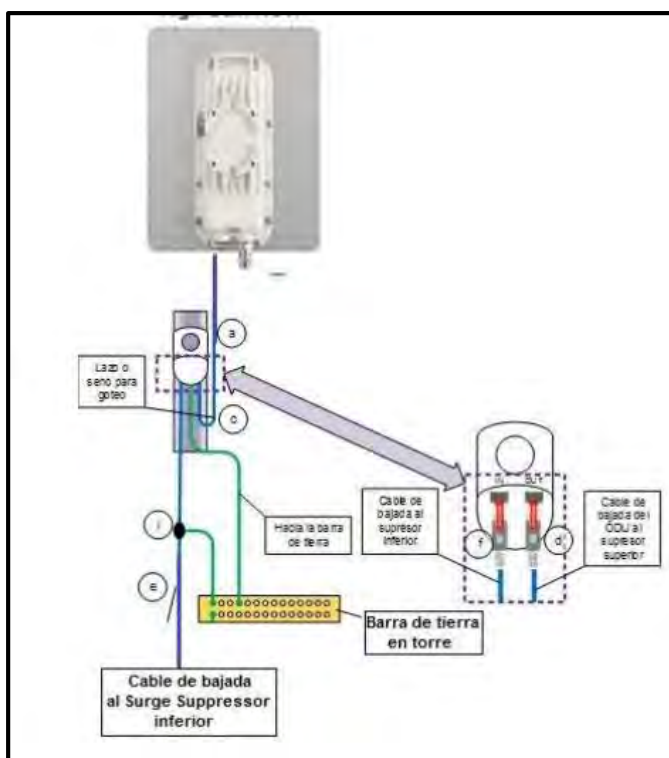
- Se procede a realizar pruebas de validación descritos en el ítem 4.2 , corroborando que coincida con los niveles obtenidos en la etapa de diseño e implementación

c) Proceso de Cambio y configuración radio PTP Cambium 450i

- Se procede con el desmontaje de la ODU averiada, luego de ello se instala el equipo nuevo, verificando que no haya falsos contactos.

Figura 100

Diagrama de conexión de PTP Cambium 450i

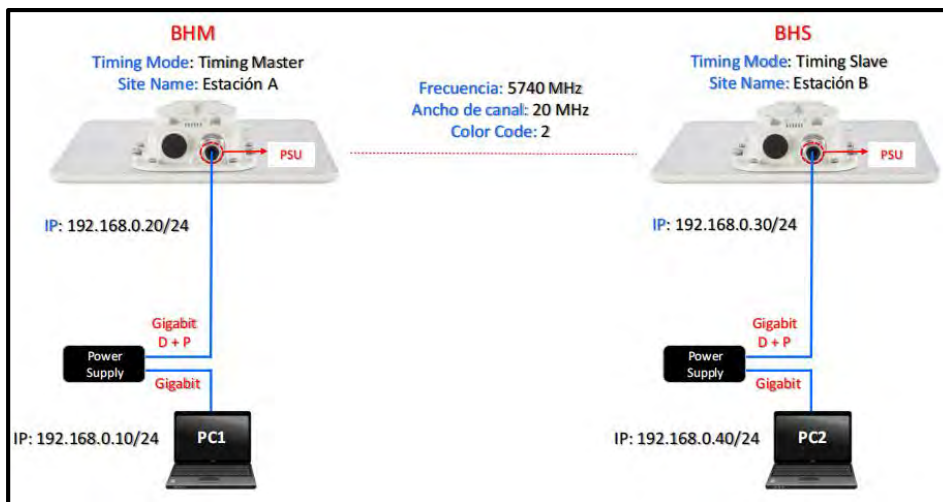


Nota. Información obtenida de Proyecto Regionales.

- Para el proceso de configuración del equipo, se deberá acceder al equipo por medio de la interface web. La dirección por defecto es: IP:169.254.1.1 Maskara. 255.255.255.0. se configura la tarjeta de red dentro del rango de la red asignando dirección: IP: 169.254.1.3 Maskara 255.255.255.0

Figura 101

Conexión al equipo PTP Cambium 450i

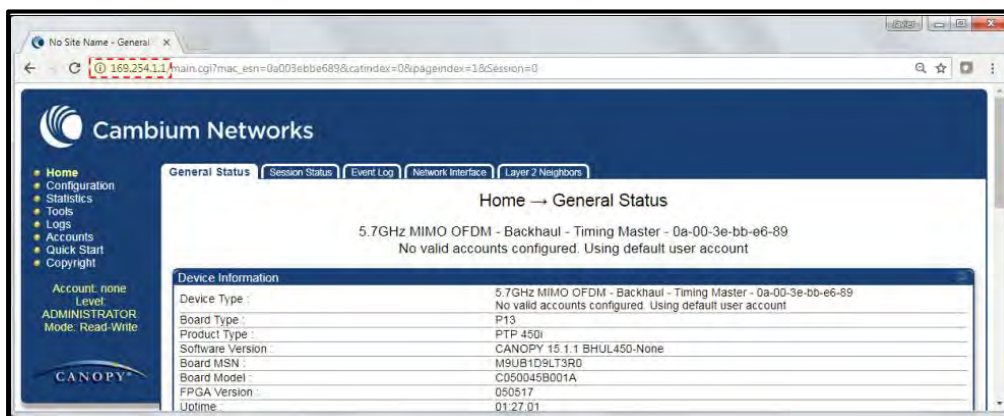


Nota. Información obtenida de Proyecto Regionales.

- Se accede al equipo por medio de la interface web con la Ip por defecto

Figura 102

Revisión de parámetros PTP Cambium 450i



Nota. Información obtenida de la Interface web Cambium

- Se selecciona el tipo de dispositivo

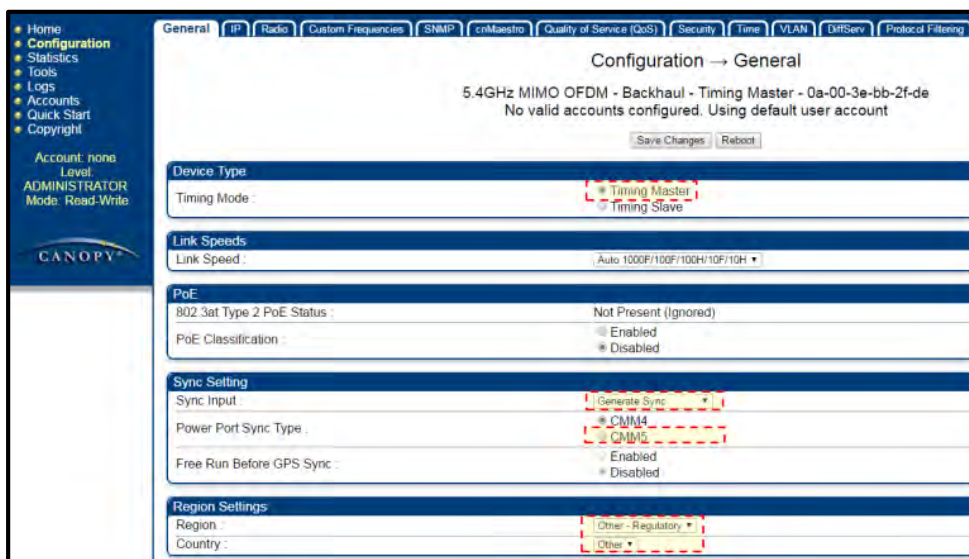
Timing master: Cuando la Odu pertenece al Lado A (Primario).

Timing Slave: Cuando la Odu pertenece al Lado B (Remoto).

Para los enlaces Chuvivana Dirección San Martin y Chuvivana dirección Balsamuyoc se selecciona Timing Master.

Figura 103

Asignación de parámetros Generales



Nota. Información obtenida de la Interface web Cambium

- Se asigna las direcciones IP para el equipo definidos en el proceso de diseño e implementación.

Figura 104

Asignación de Ip

The screenshot displays the 'Configuration → IP' page in the Cambium web interface. The page title is '5.7GHz MIMO OFDM - Backhaul - Timing Master - 0a-00-3e-bb-e6-89'. Below the title, there are 'Save Changes' and 'Reboot' buttons. The main configuration area is divided into several sections:

- LAN1 Network Interface Configuration:**
 - IP Address: 192.168.0.20
 - Subnet Mask: 255.255.255.0
 - Gateway IP Address: 192.168.0.1
 - DHCP state: Enabled
 - DHCP DNS IP Address: Obtain Automatically, Set Manually
 - Preferred DNS Server: 0.0.0.0
 - Alternate DNS Server: 0.0.0.0
 - Domain Name: example.com
- Advanced LAN1 IP Configuration:**
 - Default alternative LAN1 IP address: Enabled, Disabled
- Aux Ethernet Port:**
 - AUX Ethernet Port: Enabled, Disabled
 - AUX Ethernet Port PoE: Enabled, Disabled
 - Reset AUX PoE button
- LAN2 Network Interface Configuration (Radio Private Interface - Must end in .1):**
 - IP Address: 192.168.101.1

At the bottom of the LAN2 section, there are 'Save Changes' and 'Reboot' buttons.

Nota. Información obtenida de la Interface web Cambium

- Se asigna la banda de frecuencia, frecuencia portadora, ancho de canal y color code

Figura 105

Asignación de Frecuencia, ancho de canal, color code

The screenshot displays the 'Configuration → Radio' page in the Cambium web interface. The page title is '5.7GHz MIMO OFDM - Backhaul - Timing Master - 0a-00-3e-bb-e6-89'. Below the title, there are 'Save Changes' and 'Reboot' buttons. The main configuration area is divided into several sections:

- Radio Configuration:**
 - Frequency Band: 5.7 GHz
 - Frequency Carrier: 5740.0
 - Channel Bandwidth: 20 MHz
 - Frame Period: 5.0 ms, 2.5 ms
 - Cyclic Prefix: One Sixteenth
 - Color Code: 2 (0-254)
 - Sector ID: 0
 - Large VC data Q: Enabled, Disabled

Nota. Información obtenida de la Interface web Cambium

- Se asigna la dirección del Cn- maestro, y las credenciales para su integración

Figura 106

Asignación de Credenciales

Nota. Información obtenida de la Interface web Cambium

- Se asigna la Vlan, para los equipos Cambium se configura con VLAN 500

Figura 107

Asignación de VLAN

Nota. Información obtenida de la Interface web Cambium

- Culminado la configuración del PTP Cambium 450i se procede a verificar los parámetros de enlace y realizar verificaciones para la validación definidos en el Item 4.3

d) Proceso de Revisión sistemas Spat, y aterramiento de equipos

Una vez restablecido los servicios se procede a revisar y realizar mediciones de los sistemas Spat, verificando que estén dentro de los valores, se procede a revisar aterramiento de equipos en shelter y torre.

Figura 108

Verificación de aterramientos



Nota. Elaboración propia.

- **Verificación y Validación**

Se procede a realizar validaciones y pruebas de los equipos y enlaces, verificando que estos estén de acuerdo a los valores iniciales antes de la afectación, estas pruebas son realizadas en conjunto del NOC de Gilat.

- **Documentación y Análisis posterior**

Todos los eventos reportados o escalados a Telrad son documentados, así como se realiza informes detallados de la afectación donde se indica las causas y las acciones correctivas para el restablecimiento del servicio.

Para lo cual se hace uso de la herramienta del Office Track, en donde se generan los reportes detallados de la OT.

5. CAPITULO V

OPERACIÓN Y REPORTE DE ATENCIONES DE MANTENIMIENTO

Los proyectos Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo Social de la Región de Cusco y Ayacucho ya se encuentran en operación desde el año 2021 en la región cusco y 2019 en la región Ayacucho. La cantidad de nodos de acceso y usuarios finales beneficiados en dichas regiones son de la siguiente manera:

Región Ayacucho

340 nodos de acceso.

1 data center.

350 localidades donde se ubican los usuarios finales

731 usuarios finales (478 colegios, 232 postas de salud y 21 comisarías).

Región Cusco

358 nodos de acceso

1 data center

373 localidades donde se ubican los usuarios finales

615 usuarios finales (147 postas de salud, 44 comisarías y 424 colegios).

La red de acceso en estas regiones representa un avance significativo en la conectividad de la región, con beneficios tangibles en términos de desarrollo económico y social. Sin embargo, la sostenibilidad de estos beneficios depende de un mantenimiento adecuado y de la gestión eficiente de los recursos. La planificación y ejecución efectiva de cronogramas de mantenimiento, junto con

la actualización continua de la infraestructura tecnológica, son esenciales para garantizar el éxito a largo plazo del proyecto.

5.1 Gestión de Recursos

La gestión de recursos para operar las redes de acceso implica una serie de actividades y decisiones estratégicas que aseguran la eficiencia, seguridad y continuidad del servicio. Aquí se detallan los aspectos clave de esta gestión, incluyendo la planificación de recursos humanos, financieros, técnicos y materiales:

5.1.1 Recursos Humanos

Personal Técnico: Para operar la red se estructurados recursos humanos como Ingenieros de redes, técnicos de mantenimiento, especialistas en seguridad de la información. Es fundamental asegurar que el personal esté capacitado y actualizado en las últimas tecnologías y prácticas, para lo cual existe programas de formación y certificación para el personal técnico, asegurando que puedan manejar tecnologías emergentes y responder eficazmente a problemas complejos.

5.1.2 Recursos Financieros

Asignación de fondos para cubrir costos operativos como salarios, mantenimiento de infraestructura, actualizaciones de software y hardware, y gastos de energía. Reservas financieras para abordar emergencias y reparaciones imprevistas que puedan surgir.

5.1.3 Recursos Materiales

Equipos y Repuestos: Inventario de componentes críticos y repuestos necesarios para reparaciones y mantenimiento. Esto incluye cables, conectores, módulos SFP, unidades de fuente de alimentación, entre otros.

Herramientas de Diagnóstico: Equipos y software para la prueba y diagnóstico de la red, que permiten la identificación y resolución de problemas de manera eficiente.

5.1.4 Automatización de tareas

Se requiere hacer uso de softwares para automatizar tareas repetitivas que garanticen un mejor desempeño en cuanto a las actividades que engloban a la operación.

5.2 Planificación de Mantenimiento Preventivo

La planificación del mantenimiento preventivo de la red implica un proceso estructurado que comienza con una evaluación detallada del inventario y el historial de mantenimiento, seguido de la definición de objetivos y alcances específicos, y el desarrollo de un cronograma detallado para actividades regulares como inspecciones, limpiezas y actualizaciones. Se asignan recursos adecuados, incluyendo personal técnico y materiales necesarios, para la ejecución de estas tareas.

5.2.1 Estimación de avance

Se realiza una estimación de avance por día por cuadrilla, estos datos fueron obtenidos en base a trabajos de prueba donde implicaban realizar las mismas actividades, con los datos obtenidos se pretende estandarizar un avance diario a fin de poder evaluar un avance mensual y anual en base a ello realizar la gestión de recursos humanos, económicos y tener un panorama claro de lo que se va a afrontar en el proyecto.

Figura 109*Estimación de avance por día*

UNIVERSO DE MP:	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
MP AX NODOS + IBB	1407
MP TRAMOS PEXTT	1256 km
MP NODOS TRANSPORTE	97
RATIO's:	
1 nodo de AX por día	
2 IAD's por día	
1 Nodo de TX cada 2 días	
3.5 KM de FO por cuadrilla / por día	
MANTENIMIENTO ACCESO	
MANTENIMIENTO PEXT	
MANTENIMIENTO PINT	

Nota. elaboración propia

5.2.2 Elaboración de cronograma de actividades

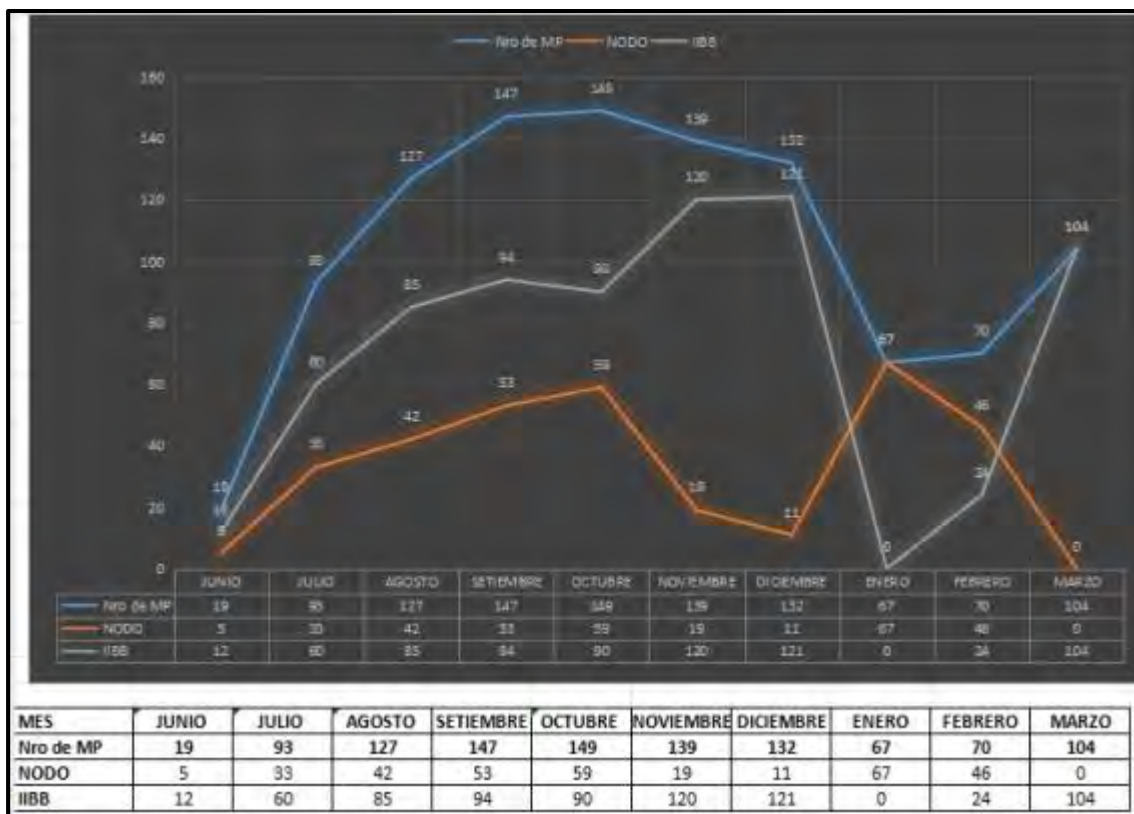
Se elabora cronogramas mensuales y anuales para tener el panorama claro de las actividades a realizar durante el mantenimiento preventivo, esto con el fin de prever situaciones adversas que pongan en riesgo las actividades a realizar o el no cumplimiento del plan mensual y anual.

Esta elaboración estará basada en disposición del personal técnico, disposición de los usuarios, accesos a las diferentes localidades donde están implementado los nodos, fenómenos climatológicos que se pueden identificar con anticipación (Temporadas de lluvia).

Representar gráficamente para el mantenimiento preventivo la cantidad de nodos e instituciones beneficiarias ayudara a tener una idea panorama más claro de lo que se quiere ejecutar durante todo el año de mantenimiento a fin de identificar posibles contratiempos.

Figura 112

Planificación de avance visualización por mes



Nota. Elaboración propia

Para este caso en particular para la elaboración del cronograma anual periodo 2023-2024 (5to MP) se ha tomado en consideración el mantenimiento preventivo ejecutado en el periodo 2021-2022, se ha extraído la información el número de atenciones programas por mes en comparación al número de atenciones ejecutadas en campo, esto con el fin de poder tener

controlado el estado de las atenciones que se programaran para el nuevo periodo así como también poder identificar las causas del no cumplimiento según lo previsto.

Figura 113

Cronograma periodo 2021-2022



Nota. Elaboración propia

Es en base a este análisis en donde se trata de estandarizar y tomar en consideración los factores que causaron el no cumplimiento del cronograma, ya que no cumplir con lo programado genera adicionar recursos humanos y económicos y esto hace que se perjudique la operación.

Figura 114

cronograma de mantenimiento preventivo periodo 2023-2024



Nota. Elaboración propia

5.3 Planificación de Mantenimiento Correctivo

Para tener un panorama claro de las actividades a realizar y cómo afrontar las averías que causan una afectación y/o posible afectación de servicio se ha elaborado unos cuadros de seguimiento en donde se puede identificar la cantidad de recurrencias de alarma por mes y las posibles soluciones que se dio en su momento, con esta información se pretende realizar un diagnóstico más certero antes del desplazamiento para atender la avería ya que nos dará una información para seleccionar al personal que se asignara, equipos y herramientas necesarias para la atención. La planificación y ejecución eficiente de estas actividades minimiza el tiempo de inactividad y asegura la continuidad del servicio.

Tabla 2

Tiempo de Respuesta

Ítem	Métrica	Definición	Crítico	Alto			Medio	Bajo	Medio Bajo	Muy bajo
				Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3				
1	Tiempo de respuesta	Tiempo para estar en el punto de avería, desde que se le reporta. Es el tiempo máximo para reestablecer el servicio en nodos, DC y usuarios finales.	1 hora	hasta 3 horas	hasta 6 horas	hasta 9 horas	hasta 20 horas	hasta 6 días	hasta 14 días	hasta 29 días
2.1	Tiempo de restablecimiento		1 hora		1 hora		4 horas	1 día	1 día	1 día
Tiempo Total (tiempo de respuesta + tiempo de restablecimiento)			Hasta 2 Horas	Hasta 4 Horas	Hasta 7 Horas	Hasta 10 Horas	Hasta 24 Horas	Hasta 7 Días	Hasta 15 días	Hasta 30 Días

Figura 115

Numero de atenciones por mes

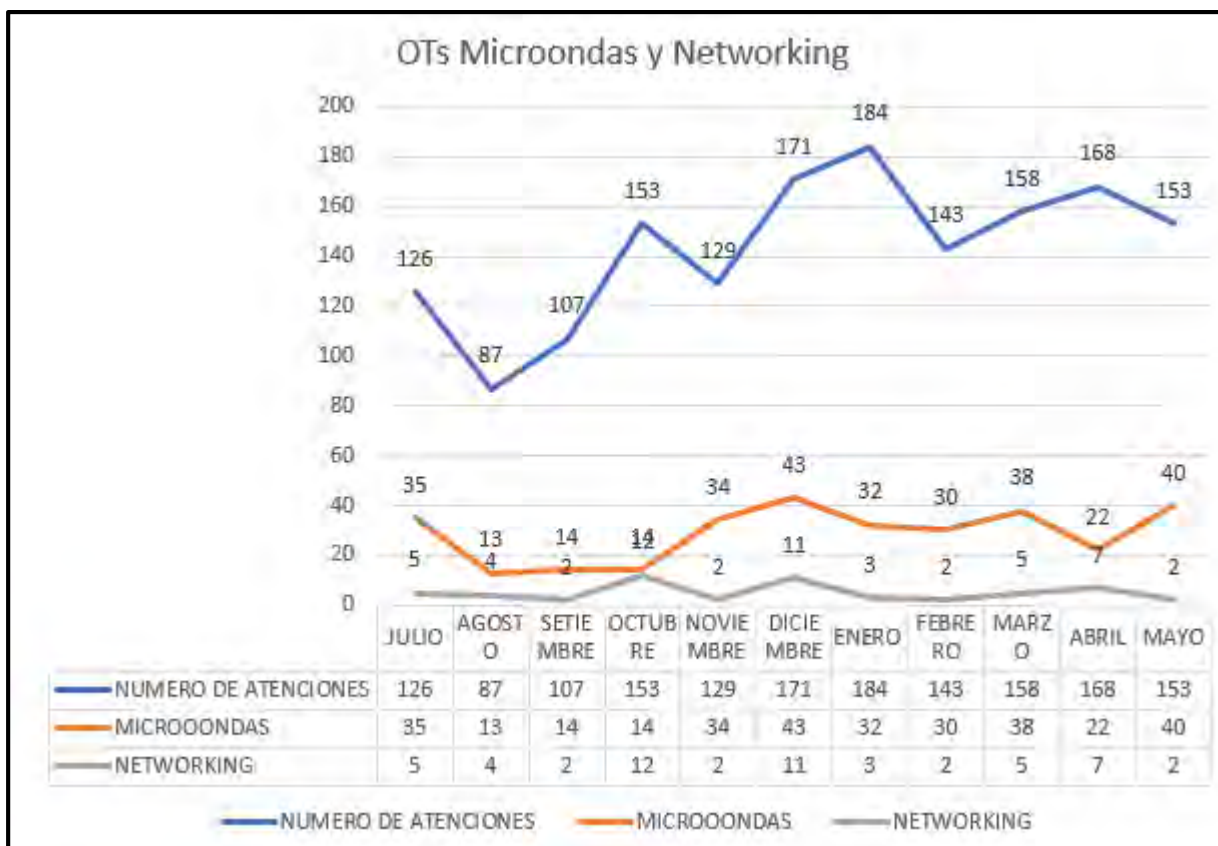


Nota. Elaboración propia

En el siguiente Grafico se muestran el número de atenciones que representan donde se ven involucradas atenciones por avería de sistema Networking y Microondas.

Figura 116

Atenciones por mes de sistemas Networking y Microondas



CONCLUSIONES

1. Se describió las actividades propias de la operación de la red de Acceso mostrando los procesos de mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo de los sistemas Microondas y Networking, Actividades que tienen como fin principal la de reducir los tiempos fuera de servicio.
2. Se revisó los principios básicos y las tecnologías utilizadas que hacen posible los enlaces microondas, así como las tecnologías utilizadas en la Red.
3. Se explicó la arquitectura de un nodo de acceso dentro del proyecto y los diferentes sistemas que lo componen para una correcta operatividad.
4. Se logró cumplir el objetivo de mostrar el procedimiento de solución de averías, ante un reporte de alarma por falla Microondas y Networking.
5. Se evidencio que, en el proceso de operación, una buena planificación y gestión de los recursos optimiza los presupuestos y recursos asignados al proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Debe verificarse que las conexiones de aterramiento de los equipos, así como la instalación de puestas a tierra sean las adecuadas, esto garantizará una buena protección de los equipos ante descargas atmosféricas y sobre picos de tensión.
2. Cuando se realice el reemplazo de equipos defectuosos, cambio de conectores y/o cableado, estos deben cumplir con las especificaciones según diseño, también verificar que el sellado de los equipos instalados, conectores en torre sean las adecuadas para evitar filtraciones de humedad, ya que representan una causa frecuente en la generación de alarmas.
3. Antes de realizar algún correctivo se debe evaluar el impacto que causara en la red, con el fin de evitar afectaciones a demás clientes.
4. Se debe dar un seguimiento detallado a las actividades de mantenimiento preventivo, verificando que se cumplan todos los protocolos establecidos por el cliente.
5. Se debe verificar el uso obligatorio del Office Track en tiempo real, esto ayudara significativamente en los reportes hacia el cliente sobre el estado de una atención a fin de garantizar los tiempos de solución de cada avería según contrato con el cliente.

REFERENCIAS

López Soto, N. C (2018). “Mantenimiento Preventivo y Correctivo a Servidores a través de manuales de procedimientos en una Organización Gubernamental”. Tesis Licenciada en Informática administrativa, Universidad Autónoma del estado de México. Obtenido de: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/99314/NAYLA%20CINTIA%20L%C3%93PEZ%20SOTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Camacho Godoy, F. & Sanchez Acosta, W. (2012). “ Modelo para la Operación y mantenimiento de redes de acceso Inalámbrico para servicios Móviles”. Tesis de Maestría en Gestión de informática y telecomunicaciones, Universidad ICESI. Obtenido de: https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/68025/1/camacho_modelo_redes_2012.pdf

Casas Liza, R. (2019). “Optimización de Control de los procesos de operación y mantenimiento para una empresa de Telecomunicaciones”. Tesis ingeniero electrónico, Universidad Nacional del Callao. Obtenido de: https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3429/Casas%20Lizas_TESIS_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Telectronika. (s.f.) (2018). “Fundamentos de Radio Enlaces de Microondas” Artículo obtenido de: <https://www.telectronika.com/articulos/radio-enlaces/fundamentos-de-radioenlaces-de-microondas/>

Fiscalab. (2024). “Radiaciones electromagnéticas”. Obtenido de: <https://www.fiscalab.com>

Canga Feito, R. (2011). “Conceptos de Radiocomunicación”. Academia.edu. obtenido de:
Academia.edu

Universidad Pontificia Comillas. (2024). “Identificación por Radiofrecuencia:
Fundamentos y Aplicaciones”. Obtenido de: repositorio.comillas.edu

Kuhlmann, H. (2019). “GPS Multipath Analysis Using Fresnel Zones”.. Obtenido de:
MDPI, Sensors | Free Full-Text | GPS Multipath Analysis Using Fresnel Zones (mdpi.com)

ITU-R. (2024). “Handbook on Satellite Communications”. International
Telecommunication Union. Obtenido de: ITU-R

Singh, R., & Sharma, P. (2020). “Microwave Engineering. Tata McGraw-Hill
Education”. Obtenido de: Google Books

Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2021). “Computer Networking: A Top-Down Approach.
Pearson”.

Kaveh, P. (2017). “Wireless Communications: Principles and Practice. Pearson
Education”. Obtenido de: Google Books

ANEXOS

Figura 117

Cuadrillas De O&M

Nota. Elaboración propia

Figura 118*Trabajos de supervisión de la Red***Nota.** Elaboración propia**Figura 119***Trabajos de supervisión de la red***Nota.** Elaboración propia

Figura 120*Trabajos Microondas*

Nota. Elaboración propia

Figura 121*Trabajos Networking*

Nota. Elaboración propia

Figura 122

Trabajos de Mantenimiento Preventivo

Nota. Elaboración propia