

# **UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**



**TESIS**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE  
MICROONDAS SOBRE LA RED DORSAL MPLS – VPN DE  
CLARO DE UN SERVICIO CORPORATIVO PARA LA UNIDAD  
MINERA SAN RAFAEL MINSUR**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER  
KURT HELMUTH BEDOYA BRANDACHER**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**AREQUIPA – PERÚ**

**2018**

A mi padre, José BEDOYA JUSTO, por el apoyo incondicional; a mi madre, María Relinde BRANDACHER WIMMER, por su ejemplo, amor y tiempo que dedicaron para ser de mí un profesional de bien.

Mis hermanos: Josef, Johann y Jürgen porque juntos formemos triunfos en nuestra familia.

A la Universidad Alas

Peruanas, mi Alma mater de estudios, en cuyas aulas se forman profesionales de éxito.

Agradezco de manera especial a todos los docentes de la carrera profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Alas Peruanas que desde su cultura académica han contribuido a complementar mis conocimientos y vivencias científicas para lograr el título profesional de Ingeniero que hoy culmino.

## RESUMEN

El presente trabajo describe el proceso de diseño e implementación de un sistema de red MPLS – VPN en la unidad minera San Rafael- Minsur ubicada a 5 200 m.s.n.m. en la parcela Picchu Alto, distrito de Antauta, provincia de Melgar, departamento de Puno; contratando a la empresa Desysweb SAC para que realice el trabajo de Instalación de una antena especial en la torre para el sistema MPLS, conexión y energización de equipos de acceso del SITE, entre otros. Dichos elementos son encargados para que el sistema MPLS funcione según el Acta de aceptación de la obra.

El objetivo básico de la presente tesis es adaptar los flujos de tráfico a los recursos físicos del enlace microondas de la red de última milla. La idea es equilibrar de forma óptima la optimización de estos recursos de manera que no haya algunos que estén suprautilizados con posibles puntos calientes y cuellos de botella, mientras otros puedan estar infrautilizados como latencia y tiempos de respuesta elevados. Resolver la problemática presente en la unidad minera San Rafael mediante la evaluación de la problemática. Presentar una hipótesis sostenido en una solución definitiva y justificar los estudios realizados mediante el diseño e implementación.

**Palabras claves:** Enlace de microondas, radiofrecuencia, red dorsal, servicio corporativo, red privada virtual, tecnologías MPLS-VPN, calidad del servicio, enrutamiento dinámico, conmutación multiprotocolo, tráfico de red, redes multidifusión, estándares de señalización, información digital, espectro radioeléctrico, señales digitales, modulación de señales, fibra óptica, señales analógicas, banda de frecuencia, paradigma de routing, ingeniería de tráfico, arquitectura de red y algoritmos de encaminamiento.

## ABSTRACT

The present work describes the process of design and implementation of an MPLS - VPN network system in the San Rafael - Minsur mining unit located at 5,200 m.s.n.m. in the Picchu Alto plot, district of Antauta, province of Melgar department of Puno, hiring the company Desysweb SAC to carry out the work of: Installation of a special antenna in the towers, for the MPLS system, connection and energization of equipment Access of the SITE, among others. These elements are responsible for the MPLS system to function according to the Acceptance of Works.

The basic objective of this thesis project is to adapt the traffic flows to the physical resources of the last mile microwave link. The idea is to optimally balance the optimization of these resources, so that there are not some that are used above, with possible hot spots and bottlenecks, while others may be underutilized as latency and high response times and solve the present problem in the San Rafael Mining Unit, it is through the evaluation of the problem to present the hypothesis sustained a definitive solution and justify the studies carried out through the problematic.

**Keywords:** Microwave link, radiofrequency, backbone, corporate service, virtual private network, MPLS, service quality, dynamic routing, multiprotocol switching, network traffic, multicast networks, signaling standards, digital information, spectrum radioelectric, digital signals, signal modulation, fiber optics, analog signals, frequency band, routing paradigm, traffic engineering, network architecture and routing algorithms.

## INTRODUCCIÓN

La tecnología en el campo de las telecomunicaciones ha sido vista en la actualidad en forma global como disparador de permanentes cambios del ambiente de negocios. Sin embargo, existe una idea primordial que aparece inmóvil contra esta fuerza tecnológica que implica que las organizaciones que sobreviven son aquellas que entregan más valor verdadero a sus clientes.

Cada empresa necesita ajustar la utilización de estándares y prácticas a sus requerimientos individuales. Como es el caso del presente proyecto de tesis, distribuido en cinco capítulos y tiene como objetivo diseñar, implementar y actualizar las comunicaciones en la unidad minera San Rafael Minsur con una red dorsal de Claro con la tecnología MPLS-VPN. A continuación, describiré los capítulos en mención.

El primer capítulo como título tiene Planteamiento del problema. Para comenzar, ubicaremos la problemática de la red de última milla de Minsur, justificaremos nuestro proyecto y asignaremos los objetivos y las variables presentes en nuestra investigación.

El segundo capítulo como título tiene Marco Teórico y nos brinda la información útil del diseño y la tecnología emergente a la cual está sometido la red a implementarse. En este capítulo estudiaremos la tecnología MPLS – VPN, y el beneficio que aportará a la red de Minsur.

El tercer capítulo alcanza la Metodología y desarrollo del proyecto, el cual detalla el diseño del radioenlace así como los cálculos y estudios previos a la implementación. También describiremos la instalación y configuración del radioenlace, veremos el desarrollo, los procedimientos realizados, la implicación de la tecnología MPLS - VPN en la instalación.

El cuarto capítulo anuncia los Resultados y Análisis, describimos las pruebas y muestreos de los valores finales obtenidos, así también las normativas y conformidades finales del proyecto.

Finalmente, el capítulo cinco presenta los presupuestos y costos del proyecto así como también las conclusiones y recomendaciones finales.

## ÍNDICE PRINCIPAL

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
RESUMEN .....	IV
ABSTRACT .....	V
INTRODUCCIÓN .....	VI
ÍNDICE PRINCIPAL .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XIII
CAPÍTULO I .....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	14
1.1. Título del Proyecto .....	14
1.2. Formulación del problema de investigación .....	14
1.3. Justificación .....	15
1.4. Alcances .....	15
1.5. Hipótesis .....	16
1.6. Objetivo general .....	16
1.6.1. Objetivos específicos .....	16
1.7. Variables .....	16
1.7.1. Variable independiente .....	16
1.7.1.1. Indicadores de la variable independiente .....	16
1.7.2. Variable dependiente .....	17
1.7.2.1. Indicadores de la variable dependiente .....	17
1.7.3. Operacionalización de las variables .....	17
CAPÍTULO II .....	19
MARCO TEÓRICO .....	19
2.1. Tipos de enlaces .....	19
2.1.1. Datos digitales: señales digitales .....	19
2.1.2. Datos digitales: señales analógicas .....	19
2.1.3. Datos analógicos: señales digitales .....	20
2.1.4. Datos analógicos: señales analógicas .....	20
2.2. MPLS-VPN .....	21
2.2.1. Aplicaciones de MPLS .....	22
2.2.2. Orígenes de MPLS .....	23
2.2.3. Conmutación MPLS .....	24
2.2.4. Clases de servicio (CoS) .....	36
2.2.5. Redes Privadas Virtuales (VPNs) .....	37
2.3. Diseño y formatos de aseguramiento de la calidad .....	39
2.3.1. Diez razones para migrar a MPLS VPN .....	40
2.4. Modelo de referencia MPLS frente al enrutamiento convencional .....	43
2.4.1. Nuevos protocolos de enrutamiento .....	45
CAPÍTULO III .....	47
METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO .....	47
3.1. Antecedentes de la investigación .....	47
3.1.1. A nivel regional .....	47
Tesis: “DISEÑO DE UNA RED PARA UN SERVICIO PORTADOR EN LA CIUDAD DE AREQUIPA” .....	47
3.1.2. A nivel nacional .....	48

Tesis: “MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE TRÁFICO EN REDES MPLS” .....	48
3.1.3. A nivel internacional .....	48
Tesis: “ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA LA MIGRACIÓN DE UNA RED IP/ATM A MPLS” .....	48
3.2. Requerimientos del proyecto.....	49
3.2.1. Hitos del proyecto .....	49
3.2.2. Recursos adquiridos .....	50
3.3. Reuniones del proyecto.....	50
3.3.1. Configuración del proyecto.....	50
3.4. Gestión del proyecto .....	51
3.4.1. Registro de capacitaciones del proyecto actualizado .....	51
3.4.2. Riesgos actualizados .....	51
3.4.3. Límites .....	51
3.5. Desarrollo del proyecto .....	52
3.5.1. Recolección de la información.....	52
3.5.2. Unidad Minera San Rafael Minsur.....	52
3.5.2.1. Perfil topográfico del enlace San Rafael Minsur .....	54
3.5.2.2. Infraestructura de la torre de comunicaciones, recorrido del cableado y Data Center .....	57
3.5.3. Estación de Claro AP_4755 Minsur.....	59
3.5.3.1. Infraestructura de la estación base y acceso a gabinete .....	60
3.5.3.2. Equipos de acceso al medio.....	63
3.5.3.3. Infraestructura de la torre: .....	67
3.5.3.4. Equipo de radio frecuencia.....	69
3.6. Plan de asignación de frecuencias, cálculos en el enlace y parámetros para la ejecución de proyecto (Hop Corporativo) .....	72
3.6.1. Cálculos del enlace .....	73
3.6.2. Asignación de frecuencias .....	84
3.6.3. Hop Corporativo de Claro.....	85
3.7. Plan de implementación, simulación y desarrollo del proyecto .....	86
3.7.1. Simulación del perfil .....	86
3.8. Instalación de la red Minsur .....	87
3.8.1. Peligros que se deben considerar .....	89
3.8.2. Instalación del nodo AP4755 Minsur torre de Claro.....	90
3.8.2.1. Diagrama de longitud total del cable .....	92
3.8.2.2. Rankeado de equipos en gabinete de transmisión SITE AP4755 Minsur torre de Claro.....	93
3.8.2.3. Diagrama de ubicación de los equipos en el gabinete de transmisión.....	94
3.8.2.4. Infraestructura de la Red SITE AP4755 San Rafael Minsur.....	97
3.8.3. Instalación del nodo San Rafael Minsur .....	98
3.8.3.1. Diagrama de longitud total del cable .....	99
3.8.3.2. Rankeado de equipos en Data Center del cliente San Rafael Minsur .....	100
3.8.3.3. Diagrama de ubicación de los equipos en gabinete de recepción ...	101
3.8.3.4. Infraestructura de la red del cliente San Rafael Minsur .....	103
3.9. Configuración.....	104
CAPÍTULO IV .....	109
RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	109
4.1. Prueba del software .....	109
4.2.....	Resultados del servicio 109
4.2.1. Comando Ping.....	110

4.2.2. Políticas de mapeo.....	113
4.2.3. ACL Listas de acceso .....	114
4.2.4. SH interfaces– diagnóstico de errores en LAN y WAN .....	115
4.3. Prueba del Hardware .....	117
4.4. Fuentes de riesgos .....	120
4.5. Resultados.....	120
4.5.1. Control de calidad .....	120
CAPÍTULO V .....	122
PRESUPUESTOS Y COSTOS TOTALES DEL PROYECTO.....	122
CONCLUSIONES .....	124
RECOMENDACIONES .....	125
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	126
DIRECCIONES ELECTRÓNICAS .....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura modelo .....	23
Figura 2. Topología de funcionamiento MPLS .....	24
Figura 3. Formato de la etiqueta MPLS: 32 Bits.....	25
Figura 4. Distribución dentro de los paquetes MPLS .....	25
Figura 5. Componentes de una red MPLS .....	26
Figura 6. Modo de envío de paquetes MPLS .....	30
Figura 7. Distribución de un paquete MPLS .....	32
Figura 8. Ruta de envío de paquete.....	36
Figura 9. Mapa de la localización del proyecto.....	53
Figura 10. Oficinas administrativas en la unidad minera San Rafael-Minsur .....	54
Figura 11. Imagen del perfil del enlace en Google Earth.....	54
Figura 12. Vista de la torre de Claro desde la torre de Minsur .....	55
Figura 13. Factibilidad de parámetros en Link Planner .....	55
Figura 14. Factibilidad del enlace.....	56
Figura 15. Factibilidad de frecuencias y alturas del enlace .....	56
Figura 16. Torre de la unidad minera San Rafael Minsur. ....	57
Figura 17. Imagen del gabinete del data center de Minsur.....	59
Figura 18. Diagrama de distribución de la estación de Claro .....	60
Figura 19. Interior de la estación de Claro 2016.....	60
Figura 20. Distribución de equipos del gabinete de transmisión de la estación de Claro.....	62
Figura 21. Distribución de breakers del gabinete de transmisión de Claro .....	63
Figura 22. Equipo de transmisión Huawei optix RTN 950 en el gabinete de Claro.....	63
Figura 23. Equipo de transmisión Huawei optix RTN 950 .....	64
Figura 24. Equipo de gestión y transmisión de datos Cisco 1921 .....	66
Figura 25. Estación base de Claro .....	67
Figura 26. Diagrama de distancias y tamaños de la torre de Claro .....	69
Figura 27. Línea de vista de la torre de la unidad minera Minsur desde la torre de la estación base de Claro .....	70
Figura 28. Equipo de radioenlace IDU y ODU IPASOLINK NEC 100E .....	70
Figura 29. Tarjeta de red IDU IPASOLINK NEC 100E .....	72
Figura 30. Gráfica de los parámetros de la zona de Fresnel .....	73
Figura 31. Presupuesto de potencia .....	83
Figura 32. Asignación de frecuencias .....	84
Figura 33. Vista topográfica del enlace en radio móvil .....	86
Figura 34. Simulación del enlace en radio móvil .....	87
Figura 35. Foto de la antena instalada en el lado SITE AP4755 Minsur.....	90
Figura 36. Foto de la antena y torre en el lado SITE AP4755 Minsur.....	91
Figura 37. Foto de los gabinetes y base de la torre en el lado SITE AP4755 Minsur ...	92
Figura 38. Diagrama de las medidas a lo largo del tramo .....	93
Figura 39. Equipos en el gabinete de TX .....	94
Figura 40. Gabinete de transmisión en la antena de Claro .....	95
Figura 41. IDU IPASOLINK NEC 100E .....	95
Figura 42. Router Cisco 1921/K9 vista posterior .....	96
Figura 43. Router Cisco 1921/K9.....	96
Figura 44. Diagrama de interconexión .....	97
Figura 45. Foto de la antena y torre en lado SITE cliente San Rafael-Minsur .....	98
Figura 46. Foto de la antena instalada en lado cliente San Rafael-Minsur .....	99
Figura 47. Diagrama de las medidas a lo largo del tramo .....	100

Figura 48. Equipos en gabinete de RX .....	100
Figura 49. Foto del Datacenter .....	102
Figura 50. Foto de equipos del cliente San Rafael Minsur .....	102
Figura 51. Diagrama de interconexión .....	103
Figura 52. Gráfica de la red general.....	103
Figura 53. Detalle de la conexión de la red del ordenador .....	104
Figura 54. Antena IDU IPASOLINK NEC 100E .....	105
Figura 55. Interface de usuario .....	105
Figura 56. Asignación de la modulación.....	106
Figura 57. Tipo de modulación.....	107
Figura 58. Asignación de IP de la antena SITE AP 4755 Minsur.....	107
Figura 59. Asignación de IP de la antena del cliente San Rafael Minsur.....	108
Figura 60. Asignación de VLAN para ambas interfaces .....	108
Figura 61. Protocolo de verificación SHOW IP ROUTE .....	110
Figura 62. Protocolo de verificación CDP.....	110
Figura 63. Tiempo de respuesta en QOS 1 .....	111
Figura 64. Tiempo de respuesta en QOS 2.....	112
Figura 65. Protocolo de verificación ARP Y PING LAN .....	112
Figura 66. Protocolo de visualización de las interfaces en QOS 5 .....	113
Figura 67. Protocolo de visualización de las interfaces en QOS 2 .....	114
Figura 68. Protocolo de visualización de las interfaces en QOS 1 .....	114
Figura 69. Listas de acceso en QOS 2 y QOS 5.....	115
Figura 70. Vista de la interface WAN .....	116
Figura 71. Vista de la interface LAN.....	116
Figura 72. Valores obtenidos del lado SITE AP4755 Minsur .....	117
Figura 73. Valores obtenidos del lado cliente San Rafael Minsur.....	118
Figura 74. Log obtenido del lado SITE AP4755 Minsur.....	118
Figura 75. Log obtenido del lado cliente San Rafael Minsur.....	119

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Descripción de Variable e Indicadores .....	17
Tabla 2. Definiciones básicas .....	20
Tabla 3. MPLS frente protocolos de enrutamiento convencionales .....	44
Tabla 4. Fechas de trabajos.....	50
Tabla 5. Descripción de parámetros de la torre de la unidad minera.....	58
Tabla 6. Parámetros de la torre de la estación base de Claro.....	68
Tabla 7. Hoja de datos de los parámetros de Claro .....	85
Tabla 8. Tipos de torre.....	89
Tabla 9. Distancias a lo largo del tramo total SITE AP4755 Minsur.....	92
Tabla 10. Distancias a lo largo del tramo total del cliente Minsur .....	99
Tabla 11. Presupuesto y costos del proyecto.....	122

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Acta de Aceptación de Obra .....	134
Anexo 2. Acta de instalación de equipos en la unidad minera SAN RAFAEL.....	135
Anexo 3. Acta de servicio de equipos en la unidad minera SAN RAFAEL .....	136
Anexo 4. Acta de constitución del proyecto.....	137
Anexo 5 Cronograma del proyecto.....	139
Anexo 6. Plan de gestión del enlace .....	140
Anexo 7. Costos directos del proyecto.....	141
Anexo 8. Gráfica de la red troncal del servicio de la unidad minera San Rafael Minsur .....	143
Anexo 9. Especificaciones del equipo Huawei optix RTN serie 900.....	144
Anexo 10. Especificaciones del equipo Cisco 1921 .....	145
Anexo 11. Especificaciones del equipo IPASOLINK NEC 100E.....	146
Anexo 12. Características eléctricas del cable IF RG6 (Datashet del proveedor).....	147
Anexo 13. Cronograma de actividades .....	148
Anexo 14. Configuración router SITE.....	149
Anexo 15. Configuración router cliente .....	154

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Título del Proyecto**

Diseño e implementación de un enlace de microondas sobre la red dorsal MPLS – VPN de Claro de un servicio corporativo para la unidad minera San Rafael Minsur.

#### **1.2. Formulación del problema de investigación**

La Unidad Minera San Rafael Minsur, tiene problemas en sus comunicaciones especialmente en horas pico: congestión en el envío de paquetes, saturamiento en la red cuando hay personas trabajando simultáneamente, entre otras, debido a una tecnología desfasada y no conforme a las exigencias requeridas por la empresa, motivo por el cual se opta por implementar en su red la tecnología MPLS-VPN.

En la actualidad, el gran crecimiento que ha tenido el uso de las redes y la transferencia de información que brindan los proveedores a través de las tecnologías MPLS-VPN, contribuyen a un sistema de globalización que beneficia al cliente. Conforman un producto básico y necesario para la calidad de vida idónea dentro de una metrópolis. Con la tecnología de hoy en día es posible contar con servicios rápido, eficiente, estable y multifuncional sobre el cual en sus plataformas pueden verse ejecutadas una gran diversidad de aplicaciones (voz, video, datos, etc.) a un costo realmente al alcance de los usuarios que día a día se van incrementando.

Facilitar el almacenamiento y procesamiento de la información ha permitido compartir programas y establecer los recursos a los que se pueden acceder en la

red: unidades de almacenamiento, Internet, suplementos para impresoras, descargas de DVDs, software y diseños para amplificación de sonido, etc.

### 1.3. Justificación

Las organizaciones que están formalmente desarrolladas se ven en la necesidad de estar comunicados con sus colaboradores y usuarios tanto internos como externos para poder así agilizar las tareas que involucren el trabajo diario sin contratiempo en su jornada laboral; de la misma manera, fomentar la integración de datos y compartir recursos sin necesidad de ir a un lugar específico. El tener una red privada virtual con tecnologías MPLS-VPN, nos permitirá tener conexiones seguras y eficientes entre equipos de donde podremos acceder a los recursos de los mismos de manera confidencial, por ejemplo, documentos, servidores de base de datos, aplicaciones específicas, etc. que se encuentren distantes y a su vez se tendrá la información en tiempo real y actualizado.

Las tecnologías MPLS-VPN garantizan y brindan calidad de las comunicaciones a sus usuarios, en este caso, se soluciona el problema y mejoran las comunicaciones en la unidad minera San Rafael Minsur.

El proyecto resulta viable ya que con este se daría solución a los problemas principales de la empresa como son ahorro de dinero, facilidad de comunicación y poder compartir información. Teniendo en cuenta que compartir la información entre las diferentes áreas de la empresa también es un factor muy importante a la hora de tomar decisiones y el de llevar a cabo el diseño de la red para la empresa; cada área necesita de la otra, no pueden progresar de manera independiente.

### 1.4. Alcances

- Tipo de Investigación según el nivel de profundización : Descriptiva
- Según la clasificación del periodo temporal : Transversal
- Según el Nivel de Investigación : Básica y Aplicada
- Según el Paradigma : Interpretativo
- Según la naturaleza de la investigación : Cualitativa

## **1.5. Hipótesis**

Diseñar e implementar un enlace de microondas sobre la red dorsal MPLS – VPN de Claro de un servicio corporativo, permitirá la mejora de los accesos a los servicios de datos para la unidad minera San Rafael Minsur.

## **1.6. Objetivo general**

Diseñar e implementar un enlace de microondas sobre la red dorsal MPLS – VPN de un servicio corporativo de Claro para la unidad minera San Rafael Minsur.

### **1.6.1. Objetivos específicos**

- Solucionar las deficiencias de comunicación presentes mediante la implementación de un enlace microondas así como también del intranet de la unidad minera San Rafael Minsur.
- Seleccionar los medios que se adecuen a la tecnología existente y mejoren el enlace microondas propuesto en la unidad minera San Rafael Minsur.
- Instalar según los procedimientos y normativas que rigen en la unidad minera San Rafael Minsur para de esta forma cumplir con todos los protocolos.
- Garantizar el correcto funcionamiento del enlace microondas según las exigencias de la unidad minera San Rafael mediante el muestreo de resultados y pruebas de hardware y software para obtener como resultado un radioenlace modelo.

## **1.7. Variables**

### **1.7.1. Variable independiente**

Las tecnologías MPLS -VPN.

#### **1.7.1.1. Indicadores de la variable independiente**

- Obtención de información relevante de los elementos que conforman la tecnología a implementar.

- Búsqueda de elementos físicos que se adecuen a las características del enlace.
- Configuración básica y avanzada de enrutadores que soporten tecnología MPLS.
- La voz, correo, Internet y las redes sociales.

### 1.7.2. Variable dependiente

Conmutación multiprotocolo

#### 1.7.2.1. Indicadores de la variable dependiente

- Las redes multidifusión utilizando conmutación de etiquetas.
- Los estándares de señalización.
- El menor retardo y fluctuación.
- La transmisión de trazas reales de video y voz en tiempo real.
- La seguridad y garantía de equipos y accesorios del proyecto.

### 1.7.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1

**Descripción de Variable e Indicadores**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Las tecnologías MPLS -VPN</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de estructura del radioenlace.</li> <li>• Calidad de los equipos y accesorios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de información relevante de los elementos que conforman la tecnología a implementar.</li> <li>• Búsqueda de elementos físicos que se adecuen a las características del enlace.</li> <li>• Configuración básica y avanzada de enrutadores que soporten tecnología MPLS.</li> <li>• La voz, correo, Internet y las redes sociales.</li> </ul>

<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Conmutación multiprotocolo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura de alcance servicio.</li> <li>• Garantía del servicio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las redes multidifusión utilizando conmutación de etiquetas.</li> <li>• Los estándares de señalización.</li> <li>• El menor retardo y fluctuación.</li> <li>• La transmisión de trazas reales de video y voz en tiempo real.</li> <li>• La seguridad y garantía de equipos y accesorios del proyecto.</li> </ul>
--	---	---

**Fuente:** *Elaboración propia*

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Tipos de enlaces**

Toda información enviada o recibida puede ser compilada mediante señales análogas o digitales. La forma particular de compilación dependerá de las exigencias, del medio de envío, así como de los recursos disponibles para la transmisión. Se pueden compilar con suma sensibilidad para eliminar o agregar a nuevos clientes y/o servicios adicionales utilizando la tecnología emergente de la MPLS.

##### **2.1.1. Datos digitales: señales digitales**

La forma más práctica de compilar la información digital es asignar dentro de una trama de datos los valores de uno binario y otro distinto para el cero. Para aumentar prestaciones es posible utilizar otros códigos distintos al anterior, de esta forma se modifica el espectro radioeléctrico y aumenta la capacidad digital del espectro.

Actualmente las señales digitales alcanzaron el auge debido a la facilidad y la complejidad con respecto a su predecesora analógica, las señales digitales aseguran de manera más eficiente la transición de información y reducen el costo bruto muy gradualmente.

##### **2.1.2. Datos digitales: señales analógicas**

Existen equipos transceptores de datos que se adaptan según el tipo información y convierten la señal analógica a digital o viceversa, pero requieren

asegura un tipo de modulación de señal con respecto a la señal portadora ya sea en ASK, FSK, PSK o QPSK, y para ello modifican la onda portadora según las características del medio a transportar, esto se excluye en medios de comunicación como la fibra óptica debido a que el medio es la luz por medio de hilos de fibra.

### 2.1.3. Datos analógicos: señales digitales

La información en general no solo está compuesto de información a base de algoritmos, mucha información se basa en voz o audio y requieren digitalizarse para su posterior transmisión, una forma de modulación para este caso se basa en impulsos PCM, el cual aplica una muestra sobre los datos analógicos y la cuantifican, de esta forma aseguran la información, este método de conmutación permite usar más técnicas para la transmisión digital.

### 2.1.4. Datos analógicos: señales analógicas

Dentro del rango de señales analógicas en diferentes modulaciones tenemos en AM Amplitud Modulation (Amplitud modulada), FM Frequency Modulation (Frecuencia modulada), y PM Phase Modulation (modulación de fase), estas señales analógicas que son de características eléctricas en su mayoría trabajan bajo una onda portadora que sobre un rango de frecuencias de una banda base, es decir se genera una señal analógica en una banda de frecuencia en donde se requiera un transmisor y receptor analógico, un ejemplo clásico es la señal analógica de telefonía. Mediante EIER se mide la cantidad de errores en una línea de transmisión de datos y se obtiene una probabilidad dentro de la señal de los errores de dicha línea, el cual se denomina comúnmente tasa de errores por bit. Este método varía según el tiempo y saturación de la línea.

Tabla 2

#### Definiciones básicas

Término	Unidades	Definición
Datos	Bits	Un uno o cero binario
Velocidad de transmisor	Bits por segundo (bps)	Velocidad a la que se transmiten los datos.
Elementos de señalización	Digital: un pulso de tensión de amplitud constante.  Analogico: un pulso de	Aquella parte de la señal que ocupa el intervalo más corto corresponde a un código de señalización.

	frecuencia, fase , y amplitud	
Velocidad de transmisión o modulación	Número de elementos de señalización por segundo (baudio).	Velocidad a la transmisión de los elementos de señalización.

**Fuente:** <http://www.eveliux.com/mx/Terminos-basicos-telecomunicaciones.html>

## 2.2. MPLS-VPN

En una red corporativa solicitada a un proveedor existe las tecnologías MPLS-VPN donde se desglosa varios términos según la estructura de red entre estos los principales términos son router frontera (PE) y router de intercambio de etiquetas (LSR), son estos componentes principales que el proveedor requiere para una RPV sobre la tecnología MPLS que se encuentran tanto en la nube como en la última milla del cliente.

MPLS (Multiprotocol Label Switching) es un tecnología de conmutación de paquetes que opera bajo un estándar RFC 3031 y creado por el IETF. Opera en una capa híbrida de enlace de datos y física del modelo OSI. Tiene como principal objetivo mejorar la ingeniería de tráfico desfasado y otorgar una mayor escalabilidad facilitando el tráfico a gran medida bajo un sencillo algoritmo de identificación de paquetes. Funciona bajo distintos niveles de saturación y tráfico de datos, incluyendo VoIP y videoconferencia.

Muchos proveedores de internet han implementado en su red esta tecnología y ha solucionado en gran medida los requerimientos de sus clientes, les otorga una garantía fiable de su información y se adapta a su red, lo que anteriormente no sucedía con los protocolos de conmutación clásicos.

Pero la tecnología, MPLS siendo una muy buena opción ha requerido evolucionar, es por ello que conjuntamente con la tecnología ATM ha logrado incursionar en otros horizontes para ofrecer soluciones adecuadas a necesidades distintas a lo que usualmente se requiere.

Actualmente, MPLS ofrece calidad en su servicio comúnmente llamado QoS para gestionar y simplificar los recursos dentro de una red hacia la nube.

“De aquí derivan los siguientes problemas: el paradigma del Routing está muy extendido en todos los entornos, tanto empresariales como académicos, etc. El rediseño total del software existente hacia la Conmutación supondría un enorme gasto de tiempo y dinero. Igualmente sucede con el hardware que está funcionando hoy día”.<sup>1</sup>

MPLS explora las deficiencias que anteriormente tenían los protocolos clásicos (ATM, Frame Relay, etc) fusionándose con algunos para no eliminar ventajas, llegando a beneficiar puntos débiles en el enrutamiento punto a punto o internet con un alto nivel de calidad y eficiencia.

Nos otorga altos niveles de rendimiento dando priorización en el tráfico de red, así como los diversos tipos de CoS (Clases de servicio). Cuenta con infinidad de soluciones y protocolos, una complementación gestionada por el proveedor que incluye el suministro y la gestión de los equipos en sus instalaciones (CPE).

En una de las soluciones de MPLS como ya se mencionó anteriormente fue la integración con la tecnología ATM. Es esta tecnología un salto hacia nuevas aplicaciones MPLS, su funcionamiento básico se base en asignar los datagramas en un componente de controlar una etiqueta para una rápida conmutación en los LSR en donde se observa el título del paquete; es decir, la etiqueta mas no la dirección IP.

### **2.2.1. Aplicaciones de MPLS**

1. Solución a altos niveles de tráfico (ingeniería de tráfico)
2. Enrutamiento dinámico sobre protocolo IP.
3. Redes VPN (Virtual Private Network).
4. Nuevos estándares de calidad QoS.
5. Nuevo sistema de clasificación según funcionamiento de MPLS, sobre apilamiento de etiquetas y nuevos algoritmos de funcionamiento.

---

<sup>1</sup> Recuperado de [http://adquisiohardware01.blogspot.pe/p/blog-page\\_15.html](http://adquisiohardware01.blogspot.pe/p/blog-page_15.html)

6. Distribución de servicios mediante los estándares directos de calidad, por ejemplo: ancho de banda individual para servicios como internet, datos, VoIP, etc.
7. Soporte multiplataforma en protocolos de enrutamientos clásicos como, Frame Relay, ATM, etc.

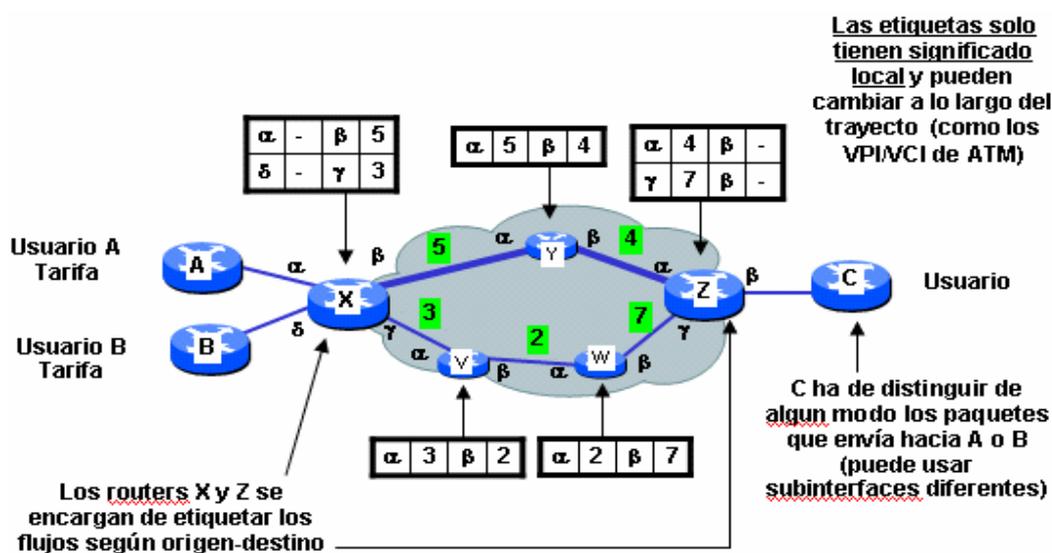
### 2.2.2. Orígenes de MPLS

Para poder crear los circuitos virtuales como en ATM, se pensó en la utilización de etiquetas añadidas a los paquetes. Estas etiquetas definen el circuito virtual por toda la red.

1. Se asocian a nuevos niveles de calidad en el servicio QoS sobre nueva infraestructura de enrutamiento.
2. Se trabajó inicialmente sobre capas utilizadas en protocolos anteriores, mostrando uniformidad entre las capas 2 y 3.
3. Debido a la compatibilidad entre ambas capas, se buscó identificar una capa donde se desenvuelva MPLS ubicándolo en la capa 2; pero en la capa 3 se identifica el encapsulamiento dinámico, iniciando los hitos de MPLS.

Ejemplo de arquitectura:

**Figura 1. Arquitectura modelo**



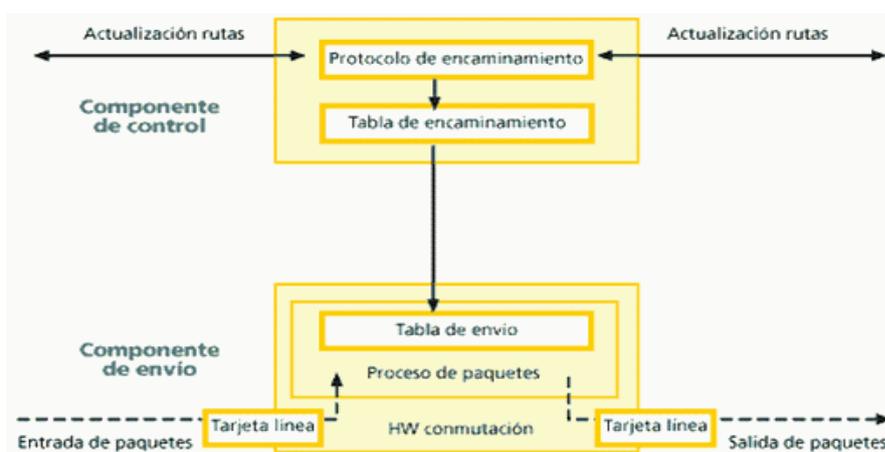
Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos29/información-mpls/>

### 2.2.3. Conmutación MPLS

1. Protocolo de algoritmo de encapsulamiento al abarcar un LSR.
2. Consulta el origen del paquete e identifica la información contenida sobre la etiqueta.
3. Ubica en la tabla de direcciones destino correspondiente.

#### a. Funcionamiento de MPLS

**Figura 2. Topología de funcionamiento MPLS**



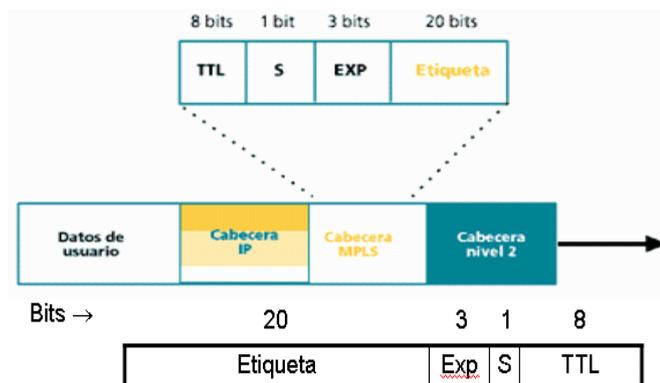
**Fuente:** [http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/102/1023/1023775\\_mpls\\_faq\\_4649](http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/102/1023/1023775_mpls_faq_4649).

#### b. MPLS y pila de etiquetas

##### a. Jerarquía MPLS

- a. MPLS tiene un inicio en los diversos protocolos de enrutamiento. Sobre la tecnología MPLS que se identifican los protocolos Frame Relay, ATM, etc, funcionando sobre sus ventajas.
- b. Los túneles se distribuyen en cada pila de etiquetas que confluyen en un formato de un paquete.
- c. Todos los paquetes concatenados en una pila forman un sistema jerárquico de túneles LPS.
- d. La principal función de identificación en un enrutamiento MPLS son las etiquetas.
- e. Cada etiqueta tiene una asociación particular para cada paquete.
- f. Cada etiqueta MPLS es universal con respecto al paquete.
- g. Situación de la etiqueta MPLS:

**Figura 3. Formato de la etiqueta MPLS: 32 Bits**



**Etiqueta:** La etiqueta propiamente dicha que identifica una FEC (con significado local)

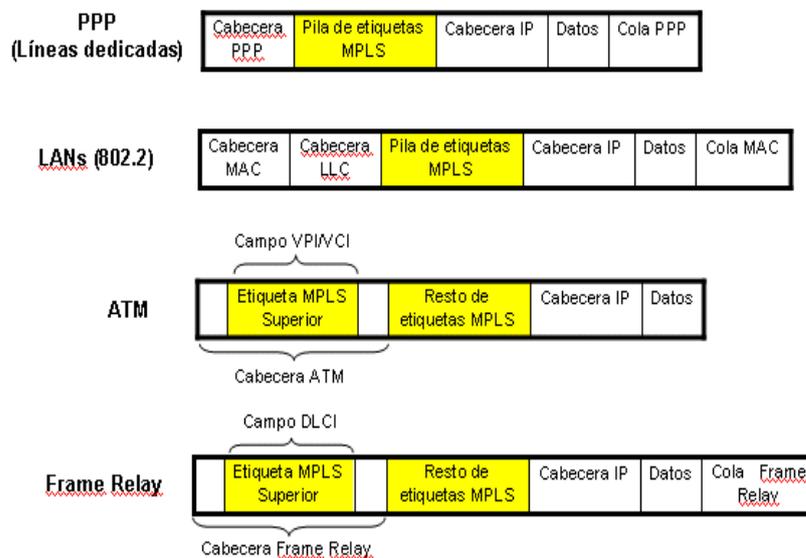
**Exp:** Bits para uso experimental; una propuesta es transmitir en ellos información de DiffServ

**S:** Vale 1 para la primera entrada en la pila (la más antigua), cero para el resto. Esta es la primera etiqueta introducida.

**TTL:** Contador del número de saltos. Este campo reemplaza al TTL de la cabecera IP durante el viaje del datagrama por la red MPLS.

**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos29/información-mpls/información-mpls.shtml>

**Figura 4. Distribución dentro de los paquetes MPLS**



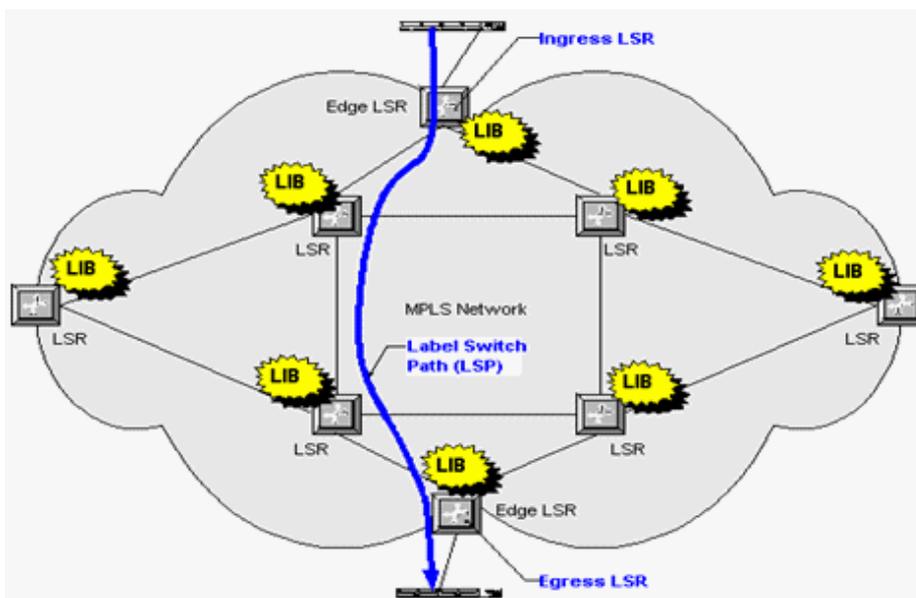
**Fuente:** Barbera, José MPLS, Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI, Edición Mundo, Madrid, 2000

## b. Routing MPLS

1. Toda etiqueta genérica es adaptable al paquete según le corresponda.
2. Solo se examina la etiqueta con respecto a la tabla de control.
3. La funcionalidad del sistema es más rápido y versátil.
4. Como todo sistema siempre existe un sistema predominante de clasificación en este caso según el tráfico asociado al túnel que se identifica con las FEC.
5. Sobre un túnel LSP está asociado una clasificación FEC sobre etiqueta.
6. A continuación, se describirá una red asociada a todos los componentes en la nube.
7. Como se observa en la línea azul, identifica el camino a tomar por un paquete, los router Edge y los router LRS sobre los túneles LSP.

Ejemplo de MPLS.

**Figura 5. Componentes de una red MPLS**



**Fuente:** Barbera, José MPLS, Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI, Edición Mundo, Madrid, 2000

## c. Análisis inicial de MPLS

La tecnología MPLS fue desarrollado bajo un estándar de redes IP's, y mediante el estándar se cubre la función según la necesidad en un servicio. Muchas corporaciones solicitan la red MPLS y al igual que un servicio de internet se crea

una falsa idea del MPLS como un estándar predefinido por el proveedor, el cual evoluciona en base a los conmutadores ATM de las redes de backbone. El análisis propone adaptarse a los cambios que tenga una empresa a lo largo de su expansión económica, así como también a la arquitectura de la red según su tecnología obtenida en los años siguientes. Las redes MPLS se han adaptado a numerosos cambios y tecnologías los cuales ha tenido como finalidad las redes de conmutación, de forma que estos cambios dieron la fusión de la red MPLS bajo las plataformas destinadas a ATM. Con este cambio vanguardista se vio una mejoría notable en el intercambio de etiquetas, se trabajó sobre ATM según IETF para dar solución a las exigencias del mercado.

Entonces según lo establecido por IEFTE la principal función de este estándar es:

1. Todo transporte funcional debía ser adaptable a la tecnología MPLS por sobre cualquier funcionalidad.
2. MPLS surgía sobre un protocolo dinámico de envío de paquetes, por lo tanto, debía adaptarse a cualquier sistema compatible.
3. IETF soluciona la compatibilidad incluyendo un nuevo modelo de protocolo RSVP.
4. Mediante estos acontecimientos se demuestran un crecimiento significativo en el tráfico de internet y mejora en latencia y comunicación.
5. Todo el sistema al ser incorporado a una tecnología MPLS requiere ser compatible a MPLS mediante procedimientos clásicos referente a los enrutamientos establecidos, MPLS se adaptó a estos nuevos referentes.

Al inicio de la incursión del servicio MPLS se pensó que se eliminaría el encaminamiento convencional por prefijos de red. Esto es falso y nunca se tuvo como principal recurso la eliminación dado que el encaminamiento tradicional de la capa 3 es un requisito importante en el servicio de internet debido a los siguientes motivos:

1. Aun se requiere la seguridad como el firewall hacia los accesos en redes corporativas para la gestión y garantía de la seguridad, esta aplicación se ubica en la capa 3 (física) del modelo OSI debido a que al examinar la

información de cabecera requiere la IP y MAC de origen para otorgar las credenciales de acceso hacia el equipo.

2. La identificación de etiquetas solo se realiza a nivel de red mas no en los ordenadores. Al ingresar a una computadora es necesario enviarse en forma de paquetes, debido a que este no presenta identificación de etiquetas y solo es realizado por los router frontera (PE) y router de intercambio de etiquetas (LSR); entonces, durante el recorrido el primer salto se realiza bajo la capa física (capa 3) desde el PE hacia los LRS y los siguientes saltos en capa de enlace de datos (capa 4) entre LSR.
3. En todo el recorrido de una trama de paquetes existen puntos donde es necesario realizar un reconocimiento general de la información de la cabecera del paquete, para saber a ciencia exacta el destino; es decir, realizar el enrutamiento convencional en cierto tramo para luego enviar a un router de intercambio de etiquetas (LSR) el cual volverá a asignar la etiqueta con el destino correspondiente.
4. Al final del recorrido de un paquete hacia su destino, se debe suprimir la etiqueta en el router Edge para leer la información bajo un paquete en el ordenador final, de este modo se ve la operabilidad del MPLS.

#### **d. Descripción funcional del MPLS**

El proceso de funcionamiento de la MPLS está basado en 2 componentes principales, los componentes de envío y el componente de control, que están enlazadas íntimamente.

##### **▪ Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS**

La base del funcionamiento de una MPLS es el apilamiento de etiquetas en un paquete de datos, que se administra por medio de caminos LSPs. Los tramos de caminos LSPs son simples y por naturaleza (ellos generan un sentido para el tráfico de red en cada LSR donde se ubica el siguiente punto de la red); para un tráfico de doble sentido se requieren 2 caminos LSPs para ambos sentidos.

En una red cada LSP es necesario para juntar los caminos de acuerdo con el número de saltos (hops) donde llegan a los LSR ( router conmutador de etiquetas

dentro de la nube) lugar donde se apilan las nuevas etiquetas, de esta forma todos los paquetes que ingresan son enviados de acuerdo al orden de llegada y se envían de un "conmutador de etiquetas" (Label-Switching router) a otro, a través del dominio MPLS.

Como en muchos de los niveles de conmutación, la tecnología MPLS mantiene 2 niveles funcionales: el componente de control (Routing) y el componente de envío (forwarding). Dentro del componente de envío se realiza el intercambio de etiquetas mientras que el componente de control ubica la etiqueta a definir basándose en un sistema no convencional. Es por ello que MPLS implementó tecnologías como RSVP basado en un nuevo estándar de señalización sobre el Label Distribution Protocol, LDP.

Anteriormente, un protocolo ATM mantiene una administración de dos arquitecturas sobre tablas IP de direccionamiento y celdas de encaminamiento, pero debido a gran cantidad de algoritmos usado sobre estas 2 arquitecturas se simplificó mediante el etiquetado MPLS; reduce significativamente los complejos cálculos en un simple sobre posicionamiento de un título a un paquete y aunque se requiera el encaminamiento de dirección IP, aun se tiene implementada la compatibilidad sobre ATM sugerida por IETF.

Entonces para un protocolo de modulación de transferencia asíncrona ATM está destinado para solo el transporte a base de celdas. Para MPLS, esto es indiferente; pero quedan opciones para el uso de otros tipos de transporte de datos, por ejemplo, Frame Relay, o solamente el uso de transmisión punto a punto.

“Un camino LSP es el circuito virtual que siguen por la red todos los paquetes asignados a la misma FEC. Al primer LSR que interviene en un LSP se le denomina de entrada o de cabecera y al último se le denomina de salida o de cola. Los dos están en el exterior del dominio MPLS. El resto, entre ambos, son LSRs interiores

del dominio MPLS. Un LSR es como un router que funciona a base de intercambiar etiquetas según una tabla de envío”.<sup>2</sup>

“Esta tabla se construye a partir de la información de encaminamiento que proporciona la componente de control, según se verá más adelante. Cada entrada de la tabla contiene un par de etiquetas entrada/salida correspondientes a cada interfaz de entrada, que se utilizan para acompañar a cada paquete que llega por ese interfaz y con la misma etiqueta. A un paquete que llega al LSR por el interfaz 3 de entrada con la etiqueta 45 el LSR le asigna la etiqueta 22 y lo envía por el interfaz 4 de salida al siguiente LSR, de acuerdo con la información de la tabla”.<sup>3</sup>

**Figura 6. Modo de envío de paquetes MPLS**



**Fuente:** Barbera, José. *MPLS, Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI*, Edición Mundo, Madrid, 2000

“El algoritmo de intercambio de etiquetas requiere la clasificación de los paquetes a la entrada del dominio MPLS para poder hacer la asignación por el LSR de cabecera. En la figura N° 6 el LSR de entrada recibe un paquete normal (sin etiquetar) cuya dirección de destino es 212.95.193.1. El LSR consulta la tabla de

<sup>2</sup> Recuperado de <https://redesconmutacion.weebly.com/envio-de-paquetes.html>

<sup>3</sup> Recuperado de <https://sx-de-tx.wikispaces.com/MPLS-FDDI>

encaminamiento y asigna el paquete a la clase FEC definida por el grupo 212.95/16".<sup>4</sup>

Como se describió y observó en la imagen, cada componente LSR tiene como función principal etiquetar un paquete hacia el siguiente LSR definida según FEC entonces, al leer el paquete se ignora la dirección IP y solo es observable en la etiqueta el destino correspondiente; mediante la consulta en la tabla de envío (ubicado en el componente de envío) al llegar a otro LSR se renueva el etiquetado, esto lo realiza según un específico algoritmo orientado al intercambio de etiquetas y se le ordena avanzar según la orden dentro del paquete y continuar su recorrido dentro de la red MPLS.

“Como se ve, la identidad del paquete original IP queda enmascarada durante el transporte por la red MPLS, que no "mira" sino las etiquetas que necesita para su envío por los diferentes saltos LSR que configuran los caminos LSP. Las etiquetas se insertan en cabeceras MPLS, entre los niveles 2 y 3. Según las especificaciones del IETF, MPLS debía funcionar sobre cualquier tipo de transporte: PPP, LAN, ATM, Frame Relay, etc. Por ello, si el protocolo de transporte de datos contiene ya un campo para etiquetas (como ocurre con los campos VPI/VCI de ATM y DLCI de Frame Relay), se utilizan esos campos nativo para las etiquetas. Sin embargo, si la tecnología de nivel 2 empleada no soporta un campo para, entonces se emplea una cabecera genérica MPLS de 4 octetos, que contiene un campo específico para la etiqueta y que se inserta entre la cabecera del nivel 2 y la del paquete (nivel 3)".<sup>5</sup>

En la figura 7, se aprecia un esquema clásico MPLS conjuntamente con la cabecera general que constituye un paquete. Como se puede observar, dentro de un paquete MPLS se ubican 32 bits para la cabecera los cuales están distribuidos en 20 bits asignados a la cabecera; es decir, la etiqueta, 3 bits para asignar las clases de servicio usados en función del paquete, 1 bit para apilamiento de las etiquetas e identificar de manera jerárquica las etiquetas y 8 bits tiempo de vida de

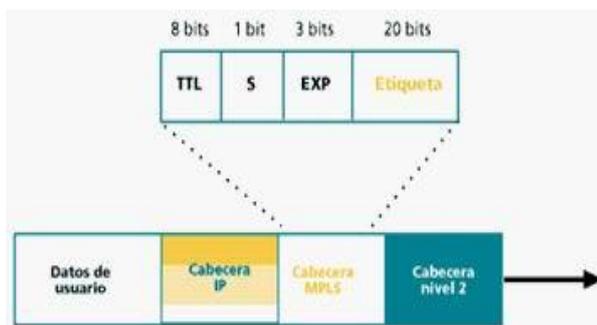
---

<sup>4</sup> Recuperado de [http://ldc.usb.ve/~poc/RedesII/Grupos/G5/funcionamiento\\_envio.html](http://ldc.usb.ve/~poc/RedesII/Grupos/G5/funcionamiento_envio.html)

<sup>5</sup> Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos29/informacion-mpls/informacion-mpls.shtml>

un paquete según el camino ostentado del paquete lo que comúnmente se llama TTL en informática (time to live). De esta forma, se puede dar una lectura completa de la organización de un paquete en MPLS.

**Figura 7. Distribución de un paquete MPLS**



*Fuente: Corral, J Abella ADSL y MPLS. Editorial la Salle, 1997*

#### ▪ Control de la información en MPLS

En resumen, un mecanismo de envío de paquetes por medio de caminos LSPs con procedimientos de apilamiento de etiquetas en las tablas de los router LSRs, pero quedan dudas de 2 términos en general.

1. ¿Cómo llegan a destinar los paquetes en las tablas de envío que establecen los LSPs?
2. ¿Cómo se designa la información sobre las etiquetas según su origen y destino a los LSRs?

Para establecer ambos puntos dentro del funcionamiento, se relaciona con el primero con la información de la red; es decir, sobre topología, patrón de tráfico, características de los enlaces, etc. es la información de control típica de los algoritmos de encaminamiento. MPLS necesita esta información de Routing para establecer los caminos virtuales LSPs, lo más lógico es utilizar la propia información de encaminamiento que manejan los protocolos internos IGP (OSPF, IS-IS, RIP.) para construir las tablas de encaminamiento. (los LSR son routers con funcionalidad añadida).

Para la asignación de cada ruta de un paquete IP, se requiere conocer primero el camino más corto en función de las LSPs y concatenar un orden en función de entradas y salidas del paquete con información de cada etiqueta; para ello el paquete debe estar completamente definido en la etiqueta. Otro aspecto fundamental es establecer dentro del TTL una señalización adecuada en la red descrita en el paquete para obtener un camino en función de los saltos que tenga que dar la información; es decir, predefinir el camino de forma que sea leído con exactitud en un LSR. Pero esa arquitectura MPLS es variable y no respeta un camino predefinido, de hecho debido a la cantidad de tráfico el paquete se redirige según el camino con menor congestión; actualmente IETF realizó una evaluación e implementó nuevos protocolos los cuales no sólo respeten el tráfico sino también prioridad de información llamado LDP (Label Distribution protocol) el cual amplía la cantidad de medidas de distribución de etiquetas según el envío de paquetes.

### **3. Funcionamiento global MPLS**

En la figura 2, se observa la funcionalidad dentro de un LRS dividido en 2 componentes, cada componente concreta 2 funciones en específico que componen la funcionalidad general de MPLS. Dentro de una red MPLS, se ubican diferentes LSR con diversas funciones en específico; es decir, routers aplicables a MPLS. MPLS mantiene un orden jerárquico en función de la arquitectura de transporte de la red en donde a cada par de router se aplica un salto de paquete para el TTL. Esto respeta según su topología de red del proveedor, debido a cantidad de router entrelazados entre si se observa diversas topologías como una malla de redes. Cada unión entre routers aplica un solo salto, lo que también es realizado en una red virtual MPLS el cual corresponde un LPS. Cada salto virtual es observado y guiado por protocolos MPLS lo que resulta más cómodo de visualizar por MPLS que los saltos entre router físicos. Los LSP mejoran enormemente el rendimiento y soporte de las redes dentro del núcleo MPLS del proveedor.

- **Principales funciones**

- a. Para redes de alto rendimiento: Los routers MPLS utilizan aplicaciones más sencillas y rápidas para el encaminamiento de paquetes a diferencia de un

router IP. La aplicación de etiquetas en una arquitectura de red mejora considerablemente el tráfico y latencia en la nube.

- b. Para Ingeniería de Tráfico: Esta aplicación, aparte de usar multifunciones como la planificación de los caminos con menor cantidad de tráfico y conteo de saltos, organiza la información y optimiza los recursos reduciendo la congestión.
- c. En QoS: Dentro de una red virtual se agregan protocolos de calidad lo cual al asignar cierto ancho de banda para una función en especial garantizan velocidad en la información.
- d. En VPNs: Las VPNs son la funcionalidad mayor de MPLS debido a la gran seguridad que aplican sus protocolos de calidad.
- e. Para soporte multiprotocolo: MPLS no es una tecnología basado de la nada, esta se origina de un estudio de los diversos protocolos utilizados actualmente; entonces, MPLS funciona con estos protocolos para mejorar sus ventajas en la red.

### **1. Ingeniería de tráfico**

Dentro del protocolo regular de una línea de red con tráfico se tiene como idea fundamental adaptarse a uso de este mismo e influenciar en la red para equilibrar los recursos de forma óptima en la arquitectura de la red, eliminando los cuellos de botella, redes sobreutilizadas y buscar nuevas rutas en una red. Durante la década pasada la principal carencia de una red era adaptarse a estos puntos de esquemas dado que la tecnología aún era rudimentaria y no aplicaban tráfico de red o calidad de servicio. Actualmente, la ingeniería de tráfico se adapta a la arquitectura de una red y observa el entorno para ubicar el camino más corto y con menor tráfico de forma que añade calidad de servicio, conocido como algoritmo IGP. Los problemas de congestión se resolvían aumentando el ancho de banda de una línea de red. El algoritmo IGP funciona para revisar cuántos caminos se encuentran saturados y cuáles aún cuentan con capacidad de albergar nuevos ciclos de tráfico, redirigir el tráfico sobre líneas ya descargadas de información, aunque este sea la ruta más larga o corta, dando la prioridad al servicio con menos congestión. En la figura 8, se observa a grandes rasgos el funcionamiento usual que toma la ingeniería de tráfico.

Según IGP, dirigirse de un punto A un punto B, como el camino más corto tiene 2 saltos alrededor de la red, mientras que otra alternativa como camino más corto según algoritmo IGP se resuelve con el camino que no cuenta con tráfico y soluciona el problema de latencia cumpliendo con el destino de la información. MPLS cuenta con estas opciones en grandes redes de backbone en aplicaciones de ingeniería de tráfico debido.

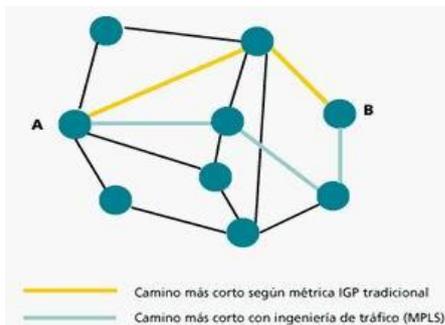
- a. Todas las rutas pueden ser administrables tanto por el usuario como por el proveedor de acuerdo a los permisos que se cuenten en la red, mediante los router LSR los cuales determinarán los caminos y resolverán situaciones de tráfico.
- b. Plantean soluciones para usar caminos virtuales LSP, es decir, planifican la red con o sin tráfico mediante pruebas y análisis en cuellos de botella y paquetes de gran capacidad para la línea, de esta forma aseguran la fiabilidad de una red o camino dentro su arquitectura.
- c. Se restringe caminos indeseables mediante la herramienta CBR (Constraint Based Routing), para que la red pueda dirigir un camino ideal sobre otro que se encuentre muy transitado.
- d. Y sobre todo calidad en el servicio, compartiendo anchos de banda destinados para un fin específico, para adaptar el ancho según necesidad de la información dando garantías en asegurar una información valiosa reduciendo el retardo y evitando la pérdida de paquetes.

“La ventaja de la ingeniería de tráfico MPLS es que se puede hacer directamente sobre una red IP, al margen de que haya o no una infraestructura ATM por debajo, todo ello de manera más flexible y con menores costes de planificación y gestión para el administrador, y con mayor calidad de servicio para los clientes”.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Recuperado de <https://redesconmutacion.weebly.com/aplicaciones1.html>

**Figura 8. Ruta de envío de paquete**



**Fuente:** Corral, J Abella ADSL y MPLS. Editorial la Salle, 1997

#### 2.2.4. Clases de servicio (CoS)

MPLS contiene dentro de su infraestructura diversas clases de servicio destinadas a dividir el ancho de banda y obtener todos los beneficios de éste. En esta infraestructura se clasifican en diversas clases de acuerdo a la función y prioridad que desempeña cada clase. Entonces para un usuario con arquitectura MPLS, su red puede utilizar un ancho de banda para páginas web, chatear y otro distinto para correos o transferencia de información (comúnmente llamado datos críticos), y otro ancho de banda para información no priorizada, como videoconferencia o VoIP. Todas estas clases de servicio se ubican dentro del paquete MPLS conocido como tipo de servicio el cual usa 3 bits dentro de los 32 bits del paquete, y renombrado el octeto DS. Esta función se aplica también conjuntamente con QoS.

La tecnología MPLS mantiene en su trama de 32 bytes un campo EXP en donde se asigna las clases de servicio CoS dentro de los caminos correspondientes LSP. Entonces, mediante este agregado el transporte asigna los diversos servicios requeridos para un cliente como por ejemplo: datos, internet o VoIP.

En una red virtual LSP se puede asignar de acuerdo al operador una salida diferente al paquete dependiendo de la característica de la información, en el campo EXP de la trama indica la información por qué medio ir cada tipo de servicio. Todos los routers LSR mantienen un orden de salida virtual dentro de un camino LSP, ofrecen adecuarse según el ancho de banda asignado por cada servicio. Por ejemplo, un router LSP asigna un nivel de prioridad alto a un paquete proveniente de un mensaje de correo, el siguiente proviene de un chat entablado por Skype, el

cual asigna una prioridad media, por último, el ingreso a una página web de prioridad baja; asimismo, si el correo no se abastece con el ancho de banda asignado, éste requerirá más ancho de banda el cual obtendrá de los otros niveles de prioridad, estos tres niveles de prioridad son asignados dobles en las características de MPLS y modificados según el operador.

### **2.2.5. Redes Privadas Virtuales (VPNs)**

El principio de una red privada virtual se basa en interconexiones entabladas sobre una estructura dentro de la nube, mediante aplicaciones multifuncionales y soluciones de seguridad complementaria como beneficio de red particular. Todas las redes privadas otorgan funciones de intranet y extranet para todos sus usuarios, implementando diversas aplicaciones multimedia como VoIP, videoconferencia y correo sobre la flexibilidad de interconexión privada sobre la infraestructura externa dentro de la nube del proveedor hacia el usuario. Las redes privadas no son unos términos de comunicación avanzada, esa solución mantiene una antigüedad equiparada a los inicios de la internet; es decir, características con el protocolo TCP/IP. A continuación, se explica características que otorga implementar este tipo de red así como sus beneficios. Las redes privadas tradicionales mantienen un avance constante e implementación en temas de seguridad superando ampliamente respuestas en infraestructura de red, adecuándose al usuario con buen resultado.

Actualmente el protocolo Frame Relay como conexión en una red punto a punto, direccionan las tramas en una red de paquetes rápidos en función del campo de dirección de la trama sobre conexiones virtuales permanentes dentro de los nodos los cuales se establecen en una red privada. La garantía de una conexión permanente punto a punto asegura un nivel de caudal de información sobre una línea. A diferencia del protocolo ATM el cual asegura otras clases de garantía. Esto tiende a generar un problema debido a que configurar las rutas se realizan de forma arcaica, entonces la gestión de esta configuración genera costos adicionales porque se requiere incluir nuevos equipos de gestión adaptables al protocolo ATM. En una topología tipo malla supone reconfigurar los equipos encaminadores para

establecer una gestión sobre la red con accesos de administrador en una red punto a punto.

Las redes bajo la plataforma general de TCP/IP han guiado de modelo a las diversas redes formulando la infraestructura IP en las redes privadas virtuales, mejorando el diseño general de la configuración e instauración de las redes MPLS sobre VPN disminuyendo el costo y presupuestos de la infraestructura en general. La solución inicial de la red bajo el protocolo TCP/IP es la generación de túneles en los diversos nodos para la comunicación punto a punto.

Un túnel IP tiene como fin el asociar ambos extremos de una red para generar una conexión punto a punto de modo que funciona como un simulador de interconexiones: A grandes rasgos los túneles IP constituyen un camino único sobre el cual nadie puede penetrar que no sea miembro de la misma red. Esta característica no es el objetivo propuesto por los túneles IP, pero al ser funcional sobre MPLS se describe sus principales características y apreciar sus ventajas en esta plataforma. Los túneles IP mantienen un cifrado y autenticado sobre el transporte de datos en el protocolo de internet de cada paquete en el flujo de datos sobre la red.

Las múltiples diferencias entre los túneles convencionales y los túneles sobre la plataforma MPLS se aprecian debido a su nivel de creación, los túneles en base de MPLS son creados dentro de la nube y ofrecidas según el nivel de seguridad, dichas ventajas se describen a continuación.

- a. Proporcionan un modelo "acoplado" o "inteligente", ya que la red MPLS "sabe" de la existencia de VPNs (lo que no ocurre con túneles ni PVCs).
- b. Evita la complejidad de los túneles y PVCs.
- c. La provisión de servicio es sencilla: Una nueva conexión afecta a un solo router.
- d. Tiene mayores opciones de crecimiento modular.
- e. Permiten mantener garantías QoS extremo a extremo, pudiendo separar flujos de tráfico por aplicaciones en diferentes clases, gracias al vínculo que mantienen el campo EXP de las etiquetas MPLS con las clases definidas a la entrada.

- f. Permite aprovechar las posibilidades de ingeniería de tráfico para poder garantizar los parámetros críticos y la respuesta global de la red (ancho de banda, retardo, fluctuación...), lo que es necesario para un servicio completo VPN.

### **2.3. Diseño y formatos de aseguramiento de la calidad**

Todo tipo de nivel de calidad se entiende como el nivel de seguridad y garantía que ofrece MPLS en este caso se define como QoS, el cual mantiene niveles mínimos de respuesta y tamaño de ancho de banda, definido de acuerdo al servicio integrado por el proveedor como una respuesta satisfactoria de parte del usuario.

Por ejemplo, el ancho de banda requiere ser contabilizado mediante una media de taza de bits transmitidos sobre la red identificando en la velocidad de información el tiempo adecuado en el caudal de la red, suele estar identificado con su denominación desde Kbps o Mbps según la velocidad de trasmisión.

Para la velocidad de transmisión implican diversos problemas presentes que influyen en la calidad de respuesta de un punto a otro identificado comúnmente como retardo. Entones para obtener un resultado exacto de retardos se deben tener muy presente en qué punto de entre estos se produce el retardo de propagación. Por ejemplo dentro de una línea de fibra óptica el retardo se identifica como el tiempo en que tarda la luz en recorrer el medio. El retardo promedio en una línea de fibra óptica suele ser mayormente de 5m/s por cada 10.000 kilómetros pero en la práctica pueden presentarse muchos contratiempos sobre éste y sobre la fibra se pueden presentar varios niveles de refracción de luz, lo que implicaría variación de la medida de retardo.

Otro valor de retardo se identifica como conmutación y detalla el procesamiento de un router como el tiempo para identificar el paquete y redirigir la información.

La clasificación también forma otro tipo de retardo (scheduling). Este retardo se genera en las colas de tráfico de paquetes donde la información es identificada en el router. Un paquete en cola tiende a identificarse en el router debido a la clase de servicio que esta predefinido, el tiempo que demora en identificar el tipo de servicio

según el tráfico requiere añadirse en cola los siguientes paquetes para luego transmitir hacia el destino con un retardo scheduling .

Estos retardos son directamente proporcionales al tipo de algoritmos utilizados para la selección de destino y el tiempo de clasificación del equipo enrutador.

Por último el retardo de serialización el cual adapta el paquete al medio a transmitir. Entonces éste está ligado a la velocidad y al ancho de banda en la infraestructura de la red.

### **2.3.1. Diez razones para migrar a MPLS VPN**

Las redes privadas virtuales sobre MPLS trabajan sobre un nivel de exigencia sometida por el usuario como objetivo, es por ello que MPLS requiere identificar los beneficios ofreciendo las pautas necesarias para adaptarse al cambio, MPLS ofrece 10 motivos suficientes para convencer a sus usuarios a migrar a esta nueva tecnología, y dar paso a una nueva generación de VPN sobre la tecnología MPLS, se comprende en muchos casos la tendencia de las empresas a resistirse a los cambios de tecnología generando anticuerpos y desconfianza a tecnología nueva, y requieren información a grandes rasgos de manera simplificada los beneficios a los cuales se someterán, a continuación se describirá, porque MPLS es la mejor opción de cambio mediante 10 razones claves.

#### **1. Flexibilidad**

MPLS ha demostrado la mejor adaptabilidad a cualquier infraestructura de red, como es el caso de muchas empresas que tienden a implementar una infraestructura única y diferente, en base a sus necesidades y la necesidad de cada empresa difiere muchísimo a las demás; MPLS se acomodada a la necesidad y no el usuario a la tecnología, a un menor costo, mejor seguridad y gestión tanto del proveedor como del usuario.

MPLS fue creado en base a protocolos de enrutamiento como Frame Relay o ATM los cuales presentaban deficiencias en su sistema, entonces se tuvo que realizar un sistema de red que no cuente con las deficiencias de éstos y los mejore enormemente, de esta forma nació MPLS a base de ensayo y error, demostrando

que mantiene los puntos fuertes de Frame Relay y ATM, y a su vez los integra para ofrecer un servicio adaptativo a las exigencias mundiales en telecomunicaciones.

## **2. Escalabilidad**

Los proveedores de internet mayormente al integrar un nuevo sistema MPLS a la red troncal ingresan un nuevo punto dentro de la nube, llamado Point to Cloud donde se incrementan nuevos VPNs creando redes tipo malla de forma virtual, he aquí la ventaja de MPLS, que a diferencia de otros protocolos donde había que adaptar la red mediante una nueva configuración, MPLS sólo agrega puntos VPN evitando tareas complejas y rigurosas, disminuyendo costos y tiempo.

## **3. Accesibilidad**

Todas las redes MPLS VPN se mantienen interconectadas tanto al usuario el cual controla su red de forma remota y visualiza su red mediante un enlace Wireless, controlando el tráfico de red y velocidad, como del proveedor del servicio que mantiene líneas en el headquarter para dimensionar los puntos VPN e indicar problemas en la red ofrecido al usuario.

## **4. Eficiencia**

Gran parte de la tecnología de la infraestructura de transporte de paquetes de datos está basada en algoritmos de búsqueda de IP's, es decir, la tecnología usa las direcciones IP para la comunicación, entonces la tecnología basada en ATM y Frame Relay el cual el 100 % de su tecnología requiere de complejas búsquedas de IP's a base de cálculos matemáticos que requieren un costo adicional para brindar una seguridad más eficiente a datos de alto riesgo en pérdida. La IFX MPLS VPN – elimina este costo directo.

## **5. Calidad de servicio (QoS) y clases de servicio (CoS)**

Para la comunicación entre dos sedes, hoy en día utilizan muchas tecnologías de comunicación en la red (VoIP, correo, internet, teleconferencia, transferencias bancarias, etc). Siendo la calidad del servicio un punto clave para la comunicación en tiempo real, lo que beneficia a las empresas en temas de costos y tiempo.

MPLS cuida del servicio que brinda y se preocupa por la información que circula por su red es por ello, que a diferencia de otras tecnologías otorga Calidad de Servicio (QoS), mediante los distintos tipos de Clases de Servicio (CoS) según las aplicaciones requeridas del cliente y la versatilidad de la información transmitida.

## **6. Administración**

El servicio MPLS VPN trabajan bajo equipos de acceso administrables por el proveedor y en caso de solicitud del cliente, se afianza el servicio para la administración del mismo cliente, implicando menor costo de implementaciones futuras llevado a cabo por el proveedor del servicio, es viable la asignación de una nueva red el cual mediante la previa comunicación del cliente con el contacto especialista reconfigura dicha tarea en el equipo y en la red remotamente desligando así al cliente de llevarla a cabo.

## **7. Monitoreo y SLAs**

Los servicios que brindan los proveedores de MPLS mediante una red privada virtual son controlados y monitoreados 24/7 mediante un seguimiento de tráfico IP y control de errores así como la respuesta del equipo y la red en caso de caídas del servicio. Además, aseguran una garantía de servicio para asegurar la estabilidad de la línea detectando errores y solucionarlos de forma preventiva.

## **8. Fácil Migración:**

La tecnología impuesta por MPLS se implementa en la mayoría de equipos los cuales administran la red, lo que brindan una fácil migración de otras tecnologías a MPLS y lo cual se traslada directamente al cliente, lo que no complica el servicio activo del cliente el cual trabaja con normalidad durante la migración.

## **9. Seguridad**

Se ha comprobado que la tecnología VPN otorga un nivel de seguridad alto, aunque todavía es vulnerable a ataques y deficiencia por caudal de tráfico, es por ello que conjuntamente con la tecnología MPLS aumentan en gran medida la seguridad en temas de información.

Sin embargo, si bien es cierto decir que un sistema no es 100% seguro, la combinación de una red privada con tecnología MPLS aumenta de forma desmesurada la seguridad debido a la autenticación de túneles IP y la encriptación de paquetes.

## **10. Bajo costo**

MPLS actualmente conforma casi el 100% de la tecnología actual en telecomunicaciones, muchas tecnologías se han adaptado a este nuevo sistema obligando a migrar a muchas empresas siendo realizado sin costo alguno, debido a la adaptabilidad a nuevas tecnologías, la evolución informática sigue su curso.

Actualmente, MPLS se encuentra adaptado en numerosos equipos de enrutamiento, esto ya no supone un costo debido a que anteriormente se requería comprar un router con las características para soportar una configuración en MPLS.

MPLS es un sistema multifunción y adaptable a los diversos escenarios que contempla el usuario, agregando comodidad a nuevos sistemas, unificando sistemas multimedia y mejorando el tráfico al priorizar la información, generando un ahorro significativo a sus usuarios, actualmente MPLS se adapta al usuario y no al contrario.

### **2.4. Modelo de referencia MPLS frente al enrutamiento convencional**

Desde la aparición de MPLS nos hemos visto beneficiados de sus grandes características y eficiencias en temas de enrutamiento en grandes líneas de internet y conmutación sobre la nube. Como varias veces se ha mencionado a lo largo de este proyecto, en el enrutamiento clásico donde una trama viaja sobre una red desde el origen hacia su destino, todos los equipos físicos a lo largo del trayecto visualizan el encabezado del paquete, realizándolo en la capa física del modelo OSI donde cada paquete tiene la capacidad de elegir el destino de su salto próximo

donde es asignado por el FEC dentro de la cabecera, donde mediante algoritmos de encaminamiento se ubica el camino más corto de recorrido para el destino final; a diferencia que el enrutamiento mediante MPLS donde no hay la necesidad de que se realicen las complejas búsquedas de direcciones, solamente examinado por cada LSR se ingresa la etiqueta correspondiente al paquete asignado por el FEC, siendo etiquetados y leídos mediante una tabla de control por el primer router Edge, dando las facilidades de no examinar el encabezado de toda la trama, sino de redirigir el paquete sólo leyendo la tabla de control el cual se encargará de indicar el siguiente enrutador como destino asignado una nueva etiqueta a dicho paquete, reemplazando el anterior que tenía inicialmente, esto se realiza según los saltos y routers por dónde arribará. Como resumen hay notables diferencias de funcionamiento y comparándolos se aprecia de manera sostenible la necesidad de abarcar más la tecnología MPLS como solución vanguardista a las nuevas tecnologías actuales, y como cualquier proceso de evolución es necesario adaptarse a las necesidades y soluciones actuales, debido a que siempre surgirán nuevas necesidades a las cuales se tendrá también que buscar soluciones.

Tabla 3

**MPLS frente protocolos de enrutamiento convencionales**

	<b>x.25</b>	<b>Frame Relay</b>	<b>ATM</b>	<b>MPLS</b>
<b>Auge</b>	1985 - 1996	1996 - 2000	2000 - 2006	2006 – actual
<b>Definición</b>	Conmutación de paquetes	Retransmisión de Tramas	Conmutación de celdas y circuitos a base de algoritmos	Conmutación de etiquetas
<b>Tamaño del paquete</b>	128 octetos (variable)	Paquetes de tamaño variable (4kbps – 8kbps)	Celdas de tamaño fijo 53 bytes	Etiquetas de tamaño fijo 32 bytes
<b>Ancho de banda</b>	De 1.2 a 64 kbps y hasta 2 Mbps	64 kbps a 2 Mbps	34 Mbps hasta 155.52 Mbps y hasta 622 Mbps,	Velocidades de Backbone F.O. desde 622 Mbps hasta 155.52 Gbps
<b>Control de errores</b>	En cada nodo se verifica el paquete por intermedio de un identificador secuencial	El control de errores pasan a ser responsabilidad de la terminal, se implementa detección de errores (CRC) dentro del paquete		Se realiza controles en los LNS identifican las etiquetas con CRC recuperan paquetes mediante ingeniería inversa

<b>Topología</b>	Punto a Punto (Tráfico Unidireccional o Bidireccional)	Punto a Punto (Tráfico Unidireccional o Bidireccional)	Punto a Punto, Multipunto. Conmutadores VP's y VC's	Punto a Punto, Multipunto, para VPN's Hubs and Spoke o Full Mesh.
<b>Seguridad</b>	Todos los recursos son compartidos (No hay seguridad). Implementación de protocolos de Cifrado.	Enrutamiento y separación de tráfico. Ocultación del núcleo de la estructura. Cifrado de datos convencional.	Enrutamiento y separación de tráfico. Ocultación del núcleo de la estructura. Cifrado de datos robusto	Resistentes al Spoofing, a los ataques de Denegación del Servicio (DoS). Se puede implementar MPLS con Ipsec.
<b>Servicios</b>	Establecimiento de conexiones, intercambio de datos, intercambio de datos acelerados.	El servicio que suelen ofrecer los operadores con esta tecnología es Permanent Virtual Circuits (PVC's)	CBR (Constant Bit Rate), VBR (Variable Bit Rate), UBR (Unspecified Bit Rate), ABR (Available Bit Rate)	Flexibilidad, Escalabilidad, Accesibilidad, Eficiencia, QoS y ToS, Monitoreo y SLA's.

*Fuente:* <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1311/0046T172.pdf>

#### 2.4.1. Nuevos protocolos de enrutamiento

Actualmente, MPLS mantiene una funcionalidad con diferentes protocolos los cuales mejoran notablemente su operatividad entre ellos RSVP (Resource Reservation Protocol) y LDP (Label Distribution Protocol). Como el primer protocolo se tiene a RSVP, el cual está definido para mantener las rutas controladas, dado como resultado que los programas, los cuales mantienen una aplicación en el internet, obtengan un nivel de calidad en la latencia y tiempo de respuesta, optimizando los flujos de información procesadas de formas independientes. En este protocolo RSVP, los paquetes son enviados entre equipos de enrutamiento los cuales son originalmente configurados para soportar dicha tecnología con comandos para iniciar el protocolo donde se genera la información del enrutamiento a realizarse incluyendo la tecnología MPLS. Mientras que LDP, otro de los pilares que componen MPLS, actualmente cuenta con equipos listos para el enrutamiento realizado por MPLS; es decir, ya tienen un estándar en sus líneas de comando que realizan entre sus homólogos, mediante esta configuración el fabricante ubica las rutas virtuales genéricas en función de conmutación de etiquetas, se podría decir, este protocolo funciona en distribución de información orientado a los circuitos virtuales que conforman una ruta entre los conmutadores, su fin es realizar una comunicación simultanea e ininterrumpida entre estos dispositivos con protocolos

TCP/IP en sus paquetes. Aparte de este protocolo, existen extensiones para mejorar su funcionabilidad como mecanismos de ubicación y control del tráfico en el interior del protocolo de conmutación de etiquetas. Entre estos se encuentran: CR-LDP y RSVP-TE que aunque comparten un mismo objetivo, mantienen características diferentes; entonces, mientras RSVPTE se ubica como una extinción del protocolo RSVP para el simultaneo uso de paquetes de conmutación, la extensión CR-LDP mejora en calidad y efectividad de los distintos medios de LDP para integrar nuevos QoS.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1. Antecedentes de la investigación**

Para dar inicio al proyecto de investigación, se ha tenido que averiguar sobre trabajos relacionados o parecidos sobre “El diseño e implementación de un enlace de microondas sobre la red dorsal MPLS-VPN para un servicio corporativo en la unidad minera San Rafael Minsur”, es así que se ha encontrado a nivel regional, nacional e internacional lo siguiente:

##### **3.1.1. A nivel regional**

**Tesis:** “DISEÑO DE UNA RED PARA UN SERVICIO PORTADOR EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”

Tesis para optar el Título de Ingeniero de Telecomunicaciones, presentado por los bachilleres: Andrés Valdivieso Arispe y José Carlos Bustamante Miranda, Universidad Católica del Perú, año 2012. El resumen de la tesis dice:

“El presente proyecto de tesis consiste en desarrollar un análisis de los diferentes aspectos que se presentan en el diseño de una red de un operador local, la cual posee una red de transporte compuesta por troncales de microondas, y una red de acceso se emplea la tecnología WIMAX fija. El lugar donde se desplegará dicha red es en la provincia de Arequipa, debido a que presenta características interesantes de desarrollo económico, asimismo es la segunda ciudad más poblada del Perú”.

### **3.1.2. A nivel nacional**

#### **Tesis: “MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE TRÁFICO EN REDES MPLS”**

Tesis para optar el título de Ingeniero de Telecomunicaciones, presentado por Javier Igor Doménico Luna Victoria García, Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, año 2015. Resumen:

“La presente tesis se inicia con el estudio de los parámetros más resaltantes de MPLS (multi protocol label switching) tecnología que nos permite afrontar los múltiples requerimientos que las nuevas aplicaciones necesitan, en especial, las aplicaciones en línea denominadas en tiempo real bajo los esquemas que la ITU-T recomienda. Durante el desarrollo de esta tesis se definen escenarios de redes IP; a los cuales serán sometidos a diversos tráficos; se evaluarán los comportamientos resultantes de la interacción con estos tráficos y se comprobará la mejor alternativa tecnológica para proporcionar CoS, ingeniería de tráfico, transmisión óptima de información, uso de recursos de red, entre otras características que son de interés”.

### **3.1.3. A nivel internacional**

#### **Tesis: “ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA MIGRACIÓN DE UNA RED IP/ATM A MPLS”**

Presentado por Carlos Augusto de León González, Universidad de San Carlos de Guatemala para optar el título de Ing. Electrónico, año 2008. En resumen nos dice:

“MPLS fue presentado originalmente como una solución para mejorar la velocidad en los enrutadores, pero ahora está emergiendo como una tecnología de estándares crucial, la cual ofrece nuevas capacidades para redes IP a gran escala. Ejemplos de aplicaciones de MPLS son: Ingeniería de tráfico (la habilidad de los operadores de la red para dictaminar el camino que seguirá el tráfico a través de la red), y soporte para redes privadas virtuales VPN”.

### 3.2. Requerimientos del proyecto

1. La Instalación de equipos en la torre (22 de junio de 2016):
  - Una antena de MW RFS de 0.3HP singles Pol +ODU NEC IPASOLINK (lado cliente Minsur San Rafael y estación base Claro).
  - Se colocó un soporte galvanizado para la instalación de la antena (lado cliente Minsur San Rafael y estación base Claro).
2. Descripción del cableado realizado (23 de junio de 2016)
  - Se realizó un cableado desde la IDU hasta la ODU (ubicada en el DataCenter de la unidad minera San Rafael y gabinete de transmisión en estación base Claro) de aproximadamente 100 metros empleando cable IF Rg 63B/U.
  - Para el aterramiento de la ODU, se utilizó cable de tierra.
3. Descripción del energizado de los equipos (24 de junio de 2016)
  - Se instaló una IDU en el DataCenter existente y gabinete de transmisión.
  - Se empleó un par de cables eléctricos # 14 de aproximadamente 2.5 metros y se utilizó un breaker disponible para energizar la IDU.
4. Conexión a los equipos de acceso al SITE(25 de junio de 2016)
  - Se conectó el puerto PORT 1 de la IDU NEC al puerto FA4 del router cisco C881 –K9 mediante un Patch Cord UTP Cat. 5e.
  - Se conectó el puerto PORT 1 de la IDU NEC al puerto GO/O/O del equipo rGestión SITE-AP44755 Minsur mediante un Patch Cord UTP Cat. 5e.
5. Mantenimiento de los pozos a tierra (26, 27 y 28 de junio de 2016)
  - Se realizó cambio del cable de cobre, barrillas y enmallado de los pozos, así como también de los aditivos en la unidad minera San Rafael.

#### 3.2.1. Hitos del proyecto

- Instalación de equipos en la torre tanto cliente como estación.
- Descripción del cableado realizado en la torre y en los gabinetes.
- La energización de los equipos en el gabinete.
- Conexión a los equipos de accesos del SITE y cliente
- Configuración y pruebas de calidad.
- Validación y acta de conformidad.

Tabla 4

**Fechas de los trabajos**

<b>Actividad</b>	<b>Fecha</b>
• Llegada al campamento San Rafael	19 de junio de 2016
• Inducción SSO.	20 y 21 de junio de 2016
• Instalación y configuración de equipos.	22, 23, 24 y 25 de junio de 2016
• Corte de servicios existentes por la migración a los nuevos equipos.	24 y 25 de junio de 2016
• Mantenimiento de pozos a tierra y medidores.	26, 27 y 28 de junio de 2016

*Fuente: Elaboración propia*

**3.2.2. Recursos adquiridos**

- a. Equipo de radioenlace maestro – esclavo (High – Low) IDU Y ODU IPASOLINK NEC 100E.
- b. Equipo de transmisión a la red MPLS (red troncal) Huawei OptiX RTN serie 900.
- c. Equipo de gestión y conectividad a la red MPLS (red troncal) router Cisco serie 1921.
- d. Equipo de gestión y conectividad a la red de Minsur router Cisco serie 881
- e. Plataforma de mapeo topográfico para la ubicación y perfil del proyecto Google Earth.
- f. Plataforma de simulación gráfica para la planificación de enlaces RF Link Planner.

**3.3. Reuniones del proyecto**

Durante el diseño e implementación se ha trabajado en directa coordinación con el personal de amplia experiencia para el desarrollo de este proyecto.

**3.3.1. Configuración del proyecto**

La organización, planeamiento, ejecución y control de todas las actividades necesarias para el desarrollo del proyecto han estado a cargo de un ingeniero y

dos bachilleres en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, con una experiencia de más de 3 años realizando este tipo de trabajos. Por lo cual, el proyecto ejecutado en la unidad minera San Rafael Minsur no ha requerido de una configuración.

### **3.4. Gestión del proyecto**

#### **3.4.1. Registro de capacitaciones del proyecto actualizado**

Para realizar el proyecto en la unidad minera San Rafael Minsur, se ha tenido que seleccionar personal con experiencia y que reúna los requisitos establecidos para poder trabajar en altura a más de 5 200 m.s.n.m. donde la temperatura llega hasta 5 grados bajo cero en la época que se ha efectuado el proyecto.

#### **3.4.2. Riesgos actualizados**

- El clima cambia repentinamente.
- La altura sobre el nivel del mar.
- La zona inaccesible por los cerros.
- La seguridad de trabajar a 40 metros altura en una antena aérea.
- Cambios bruscos de temperatura.
- Falta de facilidades para la instalación debido al lugar donde se encuentra la antena.
- Condiciones ambientales adversas.
- Torre original mal diseñada.
- Puntos de anclaje no muy seguros.
- Torre se tambalea demasiado al subir a la altura.
- Arnés con línea de vida doble.

#### **3.4.3. Límites**

Desde el inicio y el desarrollo del proyecto, se ha brindado todas las facilidades y garantía para elaborar el proyecto; aunque, a veces, por el factor climatológico y la movilidad ha impedido efectuar el trabajo con eficiencia.

### **3.5. Desarrollo del proyecto**

#### **3.5.1. Recolección de la información**

Para poder realizar la implementación requerida, se realizó una visita previa tanto al cliente como a la estación de Claro en la cual se logró ver el requerimiento que ambos necesitan y prever todos los inconvenientes para la instalación tanto en recursos como en equipos. En dicha visita, se coordinó tanto la ubicación de la antena como el servicio requerido, así como los antecedentes el cual ya contaba, y con estos datos ofrecer un servicio idóneo, como primer punto se realizó la visita al cliente.

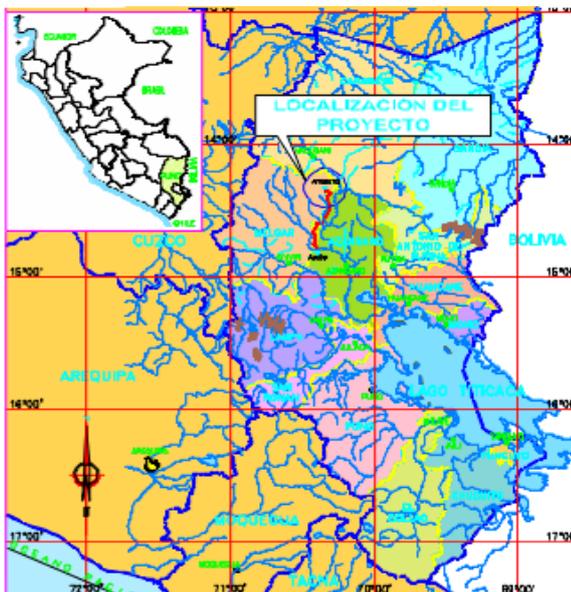
#### **3.5.2. Unidad Minera San Rafael Minsur**

La unidad de producción minera San Rafael se encuentra ubicada en:

Paraje : Quenamari  
Distrito : Antauta  
Provincia : Melgar  
Departamento : Puno  
Región : José Carlos Mariátegui.

La altitud de la mina varía entre los 4 500 a 5 200 m.s.n.m.; siendo las coordenadas geográficas 70° 19' longitud oeste y 14° 14' latitud sur, y las coordenadas UTM 357,730 E y 8'426,570 N. Esto lo podemos visualizar en el siguiente mapa:

**Figura 9. Mapa de la localización del proyecto**



**Fuente:** [http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaam/inicio/resumen/RE\\_1625724.PDF](http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaam/inicio/resumen/RE_1625724.PDF)

Para trasladarse hacia la Unidad Minera de Acumulación Quenamari - San Rafael es por vía terrestre o por vía aérea. En el primer caso, por carretera desde Lima – Arequipa (1 000 km.), Arequipa – Juliaca (280 km) y, a partir de la ciudad de Puno - Juliaca, por entre la ruta Pucará – Asilo – San Rafael, Azángaro – San Rafael y Juliaca – Ayaviri – Santa Rosa – Nuñoa – San Rafael distantes en aproximadamente 180 Km. Todas las rutas desembocan hacia el pueblo más cercano a la unidad minera el cual es Antauta, desde ahí hacia la garita de seguridad de Minsur conocido como Cumani es aproximadamente 15 minutos en camioneta.

Como toda unidad minera subterránea cuenta con diversas instalaciones, entre los cuales se encuentran las oficinas administrativas ubicada a 30 minutos de la garita de seguridad, es en este punto donde se efectuó el estudio.

**Figura 10. Oficinas administrativas de la unidad minera San Rafael Minsur**

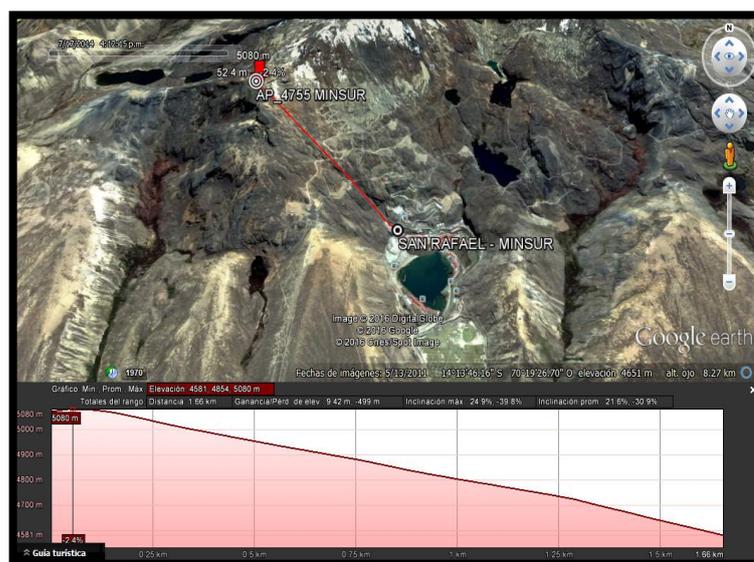


*Fuente: Elaboración propia*

### 3.5.2.1. Perfil topográfico del enlace San Rafael Minsur

Para realizar el estudio, lo primero que se realizó por medio de Google-Earth es perfil del radioenlace hacia la estación de Claro.

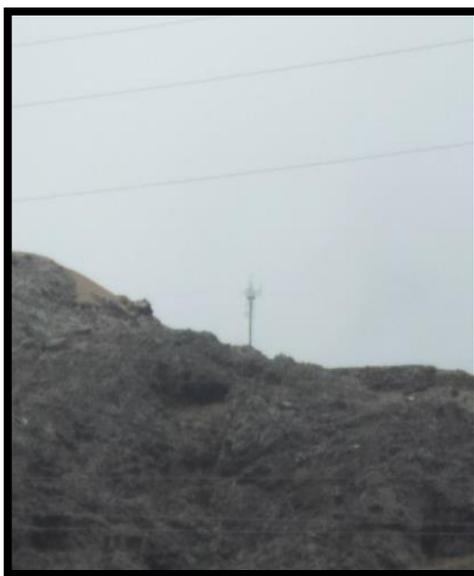
**Figura 11. Imagen del perfil del enlace en Google Earth**



*Fuente: Google Earth 2016*

Como se puede apreciar, existe línea de vista desde el cliente hacia la estación de Claro la cual se encuentra en el punto más alto del cerro Quenamari. El perfil del radioenlace se puede apreciar por medio de la siguiente foto:

**Figura 12. Vista de la torre de Claro desde la torre de Minsur**



**Fuente:** *Elaboración propia (Cerro Quenamari)*

La imagen muestra parte de la torre de Claro, cual es suficiente para ver la viabilidad del estudio. Esto nos garantiza una vista del 100 % de las antenas, muy aparte de esto se requiere también la visualización del perfil topográfico que se realizó por medio del LinkPlanner que se muestra a continuación:

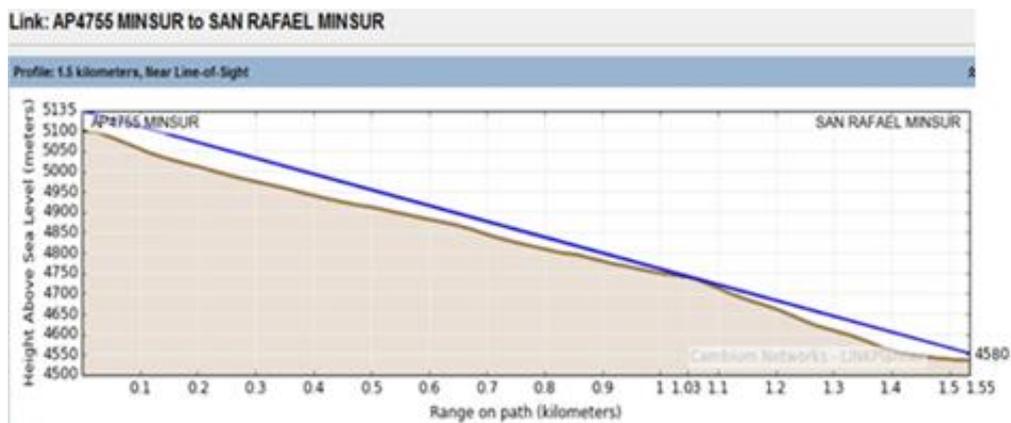
**Figura 13. Factibilidad de parámetros en Link Planner**

Equipment							
Region and Equipment Selection							
Band	Product	Regulation	Link Type				
23 GHz	PTP23800 with ODU-B	FCC	1+0				
PTP23800 with ODU-B Configuration							
T/R Spacing	Bandwidth	Modulation Mode	Maximum Mod Mode	Minimum Mod Mode	Polarization	ATPC	Hi
1200 MHz	20 MHz	Adaptive	256QAM 0.77 (114.4Mbps)	QPSK 0.84 (27.16Mbps)	Vertical	Disabled	AP4755 MINSUR

**Fuente:** *Link Planner 2016*

La siguiente imagen muestra el obstáculo a lo largo del trayecto del enlace así, como también la distancia desde la antena de transmisión hacia el obstáculo.

**Figura 14. Factibilidad del enlace**



**Fuente:** Link Planner 2016

**Figura 15. Factibilidad de frecuencias y alturas del enlace**

**Fuente:** Link Planner 2016

Tanto el perfil como la simulación muestra un LOS válido, tanto desde el cliente como de la estación. Mediante esta imagen se certifica la posible instalación de las antenas.

### 3.5.2.2. Infraestructura de la torre de comunicaciones, recorrido del cableado y Data Center

Otro punto principal de estudio, es elegir un espacio útil para la ubicación de la antena y ODU en la torre de telecomunicaciones, así también el recorrido del cableado tendrá que pasar por ductos o estar protegido para exteriores hacia el ingreso del Data Center. Deberá medir al menos 8 URs para la instalación de los equipos IDU, router y energizados, para ello se observa una torre la cual es utilizada por el cliente ubicada en el jardín adyacente a las oficinas.

**Figura 16. Torre de la unidad minera San Rafael Minsur**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

De la imagen, se obtiene lo siguiente:

Tabla 5

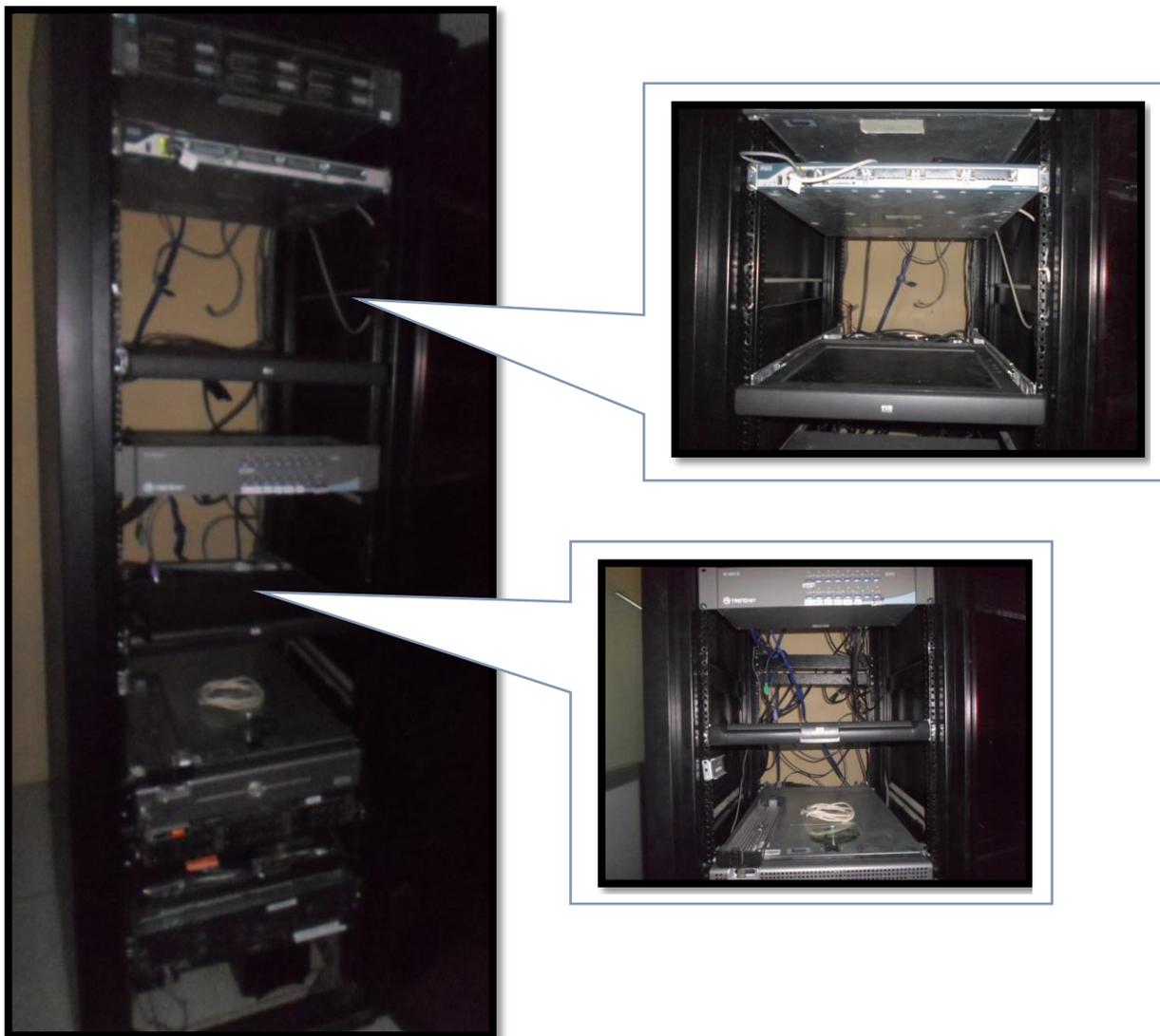
**Descripción de parámetros de la torre de la unidad minera**

1. Altura de la torre o mástil:	18 m
2. Altura de la antena desde la base de la torre o mástil:	15 m
3. Altura de la antena desde el piso:	15 m
4. Tipo de torre o mástil:	torre
5. Diseño de torre o mástil:	cuadrada
6. Perfil de la torre o mástil:	ventada
7. Coordenadas:	
Latitud:	14°13'54.67"S
Longitud:	70°19'20.67"O
8. Altitud:	4550 m.s.n.m.

*Fuente: Elaboración propia*

Como se puede apreciar, la torre cuenta con luz de balizaje y se adapta a las normas que Claro requiere para la instalación; además, cuenta con el suficiente espacio viable para la instalación de una antena NEC, y para el recorrido del cableado se observa que es subterráneo y por ductería hacia el Data Center, el cual cuenta con baldosa de piso por donde ingresa el cableado, que hace una distancia de 150 m. desde la antena hacia el cuarto de comunicaciones, no se necesita protección para exteriores debido que hay ductería, solo faltaría la ubicación de los equipos en el gabinete el cual hay que verificar para obtener el espacio suficiente de los equipos propuestos.

**Figura 17. Imagen del gabinete del Data Center de Minsur**



*Fuente: Elaboración propia*

### **3.5.3. Estación de Claro AP\_4755 Minsur**

La estación base de Claro se encuentra ubicado en el cerro Quenamari del distrito de Antauta, parcela 1 del predio Pichu Alto en las inmediaciones del terreno que pertenece a la unidad minera San Rafael Minsur. La altitud de la estación base es de 5 066 m.s.n.m. y las coordenadas para la misma son 14°13'21.91" latitud sur 70°20'1.32" longitud oeste y las coordenadas UTM son 356.053.89 E y 8,427.199 N.

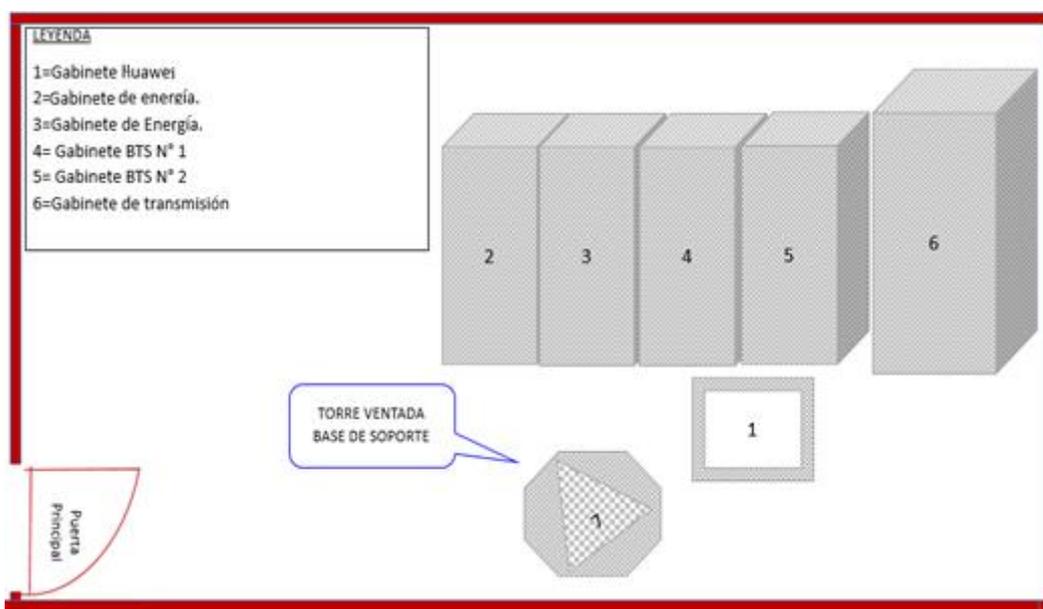
El ingreso hacia la estación está controlada por Minsur; es necesario realizar el viaje en camioneta que es el mismo recorrido hacia la mina; para realizar el

ascenso hacia la estación SITE, se demora aproximadamente 55 minutos desde las oficinas administrativas de la unidad minera San Rafael Minsur.

### 3.5.3.1. Infraestructura de la estación base y acceso a gabinete

La estación base de Claro cuenta con una torre de 50 metros y 5 gabinetes para equipos: 2 gabinetes de energía, 2 gabinetes BTS, un gabinete Huawei y un gabinete de transmisión; se encuentran distribuidos en un cuarto de cuatro muros perimetrales de aproximadamente 5 m<sup>2</sup>.

**Figura 18. Diagrama de distribución de la estación de Claro**



**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se muestra en la figura, se representa la distribución dentro de la estación base; la figura real sería la siguiente:

**Figura 19. Interior de la estación de Claro 2016**

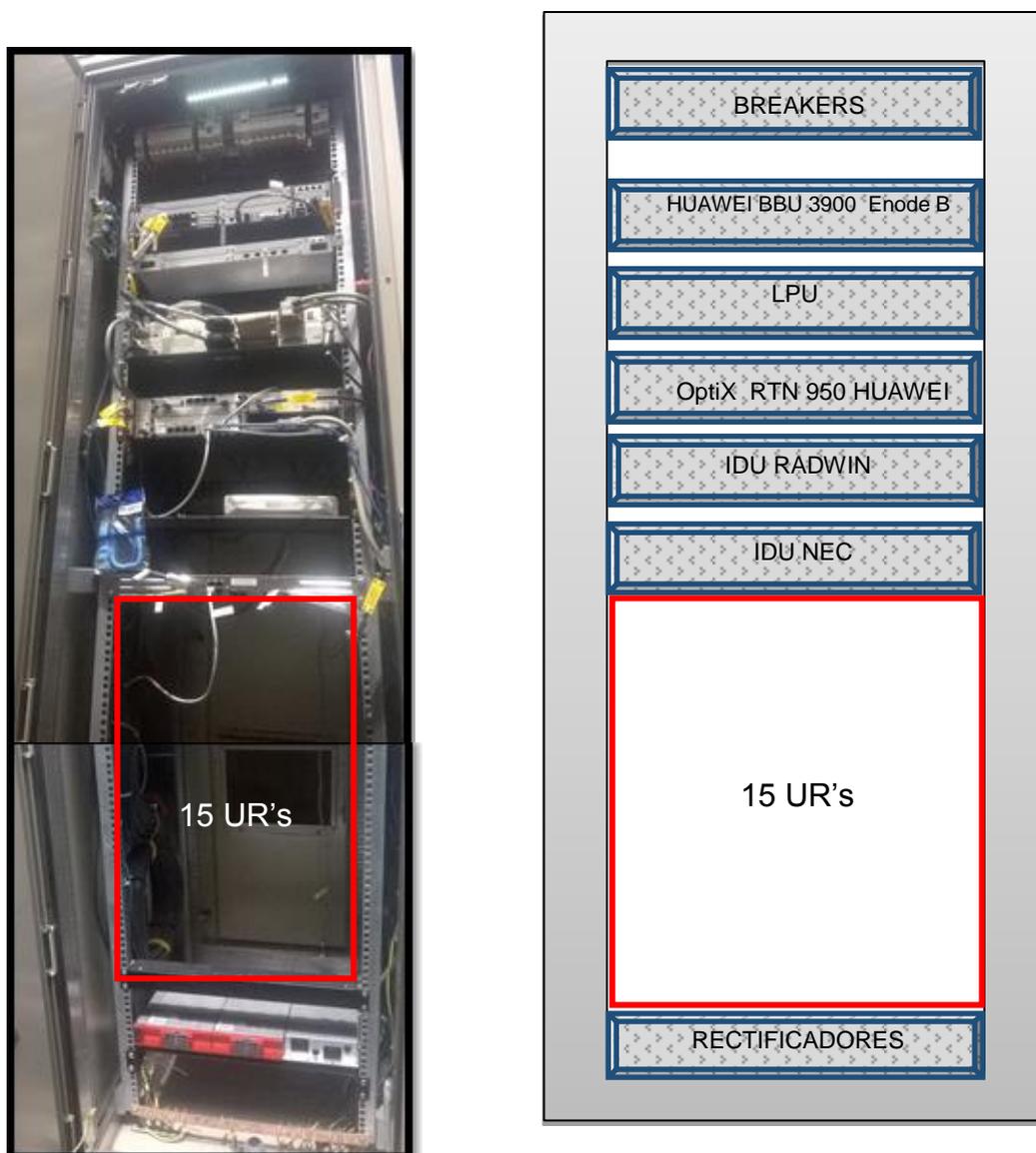


*Fuente: Elaboración propia*

Entre todos estos gabinetes, lo que dependería del proyecto es el gabinete de transmisión (gabinete 6); debido a que se seleccionaron los recursos de acuerdo a los equipos que se encuentran en este, es por ello que se genera un inventariado de equipos para de esta forma reconocer el equipo de transmisión.

A continuación, se muestra el gabinete de transmisión y la distribución de los equipos en su totalidad; así también las unidades de rack disponibles para la instalación de nuevos equipos.

**Figura 20. Distribución de equipos del gabinete de transmisión de la estación de Claro**



**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en este gabinete, se encuentran los principales equipos de comunicación tanto para telefonía móvil como de radio frecuencia de la red dorsal de Claro; también se ubica el espacio necesario para la instalación de nuevos equipos requeridos, así como también la disponibilidad de la instalación de llaves termomagnéticas para el energizado.

**Figura 21. Distribución de breakers del gabinete de transmisión de Claro**



*Fuente: Elaboración propia*

### 3.5.3.2. Equipos de acceso al medio

Para los espacios de instalación, se requiere un equipo de acceso al medio el cual se gestiona a través de la red dorsal del servicio solicitado por el cliente. El equipo encargado de dicha tarea se encuentra ubicado en la mitad del gabinete.

**Figura 22. Equipo de transmisión Huawei Optix RTN 950 en el gabinete de Claro**



*Fuente: Elaboración propia*

#### a. Huawei Optix RTN serie 900

Equipo de estación base para transmisión de radioenlaces de alta capacidad para redes TDM, tanto basadas en IPs o ambas. El equipo de transmisión OptiX RTN 950 trabaja en frecuencias de telefonía móvil para las redes 2G, servicios

multimedia para redes 3G e internet de alta velocidad de ancho de banda para redes 4G en la tecnología LTE.

**Figura 23. Equipo de transmisión Huawei Optix RTN 950**



**Fuente:** <http://e.huawei.com/es/products/fixed-network/transport/ip-microwave/rtn-900>

Principalmente diseñado para adaptarse al cambio de tecnología y generación en radiofrecuencia en especial orientado a 4G LTE; ampliamente utilizables para empresas, estados, televisión, minería, radiodifusión y electricidad.

El sistema de radioenlace RTN garantiza aplicaciones para múltiples IPs mejorando el tráfico de línea de acuerdo a la calidad del servicio. Este sistema incluye prestaciones de modulación adaptativa sobre su transmisión, funcionable completamente con tecnologías MPLS, sobre creación de cabeceras de etiquetas a nivel Ethernet mejorando la transmisión bit por segundo sobre el tema económico de costos y presupuestos de las empresas.

La gama de productos de la serie RTN 910, RTN 950 y RTN 980. El RTN 910, para multiniveles de trasmisión dual, es utilizable en la capa 2 y capa 3 del modelo OSI. El sistema 950 del producto RTN utiliza una radiofrecuencia en convergencia de 2U para el usuario. Mientras el equipo RTN 980 mantiene una convergencia de 5 U para el usuario, el nivel máximo a convergir de esta plataforma es de 3 U de radiofrecuencia sobre las características del usuario. En toda la gama de productos

RTN y en todas las series de radiofrecuencia, se brinda el mismo servicio así como en las mismas unidades ODU, IDUs y antenas.

▪ **Características**

- Soporta un elevado ancho de banda para tramas de Ethernet con un ancho de banda de 2 Gbit/s de polarización cruzada.
- Soporta altas temperatura y climas agrestes, así como cumple las normativas IP65, tiene resistencia al polvo y agua, con una protección de sobre corriente de 8 kA garantizando su correcto funcionamiento en todo.
- Súper accesible y de fácil mantenimiento, con partes reemplazables, individuales a su funcionamiento, garantiza la administración del equipo a todo momento con un sistema de alerta de gran flexibilidad.

**b. Cisco router serie 1900**

La serie cisco 1900 tiene la finalidad de otorgar a sus clientes las más grandes prestaciones del mercado sobre grandes redes Ethernet en cualquier tipo de topología. A nivel WAN otorga gran rendimiento en envíos simultáneos sobre la nube a una velocidad de 25 Mbps a través de su alta conectividad.

A cada estructura se realiza un análisis de identidad para facilitar la evolución de las nuevas, fortaleciendo nuevas series e incorporando nuevos servicios maximizando las ganancias de la empresa solicitante del equipo. Actualmente la serie cisco de servicios integrados se encuentran en una variación de tecnología GR-2, es decir, funcionan con un microprocesador multinúcleo, una entrada gigabit para mayor potencia PoE, sistemas de control de energía como administrador de la plataforma. También soporte vía online fortaleciendo el sistema operativo ante cualquier disponibilidad de cambio que requiera el cliente tanto de software como de hardware, esto garantiza el uso apropiado y viabilidad para que el cliente confíe en el producto. Como punto final, la serie 1900 de Cisco se encuentra en el mercado a un costo accesible, siendo líderes en equipos de tecnología de redes WAN y LAN, y mediante un producto innovador que garantiza el futuro de la red en la empresa.

**Figura 24. Equipo de gestión y transmisión de datos Cisco 1921**



**Fuente:** <http://www.spetel.com/portfolio/cisco-serie-1900/>

▪ **Características**

- La plataforma garantiza mediante el microprocesador multinúcleo la capacidad de priorizar servicios multimedia y controlar el flujo de datos, así como información crítica sobre internet, apoyado de memorias de almacenamiento en caso de pérdida de datos en el transcurso de la conmutación.
- La plataforma cisco tiene conectividad a través de radiofrecuencia sobre transceptores de señal los que soportan tecnologías en T1/ E1, 3G, 4G/LTE, xDSL, WLAN 802.11 a/b/g, en fibra óptica o par de cobre.
- Administración remota e integrada sobre redes VPN en IPsec acelerando el cifrado y soporte para redes inalámbricas, incluye propio firewall y prevención de simultáneo de agentes externos, seguridad interpretativa para la nube y sistema contra intrusos.

### 3.5.3.3. Infraestructura de la torre

La torre a instalarse se encuentra en la estación base de Claro y se muestra a continuación:

**Figura 25. Estación base de Claro**



*Fuente: Elaboración propia*

Como se observa en la estación base de Claro, el perfil de la torre de comunicaciones se adecua a una torre de comunicaciones tipo arriestrada, este tipo de antena fue instalada debido a que se ofrece como una solución de despliegue fácil y rápido, rentable y adaptable. Como característica principal de este tipo de torre es de forma triangular con una adaptación en uno de sus lados el cual permite subir la torre como si se tratase de una escalerilla, tiene un diseño modular que permite modificaciones de última hora con módulos que cambian fácilmente de acuerdo a su especificación, entre sus estándares de diseño esta en particular, se rige bajo el estándar internacional 222-F de la TIA/EIA, el cual norma la instalación de una luz de balizaje como precaución ante la altura de la torre de 50 m, así mismo para el mantenimiento y cuidado, la soldadura y galvanizado en caliente está protegido en su totalidad mediante el proceso llamado hot-dip resistente a la oxidación y sulfatamiento de la estructura para darle una amplia y larga vida útil ante las condiciones adversas que se presentan debido a la altura de 5066

m.s.n.m, es por ello que se requiere que la estructura este aterrada por lo que debe de existir una barra a tierra.

Tabla 6

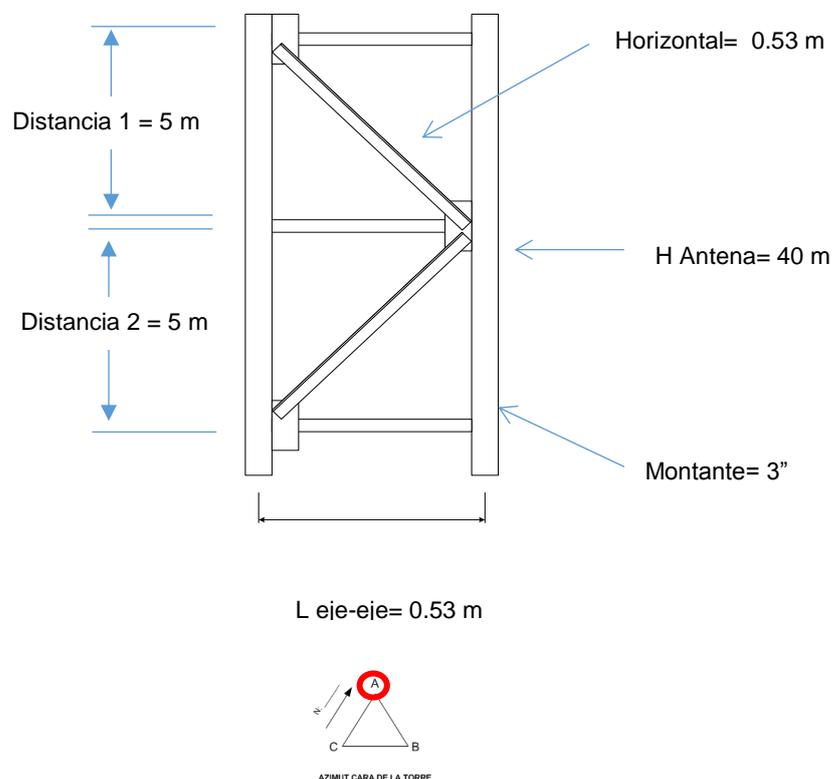
**Parámetros de la torre de la estación base de Claro**

1. Altura de la torre o mástil.	50 m
2. Altura de la antena desde la base de la torre o mástil.	35 m 35 m
3. Altura de la antena desde el piso.	Ventada
4. Tipo de torre o mástil.	Triangular
5. Diseño de torre o mástil.	Tubular
6. Perfil de la torre o mástil.	
7. Medidas de estructura de la torre.	0 "
Inclinación tomada de la vertical de 0 a 30.0 m.	3 "
Espesor de ángulo o tubo de 0 a 10.0 m.	
8. Escalerillas.	Sí
Escalerillas para cables.	Sí
Espacio disponible para cables.	Sí
Escalerilla de acceso a la torre.	

**Fuente:** *Elaboración propia*

La infraestructura de la torre cuenta con 6 soportes ventados comúnmente llamados arriostres de cable acerado el cual respeta la norma existente porque se encuentra instalado sobre una viga de cemento mediante tensores que no sobrepasa el 10% de la resistencia.

**Figura 26. Diagrama de distancias y tamaños de la torre de Claro**



**Fuente:** Elaboración propia

### 3.5.3.4. Equipo de radio frecuencia

La distancia propuesta para la instalación de la antena de RF es de aproximadamente 35 m. a esta altura se muestra la torre del cliente sin ningún obstáculo.

**Figura 27. Línea de vista de la torre de la unidad minera Minsur desde la torre de la estación base de Claro**



**Fuente:** Elaboración propia

Debido a certificación de Claro, la instalación de la antena sería la iPASOLINK NEC 100E la cual brinda el soporte permanente; cuenta con la certificación internacional y soporte mundial, además se adecua a los climas extremos de altura que requiere el cliente con un sistema robusto.

#### **a. IPASOLINK NEC 100E**

Equipo emisor y receptor de microondas de grandes distancias y transceptor de radio de alto disponibilidad, confiable y versátil para redes de alta velocidad para aplicaciones de sistemas de telefonía móvil tanto en 4G como WIMAX. Cumple con todas las especificaciones actuales del mercado y supera las exigencias de conmutación avanzada. El equipo iPASOLINK 100E funciona tanto para servicios de clientes públicos, como para empresas que requieren alta velocidad como por ejemplo televisión digital o internet de banda ancha. Consume un espacio significativo dándole facilidad de instalar en cualquier medio de peso ligero y fácil maniobrabilidad. Empresa líder en la industria y pensando en las necesidades del cliente, es la mejor solución para instalaciones de este tipo.

**Figura 28. Equipo de radioenlace IDU y ODU iPASOLINK NEC 100E**



**Fuente:** [http://es.nec.com/es\\_ES/global/prod/nw/pasolink/products/ipaso.html](http://es.nec.com/es_ES/global/prod/nw/pasolink/products/ipaso.html)

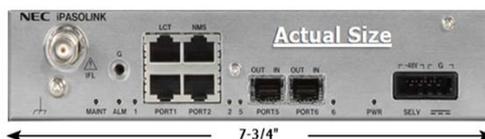
Garantiza el tráfico libre sobre el enlace digital y se adapta sobre cualquier tecnología móvil. Son utilizados tanto en redes IP tipo metropolitano y asegura una arquitectura adecuada para la nube. Plataforma flexible ante cualquier interface soporta Cisco y Juniper, así como también interactúa con tecnologías 4g y WIMAX para altas capacidades de transmisión.

El producto NEC se valora por el significativo costo y garantiza el más alto beneficio de modulación adaptativa en QPSK en donde asegura el total del ancho de banda. Asegura el envío de datos y gestiona los errores de interface mediante administración local.

▪ **Características**

- Tecnología dual para las generaciones móviles 2G/3G/LTE/WiMAX de forma simultánea.
- Envío de paquetes para conmutaciones de nivel 2 con VLAN/QoS. (IP Nativo).
- TDM (E1 y STM-1) con conmutador de cross-conexión (TDM Nativo).
- Modulación Adaptativa Hitless. (AMR).
- Emulación Pseudo Wire extremo a extremo (PWE3).
- Ethernet Síncrono (Sync Ethernet), TDM, etc.

**Figura 29. Tarjeta de red IDU IPASOLINK NEC 100E**



**Fuente:** [http://es.nec.com/es\\_ES/global/prod/nw/pasolink/products/ipaso.html](http://es.nec.com/es_ES/global/prod/nw/pasolink/products/ipaso.html)

- a. **Instalación sencilla.** Tanto la ODU como la IDO son de fácil instalación, sobre una montante de entre 18.7" o 23.5" para ODU de montaje sobre plataforma, o IDU en instalación de gabinete. Equipo versátil soporta temperatura desde -50° hasta +50°, con funcionalidad de manera horizontal o vertical, dependiendo de la instalación. Equipo sofisticado creado de manera sostenible.
- b. **Bajo uso de energía.** Mantiene un consumo bajo de potencia entre los 25 kWatts. Con un bajo costo y bajo consumo de energía prioriza la máxima rentabilidad para el usuario generando las más mínimas pérdidas de inversión.
- c. **La compatibilidad generalizada.** Equipo multicompatible con las diversas series NEC IPASOLINK, con un equipo adaptable a las circunstancias.

Esta serie iPASOLINK prioriza la interface digital de comunicación en el radioenlace en topologías tipo LAN Ethernet Token Ring y redes WAN TDM, con funcionalidad en redes punto a punto de extremo a extremo.

### **3.6. Plan de asignación de frecuencias, cálculos en el enlace y parámetros para la ejecución de proyecto (Hop Corporativo)**

Para la ejecución de este proyecto es necesario llegar a parámetros establecidos por Claro, el cual indica obtener los valores deseados para lograr un sistema eficiente y adecuado a las necesidades del cliente debido a que cuenta con las especificaciones de los equipos que Claro ha proporcionado, se obtiene los parámetros faltantes como por ejemplo las pérdidas en el trayecto, las frecuencias

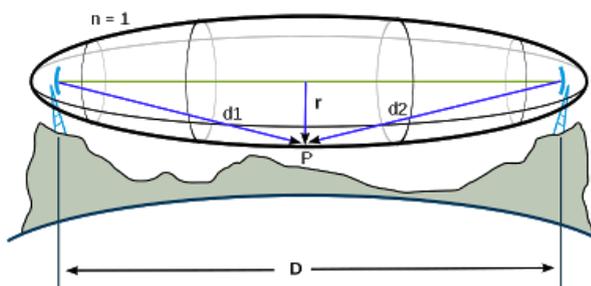
del receptor y transmisor así como también la sensibilidad adecuada según la potencia de la antena para poder llegar a obtener los mejores resultados.

### 3.6.1. Cálculos del enlace

#### a. Para el cálculo de la zona de Fresnel

Las zonas de Fresnel son unos elipsoides concéntricos que se ubican sobre la transmisión del enlace y están definidos por las posiciones de las antenas. Tienen la propiedad de una onda que partiendo de la antena transmisora, se reflejará sobre la superficie del elipsoide y después incidirá sobre la antena receptora, habría recorrido una distancia superior a la recorrida por el rayo directo en múltiplos de media longitud de onda. Es decir, la onda reflejada se recibiría con un retardo respecto al rayo directo equivalente a un desfase múltiplo de  $180^\circ$ . Precisamente este valor del múltiplo determina el  $n$ -ésimo elipsoide de Fresnel.

**Figura 30. Gráfica de los parámetros de la zona de Fresnel**



**Fuente:** <http://mundotelecomunicaciones1.blogspot.pe/2014/10/zona-de-fresnel.html>

Para el caso de radiocomunicaciones, depende del factor  $K$  (curvatura de la tierra) considerando que para un  $K=4/3$  la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con  $K=2/3$  se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel.

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de RF, que de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora.

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel según los valores obtenidos en el software Link Planner en la figura 15 en la cual se muestra las distancias al obstáculo y sus respectivas alturas:

$$r = \sqrt{\frac{d_1 \times d_2}{D \times f}}$$

$$r = \sqrt{\frac{(0.52 \times 1.03)}{(1.55 \times 22)}}$$

$$r = \sqrt{\frac{(0.52 \times 1.03)}{(1.55 \times 22)}}$$

$$r = 0.125 \text{ km}$$

$$r = 125 \text{ m}$$

Donde:

$r$  = radio en metros de la primera zona de Fresnel (m).

$d_1$  = Distancia del emisor al obstáculo en km

$d_2$  = Distancia del receptor al obstáculo en km

$D$  = Distancia total del enlace en km

$f$  = frecuencia de enlace en GHz

Entonces, para obtener el cálculo de la primera zona de Fresnel al 60% de despeje con la constante  $k = 2/3$  recurrimos a la siguiente fórmula:

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{D} (h_2 - h_1) + \left( H + \frac{d_1 \times d_2 \times 1000}{2ka} \right)$$

$h_{des}$  = altura de despeje (m)

$H$  = altura de obstáculo

$d_1$  = Distancia del emisor al obstáculo en km

$d_2$  = Distancia del receptor al obstáculo en km

$D$  = Distancia total del enlace en km

$h_1$  = altura del transmisor

$h_2$  = altura del receptor

$k$  = coeficiente de radio efectivo de la tierra

$a$  = radio promedio de la tierra = 6370

$$h_{des} = 4580 + \frac{1.03}{1.55} (5135 - 4580) + \left( 4725 + \frac{1.03 \times 0.52 \times 1000}{2 \frac{2}{3} 6370} \right)$$

$$h_{des} = 4580 + 365.5 + (4725 + 62.7)$$

$$h_{des} = 4945.5 + 4787.7$$

$$h_{des} = 4945.5 + 4787.7$$

$$h_{des} = 157.8 \text{ m}$$

$$h_{des} > r$$

$$157.8 > 125$$

Se puede verificar que la altura de despeje es mayor al radio, por lo tanto, podemos decir que la primera zona de Fresnel queda totalmente despejada.

Matemáticamente con la altura con la que se ubiquen las antenas, la primera zona de Fresnel queda despejada aproximadamente 32.8 m sobre el obstáculo, permitiendo que el enlace sea factible.

**b. Para el cálculo de pérdidas en el trayecto**

$$P_p = 92.44 + 20 \log d + 20 \log f$$

Donde:

$P_p$  = Pérdida de propagación

$d$  = distancia del enlace en km

$f$  = frecuencia de enlace en GHz

$$P_p = 92.44 + 20 \log d(1.57 \text{ km}) + 20 \log f(22.647 \text{ GHz})$$

$$P_p = 123.45 \text{ dB}$$

**c. Para el cálculo de pérdidas del total del vano**

$P_T$  = Sumatoria de todas las pérdidas

$$P_T = P_c + P_r + P_p + P_a$$

Donde:

$P_c$  = pérdida en los cables

$P_r$  = pérdida en el conector

$P_p$  = pérdidas en el trayecto

$P_a$  = pérdidas por refracción

$$P_T = 13.5 + 8 + 123.45 \text{ db} + 4$$

$$P_T = 149.95 \text{ dB}$$

Los valores de las pérdidas para el cálculo son obtenidos en el anexo 13.

**d. Para pérdidas en el espacio libre**

Debido a que se requiere las pérdidas en el espacio libre, no requiere las pérdidas del cable y los conectores el cual es 0; en cambio, tiene el factor de refracción para zonas altas de 3, entonces se aplica la fórmula de la siguiente forma:

$$P_T = 0 + 0 + 123.45 \text{ db} + 3$$

$$P_T = 126.45 \text{ dB}$$

**e. Para el cálculo de ganancias de las antenas**

Se tiene la siguiente fórmula mediante el cual obtiene los valores de las ganancias de la antena receptora y emisora:

$$G = 10 \text{ Log}\left(\frac{4\pi A}{\lambda^2}\right)$$

Y para ello es necesario obtener el área de apertura y la longitud de onda de las señales mediante las siguientes fórmulas:

$$A = \pi R^2$$

Donde:

$A$  = área de apertura

$R$  = radio de la antena *en m*

Entonces, de acuerdo con las dimensiones de la antena propuesta ubicado en el anexo 12, se reemplaza los valores:

$$A = \pi(0.14)^2$$

$$A = \pi(0.14)^2$$

Ahora se procede a ingresar este valor dentro de la ecuación de ganancia, previamente obteniendo la longitud de onda:

$$\lambda = \frac{V}{F}$$

Donde:

$V = \text{velocidad del sonido}$

$F = \text{frecuencia}$

$$\lambda = \frac{343.2 \text{ m/s}}{22\,457 \text{ Hz}}$$

$$\lambda = 0.015 \text{ m}$$

Ahora se procede a remplazar la fórmula de ganancia:

$$G = 10 \text{ Log}\left(\frac{4 \pi \pi(0.14)^2}{0.015^2}\right)$$

$$G = 10 \text{ Log}(3439.009)$$

$$G = 35.364$$

De acuerdo a esto se obtiene los valores de la ganancia para ambas antenas:

$$G_{se} = 35.3 \text{ dB} \quad G_{ar} = 35.3 \text{ dB}$$

Donde:

$G_{se} = \text{Ganancia de la antena del equipo transmisor.}$

$G_{ar} = \text{Ganancia de la antena del equipo receptor.}$

$$G_t = 70.6 \text{ dB}$$

**f. Para el cálculo de la potencia recibida (ecuación de friss)**

$$P_e = P_s - P_{ce} - P_{ae} + G_{ae} - P_p + G_{ar} - P_{cr} - P_{ar} - P_a$$

Donde:

Pe = sensibilidad del receptor

Ps = potencia de salida.

Gae = ganancia de la antena del equipo transmisor.

Pce = pérdida en los cables del equipo transmisor

Pae = pérdida en los conectores del equipo transmisor.

Pp = pérdida de propagación.

Gar = ganancia de la antena del equipo receptor.

Pce = pérdida en los cables del equipo receptor

Par = pérdida en los conectores del equipo receptor.

Pa = pérdidas adicionales debido a las condiciones ambientales.

Resumiendo la ecuación:

$$P_e = P_s + G_t - P_t$$

Donde:

Ps = potencia de salida de los equipos de transmisión (Es la potencia en dB con la que sale la señal de equipo transmisor)

Pe = potencia del receptor

Gt = ganancia total

Pt = pérdidas totales

$$P_e = (8 \text{ dBm}) + (70.6 \text{ dB}) - (126.45)$$

Todas las unidades representadas tienen que estar en una misma unidad adimensional, se requiere convertir de 8 dBm a dBw debido a que esta es la única unidad diferente al resto por medio de la siguiente conversión:

$$P_{dBw} = P_{dBm} - 30$$

$$P_{dBw} = 8 \text{ dBm} - 30$$

$$P_{dBw} = -22 \text{ dBw}$$

Una vez realizada la conversión se procede con la ecuación principal:

$$P_e = (-22 \text{ dB}) + (70.6 \text{ dB}) - (126.45 \text{ dB})$$

$$P_e = -77.85 \text{ dB}$$

De igual forma, para poder configurar las antenas a los parámetros deseados nos pide en unidades dBm el cual supone transformar el resultado anterior.

$$P_{dBm} = P_{dBw} + 30$$

$$P_{dBm} = -77.85 + 30$$

$$P_{dBm} = 47.85 \text{ dBm}$$

**g. Para el cálculo del margen de desvanecimiento**

$$F_m = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

Donde:

Fm= margen de desvanecimiento.

D = distancia del tramo.

A= constante de rugosidad del terreno.

}	4	= sobre agua o un terreno muy parejo.
	1	= sobre terreno normal.
	0.25	= sobre un terreno montañoso o disparejo.

“Para nuestro caso debido a las condiciones actuales del terreno la constante seria de  $A=1.87$ ”.<sup>7</sup>

B= Factor para convertir una probabilidad del peor mes a una probabilidad anual.

}	1	= para convertir una disponibilidad anual a una base para el peor mes.
	0.5	= para áreas calientes y húmedas.
	0.25	= para áreas normales tierra adentro.
	0.125	= para áreas montañosas y muy secas.

“Para el presente caso, según las condiciones se utiliza el valor más extremo, entonces para este enlace la constante seria  $B = 1$ ”.<sup>8</sup>

F = frecuencia del enlace.

$(1 - R)$  = objetivo de confiabilidad para una trayectoria de 400 km en un solo sentido de dirección.

---

<sup>7</sup> Tomasi, 2003, pág. 368

<sup>8</sup> Tomasi, 2003, pág. 368

“R = 99.99999949 % siendo este valor la disponibilidad propuesta por Claro como una expresión nula al valor de confiabilidad.”<sup>9</sup>

$$F_m = 30 \log(1.55) + 10 \log(6(1.87)(1)(22.547)) - 10 \log(1 - 0.9999999949) - 70$$

$$F_m = 5.7 + 24.03 - (-82.92) - 70$$

$$F_m = 5.7 + 24.03 + 82.92 - 70$$

$$F_m = 42.65 \text{ dB}$$

#### **h. Para el cálculo de atenuación del enlace**

$$A_e = P_T - G_t$$

Donde:

Ae= atenuación del enlace

Pt = pérdidas totales

Gt = ganancia total

$$A_e = 126.45 - 70.6$$

$$A_e = 55.85 \text{ dB}$$

#### **i. Presupuesto del enlace**

Las prestaciones de cualquier enlace de comunicaciones dependen de la calidad del equipo usado. Presupuesto o balance de potencia es una manera de cuantificar las características del enlace.

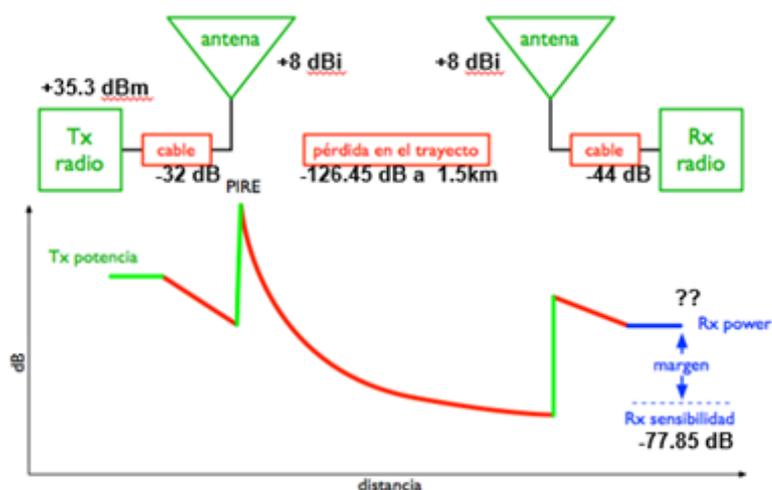
---

<sup>9</sup> Tomasi, 2003, pág. 368

La potencia recibida está determinada por tres factores: La potencia de transmisión, la ganancia de la antena transmisora y la ganancia de la antena receptora. Si esa potencia, menos las pérdidas de trayectoria es mayor que el nivel mínimo de señal recibida del receptor se tendrá un enlace viable.

La diferencia entre el nivel de la señal recibida y el nivel mínimo de señal recibida (también llamado sensibilidad del receptor) es el margen del enlace. El margen del enlace debe ser positivo y se debe tratar de maximizarlo (al menos 10 dB para un enlace viable).

**Figura 31. Presupuesto de potencia**



**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo a los anexos 12 y 13 (características eléctricas de los cables y conectores) y a los cálculos obtenidos, se realizó el presupuesto para obtener el margen del enlace:

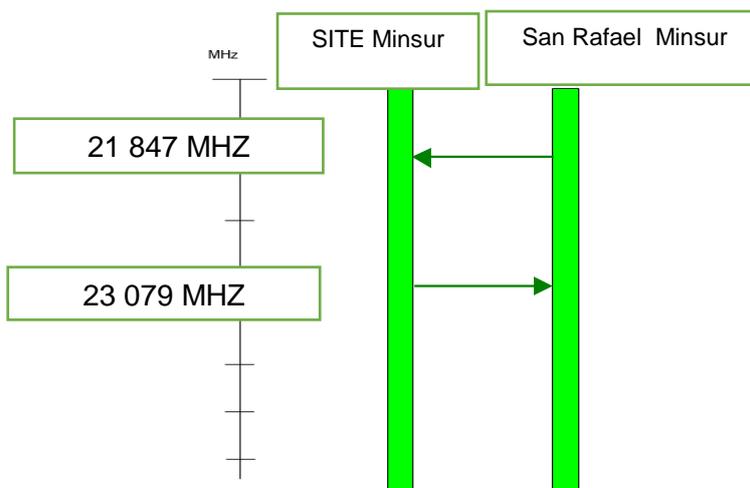
8	dB	(TX potencia de las antenas)
+ 35.3	dB	(Ganancia de antena en la estación base)
- 5.2	dB	(Pérdida en el cable en la estación base (40 m))
+ 35.3	dB	(Ganancia de la antena Minsur)
- 7.15	dB	(Pérdida en el cable en Minsur (55 m))
-----		
66.25	dB	Ganancia Total
-123.45	dB	(Pérdida en el espacio libre a 1.5 km)
-----		
-57.2	dB	(Nivel de señal recibida esperado)
-- 77.85	dB	(Sensibilidad de recepción)
-----		
+ 20.65	dB	(Margen del enlace)

Como se puede apreciar, el margen del sistema es de 20.65 lo que indica un enlace viable según el presupuesto de potencia.

### 3.6.2. Asignación de frecuencias

Al ser un sistema ideal se plantea según los cálculos obtenidos de la forma más ordinaria posible, se requiere la mejor sensibilidad de recepción de parte del cliente, y para ello el proveedor asegura un rango de operación que especifica para este modelo de antenas WHLP1-23 direccionales, con un espectro de frecuencias de trabajo que oscilan dentro del rango de 21.200 – 23.600 GHz, banda licenciada para instalaciones de servicios corporativos de última milla indicado en el plan de atribución de frecuencias y en el Datashet del equipo con el canal de 51, de esta forma se alternan las frecuencias según la función del enlace (maestro y esclavo) para evitar el solapamiento de la señal en el mismo enlace de la siguiente forma:

**Figura 32. Asignación de frecuencias**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Las frecuencias son asignados de acuerdo al canal que se desee trabajar y según rendimiento, mediante estos valores obtenidos se puede llegar a las especificaciones adecuadas para la ejecución del proyecto mediante la Hoja de Datos:

## 3.6.3. Hop Corporativo de Claro

Tabla 7

## Hoja de datos de los parámetros de Claro

SITE		AP 4755 Minsur			Mina San Rafael			NOTAS
		A (A)			B (B)			
1	Latitud	S14"	13"	23.4"	S14"	13"	54.7"	
2	Longitud	W70"	20"	2.6"	W70"	19"	20.7#	
3	Elevación	5066 m.s.n.m.			4525 m.s.n.m.			
4	Azimuth	126°			305°			
5	Antena tipo	WHLP1-23			WHLP1-23			<b>0.3 X0.3</b>
6	Frecuency tx	23.079000 GHZ			21.847000 GHZ			<b>CH 51</b>
7	Link tipe	NEC iPASOLINK 200 23 GHZ 16E1+4 Eth, 20 MBps						
8	Polarización	VERTICAL						
9	Tamaño de la antena	+ 40 m			+ 15 m			
<b>Cálculo de propagación y disponibilidad</b>								
10	Equipamiento	RF FRECUENCIA CENTRAL			GHZ	22.547		
11		POTENCIA DE TRANSMISIÓN			dBm	8		
12	Enlace	LINK DISTANCE			km	1.55 km		
13		FEEDER LENGTH AT A			m	0		
14		FEEDER LENGTH AT B			m	0		
15		FEEDER UNIT LOSS			dB/m	0		
16	Ganancia	ANTENNA GAIN AT A			dB	35.3		
17		ANTENNA GAIN AT B			dB	35.3		
18		TOTAL GAIN			dB	70.6		
19	Pérdidas	FREE SPACE			dB	123.45		
20		BY FLAT SURFACE			dB	0		
21		BY OBSTACLES			dB	0		
22		IN FEEDERS ( A, B )			dB	0		
23		BRANCHING TX/RX			dB	3		
24		TOTAL			dB	126.45		
25	Niveles, interrupciones de tiempo y disponibilidad	LINK ATTENUATION			dB	<b>55.85</b>		
26		RX LEVEL WITHOUT FADING			dBm	<b>-47.85</b>		
27		THRESHOLD LEVEL ( BER = 1E-6 )			dBm	<b>-89.50</b>		
28		FADING MARGIN ( BER = 1 E-6)			dB	<b>42.65</b>		
29		FADING DEPTH (BER = 1 E-6)			dB	<b>14.69</b>		
30		AVAILABILITY (BER = 1 E-6)			%	<b>99.99999949</b>		
31		ANNUAL REAL INTERRUPTION TIME			%	<b>0</b>		
UIT - R OBJETIVOS ALTO GRADO								<b>cumple</b>

Fuente: Elaboración propia

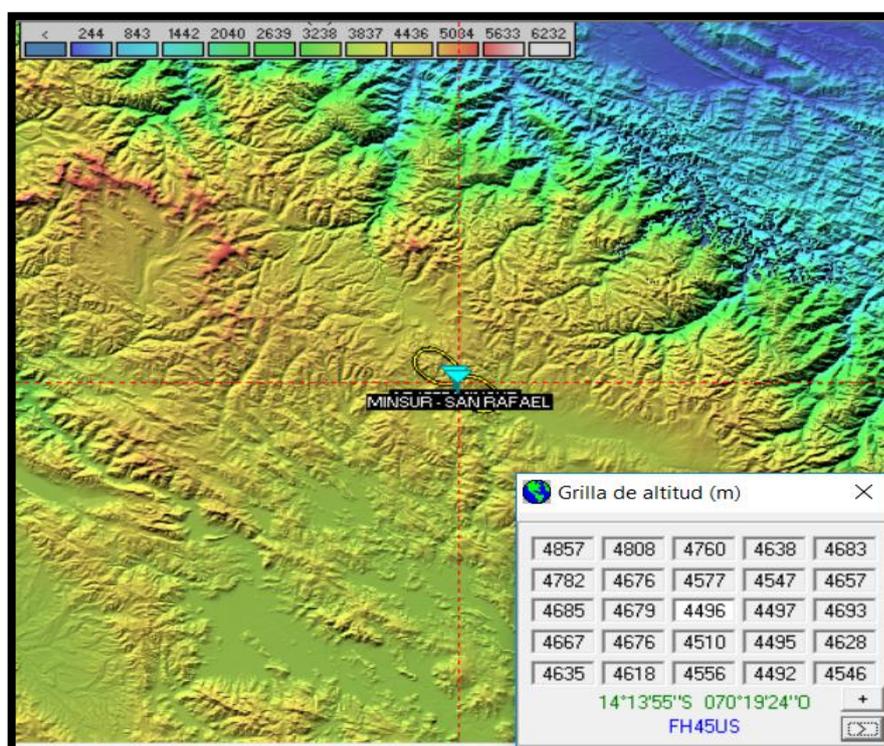
### 3.7. Plan de implementación, simulación y desarrollo del proyecto

Para el ingreso e inicios de trabajos en las instalaciones de la unidad minera San Rafael Minsur se solicita un cronograma de trabajo, una hoja de ruta en detalle de los días y actividades a los que se relaciona con las actividades del proyecto, donde dicha descripción de todo el trabajo realizado con respecto al tiempo transcurrido se encuentra en el anexo 14.

#### 3.7.1. Simulación del perfil

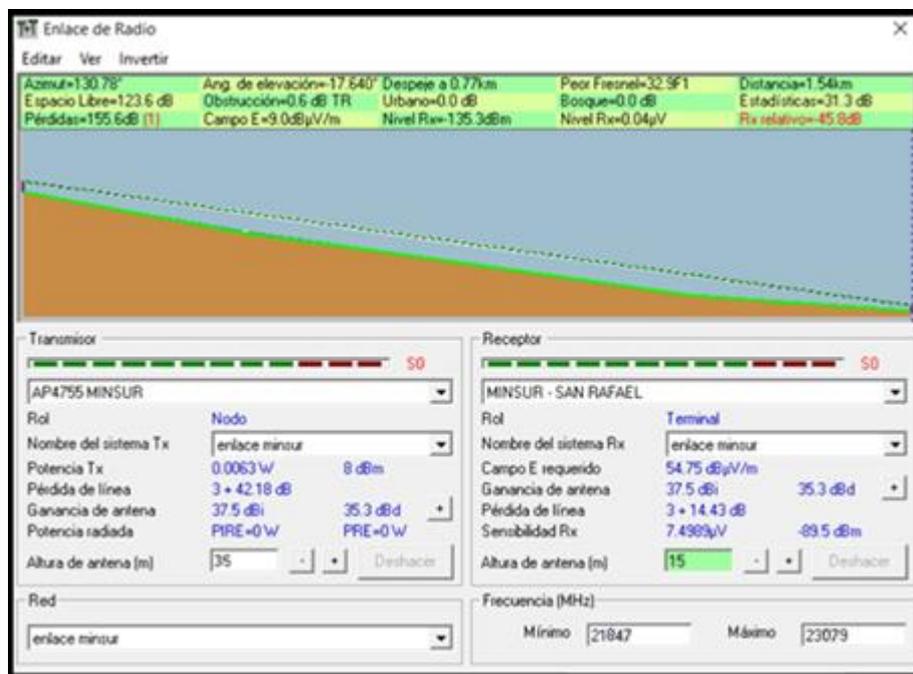
Después de realizar el cálculo correspondiente para establecer un enlace según los parámetros propuestos por Claro y de esta forma asegurar la factibilidad del mismo, es necesario encontrar una aproximación a un enlace real a través de la simulación del software llamado radio móvil, por este medio se muestra tanto la deficiencia como eficiencia. Se puede manipular los diferentes parámetros que intervienen en una red de manera más sencilla que en un cálculo.

**Figura 33. Vista topográfica del enlace en radio móvil**



*Fuente: Elaboración propia*

Figura 34. Simulación del enlace en radio móvil



Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la simulación por radio móvil a una altura de 32 m en la estación base y 15 m en la torre de Minsur, a una potencia de 8 dB, se muestra un enlace en verde donde un 60 % indica que la peor zona de fresnel queda despejado 32.9 m; es decir, la primera zona de fresnel tiene 32.9 m de línea de vista a lo largo del elipse lo que demuestra un radioenlace eficiente.

Finalizada las simulaciones y en conjunto con los cálculos se puede concluir que el enlace que integra la red total con los parámetro según Claro propone en el Hop Corporativo que son viables para iniciar con la implementación de la red.

### 3.8. Instalación de la red Minsur

La red consta de un enlace punto a punto entre 2 nodos para lo cual se llega a un procedimiento para las instalaciones y se identificó los riesgos y equipos previos a la instalación a realizarse:

- **Equipos de protección personal:** Para la realización de trabajos en altura es necesario lo siguiente:
  - Casco

- Botas dieléctricas
  - Guantes
  - Lentes de protección
  - Mameluco con cinta reflectora
- **Arnés con línea de vida doble:** Elemento de seguridad que permite trabajar en las alturas; debe asegurarse a la escalerilla de la torre, garantizando así la seguridad del operario en todo momento, desde el ascenso hasta el descenso. La razón de evitar su uso es que a veces la estructura o la escalerilla no brindan el soporte necesario para el anclaje de la línea de vida. Hay que tener en cuenta que el sistema de línea de vida que se utiliza para la instalación en las torres es de tipo vertical.
- **Estructura de la torre:** Varía de acuerdo a la ubicación y condiciones del terreno así como también del clima, entre estas pueden estar:
1. **Torres autosoportadas:** Las cuales son de mayor costo, pero debido a la cimentación adecuada para poder resistir las fuerzas a las que están sometidas y las diversas condiciones climatológicas. La geometría de estas torres depende de la altura, la ubicación y del fabricante de la torre, Por lo general, se usan para sitios en terreno natural o para sitios con difícil acceso en donde resulta complicado el uso de grúa. Su geometría en elevación es de forma piramidal y en planta triangular.
  2. **Torres arriostradas:** Estas torres cuentan generalmente de tirantes o arriostres a diferentes distancias. El peso que genera la torre sobre la estructura existente no es muy grande, por lo que no le adiciona mucho peso a la edificación; sin embargo, se deben de colocar el apoyo de las torres y sus arriostres sobre columnas y elementos resistentes, porque la descarga de la torre no podría colocarse sobre una losa o algún otro elemento inadecuado, porque este podría fallar. La base de la torre transmitirá un esfuerzo de compresión en donde está apoyada, y los arriostres generalmente transmitirán esfuerzos de tensión.
  3. **Torres monopolo:** Su estructura consiste en tubos de sección circular o poligonal y su elevación puede ser de sección constante o cónica. Se utilizan para sitios en terreno natural y cuando el espacio disponible para la torre no es muy grande, ya que la cimentación de estas estructuras es más pequeña que la requerida para torres autosoportadas. Este tipo de

estructura puede ser camuflada de manera que no cause un gran impacto visual; el camuflaje puede ser tipo árbol, palmera, pino, reloj monumental, poste de alumbrado, asta de bandera, monopolo tipo cruz, campanario, entre otros que autorice el Departamento de Normas y Proyectos Estructurales. Se incluye el uso de monopolo arriostrado si así lo requiere el proyecto.

Tabla 8

**Tipos de Torre**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>TORRE ARRIOSTRADA</b>	<b>TORRE AUTOSOPORTADA</b>	<b>TORRE MONOPOLO</b>
<b>Diseño de base</b>	Cuadrada, triangular	Triangular, cuadrada	circular
<b>Modo de ascenso</b>	Escalerilla exterior	Escalerilla interior	Escalerilla exterior
<b>Ligera</b>	Hasta 36 m	Hasta 50 m	Hasta 25 m
<b>Mediana</b>	desde 60 m hasta 120 m	Hasta 96 m	Hasta 60 m
<b>Pesada</b>	Desde 100 m hasta 220 m	Hasta 120 m	No incluye
<b>Carga Viva</b>	Hasta 300 kg ( hasta 4 personas)	Hasta 700 kg ( 8 personas)	Hasta 220 kg ( 3 personas)
<b>Carga Muerta ( antenas, soportes, etc)</b>	Hasta 1500 kg (+- 120 kg)	Hasta 3000 kg (+- 500 kg)	Hasta 1800 kg (+- 200 m)
<b>Soportes para antena</b>	Externo, generalmente Cada 18 m	Interno, generalmente cada 15 m	Externo, generalmente Cada 15 m
<b>Arriostres</b>	Incluye cada 8 m	No incluye	No usualmente
<b>Tramo T-45 para pararrayos</b>	Incluye	Incluye	no incluye
<b>Galvanizado de toda la estructura</b>	Incluye	Incluye	Incluye

*Fuente: [http://www.ift.org.mx/SITEs/default/files/376\\_normativa\\_tecnica\\_capitulo\\_1.pdf](http://www.ift.org.mx/SITEs/default/files/376_normativa_tecnica_capitulo_1.pdf)*

**3.8.1. Peligros que se deben considerar**

- **Condiciones de la Estructura:** Una torre mal diseñada puede poner en riesgo la vida de los operarios por lo que se debe revisar independientemente del tipo de torre si esta posee lo siguiente:

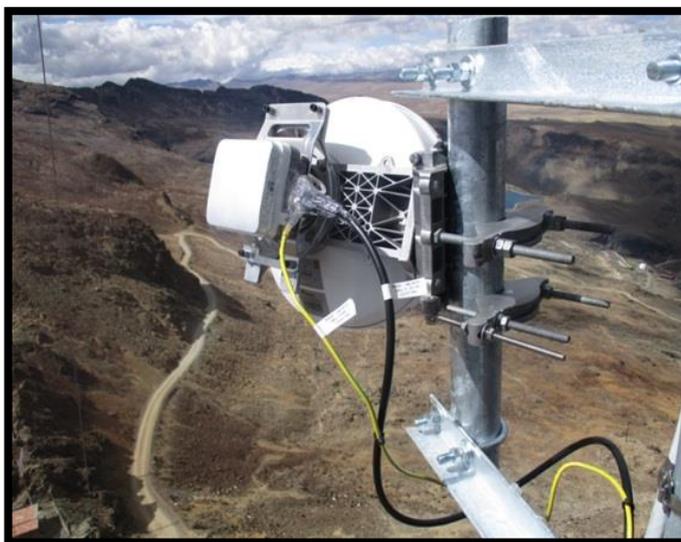
- Los puntos de anclaje sean seguros de modo que permitan la correcta sujeción de la línea de vida de los operarios.
- Que la escalera esté debidamente sujeta. Confirmar.
- Los vientos estén debidamente tensados.
- La torre no se esté tambaleados exageradamente al momento del ascenso.
- **Condiciones ambientales adversas:** Las condiciones climáticas pueden cambiar repentinamente, de modo que es una condición no controlable por los operarios, generando dificultad cuando estos se encuentran instalando un equipo; la unidad minera también cuenta con un sistema de alerta el cual permite mantenerse seguros ante un evento climático no previsto.

### 3.8.2. Instalación del nodo AP4755 Minsur torre de Claro

Montaje de los equipos externos, los cuales requieren protección contra sobretensiones causadas por factores climatológicos, que se realiza en la torre de Claro se describe a continuación:

- Radio NEC iPASOLINK ODU HI
- Antena 0.3 HP 23GHz
- Cable IF – 55 m
- Cable de tierra ODU – 25 m

**Figura 35. Foto antena instalada en el lado SITE AP4755 Minsur**



**Fuente:** *Elaboración propia*

La antena y ODU instalada en SITE AP4755 Minsur sobre un soporte y fabricado exactamente para este tipo de antenas. A una altura de 40 m desde la base de la torre totalmente operativa, energizada y aterrada en caso de riesgos eléctricos, también se encuentra debidamente etiquetado para posibles referencias en futuros mantenimientos.

**Figura 36. Foto de antena y torre en el lado SITE AP4755 Minsur**



**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 36 se observa el recorrido final del cableado a lo largo de la torre que sigue las medidas obligatorias que se rigen en este tipo de instalaciones de Claro el cual requiere ubicarse en una escalerilla especial en el que se ubican los demás cables.

**Figura 37. Foto de los gabinetes y base de la torre en el lado SITE AP4755 Minsur**



**Fuente:** Elaboración propia

La imagen de interconexión entre la torre y el gabinete de transmisión ubicado al extremo izquierdo de los gabinetes, tal como se muestra en la figura 37, se ubica el cableado que se encuentra protegido para cualquier adversidad presentada por el clima o el sol y de esta forma aumenta la vida útil de la instalación.

### 3.8.2.1. Diagrama de longitud total del cable

Se muestra un análisis del total utilizado en el recorrido del cableado real a lo largo de toda la instalación de la antena en SITE Claro:

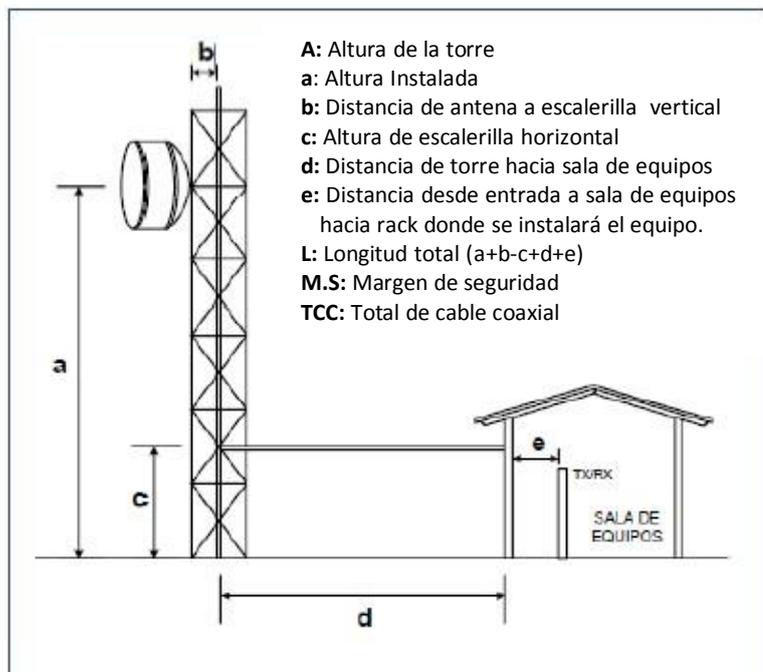
Tabla 9

#### Distancias a lo largo del tramo total SITE AP4755 Minsur

DISTANCIA DE LA LONGITUD DEL CABLE										
REFERENCIA	DIRECCIÓN	ALTURA DE TORRE (A: m.)	a (m.)	b (m.)	c (m.)	d (m.)	e (m.)	LONGITUD (L: m.) a+b-	M.S. (m.)	TOTAL COAXIAL
SITE SAN RAFAEL - MINSUR	PUNO FALDAS NEVADO QUENAMARI -	50	30	0.5	2	5	0.5	38	0	40

*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 38. Diagrama de las medidas a lo largo del tramo**



*Fuente: Elaboración propia*

Según la tabla 9 se visualiza una sumatoria de distancias a lo largo del tramo completo de la instalación efectuada en el SITE AP4755, de tal forma que en la figura 37 se estimaría de manera total y real los valores obtenidos del Hop Corporativo variando de manera insignificante los resultados de los cálculos obtenidos anteriormente los cuales se reflejarán en la configuración y testeo del resultado al final del informe.

### **3.8.2.2. Rankeado de equipos en gabinete de transmisión SITE AP4755 Minsur torre de Claro**

La instalación y energizado de los equipos ubicados dentro del gabinete de comunicaciones que se describe a continuación:

- Router cisco 1921
- Router cisco C881 - Kg
- Radio NEC IPASOLINK 100E – IDU



En la figura 40 se observan varios equipos de los cuales la ubicación del proyecto en general, también puede observarse en la parte media baja de la misma figura, equipos que se encuentran separados por un ordenador de redes interconectados entre sí.

**Figura 40. Gabinete de transmisión en la antena de Claro**



*Fuente: Elaboración propia*

En la imagen se puede observar la arquitectura física real que se aplica a los equipos instalados en el gabinete de TX.

**Figura 41. IDU IPASOLINK NEC 100E**



*Fuente: Elaboración propia*

Equipo de enlace IDU IPASOLINK NEC 100E se encuentra raqueado en la parte inferior del gabinete, se interconecta con la antena y con el cable coaxial Cat. RGC8 y con el router Cisco 1921 mediante el cable UTP CAT 5e; además a ello, es energizado en una regleta de energía el cual posee el SITE en la parte superior.

**Figura 42. Router Cisco 1921/K9 vista posterior**



*Fuente: Elaboración propia*

El equipo de gestión router Cisco 1921/K9, se sostiene a una bandeja metálica de dimensiones 19 x 1UR x 14; en la imagen posterior, se muestra los leds de conectividad de los puertos, se interconecta la parte anterior del equipo.

**Figura 43. Router Cisco 1921/K9**



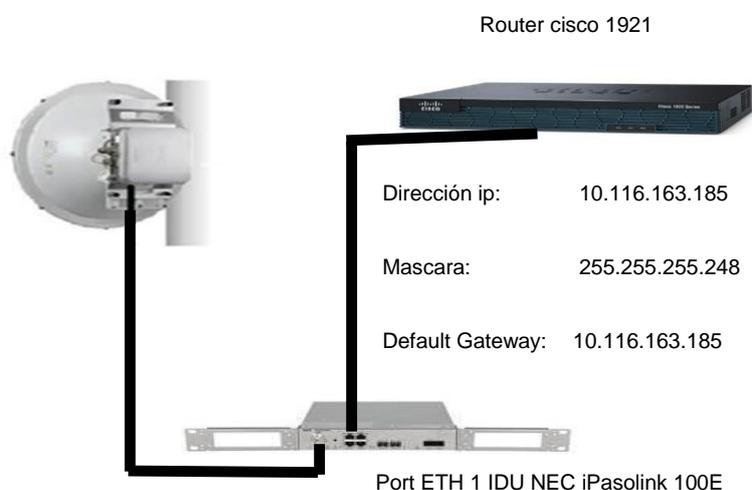
*Fuente: Elaboración propia*

En la imagen se visualiza la interconexión del router con la IDU NEC en el puerto gigabitethernet 0/0/0 y la conectividad hacia el equipo Huawei Optix RTN 950 en el puerto gigabitethernet 0/0 ambos mediante un cable Utp Cat. 5e, de igual forma que en la IDU NEC se observa, que también se encuentra energizado hacia la regleta de energía.

### 3.8.2.4. Infraestructura de la Red SITE AP4755 San Rafael Minsur

Los equipos se energizaron e instalaron según las condiciones propuestas, el trabajo se realizó sin inconvenientes; como última medida se realizó la configuración final, se tomó en cuenta diversos parámetros como son IP's y Vlans para la conectividad se previó de un estudio, la interconectividad que se realizó entre sí.

**Figura 44. Diagrama de interconexión**



**Fuente:** *Elaboración propia*

Las IPs y las Vlans se propusieron según los valores libres dentro de la red troncal por la que se provee el servicio para lo cual se brindó el soporte de la central de operaciones de Claro, el cual verifica la interconectividad desde SITE hacia la nube que proporciona según la red y los parámetros vistos anteriormente, aunque existe un rango amplio de IPs que se pueden usar. Según la ingeniera de red, las IP's se propusieron porque según CNO (Centro de Operación de Red de Claro) en toda la red troncal no se observa conflicto de estas IPs de igual forma con las Vlans, la cual se utiliza las Vlans por default. Es por ello que estos valores son propuestos por Claro.

### 3.8.3. Instalación del nodo San Rafael Minsur

Montaje de los equipos externos que se realiza en la torre de San Rafael Minsur, a continuación los equipos instalados en la torre:

- Radio NEC IPASOLINK módulo
- Antena 0.3 HP 23GHz
- Cable IF – 55 m
- Cable de tierra ODU – 40 m

**Figura 45. Foto de la antena y torre en el lado SITE cliente San Rafael Minsur**



**Fuente:** *Elaboración propia*

Se aprecia el recorrido final del cableado a lo largo de la torre el cual sigue las medidas obligatorias a la que se rige la unidad minera; dicha instalación también fue ejecutada por Claro, pero no pertenece a este proyecto, la instalación de la torre fue realizada por otra contrata. El cable IF pasa por ductería hacia el Datacenter de la unidad y se puede apreciar una distancia de 40 m aproximadamente, la torre también cuenta con pozo a tierra, luz de balizaje, y pararrayos.

**Figura 46. Foto de la antena instalada en el lado cliente San Rafael Minsur**



**Fuente:** *Elaboración propia*

La imagen muestra la antena y ODU instalada al lado del cliente San Rafael Minsur sobre un soporte, fabricado exactamente para este tipo de antenas, a una altura de 15 m desde la base de la torre totalmente operativa, energizada y aterrada en caso de riesgos eléctricos, también se encuentra debidamente etiquetado para posibles referencias en futuros mantenimientos.

### 3.8.3.1. Diagrama de longitud total del cable

Al igual que en el SITE de Claro, también se realizó un análisis del total utilizado en el recorrido del cableado real a lo largo de toda la instalación.

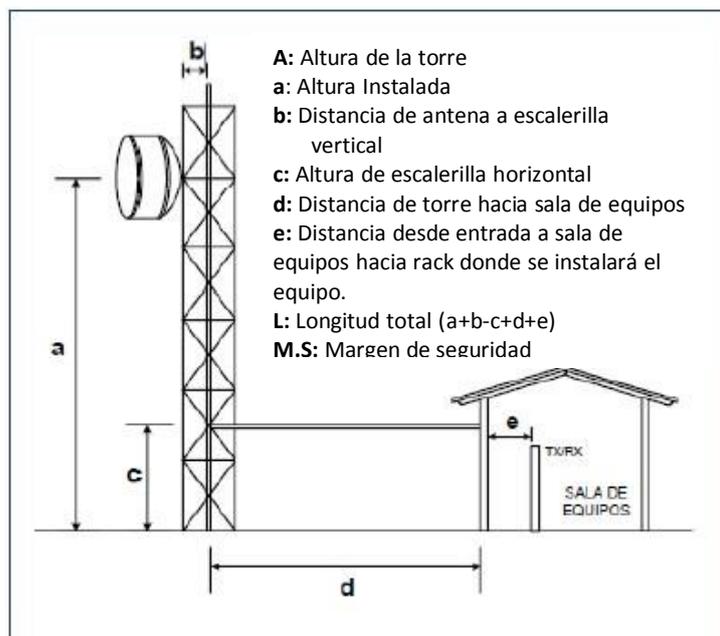
**Tabla 10**

**Distancias a lo largo del tramo total del cliente Minsur**

CÁLCULO DE LONGITUD DE COAXIAL										
REFERENCIA	DIRECCIÓN	ALTURA DE TORRE (A: m.)	a (m.)	b (m.)	c (m.)	d (m.)	e (m.)	LONGITUD (L: m.) a+b-c+d+e	M.S. (m.)	TOTAL COAXIAL TCC (m.)
SAN RAFAEL. MINSUR	CAMPAMENTO MINERO SAN RAFAEL ANTAUTA	15	12	0.2	0	30	10	52.2	0	55

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 47. Diagrama de las medidas a lo largo del tramo**



**Fuente:** Elaboración propia

Según el diagrama anterior, se visualiza una sumatoria de distancias a lo largo del tramo completo de la instalación efectuada en el cliente San Rafael Minsur; mediante esta figura se estimaría de manera total y real los valores obtenidos del HOP corporativo variando de manera insignificante los resultados de los cálculos obtenidos anteriormente los cuales se reflejarán en la configuración y testeado de resultado al final de informe.

### 3.8.3.2. Rankeado de equipos en Data Center del cliente San Rafael Minsur

Equipos ubicados dentro del DATA CENTER del cliente en gabinete de servidores de la unidad minera San Rafael Minsur con protección a sobretensiones debido a que cuenta con una regleta a tierra para todos sus equipos, los equipos instalados se muestra a continuación:

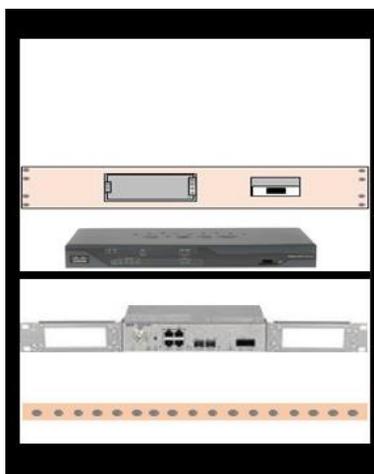
- Router cisco C881 – K9
- Radio NEC IPASOLINK 100E – IDU
- Cable de tierra IDU – 3 m
- Cable UTP Cat 5e – 2 m

- Soporte PDB
- Conversor AC/DC

### 3.8.3.3. Diagrama de ubicación de los equipos en gabinete de recepción

Una vez finalizado la instalación externa se procede con la instalación interna dentro del gabinete de RX el cual se muestra a continuación debidamente representado en un diagrama de interconexión:

**Figura 48. Equipos en gabinete de RX**



**Fuente:** *Elaborada propia*

Ubicación de equipos dentro del gabinete del cliente, solo se muestra los equipos instalados debido a que no se puede brindar información de los demás equipos.

Como se muestra en el diagrama, se proporcionó un espacio único dentro de su gabinete para poder tener facilidades de identificación y acceso, y de esta forma se sigue los parámetros que Claro requiere para este tipo de instalaciones.

Como equipo de recepción y transmisión se ha instalado la IDU NEC iPASOLINK 100E ubicado por debajo de los demás equipos; sobre el equipo de gestión y enrutamiento interconectado a la IDU para el energizado del mismo que se instaló

un soporte PDB el cual contiene un convertor AC/DC conectado previamente una llave termo magnética.

**Figura 49. Foto del Datacenter**



*Fuente: Elaboración propia*

La figura representa la arquitectura de interconexión de los equipos. En esta imagen, se puede observar la arquitectura física real que se aplicó a los equipos instalados en el Datacenter del cliente; la imagen donde se instalaron los equipos para el servicio se muestra a continuación:

**Figura 50. Foto de los equipos del cliente San Rafael Minsur**

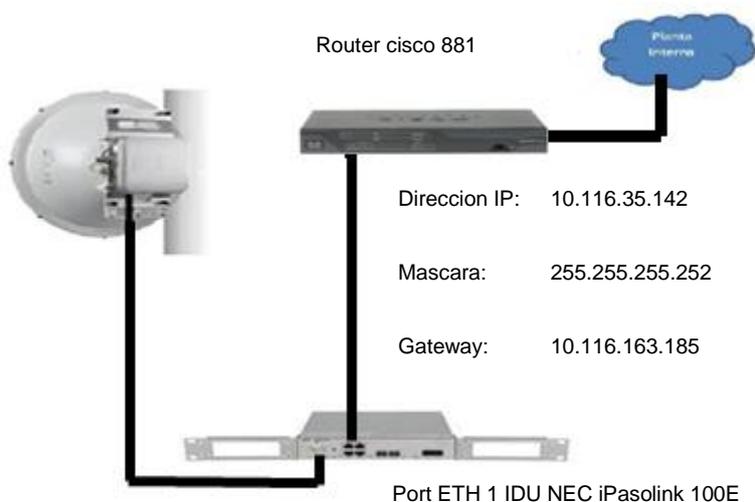


*Fuente: Elaboración propia*

Como se muestra en la imagen, la interconexión se realiza a través de la IDU IPASOLINK NEC 100E hacia el router Cisco 881 del puerto 1 al puerto FastEthernet 4 por medio de un cable Utp Cat. 5e y de esta hacia un balanceador.

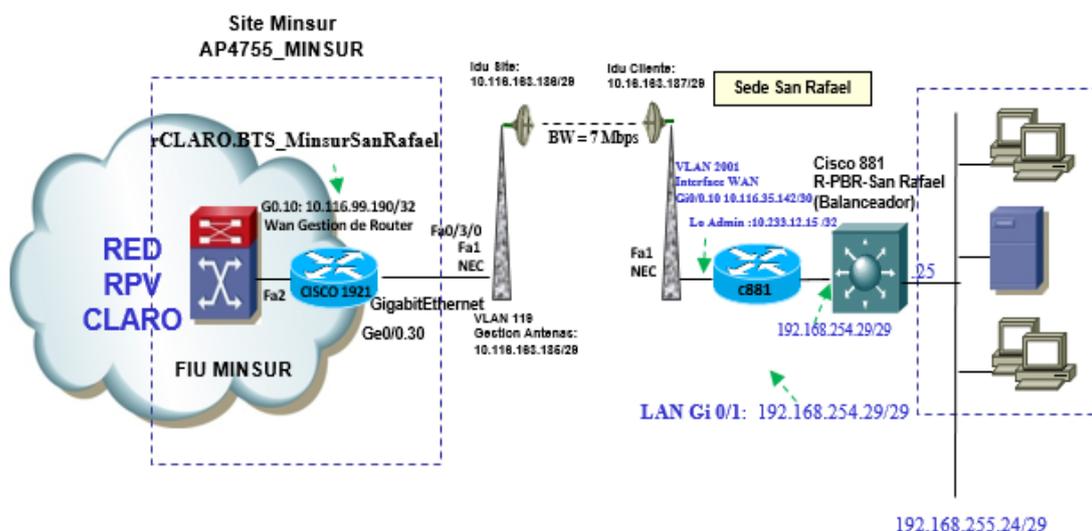
### 3.8.3.4. Infraestructura de la red del cliente San Rafael Minsur

Figura 51. Diagrama de interconexión



Fuente: Elaboración propia

Figura 52. Gráfica de la red general

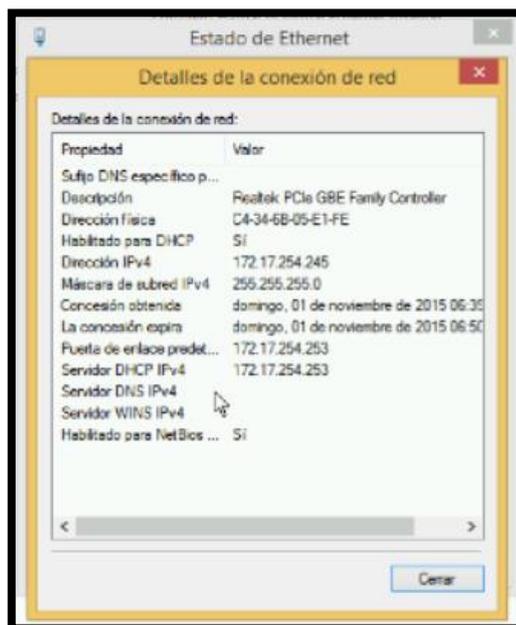


Fuente: Elaboración propia

### 3.9. Configuración

Los cálculos y valores obtenidos durante todo el proceso del proyecto ingresan en la configuración de las antenas NEC donde también es necesario basarse en el HOP corporativo.

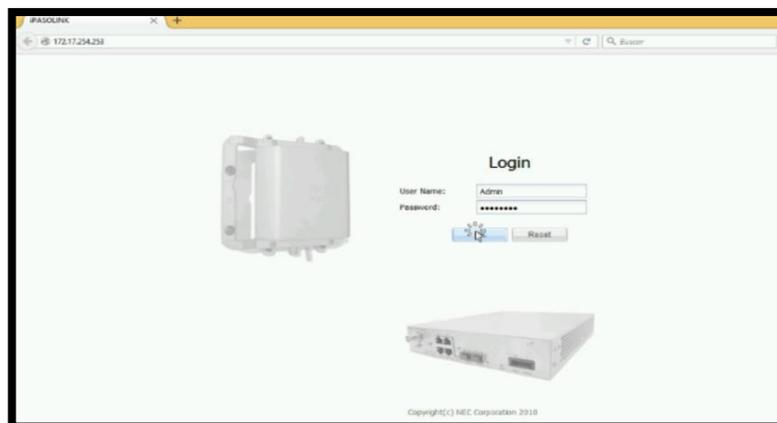
**Figura 53. Detalle de la conexión de la red del ordenador**



**Fuente:** *Elaboración propia*

Como cualquier equipo de enlace, es necesario configurar primero el ordenador con las IP que se observa como puerta de enlace. Una IP del mismo segmento de la red a la puerta de enlace para tener la conectividad con el equipo de transmisión, es necesario conectarse al puerto LCT del equipo IDU NEC IPASOLINK 100E debido a que este es el único puerto de configuración con privilegios de VLAN.

**Figura 54. Antena IDU IPASOLINK NEC 100E**



*Fuente: Elaboración propia*

Una vez conectado se puede ingresar a la interface de la antena por medio de un explorador de internet, como en cualquier antena es necesario ingresar la IP de la puerta de enlace (Piden datos del usuario y contraseña de acceso como paso previo a la interface).

**Figura 55. Interface del usuario**

Equipment Current Status	
	MODEM1
	1+0
	-
TX Start Frequency [MHz]	23016.000
TX Stop Frequency [MHz]	23579.000
Frequency Step [MHz]	0.250
Shift Frequency [MHz]	1232.000
Upper / Lower	Upper
Sub Band	G
RF Frequency Type	TX & RX
Channel Spacing	14MHz
Reference Modulation	QPSK
Radio Mode	High Capacity
ETH Bandwidth [Mbps]	22
TX RF Frequency [MHz]	23163.000
RX RF Frequency [MHz]	21931.000
Frame ID	1
TX Power Control	MTPC
AMR Operation	Non Operation

*Fuente: Elaboración propia*

A diferencia de la configuración Cisco, esta se encuentra en una interface del usuario la cual se facilita la configuración a la manera más sencilla posible. Al lado izquierdo se observa varias opciones principales, en esta barra de tareas se inicia la configuración a la que se puede acceder de manera individual o en todo caso de manera automática. En la parte superior se puede ver el status tanto de la ODU o IDU, así como también seleccionar el equipo enlazada y configurarlo de manera remota y para finalizar al medio de la ventana se puede acceder a las opciones seleccionadas en la interface izquierda, aún no se encuentra configurado ninguna de estas opciones por lo que iniciarán con la asignación de frecuencias y el tipo de operación y modulación de las mismas.

**Figura 56. Asignación de la modulación**

IDU	MODEM1
	1+0
	-
Channel Spacing	14MHz
Reference Modulation	QPSK
Radio Mode	High Capacity
ETH Bandwidth [Mbps]	22
TX RF Frequency [MHz]	21931.000
RX RF Frequency [MHz]	23163.000
Frame ID	1
TX Power Control	HTPC

**Fuente:** *Elaboración propia*

Seleccionando el botón de Setup, se puede modificar la ventana de status mediante la ventana anterior en la cual se asignará las frecuencias de operación de ambas antenas; en este caso de la antena de lado SITE AP4755 Minsur, obtendrá las frecuencias y rangos de operación.

**Figura 57. Tipo de modulación**

		MODEM1
		1+0
		-
AMR Operation		Non Operation
AMR Range	QPSK	
	16QAM	
	32QAM	
	64QAM	
	128QAM	
	256QAM	
Radio Mapping (ETH Bandwidth)	QPSK	22 [Mbps]
	16QAM	
	32QAM	
	64QAM	
	128QAM	
	256QAM	

*Fuente: Elaboración propia*

Así como se configuró la interface de frecuencia, también se debe configurar el tipo de modulación a la que se vinculará la antena por medio de la ODU.

**Figura 58. Asignación de IP de la antena SITE AP 4755 Minsur**

IP Address Setting (Bridge01)	
IP Address	10.116.163.186
Subnet Mask	255.255.255.248
Default Gateway	10.116.163.185
NMS Port Setting	
Connect NMS Port to NMS	Yes

*Fuente: Elaboración propia*

De tal forma como se proporciona la IP del equipo de gestión del SITE AP4755 Minsur (Router SITE Cisco 1921) el cual cuenta con un IP, también requiere agregar una IP subsiguiente a la antena para que se encuentre en la misma red del enlace, mediante la subinterface se agregará tanto la IP, máscara y puerta de enlace

**Figura 59. Asignación de IP de la antena del cliente San Rafael Minsur**

IP Address Setting (Bridge01)	
IP Address	10.116.163.187
Subnet Mask	255.255.255.248
Default Gateway	10.116.163.185
NMS Port Setting	
Connect NMS Port to NMS	Yes

*Fuente: Elaboración propia*

Siguiendo el mismo principio, también se requiere configurar la antena del lado cliente San Rafael Minsur.

**Figura 60. Asignación de VLAN para ambas interfaces**

VLAN Setting		VLAN List				
VLAN Mode: 802.1Q						
Item	Port	Port Name	VLAN ID	VLAN Port Type	VLAN Service Name	
Main Board	Port01		119	Trunk	GESTION DE ANTENAS	
Main Board	Port01		2001	Trunk	SERVICIO DIP	
Main Board	Port01		2051	Trunk	SERVICIO DE INTERNET	
Main Board	Port02		1	Access	(Undefined)	
Main Board	Port03		1	Access	(Undefined)	
Main Board	Port04		1	Access	(Undefined)	
Main Board	Port05		1	Access	(Undefined)	
Main Board	Port06		1	Access	(Undefined)	
MODEM1	Port01		119	Trunk	GESTION DE ANTENAS	
MODEM1	Port01		2001	Trunk	SERVICIO DIP	
MODEM1	Port01		2051	Trunk	SERVICIO DE INTERNET	
MODEM2	Port01		1	Trunk	(Undefined)	

*Fuente: Elaboración propia*

En la figura 60, se configuran las VLANs que se describen en la imagen (119 VLAN de gestión de antenas, 2001 VLAN de servicio DIP, 2051 VLAN de servicio internet). La asignación de estas VLANs proviene de la central de ingeniería de Claro, por medio de las VLANs Claro puede administrar la red vía remota y simplificar el rango de operación de toda una red distribuida en subredes.

La configuración anterior es la básica para poder realizar el alineamiento, por lo tanto, se procede con la optimización de enlace al nivel que certifica Claro como una instalación exitosa, entonces la alineación requiere acercarse a los valores idóneos impuestos en el Hop Corporativo.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y ANÁLISIS**

#### **4.1. Prueba del software**

Se han efectuado las siguientes pruebas para determinar y verificar la calidad de los equipos y accesorios, que son:

- Detectar defectos en el software.
- Verificar la integración adecuada de los componentes.
- Verificar que todos los requisitos se han implementado correctamente.
- Identificar y asegurar que los defectos encontrados se han corregido antes de entregar el software al cliente.
- Diseñar casos de prueba que sistemáticamente saquen a la luz diferentes clases de errores, haciéndolo con la menor cantidad de tiempo y esfuerzo.

#### **4.2. Resultados del servicio**

Debido a la configuración tanto del lado de SITE AP4755 Minsur como del lado del cliente San Rafael Minsur, se realiza en línea de comandos los cuales se encuentran en los anexos 7 y 8 respectivamente.

Los valores obtenidos son el resultado de las pruebas realizadas tanto entre las sedes ubicadas a nivel nacional como local entre Claro y la unidad minera San Rafael Minsur.

**Figura 61. Protocolo de verificación SHOW IP ROUTE**

```

RMINSUR_SAN_RAFAEL#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
I - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - OOR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 10.116.35.141 to network 0.0.0.0

S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 10.116.35.141
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C 10.116.35.140/30 is directly connected, GigabitEthernet0/10
L 10.116.35.142/32 is directly connected, GigabitEthernet0/10
C 10.233.12.15/32 is directly connected, Loopback0
172.20.0.0/22 is subnetted, 1 subnets
S 172.20.0.0 [1/0] via 192.168.254.28
S 192.168.25.0/24 [1/0] via 192.168.254.28
S 192.168.64.0/24 [1/0] via 192.168.254.28
S 192.168.150.0/24 [1/0] via 192.168.254.28
192.168.254.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C 192.168.254.24/29 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L 192.168.254.29/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
192.168.255.0/29 is subnetted, 1 subnets
S 192.168.255.24 [1/0] via 192.168.254.28

```

*Fuente: Elaboración propia*

Este es el comando que permite visualizar la tabla de enrutamiento del dispositivo.

La tabla de enrutamiento es la lista de todas las redes que el dispositivo puede alcanzar, su métrica, la forma como se accede a ellas, se muestra en cada ruta que tiene al menos una ruta a cada red que potencialmente sea el destino de tráfico.

**Figura 62. Protocolo de verificación CDP**

```

RMINSUR_SAN_RAFAEL#show cdp neighbors
Capability Codes: R - Router, T - Trans Bridge, B - Source Route Bridge
S - Switch, H - Host, I - IGP, r - Repeater

Device ID      Local Intrfce  Holdtime   Capability Platform  Port ID
R-PRR-SAN_RAFAEL Gi0/0/0      152       R S I      CISCO1921 Gi0/0/0

```

*Fuente: Elaboración propia*

El CDP es un protocolo propietario de Cisco, destinado al descubrimiento de vecinos y es independiente de los medios y del protocolo de enrutamiento. Se utiliza para obtener información de router y switches que están conectados localmente. Como se puede observar, el protocolo nos indica que tiene como siguiente salto el equipo instalado en el SITE AP4755 Minsur.

#### 4.2.1. Comando Ping

El comando del Ping es un método muy común para resolver problemas a la accesibilidad de dispositivos. Utiliza dos mensajes de consulta del protocolo de





cliente hacia su balanceador que ya se encuentra conectado y de acuerdo al Ping, el tiempo de respuesta en la LAN se encuentra sin pérdidas; por lo tanto, la conectividad desde el balanceador hacia la nube se encuentra sin pérdidas.

#### 4.2.2. Políticas de mapeo

Esta característica proporciona la capacidad de configurar la vigilancia de tráfico y el modelado de tráfico en base a un porcentaje de ancho de banda disponible en una interfaz, permite que especifique los tamaños de ráfaga en los milisegundos. Configurar la Vigilancia de tráfico y el modelado de tráfico de este modo, permite utilizar la misma correspondencia de políticas para las interfaces múltiples con las cantidades de diferenciación de ancho de banda.

Las diferentes aplicaciones que usa una red al recibir diferentes niveles de servicio en relación al ancho de banda, variaciones de latencia (jitter), permite que el servicio que se le da a cada aplicación sea mucho más predecible y se adecue a los requisitos para su correcto funcionamiento.

**Figura 66. Protocolo de visualización de las interfaces en QOS 5**

```

class-map: qos5 (match-any)
 353933 packets, 134641992 bytes
 30 second offered rate 1515000 bps, drop rate 0 bps
Match: ip dscp cs5 (40)
 353933 packets, 134641992 bytes
 30 second rate 1515000 bps
Priority: 1536 kbps, burst bytes 38400, b/w exceed drops: 0

police:
  cir 1536000 bps, bc 288000 bytes, be 576000 bytes
  conformed 353933 packets, 136349364 bytes; actions:
  transmit
  exceeded 0 packets, 0 bytes; actions:
  drop
  violated 0 packets, 0 bytes; actions:
  drop
  conformed 1532000 bps, exceed 0 bps, violate 0 bps

```

**Fuente:** Elaboración propia

La visualización de la política de tráfico en QOS 5 donde se muestra el ancho de banda de 1.5 Mbps, configurado en la línea de comando solicitado por la red San Rafael Minsur para el tráfico de voz.

**Figura 67. Protocolo de visualización de las interfaces en QOS 2**

```

Class-map: qos2 (match-any)
 106913 packets, 654074079 bytes
 30 second offered rate 6008000 bps, drop rate 26000 bps
 Match: ip dscp cs2 (36)
 106913 packets, 654074079 bytes
 30 second rate 6008000 bps
 Queueing
 queue limit 64 packets
 (queue depth/total drops/no-buffer drops) 19/57414/0
 (pkts output/bytes output) 484931/602573647
 bandwidth 3072 kbps
 police:
  cir 3072000 bps, bc 576000 bytes, be 1152000 bytes
  conformed 403785 packets, 485051856 bytes; actions:
  transmit
  exceeded 2707 packets, 3288466 bytes; actions:
  set-dscp-transmit cs1
  violated 133853 packets, 184065907 bytes; actions:
  set-dscp-transmit cs1
  conformed 2909000 bps, exceed 14000 bps, violate 3057000 bps

```

*Fuente: Elaboración propia*

La visualización de la política de tráfico en QOS 2 donde se muestra el ancho de banda de 3 Mbps configurado en la línea de comando solicitado por la red San Rafael Minsur para el tráfico de correo (datos críticos).

**Figura 68. Protocolo de visualización de las interfaces en QOS 1**

```

Class-map: qos1 (match-any)
 426142 packets, 605687468 bytes
 30 second offered rate 5881000 bps, drop rate 8000 bps
 Match: ip dscp cs1 (8)
 426141 packets, 605687468 bytes
 30 second rate 5881000 bps
 Queueing
 queue limit 64 packets
 (queue depth/total drops/no-buffer drops) 20/47196/0
 (pkts output/bytes output) 740382/566011617
 bandwidth 1408 kbps

Class-map: class-default (match-any)
 119801 packets, 9262746 bytes
 30 second offered rate 109000 bps, drop rate 0 bps
 Match: any
 Queueing
 queue limit 64 packets
 (queue depth/total drops/no-buffer drops/flowdrops) 5/199/0/199
 (pkts output/bytes output) 123873/14139656
 fair-queue: per-flow queue limit 16

```

*Fuente: Elaboración propia*

La visualización de la política de tráfico en QOS 1 donde se muestra el ancho de banda de 1.5 Mbps configurado en la línea de comando solicitado por la red San Rafael Minsur para el tráfico de internet (datos no críticos).

#### 4.2.3. ACL Listas de acceso

Las ACLs son listas de condiciones que se aplican al tráfico que viaja a través de la interfaz del router.

Las ACLs indican al router qué tipo de paquetes aceptar o rechazar en base a las condiciones establecidas en ellas y que permiten la administración del tráfico y aseguran el acceso, bajo esas condiciones, hacia y desde una red.

La aceptación o rechazo se pueden basar en la dirección de origen, dirección destino, protocolo de capa superior y números de puertos.

**Figura 69. Listas de acceso en QOS 2 y QOS 5**

```

FMINSUR_SAN_RA_AELPSH access-list
Extended IP access list qos2
10 permit ip host 172.20.0.25 any
20 permit ip host 172.20.0.26 any
30 permit ip any host 10.251.0.63 (1793926 matches)
40 permit ip any host 172.16.0.5 (1017 matches)
50 permit ip any host 172.16.0.242 (188319 matches)
60 permit ip any host 172.16.0.246 (183850 matches)
70 permit ip any host 172.16.0.247 (184766 matches)
80 permit ip any host 172.16.0.159 (166 matches)
90 permit ip any host 172.16.0.143 (310 matches)
Extended IP access list qos5
10 permit ip host 172.20.0.20 any (14159350 matches)
20 permit ip 192.168.25.0 0.0.0.255 any (43862476 matches)
30 permit ip any 192.168.21.0 0.0.0.255 (124 matches)
40 permit ip any host 172.16.0.26

```

*Fuente: Elaboración propia*

Las listas de servidores y rutas IP a las cuales se autodirige el tráfico de red por medio de las políticas de acceso en QOS 2 y QOS 5 destinadas a un servicio en la sede principal la cual es visualizada por la sede de la unidad minera San Rafael Minsur.

#### 4.2.4. SH interfaces– diagnóstico de errores en LAN y WAN

Se visualiza el ancho de banda total tanto a nivel WAN como a nivel LAN así como también el diagnóstico de errores mediante parámetros de identificación en la interface de la red en general, por ejemplo: CRC, frame, overrun, etc., los cuales dan indicadores de error en caso un sistema de red que se encuentre en falla o requiere optimizar tanto en la nube como lógico, a un nivel físico. Los parámetros ideales en cada sistema por política son a cero como valor máximo.

**Figura 70. Vista de la interface WAN**

```

PMINSUR_SAN_RAFAEL#show interfaces fastEthernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
Hardware is Gt96k FE, address is 0016.c71e.0f16 (bia 0016.c71e.0f16)
Description: Enlace WAN
MTU 1500 bytes, BW 100000 kbit/sec, DLY 100 usec,
    reliability 255/255, txload 11/255, rxload 17/255
Encapsulation 802.1Q virtual LAN, vlan ID 1., loopback not set
Keepalive set (10 sec)
Full-duplex, 100Mb/s, 100BaseTX/FX
ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
Last input 00:00:01, output 00:00:00, output hang never
Last clearing of "show interface" counters 00:13:13
Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
Queueing strategy: fifo
Output queue: 0/40 (size/max)
30 second input rate 6915000 bits/sec, 1848 packets/sec
30 second output rate 4574000 bits/sec, 1378 packets/sec
1398293 packets input, 612489219 bytes
Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored
0 watchdog
0 input packets with dribble condition detected
968970 packets output, 449972913 bytes, 0 underruns
0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
0 unknown protocol drops
0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
0 lost carrier, 0 no carrier
0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out

```

*Fuente: Elaboración propia*

Se muestra la interface configurada en la línea de comando donde se puede apreciar el ancho de banda asignado de manera general a toda la red San Rafael Minsur a nivel WAN, así como también los protocolos de identificación de errores.

**Figura 71 Vista de la interface LAN**

```

PMINSUR_SAN_RAFAEL#show interfaces fastEthernet 0/1
FastEthernet0/1 is up, line protocol is up
Hardware is Gt96k FE, address is 0016.c71e.0f17 (bia 0016.c71e.0f17)
Description: Enlace LAN
Internet address is 192.168.255.73/29
MTU 1500 bytes, BW 100000 kbit/sec, DLY 100 usec,
    reliability 255/255, txload 17/255, rxload 10/255
Encapsulation ARPA, loopback not set
Keepalive set (10 sec)
Full-duplex, 100Mb/s, 100BaseTX/FX
ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
Last input 00:00:15, output 00:00:00, output hang never
Last clearing of "show interface" counters 00:13:48
Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
Queueing strategy: fifo
Output queue: 0/40 (size/max)
30 second input rate 4201000 bits/sec, 1298 packets/sec
30 second output rate 6936000 bits/sec, 1651 packets/sec
985477 packets input, 423969521 bytes
Received 16 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored
0 watchdog
0 input packets with dribble condition detected
1452613 packets output, 633314200 bytes, 0 underruns
0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
0 unknown protocol drops
0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
0 lost carrier, 0 no carrier
0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out

```

*Fuente: Elaboración propia*

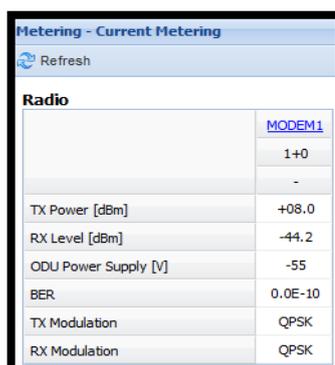
Se muestra la interface configurada en la línea de comando donde se puede apreciar el ancho de banda asignado de manera general a toda red San Rafael Minsur a nivel LAN, así como también los protocolos de identificación de errores.

### 4.3. Prueba del Hardware

Prueba de simulación de todos los equipos a instalar en el proyecto a desarrollar, como:

- La generación de señales de diferentes tipos y las sondas para visualizar las señales resultantes.
- La simulación del circuito puede ser realizada en todo momento simplemente pulsando sobre la barra espaciadora.
- Se pone en marcha la simulación y visualización de un ciclo de forma extremadamente rápida.
- Es posible realizar pruebas del comportamiento de cada esquema electrónico de forma tan sencilla como hacer click con el ratón sobre componentes interactivos.

**Figura 72. Valores obtenidos del lado SITE AP4755 Minsur**



Metering - Current Metering	
Refresh	
Radio	
	MODEM1
	1+0
	-
TX Power [dBm]	+08.0
RX Level [dBm]	-44.2
ODU Power Supply [V]	-55
BER	0.0E-10
TX Modulation	QPSK
RX Modulation	QPSK

**Fuente:** *Elaboración propia*

Se muestra los valores obtenidos a 8 dB de potencia tal como se indica en el Hop Corporativo a una modulación QPSK y una tasa de error binario de 0.0E -10 que alcanza el nivel de recepción de -44.2 el cual se concluye como un nivel óptimo de recepción.

**Figura 73. Valores obtenidos del lado cliente San Rafael Minsur**

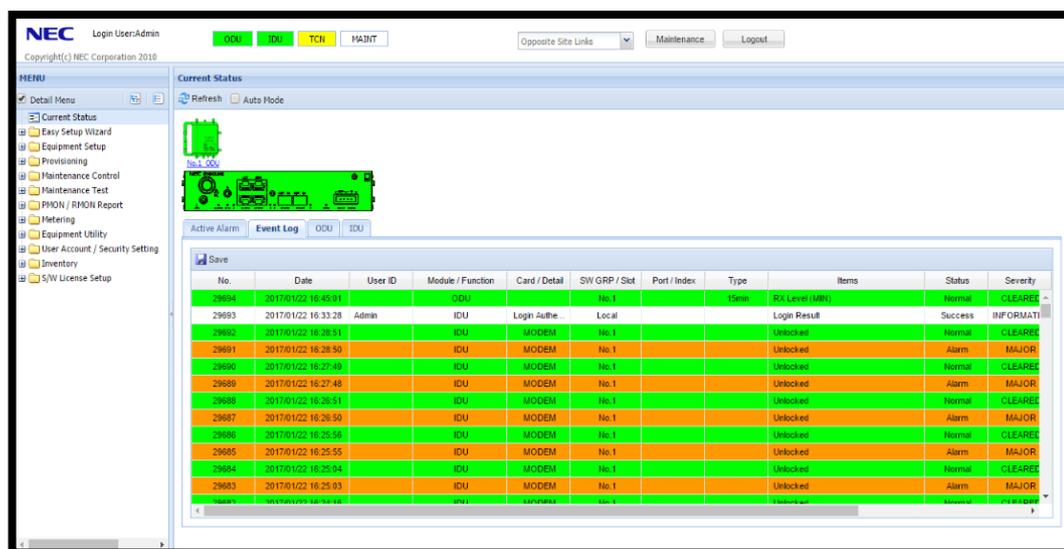


Radio	
	MODEM1
	1+0
	-
TX Power [dBm]	+08.0
RX Level [dBm]	-44.7
ODU Power Supply [V]	-48
BER	0.0E-10
TX Modulation	QPSK
RX Modulation	QPSK

*Fuente: Elaboración propia*

Se muestra los valores obtenidos a 8 dB de potencia tal como se indica en el Hop Corporativo a una modulación QPSK y una tasa de error binario de 0.0E -10. Se alcanza el nivel de recepción de -44.7 el cual se concluye como un nivel óptimo de recepción.

**Figura 74. Log obtenidos del lado SITE AP4755 Minsur**



No.	Date	User ID	Module / Function	Card / Detail	SW GRP / Slot	Port / Index	Type	Items	Status	Severity
29894	2017/01/22 16:45:01		ODU		No. 1		15sec	RX Level (MIN)	Normal	CLEAR
29893	2017/01/22 16:33:28	Admin	IDU	Login Auth...	Local			Login Result	Success	INFORMATI
29892	2017/01/22 16:28:51		IDU	MODEM	No. 1			Unlocked	Normal	CLEAR
29891	2017/01/22 16:28:50		IDU	MODEM	No. 1			Unlocked	Alarm	MAJOR
29890	2017/01/22 16:27:48		IDU	MODEM	No. 1			Unlocked	Normal	CLEAR
29889	2017/01/22 16:27:48		IDU	MODEM	No. 1			Unlocked	Alarm	MAJOR
29888	2017/01/22 16:26:51		IDU	MODEM	No. 1			Unlocked	Normal	CLEAR
29887	2017/01/22 16:26:50		IDU	MODEM	No. 1			Unlocked	Alarm	MAJOR
29886	2017/01/22 16:25:56		IDU	MODEM	No. 1			Unlocked	Normal	CLEAR
29885	2017/01/22 16:25:55		IDU	MODEM	No. 1			Unlocked	Alarm	MAJOR
29884	2017/01/22 16:25:34		IDU	MODEM	No. 1			Unlocked	Normal	CLEAR
29883	2017/01/22 16:25:03		IDU	MODEM	No. 1			Unlocked	Alarm	MAJOR

*Fuente: Elaboración propia*

Una vez finalizado la configuración de equipos de enlace y gestión se procede a realizar un monitoreo, se muestra todos los mensajes en la plataforma ubicada en la antena; antes de culminar con la configuración, se observan mensajes de error FRAME ID y HIGH BER, los cuales indican pérdidas de paquetes y degradación en el enlace, debido al alineamiento anterior. Una vez finalizado el alineamiento se puede observar como mensaje inicial en un tiempo de recepción de 15 min la repuesta Cleared (limpio) previo de un ingreso como administrador, lo que certifica a Claro y a la unidad minera San Rafael Minsur como un enlace estable y eficiente dispuesto a proceder con el servicio establecido.

Figura 75. Log obtenidos del lado cliente San Rafael Minsur

No.	Date	User ID	Module / Function	Card / Detail	SW GRP / Slot	Port / Index	Type	Items	Status	Severity
00212	2017/01/22 21:33:34	Admin	Equipment Utility	Date / Time ...				Date / Time / Time Zone	01/22/2017 ...	INFORMATI
00216	2017/01/22 17:42:36	Admin	IDU	Login Authe...	Local			Login Result	Success	INFORMATI
00215	2017/01/22 16:34:31	Admin	IDU	Login Authe...	Local			Login Result	Success	INFORMATI
00214	2017/01/22 16:33:35		Network Manageme...					Neighbor IP Address	Changed	INFORMATI
00213	2017/01/22 16:33:34		Network Manageme...					Neighbor IP Address	Changed	INFORMATI
00211	2000/01/01 00:11:30	Admin	MODEM Function S...	TX Power S...	No.1			RX Threshold	-60	INFORMATI
00210	2000/01/01 00:11:30	Admin	MODEM Function S...	TX Power S...	No.1			MTPC TX Power	8.0	INFORMATI
00209	2000/01/01 00:11:30	Admin	MODEM Function S...	TX Power S...	No.1			ATPC Range (MIN)	0.0	INFORMATI
00208	2000/01/01 00:11:30	Admin	MODEM Function S...	TX Power S...	No.1			ATPC Range (MAX)	10.0	INFORMATI
00207	2000/01/01 00:10:55		IDU	Main Board		REF3		Quality Level	Not Available	INFORMATI
00206	2000/01/01 00:10:55		IDU	Main Board		REF2		Quality Level	8	INFORMATI
00205	2000/01/01 00:10:55		IDU	Main Board		REF1		Quality Level	4	INFORMATI
00204	2000/01/01 00:10:54	Admin	EVT Ctrl. Setup	Equipment	Common			Equipment Ctrl. Mode	DMB (L) C	INFORMATI

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, los log de mensaje que se observa en el lado del cliente permanecen limpios y solo muestran los ingresos que se realiza a lo largo de la configuración.

#### **4.4. Fuentes de riesgos**

- a. Trabajos de antena a 50 metros de altura
- b. Trabajos en zona accidentada
- c. Trabajos en altura sobre los 5 200 m.s.n.m.
- d. Clima bajo cero grados
- e. Tiempo
- f. Movilidad

#### **4.5. Resultados**

##### **4.5.1. Control de calidad**

El control de la calidad ha sido supervisado por un ingeniero durante todo el proceso del diseño y la implementación. Una vez terminado el trabajo de instalación, la empresa Claro y la unidad minera San Rafael Minsur comprueba la eficiencia del servicio y luego es aceptado y firmado dando conformidad del proyecto.

Una vez concluido el trabajo se procedió a realizar el informe para la validación tanto de parte de Claro, según el estándar ISO/IEC 20000-1:2011 - gestión del servicio, como de parte del cliente según el estándar ISO 9001:2008 - Sistemas de Gestión de Calidad; mediante ambos estándares se procede a describir la instalación e implementación.

En general, se respetó la directiva internacional al cual se ajusta según el estándar vigente para radioenlaces digitales de alta calidad al organismo ITU-R F.637-3 para la disposición de radiocanales en la banda 21.2 y 23.6 GHz atribuida a servicios analógicos y digitales, así como también hacer un hincapié al estándar ETS 300 198/A1:1997 bajo ETSI Normas EMC basada en transmisión y multiplexación bajo parámetros para sistemas de retransmisión de radio para la transmisión de señales que operan bajo 23 GHz; por último, añadir el estándar para

instalaciones de pozo a tierra bajo la norma técnica peruana NTP 370.055:1999 seguridad eléctrica: Sistemas de puestas a tierra.

1. La Instalación de equipos en la torre (22 de junio de 2016).
  - Una antena de MW RFS de 0.3HP singles Pol +ODU NEC IPASOLINK (lado cliente San Rafael Minsur y estación base Claro).
  - Se colocó un soporte galvanizado para la instalación de la antena (lado cliente San Rafael Minsur y estación base Claro).
2. Descripción del cableado realizado (23 de junio de 2016).
  - Se realizó un cableado desde la IDU hasta la ODU (ubicada en el DataCenter de la unidad minera San Rafael Minsur y gabinete de transmisión en estación base Claro) de aproximadamente 100 metros empleando cable IF Rg 63B/U.
  - Para el aterramiento de la ODU se utilizó cable de tierra.
3. Descripción del energizado de los equipos (24 de junio de 2016).
  - Se instaló una IDU en el DataCenter existente y gabinete de transmisión.
  - Se empleó un par de cables eléctricos # 14 de aproximadamente 2.5 metros y se utilizó un breaker disponible para energizar la IDU.
4. Conexión a los equipos de acceso al SITE (25 de junio de 2016).
  - Se conectó el puerto PORT 1 de la IDU NEC al puerto FA4 del router cisco C881 –K9 mediante un Patch Cord UTP Cat. 5e.
  - Se conectó el puerto PORT 1 de la IDU NEC al puerto GO/O/O del equipo rGestión \_SITE-AP44755 Minsur mediante un Patch Cord UTP Cat. 5e.
5. Mantenimiento de los pozos a tierra (26, 27 y 28 de junio de 2016).
  - Se realizó cambio del cable de cobre, barrillas y enmallado de los pozos así como también de los aditivos en la unidad minera San Rafael Minsur.

El proyecto ha sido terminado en los plazos establecidos en el contrato de servicios y entregado en las fechas programadas escritos en el proyecto y para dar conformidad a la obra según los estándares, quedando en buenos términos y en perfectas condiciones de funcionamiento. Se hizo entrega del Acta de aceptación de conformidad de la obra firmada por los representantes de las diferentes empresas el cual se ubica en el anexo 1.

Los mejores indicadores claves del proyecto es la conformidad de la empresa que acepta en todos los términos, calidad de funcionamiento y gestión del proyecto en las fechas establecidas sin ningún contratiempo de ninguna índole en el servicio

que se le ha brindado hasta la fecha. Para tal efectos, se acompaña las actas de servicio e instalación los cuales se encuentran en los anexos 2 y 3 mediante el presente cumple en toda medida la norma Decreto Supremo N° 024-2008-MTC “Marco normativo general para la promoción del desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones de áreas rurales y lugares de preferente interés social y modifican diversos dispositivos legales” el cual avala por completo la instalación del proyecto.

## **CAPÍTULO V**

### **PRESUPUESTOS Y COSTOS TOTALES DEL PROYECTO**

#### **Tabla 11**

#### **Presupuesto y costos del proyecto**

Presupuesto actualizado de los materiales del proyecto de implementación de un enlace de
--

microondas sobre la red MPLS–VPN de fibra óptica para un servicio corporativo para la unidad minera San Rafael Minsur.			
<b>Equipos y Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unidad</b>	<b>Valor total</b>
Cable patch core Utp cat 5e	18 m	S/. 0.80	S/. 14.40
Conectores Rj 45 cat 5e	20	S/. 1.50	S/. 30.00
Cable IF Rg 63B/U	125 m	S/. 2.50	S/. 312.50
Conector coaxial IF BNC tipo L RGC8	2	S/. 5.00	S/. 10.00
Connector coaxial IF BNC RGC8	2	S/. 5.00	S/. 10.00
Cables eléctricos (rojo negro amarillo)	4.5 m	S/. 0.30	S/. 1.35
Cable de tierra	60 m	S/. 0.30	S/. 18.00
Terminales eléctricos	12	S/. 0.20	S/. 2.40
Llave termo magnética	3	S/. 15.00	S/. 45.00
Convertor AC/DC	1	S/. 45.00	S/. 45.00
Equipo de Radiofrecuencia NEC IPASOLINK IDU	2	S/. 1 800.00	S/. 3 600.00
Equipo de Radiofrecuencia NEC IPASOLINK ODU	2	S/. 3 600.00	S/. 7 200.00
Antena 0.3 HP 23GHz	2	S/. 1200	S/. 2 400.00
Soporte para antena de 3" de espesor	2	S/. 300	S/. 600.00
Router cisco 2901/k9	1	S/. 2300	S/. 2 300.00
Router cisco 881/k9	1	S/. 1500	S/. 1 500.00
Tarjeta ciscoEHWIC-4ESG 4 puertos 10/100	1	S/. 700	S/. 700.00
Bandeja metálica ventilada 14x1URx14	1	S/. 120	S/. 120.00
Soporte PDB para convertor y breaker	1	S/. 230	S/. 230.00
Materiales consumibles	1	S/. 120	S/. 120.00
<b>Subtotal</b>			<b>S/. 19 258.65</b>
<b>Costos operacionales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unidad</b>	<b>Valor total</b>
Alimentación para 3 personas x 7 días	3	S/. 18.00	S/. 378.00
Transporte ida y vuelta para 2 personales de Lima	2	S/. 320.00	S/. 640.00
Transporte ida y vuelta para personal de Arequipa	1	S/. 130.00	S/. 130.00
Hospedaje por 1 día en Juliaca	3	S/. 50.00	S/. 150.00
Alquiler de camioneta x 3 días + combustible	1	S/. 432.00	S/.1 296.00
Alquiler de herramientas	1	S/. 120.00	S/. 120.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/. 21 972.65</b>

*Fuente: Elaboración propia*

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Los problemas de latencia, saturación y seguridad en el envío de datos de parte de la unidad minera San Rafael Minsur han sido solucionados con la implementación del enlace microondas sobre la red dorsal MPLS-VPN, mejorando la red de forma significativa e incrementando la velocidad y tiempo de respuesta.

**SEGUNDA:** Los equipos y accesorios instalados tanto en la estación base como en la unidad minera San Rafael Minsur responden según las exigencias propuestas y se adecuan a las nuevas tecnologías implementadas en el proyecto de tesis.

**TERCERA:** Los protocolos, normativas y estándares se hicieron efectivas para lograr el control de calidad obtenido una vez finalizado el trabajo el cual asegura una implementación acorde a las exigencias de la unidad minera San Rafael Minsur.

**CUARTA:** El funcionamiento del sistema implementado se mantuvo en un periodo de prueba mediante muestreo de resultados y pruebas de hardware y software obteniendo como resultado un radioenlace modelo, para dar garantía al trabajo.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Las redes MPLS – VPN son una de las tecnologías actuales más usadas y agregan un gran cambio a las redes informáticas actuales, es necesario estar al tanto de cualquier tecnología emergente debido a que supondrá una enorme mejoría en redes telemáticas.

**SEGUNDA:** Las tecnologías usadas en el presente proyecto de tesis son monitoreadas, controladas con un constante seguimiento en forma permanente, las 24 horas, los 7 días de la semana, por parte del Service Provider. Además, se extienden "Service Level Agreements" (acuerdos de nivel de servicio) para garantizar y asegurar la estabilidad y performance que cualquier cliente requiera en futuras instalaciones.

**TERCERA:** Se recomienda la red del proveedor Claro debido a que siendo la segunda empresa en telecomunicaciones en el Perú, esta cuenta con gran cobertura a nivel nacional y mejor mantenimiento de su red el cual supera con creces a otros proveedores de servicios en telecomunicaciones, adicional a esto cuenta con tecnologías vanguardistas muy acorde a las exigencias de las empresas actuales.

**CUARTA:** Los bajos costos que representa la inversión para la instalación de un enlace microondas en una red IP-Base MPLS-VPN es una de las principales ventajas por la cual están cambiando a utilizar este tipo de Red.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **ASK.** La modulación por desplazamiento de amplitud es una forma de modulación en la cual se representan los datos digitales como variaciones de amplitud de la onda portadora en función de los datos a enviar.
- **FSK.** La modulación por desplazamiento de frecuencia es una técnica de modulación para la transmisión digital de información utilizando dos o más frecuencias diferentes para cada símbolo.
- **PSK.** La modulación por desplazamiento de fase es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número determinado de valores discretos.
- **PCM.** La modulación por impulsos codificados es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits (señal digital)
- **BGP.** Border Gateway Protocol. Es un protocolo mediante el cual se intercambia información de encaminamiento o ruteo entre sistemas autónomos. Por ejemplo, los proveedores de servicio registrados en internet suelen componerse de varios sistemas autónomos y para este caso es necesario un protocolo como BGP.
- **SLA.** Un Service Level Agreement es un contrato que describe el nivel de servicio que un cliente espera de su proveedor.
- **CEF.** (Cisco Express Forwarding) Es el conjunto de funcionalidades que reúnen los equipos Cisco para poder trabajar en un entorno MPLS entre otras funciones.
- **EDGE.** Es el acrónimo para Enhanced Data Rates for GSM Evolution (tasas de Datos Mejoradas para la Evolución del GSM) y también conocida como Enhanced GPRS (EGPRS) o GPRS Mejorado. Es una tecnología de telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G.
- **RSVP.** Protocolo de reserva de recursos (es una capa de transporte protocolo diseñado para reservar recursos a través de una red para un servicio integrado de Internet.
- **FEC.** (Forwarding Equivalence Class), conjunto de paquetes que entran en la red MPLS por la misma interfaz, que reciben la misma etiqueta y por tanto circulan por un mismo trayecto. Normalmente se trata de paquetes que pertenecen a un mismo flujo.
- **FIB.** En pocas palabras es la tabla de rutas del router, pero con soporte hardware, basado en CEF. Esta tabla se actualiza automáticamente a petición de los protocolos de routing.

- **HSDPA** high-Speed Downlink Packet Access es una tecnología móvil conocida como 3.5G que viene a ser una mejora de la tecnología UM (Universal Mobile Telecommunications System) de tercera generación (3G).
- **LDP o TDP**. protocolo utilizado para distribución de etiquetas MPLS. LDP es la versión estandarizada e integrada en las IOS con versiones 12.4
- **LER. (Label Edge Router)**. Elemento que inicia o termina el túnel (extrae e introduce cabeceras). Es decir, el elemento de entrada/salida a la red MPLS. Un router de entrada se conoce como **Ingress Router** y uno de salida como **Egress Router**. Ambos se suelen denominar Edge Label Switch Router ya que se encuentran en los extremos de la red MPLS.
- **LFIB**. (Label Forwarding Information Base): Es la tabla que asocia las etiquetas con los destinos o rutas de capa 3 y la interfaz de salida en el router, indicándole al router lo que tiene que hacer: poner o quitar etiqueta.
- **LIB**. (Label Information Base) o TIB (Tag Information Base). La tabla de etiquetas que manejan.
- **LIB**. (Label Information Base): Es la tabla que contiene sólo información de etiquetas MPLS y es utilizada por LDP (o TDP) para la gestión y envío de las etiquetas.
- **LSP** (Label Switched Path): Camino que siguen los paquetes que pertenecen a la misma FEC, es equivalente a un circuito virtual.
- **LSR**. (Label Switching Router). Router que puede encaminar paquetes en función del valor de la etiqueta MPLS.
- **LSR**. Relaciona la pareja (interfaz de entrada - etiqueta de entrada) con (interfaz de salida - etiqueta de salida). En versiones de IOS antiguas, en lugar de Label se utilizaba Tag y de ahí, que hay algunos comandos que utilizan “tag” en lugar de “label”.
- **LTE**. Long Term Evolution, por sus siglas en inglés, lo que en español se traduce como Evolución a largo plazo), en telecomunicaciones, es un estándar para comunicaciones inalámbricas de transmisión de datos de alta velocidad para teléfonos móviles y terminales de datos.
- **MPLS-VPN**. MultiProtocol Label Switching. Es una familia de métodos para aprovechar el poder de conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS) para crear redes privadas virtuales (VPN). MPLS VPN proporciona a los ingenieros de red la flexibilidad de transporte y ruta varios tipos de tráfico de red que utilizan las tecnologías de la columna vertebral MPLS. Hay tres tipos de MPLS VPN instaladas en redes de hoy en día:

- **OSI.** (en inglés, *Open System Interconnection*) Es un modelo de referencia para los protocolos de la red de arquitectura en capas.
- **IP.** eE un número que identifica, de manera lógica y jerárquica, a una Interfaz en red (elemento de comunicación/conexión) de un dispositivo (computadora, tableta, portátil, smartphone) que utilice el protocolo IP (Internet Protocol), que corresponde al nivel de red del modelo TCP/IP.
- **VLAN.** Una VLAN, acrónimo de virtual LAN (Red de área local virtual), es un método para crear redes lógicas independientes dentro de una misma red física.
- **PHP** (Penultimate Hop Popping): Es una alternativa de entrega de trama MPLS al final del circuito virtual, para mejorar las prestaciones y el consumo de CPU.
- **QoS.** Quality of Service, Cuantitativamente mide la calidad de los servicios que son considerados en varios aspectos del servicio de red, tales como tasas de errores, ancho de banda, rendimiento, retraso en la transmisión, disponibilidad, jitter, etc.
- **RPV:** Red Privada Virtual es una tecnología de red de computadoras que permite una extensión segura de la red de área local (LAN) sobre una red pública o no controlada como Internet .
- **SSL.** Sirve para brindar seguridad al visitante de su página web, una manera de decirles a sus clientes que el sitio es auténtico, real y confiable para ingresar datos personales.
- **TDP.** Es una versión precursora propietaria definida por Cisco Systems que ha sido reemplazada por LDP. Podríamos decir que TDP está incluido en LDP.
- **TTL.** Time To Live. Es un concepto usado en redes de computadores para indicar por cuántos nodos puede pasar un paquete antes de ser descartado por la red o devuelto a su origen.
- **UM.** Sistema universal de telecomunicaciones móviles es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación, sucesora de GSM, debido a que la tecnología GSM propiamente dicha no podía evolucionar para prestar servicios considerados de tercera generación.
- **WLAN.** Es un sistema de comunicaciones de datos que transmite y recibe datos utilizando ondas electromagnéticas, en lugar del par trenzado, coaxial o fibra óptica utilizado en las LAN convencionales, y que proporciona conectividad inalámbrica de igual a igual (*peer to peer*), dentro de un edificio, de una pequeña área residencial/urbana o de un campus universitario.

- **Telefonía IP.** Está basada en la tecnología VoIP (Voice over Internet Protocol), también llamada voz sobre **IP** que es la encargada de transformar la voz en paquetes de datos para que se puedan enviar a través de Internet.
- **IPsec.** Es un conjunto de protocolos cuya función es asegurar las comunicaciones sobre el Protocolo de Internet (IP) autenticando y/o cifrando cada paquete IP en un flujo de datos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amorós, E., Díaz, D., & León, C. (2007). *Toma de Decisiones para Negocios: Casos Prácticos*. Chiclayo: Universidad Santo Toribio de Mogrovejo.
- CLARO. (2008). *Reporte Anual*. Mexico: America Movil.
- CLARO. (2013). INFORME DE SUSTENTABILIDAD. (pág. 118). Mexico: America Movil.
- CLARO. (2014). <http://www.claro.com.pe>. Obtenido de <http://www.claro.com.pe: http://www.claro.com.pe/wps/portal/pe/sc/institucional/informacion-corporativa>
- CLARO. (2016). <http://www.claro.com.pe>. Obtenido de <http://www.claro.com.pe: http://www.claro.com.pe/wps/portal/pe/sc/institucional/centro-prensa/detalle/Roaming-Paises-Claro-reduce-costos-de-comunicacion-en-16-paises-de-Latinoamerica>
- CLARO. (15 de 7 de 2016). *Información Corporativo*. Obtenido de <http://www.claro.com.pe>
- COUCH L.W. (2008). *Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos, Séptima Edición*. México: Ed. Prentice Hall.
- FRENZEL, L. (2003). *Electronica aplicada a los sistemas de comunicación*. México: Alfa Omega.
- Garcia Durante, G. (2005). *DESARROLLO DE PLANO DE GESTIÓN PARA UNA RED MPLS*. Universidad Politecnica de Cataluya, España. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099>

González, H. D. (2009). *investigación de la Arquitectura MPLS, ventajas y servicios*. Bogotá: Universidad de los Andes . Obtenido de investigación de la Arquitectura MPLS, ventajas y servicios.

HAYKIN S. (2008). *Sistemas de Comunicación*. México: Limusa.

<http://www.monografías.com/trabajos29/información-mpls/>. (s.f.). Obtenido de <http://www.monografías.com/trabajos29/información-mpls/>.

<https://www.youtube.com/watch?v=7oQ87gBulmc>. (2014).

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). <https://www.inei.gob.pe>. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe>: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0015/cap-51.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0015/cap-51.htm)

J. ABELLA CORRAL. (1997). *ADSL y MPLS*. Madrid: La Salle.

J.ABELLA CORRAL. (1997). *ADSL y MPLS*. Madrid, España,,: Editorial Ingeniería La Salle.

José BARBERÁ. (2000). *MPLS: Una arquitectura de backbone para la Internet del siglo XXI*. Revista: *Actas del V Congreso de Usuarios de Internet*. Madrid, España.: Mundo Internet.

KKUSTRA R. (2009). *Principios de Transmisión de Señales Digitales, primera Edición*,. México: Ed. Prentice Hall.

Ministerio de Transportes Y Telecomunicaciones. (Mayo de 2011). *Plan Nacional para el desarrollo de banda ancha del país*. Lima: Gobierno del Perú. Obtenido de <https://www.mtc.gob.pe>: [https://www.mtc.gob.pe/portal/proyecto\\_banda\\_ancha/plan%20banda%20ancha%20vf.pdf](https://www.mtc.gob.pe/portal/proyecto_banda_ancha/plan%20banda%20ancha%20vf.pdf)

Movil, A. (15 de Julio de 2016). *Información Corporativa*. Obtenido de <http://www.claro.com.pe/wps/portal/pe/sc/institucional/informacion-corporativa>

MPLS, *El Presente de las Redes IP*. (2008). PEREIRA: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.

REKHTER, L. M., SWALLOW, R., & DAVIE DOOLAN. (1999). *MPLS Using LDP and ATM VC Switching*. Cisco Systems,.

ROQUEZ, A. (2001 ). *Impactos de las TIC*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática .

S., B. (2001). *Digital Communications Fundamentals and Applications*. USA: Printice Hall.

S., B. (2001). *Digital Communications Fundamentals and Applications, Second Edition*. USA: Ed. Prentice Hall P T R.

Semana Economica. (10 de FEBRERO de 2016). <http://semanaeconomica.com>. Obtenido de <http://semanaeconomica.com>: <http://semanaeconomica.com/article/sectores-y-empresas/telecomunicaciones/178760-america-movil-quintuplico-su-utilidad-en-cuarto-trimestre-del-2015/>

Valera, P. (25 de octubre de 2014). <http://blog.pucp.edu.pe>.

WAYNE, T. y. (2003). *Sistemas de Comunicación Electronica*. México: Prentice Hall.

## DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- <http://www.cofetel.gob.mx/> [con acceso el 30-11-2009] <http://www.fcc.gov/> [con acceso el 30-11-2009]
- <http://www.itu.int/es/pages/default.aspx> [con acceso el 30-11-2009]  
<http://www.techfest.com/networking/wan/> [con acceso el 30-11-2009]
- "Manuales de Configuración de CISCO". Disponibles en:  
<http://hondo.diatel.upm.es/manuales/cisco>
- <http://www.monografias.com/trabajos29/informacion-mpls/informacion-mpls.shtml#ixzz4BPIHpHvg>
- <https://fundamentosderedes.wikispaces.com/1.2+Conceptos+basicos+de+la+Red>
- [http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/102/1023/1023775\\_mpls\\_faq\\_4649](http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/102/1023/1023775_mpls_faq_4649).
- <https://www.osiptel.gob.pe/documentos/legislacion-en-telecomunicaciones>
- <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1311/0046T172.pdf>
- [http://www.ift.org.mx/SITEs/default/files/376\\_normativa\\_tecnica\\_capitulo\\_1.pdf](http://www.ift.org.mx/SITEs/default/files/376_normativa_tecnica_capitulo_1.pdf)

## Anexo 1

### Acta de aceptación de obra



#### ACTA DE ACEPTACIÓN DE OBRA

El día 25 de Junio del 2016, se reunieron en el SITE MINSUR AP4755 ubicado en la Parcela Picchu Alto, en la Mina San Rafael - Minsur, en representación de América Móvil Perú SAC el Sr. VILCAHUAMAN MASCO, ESTEBAN MOISES y en representación de la empresa contratista Desysweb SAC, el Sr Guillermo Fernández a fin de realizar la aceptación de los trabajos:

1. La instalación de equipos en la torre:
  - Una antena de MW RFS de 0.3HP 23 GHz Single Pol + ODU NEC Ipasol (Serie # 43546) Sub-Banda G a 40 metros de altura de la torre.
  - Se colocó un soporte galvanizado para la instalación de la antena.
2. Descripción del cableado realizado:
  - Se realizó un cableado desde la IDU hasta la ODU (Idu ubicada en el gabinete Valere Power en exteriores) de aproximadamente 50 metros empleando cable IF.
  - Para el aterramiento de la ODU se utilizó cable de tierra #10 de 30 metros.
3. Descripción del energizado de los equipos:
  - Se instaló una IDU (Serie # 25954) en gabinete Valere Power existente.
  - Se empleó un par de cables eléctricos #14 de aproximadamente 2.5m y se utilizó un breaker disponible para energizar la IDU.
4. Conexión a los equipos de acceso del Site:
  - Se conectó el puerto PORT1 de la IDU NEC al puerto G0/0/0 del equipo rGestion\_SITE.AP4755\_MINSUR mediante un Patch Cord UTP Cat 5e.

Se firma la presente acta en señal de aceptación y conformidad de los trabajos realizados de acuerdo al requerimiento indicado en el PC N° 4500067133 y asociado al cliente: MINSUR SA – MINA SAN RAFAEL, Nro. SOT: 20785262 y Nro. Proyecto 3677997.

AMÉRICA MÓVIL SAC

Nombre: Esteban Vilcahuaman Moscos  
 DNI: 41457703  
 Cargo: OpM Claro

Contratista: Desysweb SAC

Nombre: Guillermo A. Fernández  
 DNI: 43665670  
 Cargo: Ingeniero de Campo  
 RPC: 994954487

## Anexo 2

### Acta de instalación de equipos en la unidad minera San Rafael



AMERICA MÓVIL PERU S.A.C., RUC 20467534026  
Av. Nicolás Arriola N° 480 Urb. Santa Catalina - La Victoria

**ACTA DE INSTALACIÓN**

N° **0030304**

Proyecto N° 3677994

N° SOT 20785262

CID 4117805

POP Site SAN RAFAEL

**I. INFORMACIÓN DEL CLIENTE:**

Razón Social MINIUC S.A. - MINA SAN RAFAEL R.U.C. \_\_\_\_\_

Dirección PENDIENTE - FIDDA Nevado Huancabari - ANTAUTA - PUNO Teléfonos \_\_\_\_\_

Responsable Administrativo / Técnico \_\_\_\_\_

**II. CONDICIONES GENERALES DEL SITIO**

Revisar estándares técnicos y condiciones mínimas de operación establecidas en la Descripción Técnica del Servicio y Requerimientos de Instalación del Contrato

	SI	NO		SI	NO
Cuenta con UPS	✓		Fácil acceso a Equipos	✓	
Cuenta con sistema de aire acondicionado	✓		Ambiente cerrado (libre de polvo)	✓	
Cuenta con sistema de puesta a tierra	✓		Iluminación OK	✓	

**III. SERVICIO REALIZADO**

Instalación de Equipos  Cambio de Equipos  Retiro de Equipos  Instalación de Cableado  Otros

Detalle del Servicio: RPV - RVL Acceso 6 Mbps

**VI. INFORMACIÓN TÉCNICA**

3.1 Tipo de Servicio: IP DATA  RPV  INTERNET  TELEFONIA  DIP  IPL  ATM  LPL  OTRO

Detalle del Servicio: RPV - RVL Acceso 6 Mbps

3.2 Datos de Acceso: N° CID 4117805 POP / NODO Site SAN RAFAEL

Acceso CU  FO MM  FO SM  Chasis de Media Converter / Slot \_\_\_\_\_ Equipo de Acceso / Puerto PLSR SAN RAFAEL 6096/5

Detalle \_\_\_\_\_

3.3 Datos de los Equipos y Accesorios

Cant.	Descriptivo	Numero de Serie	POP (P) Cliente(C)
01	Router Cisco C889/49 10/100 Ethernet	FK 164584 DS	C
01	Radio NTE HoloLink 100E 1DU	25771	C
01	Antena U3 4P 2364Z Single PBI	100823724-075	C
01	Radio NTE Radio Link 1DU 1HG 2364Z 6 LOW	39718	C
01	10mts de cable IF RG8	-	C
01	12mts de cable tierra	-	C
01	bandeja metálica ventilada	-	C
01	conversor AC/DC + Breaker	-	C
01	conector coaxial IF BNC tipo 6	-	C
01	conector coaxial IF BNC RG8	-	C
01	soporte para antena de 3" de espesor	-	C
01	soporte PDB para conversor	-	C

**V. ESTADO DEL TRABAJO:**

Pendiente  Finalizado  Fecha 26/06/2016

Observaciones \_\_\_\_\_

El cliente da conformidad de haber leído las condiciones mínimas de operación del sitio del cliente establecidas en el contrato y se responsabiliza si alguna condición general no es cumplida

[Firma]

CLIENTE

Nombre Mg. Gustavo A. Larrea Vekima  
ADMINISTRADOR T I

DNI 09639469

[Firma]

CLARO

Nombre Hurt Bedoya Brandanor

DNI 71521607

SERVICIO GRATUITO DE HELPDESK Y SOPORTE AL CLIENTE: Lima 0800-00911 (6102273) Provincia 0800-00911

CLARO

### Anexo 3

## Acta de servicio de equipos en la unidad minera San Rafael



AMERICA MOVIL PERU S.A.C., RUC 20467534026  
Av. Nicolás Arriola N° 480 Urb. Santa Catalina - La Victoria

**ACTA DE SERVICIO**  
N° **0066697**  
Proyecto N° 3074997  
N° SOT 2098262  
CID 4117305  
POP 57° JAN 1999

**I. INFORMACIÓN DEL CLIENTE:**

Razón Social MINSUR S.A - MINA SAN RAFAEL R.U.C.   
 Dirección Pendiente Ejidos Nevado Ojunañani - Antauta - Puno  
 Telefonos  Fax   
 Coordinador Administrativo  E-Mail   
 Responsable Técnico

**II. SERVICIO REALIZADO**

2.1 Tipo de Servicio: IP DATA  RPV  INTERNET  TELEFONIA  DIP  IPL  ATM  LPL  OTRO   
 Detalle del Servicio: RPV - RVAL Acceso 6 Mbps

**III. INFORMACIÓN TÉCNICA**

3.1 Servicio de Datos

IP WAN	MÁSCARA	IP LAN	MÁSCARA	D.A	NOMBRE DOMINIO	DNS PRIMARIO	DNS SECUNDARIO
<u>12.116.35.142</u>	<u>/30</u>	<u>192.168.254.29</u>	<u>/29</u>			<u>200.24.191.12</u>	<u>200.62.191.12</u>
						<u>200.24.191.11</u>	<u>200.62.191.11</u>

Otros Servicios (detalle): Loop - 12.233.12.15

3.2 Servicio de Telefonía Línea digital ISDN PRI /BRI  Línea Analógica POTS  Línea analógica TUPs  Hunting SI  NO

**IV. EVALUACIÓN DE TRABAJO REALIZADO**

	SI	NO	HORA	NOMBRE
4.1 La Contratista llegó puntualmente a la cita establecida	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4.2 La Contratista saludó y se identificó correctamente	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4.3 La Contratista llegó correctamente uniformada y limpia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4.4 La Contratista realizó sus trabajos adecuadamente y con limpieza	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4.5 La Contratista demostró tener conocimiento del trabajo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

5.6 ¿Como evaluaría la calidad del servicio recibido?  
 A.  Excelente    B.  Bueno    C.  Regular    D.  Malo

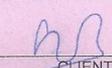
Hora de Llegada 08:00 hrs  
 Hora de Salida 18:00 hrs

Comentarios del Cliente

**V. ESTADO DEL TRABAJO**

Finalizado  Pendiente  Fecha 26/06/2016

Observaciones Se realizó pruebas de saturación y conectividad de Ancho de Banda  
Se midió voltaje con multímetro SANWA con s/n: 11095026750 en voltaje 223.5V  
servicio OK

**CLIENTE**  
Ing. Gustavo A. Lama Valdivia  
ADMINISTRADOR T1

Nombre   
DNI 09639469

**CLARO**

Nombre Karl Bedoya Brandacher  
DNI 71507607

SERVICIO GRATUITO DE HELPDESK Y SOPORTE AL CLIENTE: Lima 0800-00911 [6102273] Provincia 0800-00911

CLARO

20100100 - P03 - F01 A08 de Servicio

## Anexo 4

### Acta de constitución del proyecto

<b>Acta de constitución del proyecto</b>	
Este proyecto consiste en el diseño e implementación de un enlace de microondas sobre la red MPLS–VPN de fibra óptica de claro para un servicio corporativo para la unidad minera San Rafael Minsur	
<b>Componentes</b>	<b>Descripción</b>
<b>Título del proyecto</b>	Diseño e implementación de un enlace de microondas sobre la red MPLS–VPN de fibra óptica de Claro para un servicio corporativo para la unidad minera San Rafael Minsur.
<b>Director del proyecto</b>	Kurt Helmuth Bedoya Brandacher
<b>Patrocinador del proyecto</b>	Unidad Minera San Rafael Minsur
<b>Justificación del proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La industria de las comunicaciones ha sido testigo de importantes avances tecnológicos en lo que respecta a la infraestructura de comunicaciones de voz en los últimos 25 años. El primer cambio se produjo con el paso de sistemas predominantemente analógicos a sistemas digitales y el segundo, con origen a finales de los 90 y que aún a la fecha de hoy está cobrando intensidad, con el paso a la telefonía IP.</li> </ul>
<b>Objetivos del proyecto y criterios de medición de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar e implementar un enlace de microondas sobre la red MPLS–VPN de fibra óptica de Claro para un servicio corporativo para la unidad minera San Rafael Minsur</li> <li>• Aceptación y conformidad de los trabajos a través del acta de aceptación.</li> </ul>
<b>Requerimientos principales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de radioenlace maestro – esclavo (high – low) IDU Y ODU iPASOLINK NEC 100E</li> <li>• Equipo de transmisión a la red MPLS (red troncal)</li> </ul>

	<p>HUAWEI OptiX RTN serie 900</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de Gestión y conectividad a la red MPLS (red troncal) Cisco Router serie 1921</li> <li>• Equipo de gestión y conectividad a la red de Minsur Cisco Router serie 881</li> <li>• Plataforma de mapeo topográfico para ubicación y perfil del proyecto Google Earth</li> <li>• Plataforma de simulación grafica para la planificación de enlaces RF Link Planner.</li> </ul>
<b>Supuestos y restricciones</b>	Requerimientos de los ingenieros y técnicos en óptimas condiciones físicas y mentalmente para el trabajo.
<b>Riesgos principales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de materiales para la instalación de la red MPLS.</li> <li>• Falta de facilidades para la instalación debido a la zona y clima que afecta a los Ingenieros y técnicos.</li> </ul>
<b>Hitos principales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de equipos en la torre.</li> <li>• Descripción del cableado realizado en la torre y en los gabinetes.</li> <li>• La energización de los equipos en el gabinete.</li> <li>• Conexión a los equipos de accesos del SITE.</li> </ul>
<b>Presupuesto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrato privado</li> </ul>
<b>Requerimientos de aprobación del proyecto</b>	Firma del acta de aprobación y aceptación del proyecto

## Anexo 5

## Cronograma del proyecto

N°	Actividades	Meses/ Semanas															
		Abril				Mayo				Junio				Julio			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Investigar respecto a diferentes trabajos presentados en otras universidades.	X	X	X	X												
2	Identificar el problema a solucionar					X	X										
3	Definir el circuito a implementar							X									
4	Aprobación del proyecto								X								
5	Capacitación del personal encargado de instalar la red									X	X						
6	Adquisición de los materiales a implementar										X						
7	Elaboración de la estructura metálica									X	X						
8	Instalación e implementación											X	X	X			
9	Definición de la ubicación de los componentes												X	X			
10	Colocación y ajuste de los componentes													X			
11	Prueba del funcionamiento															X	
12	Presentación final de la red y de los entregables															X	

## Anexo 6

### Plan de gestión del enlace

Plan de gestión del alcance	
Nombre del proyecto	Diseño e implementación de un enlace de microondas sobre la red MPLS–VPN de fibra óptica de claro para un servicio corporativo para la Unidad minera San Rafael Minsur.
Preparado por	Kurt Helmuth Bedoya Brandacher
Fecha	30 de junio del 2016
<p>1. El alcance del proyecto será administrada por la empresa América Móvil y ejecutada por la empresa de servicios DESYSWEB SAC, el cual será recepcionada por la empresa San Rafael Minsur en perfecto estado de funcionamiento.</p>	
<p>2. Los cambios del proyecto deben ser evaluados y aceptados por la empresa San Rafael Minsur con el consentimiento de América Móvil. Así mismo la revisión de los cambios tienen que estar de acuerdo al plan de ejecución con la empresa ejecutora</p>	
<p>3. Felizmente no ha habido cambio alguno durante la ejecución del proyecto ya que este trabajo ha sido aprobado por el gerente técnico de ambas empresas.</p>	
<p>4. Durante todo el desarrollo del proyecto no ha habido cambio alguno desde que se inició la obra ha sido supervisada por la Empresa América Móvil y la Empresa San Rafael Minsur, y los Ingenieros y técnicos de la empresa que ejecuta los servicios. DESYSWEB SAC.</p>	
<p>5. Comentarios adicionales: Durante el desarrollo del proyecto no se ha presentado inconveniente alguno el cual tanto las empresas como la ejecutora han quedado en buenos términos de aceptación y conformidad de la obra hasta el día de hoy.</p>	

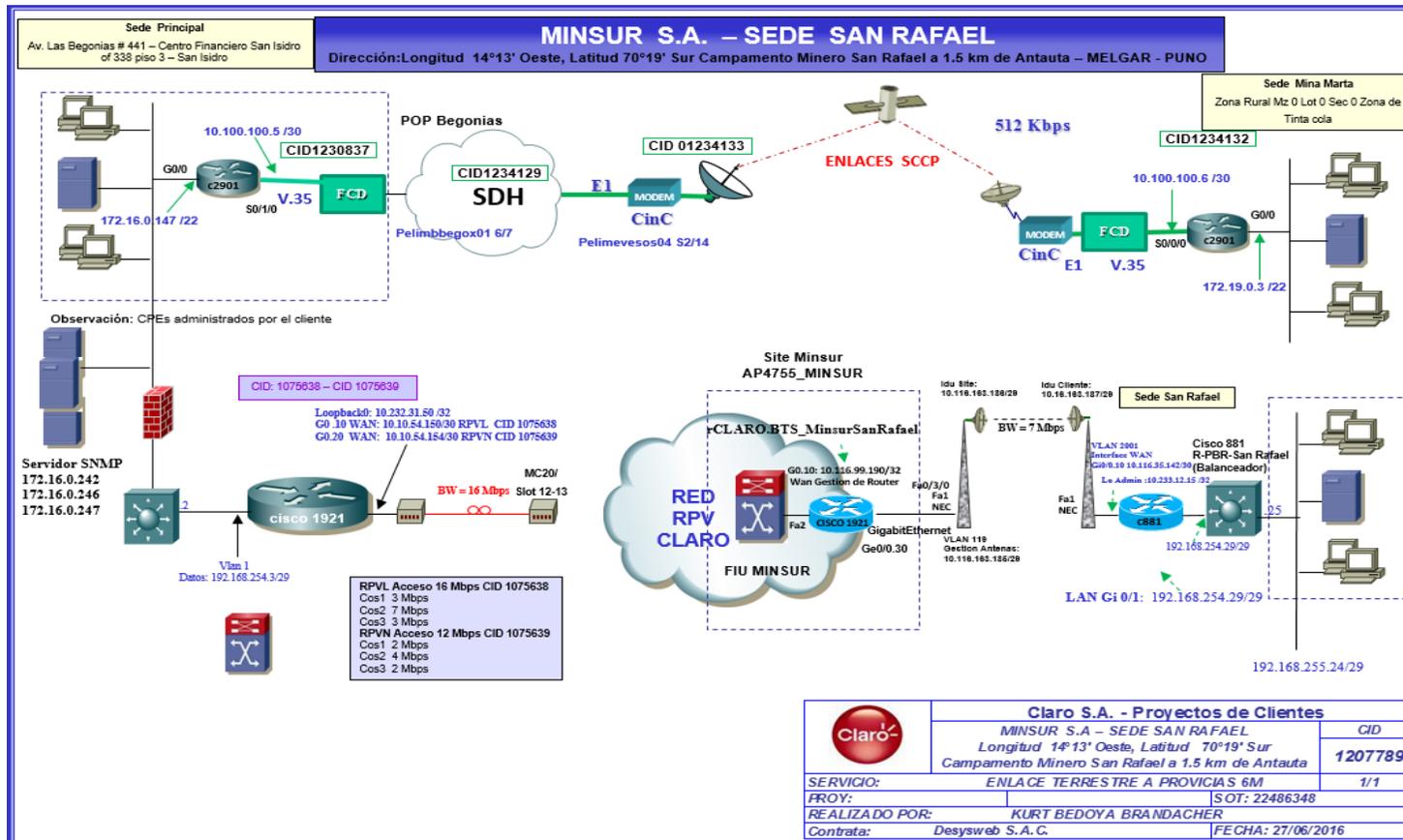
**Anexo 7**  
**Costos directos del proyecto**

Presupuesto actualizado de los materiales del proyecto de implementación de un enlace de microondas sobre la red MPLS-VPN de fibra óptica de claro para un servicio corporativo para la unidad minera San Rafael-Minsur.			
<b>Equipos y Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unidad</b>	<b>Valor total</b>
Cable patch core Utp cat 5e	18 m	S/. 0.80	S/. 14.40
Conectores Rj 45 cat 5e	20	S/. 1.50	S/. 30.00
Cable IF Rg 63B/U	125 m	S/. 2.50	S/. 312.50
Conector coaxial IF BNC tipo L RGC8	2	S/. 5.00	S/. 10.00
Conector coaxial IF BNC RGC8	2	S/. 5.00	S/. 10.00
Cables eléctricos (rojo negro amarillo)	4.5 m	S/. 0.30	S/. 1.35
Cable de tierra	60 m	S/. 0.30	S/. 18.00
Terminales eléctricos	12	S/. 0.20	S/. 2.40
Llave termomagnetica	3	S/. 15.00	S/. 45.00
Convertor AC/DC	1	S/. 45.00	S/. 45.00
Equipo de Radiofrecuencia NEC IPASOLINK IDU	2	S/. 1800	S/. 3 600.00
Equipo de Radiofrecuencia NEC IPASOLINK ODU	2	S/. 3600	S/. 7 200.00
Antena 0.3 HP 23GHz	2	S/. 1200	S/. 2 400.00
Soporte para antena de 3" de espesor	2	S/. 300	S/. 600.00
Router cisco 2901/k9	1	S/. 2300	S/. 2 300.00
Router cisco 881/k9	1	S/. 1500	S/. 1 500.00
Tarjeta ciscoEHWIC-4ESG 4 puertos 10/100	1	S/. 700	S/. 700.00
Bandeja metálica ventilada 14x1URx14	1	S/. 120	S/. 120.00
Soporte PDB para convertor y breaker	1	S/. 230	S/. 230.00
Materiales consumibles	1	S/. 120	S/. 120.00
<b>Subtotal</b>			<b>S/. 19 258.65</b>
<b>Costos operacionales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unidad</b>	<b>Valor total</b>
Alimentación para 3 personas x 7 días	3	S/. 18.00	S/. 378.00
Transporte ida y vuelta para 2 personales de Lima	2	S/. 320.00	S/. 640.00
Transporte ida y vuelta para personal de Arequipa	1	S/. 130.00	S/. 130.00
Hospedaje por 1 día en Juliaca	3	S/. 50.00	S/. 150.00
Alquiler de camioneta x 3 días + combustible	1	S/. 432.00	S/.1 296.00
Alquiler de herramientas	1	S/. 120.00	S/. 120.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/. 21 972.65</b>



Anexo 8

Gráfica de la red troncal del servicio de la unidad minera San Rafael Minsur



	<b>Claro S.A. - Proyectos de Clientes</b>	
	MINSUR S.A – SEDE SAN RAFAEL Longitud 14° 13' Oeste, Latitud 70°19' Sur Campamento Minero San Rafael a 1.5 km de Antauta	CID <b>1207789</b>
SERVICIO:	ENLACE TERRESTRE A PROVINCIAS 6M	1/1
PROY:	SOT: 22486348	
REALIZADO POR:	KURT BEDOYA BRANDACHER	
Contrata:	Desysweb S.A.C.	FECHA: 27/06/2016

## Anexo 9

## Especificaciones del equipo Huawei optix RTN serie 900

Especificaciones	RTN905	<b><u>RTN950</u></b>	RTN950A	RTN980
Frecuencias	6/7/8/10/10,5/11/13/15/18/23/26/28/32/38/42 GHz			
Espaciamiento entre canales	3,5/7/14/28/40/50/56 MHz			
Direcciones de RF	1 U/2 RF	<b><u>2 U/6 RF</u></b>	2 U/6 RF	5 U/14 RF
Capacidad de conmutación	8 Gbit/s	<b><u>10 Gbit/s</u></b>	10 Gbit/s	22 Gbit/s
Capacidad de interconexión	Máximo de 4 x 4 VC-4	<b><u>32 x 32 VC-4</u></b>	32 x 32 VC-4	128 x 128 VC4
IEEE1588v2	Ok	<b><u>Ok</u></b>	Ok	Ok
Entorno	Temperatura: IDU de -5 °C a +60 °C; ODU de -35 °C a +55 °C Humedad relativa: IDU de 5 % a 95 %; ODU de 5 % a 100 %			
Fuente de alimentación	-38,4 V a -57,6 V			
Peso de la IDU	2,7 kg	<b><u>5,4 kg</u></b>	5,4 kg	15,4 kg

## Anexo 10

## Especificaciones del equipo Cisco 1921

Especificaciones	Cisco 1921 Integrated Services Router
RJ-45 a bordo de LAN / WAN puertos 10/100/1000	2
Ranuras EHWIC	2
Memoria (DDR2 DRAM): por defecto y / o máxima	512 MB / 512 MB
Memoria flash USB (interno): por defecto y / o máxima	256 MB / 256 MB
Ranuras de memoria flash USB externa	1
Puerto de consola USB (mini-Tipo B) (hasta 115,2 kbps)	1
Puerto de consola serie (hasta 115,2 kbps)	1
Puerto auxiliar en serie (hasta 115,2 kbps)	1
Fuente de alimentación integrada	modelos de fuente de alimentación de CA y CC
Opciones de fuente de alimentación	POE (externa) - sólo en los modelos AC
Voltaje de entrada AC	100-240V ~
Frecuencia de entrada de CA	47-63 Hz
Entrada de CA fuente de alimentación rango de corriente alterna (máximo) (amperios)	1,5-0,6
Entrada de alimentación DC	32-60 VDC, 4A, positivo o negativo, una sola fuente
Protección contra la sobretensión	20A máximo
Dimensiones (H x W x D)	1, 75 x 13.5 x 11.5 pulg. (4,45 x 34,29 x 29,21 cm)
Peso: Con fuente de alimentación de CA (sin módulos)	6.75 lb
Temperatura	-40 A 158 ° F (-40 a 70 ° C)
Humedad	5 a 95% RH
Altitud	15.000 pies (4,570m)

## Anexo 11

## Especificaciones del equipo IPASOLINK NEC 100E

		iPASOLINK 200	iPASOLINK 400	iPASOLINK 1000
Frecuencia		6/7/8/9/10/11/13/15/18/23/26/28/32/38/42/52 GHz		
Modulación y AMR rango de modulación		QPSK/16/32/64/128/256 QAM	QPSK/16/32/64/128/256/512/1024/2048 QAM	
Interfaces	Basic	16xE1+2xFE+2xGbE		2xFE+2xGbE
	adicionales	16xE1 card chSTM-1/STM – 1 card MSE card (16xE1 PWE)	16xE1 card chSTM-1/STM – 1 card 4xGbE card MSE card (64xE1 PWE) CWDM card ( for iPASOLINK 1000) IEEE 1588v2 PTP card	
Capacidad de paquetes Switching		20 Gbps	40/32 Gbps	48 Gbps
Protección de radio		HS/HS, HS/SD, FD		
resistencia	Paquetes	RSTP, MSTP, ERPS	RSTP, MSTP, ERPS MPLS 1+1/Facility Protection PWE Redundancy	
	TDM	E1 SNCP with Radio Ring		
Ethernet QAM		IEEE 802.1ag Service QAM and ITU-T Y.1731 PM		
Temperatura Ambiente		IDU: -5 a +50 °C ODU: -35 a +50°C		
Power Line Voltaje		-48VDC (-40.5 a -57 VDC)		
Consumo De Energía	ODU	30W (6 – 11G), 23W(13 – 42G)/ 1+0		
	IDU	45 W	50(1+0)/65W(1+1)	90(1+0)/110(1+1)
Dimensión y Peso	ODU	6-8 GHz: 237 (W) x 237 (H) x 101 (D) mm, 3.5 kg aprox. 10 – 38 GHz: 239 (W) x 247 (H) x 68 (D) mm, 3.0 kg aprox.		
	Antena	3 – 15 GHz: 46 (D) m, 6,5 kg / 15 – 32 GHz: 28 (D) m, 4.5 kg		
	IDU	482 (W) x 44 (H) x 240 (D) mm, 3 kg aprox.	482 (W) x 44 (H) x 240 (D) mm, 3 kg aprox.	482 (W) x 132 (H) x 240 (D) mm, 6 kg aprox.

## Anexo 12

## Características eléctricas del cable IF RG6 (Datashet del proveedor)

## Electrical Specifications

Description	Minimum	Typical	Maximum	Units
Frequency Range	DC		2,0000	MHz
Impedance		75		Ohms
Velocity of Propagation		66		%
Conector Attenuation	6			dB
Operating Voltage (DC)			2,700	Vdc
Nominal Capacitance		20.6 [67.59]		pF/ft [pF/m]

## Performance by Frequency Band

Description	F1	F2	F3	F4	F5	Units
Frequency	10	100	1,000	10,000	20,000	MHz
Attenuation, Typ	0.08	1.9	3	5.2	8.6	dB/100ft
	0.26	2.51	6.09	9.01	12.9	dB/100m

## Anexo 13

## Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	DIAS									
	Domingo 19	Lunes 20	Martes 21	Miércoles 22	Jueves 23	Viernes 24	Sábado 25	Domingo 26	Lunes 27	Martes 28
Llegada al campamento SAN RAFAEL	X									
inducción en SSO		X	X							
instalación y configuración de equipos (incluye trabajos en obras civiles)				X	X	X				
Corte del servicio por implementación						X	X			
Mantenimiento de los pozos a tierra								X	X	X

## Anexo 14

### Configuración Router SITE

```
rGestion_SITE.AP4755_MINSUR#show running-config
Building configuration...
Current configuration : 3993 bytes
  Last configuration change at 17:09:31 UTC Sun Jun 26 2016 by E701178
version 15.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname rGestion_SITE.AP4755_MINSUR
boot-start-marker
boot-end-marker
logging buffered 9000
no logging console
enable secret 4 qGCqaHEUm1sLDOWpPkUb0Fpnn8q.dNRUKa8XYfff7gg
aaa new-model
aaa authentication login default group tacacs+ enable
aaa authentication enable default group tacacs+ enable
aaa authorization commands 1 default group tacacs+ none
aaa authorization commands 15 default group tacacs+ none
aaa accounting exec default start-stop group tacacs+
aaa accounting commands 1 default start-stop group tacacs+
aaa accounting commands 15 default start-stop group tacacs+
aaa accounting network default start-stop group tacacs+
aaa accounting connection default start-stop group tacacs+
aaa session-id common
no ip bootp server
no ip domain lookup
ip cef
no ipv6 cef
multilink bundle-name authenticated
cts logging verbose
license udi pid CISCO1921DC/K9 sn FGL195223HW
vtp mode transparent
```

```
redundancy
vlan 119
  name Gestion_ANTENAS
vlan 1363
  name vlan_SERVICIO_DIP_MINSUR
vlan 2051
  name CID4117805_SERVICIO_INTERNET_MIN
vlan 2186
  name Gestion_Router
bridge irb
interface Embedded-Service-Engine0/0
  no ip address
  shutdown
interface GigabitEthernet0/0
  description Interface WAN hacia F3 OPTIX RTN950
  no ip address
  no ip redirects
  no ip unreachable
  no ip proxy-arp
  load-interval 30
  duplex full
  speed 100
interface GigabitEthernet0/0.10
  description ENLACE WAN Gestion::AP4755_MINSUR
  encapsulation dot1Q 2186
  ip address 10.116.99.190 255.255.255.252
  no ip redirects
  no ip proxy-arp
interface GigabitEthernet0/0.20
  description ENLACE WAN:: BRIDGE INTERNET CID4117805 MinsurSanRafael
  encapsulation dot1Q 2051
  no ip redirects
  no ip proxy-arp
  bridge-group 2
interface GigabitEthernet0/0.30
  description ENLACE WAN::BRIDGE DIP 6MBPS CID1207778 MinsurSanRafael
  encapsulation dot1Q 1363
```

```
no ip redirects
no ip proxy-arp
bridge-group 3
interface GigabitEthernet0/1
no ip address
shutdown
duplex auto
speed auto
interface GigabitEthernet0/0/0
description Interface LAN hacia Cliente::MINSUR_SAN RAFAEL CID:4117805
switchport mode trunk
no ip address
load-interval 30
duplex full
speed 100
interface GigabitEthernet0/0/1
no ip address
interface GigabitEthernet0/0/2
no ip address
interface GigabitEthernet0/0/3
no ip address
interface Vlan1
no ip address
interface Vlan119
description Interface LAN::GESTION ANTENAS
ip address 10.116.163.185 255.255.255.248
no ip redirects
no ip proxy-arp
load-interval 30
interface Vlan1363
description Interface LAN (MODO BRIDGE):: DIP 7MBPS CID1207788
no ip address
no ip redirects
no ip proxy-arp
load-interval 30
bridge-group 3
interface Vlan2051
```

```
description Interface LAN (MODO BRIDGE):: INTERNET 2MBPS CID4117805
no ip address
no ip redirects
no ip proxy-arp
load-interval 30
bridge-group 2
interface BVI2
no ip address
  interface BVI3
no ip address
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.116.99.189
ip tacacs source-interface GigabitEthernet0/0.10
logging source-interface GigabitEthernet0/0.10
logging host 172.19.216.47
tacacs-server host 10.192.17.27
tacacs-server directed-request
tacacs-server key 7 142713051601382025252333351200130D
control-plane
bridge 2 protocol ieee
bridge 2 route ip
bridge 3 protocol ieee
bridge 3 route ip
line con 0
  password 7 14211B1F0D42243E2B3E327A
line aux 0
line 2
  no activation-character
  no exec
  transport preferred none
  transport output pad telnet rlogin lapb-ta mop udptn v120 ssh
  stopbits 1
line vty 0 4
  session-timeout 10 output
  password 7 00321A12051D051300374D01
```

```
transport input all
transport output all
scheduler allocate 20000 1000
end
```

## Anexo 15

### Configuración router cliente

```
Minsur.San_Rafael#sh run
Building configuration...
Current configuration : 5027 bytes
version 15.0
no service pad
service timestamps debug datetime localtime
service timestamps log datetime localtime
service password-encryption
hostname rMinsur.San_Rafael
Boot-start-marker
boot-end-marker
logging buffered 9000
enable secret 5 $1$yIIX$l.TDb37Wf.4ySX2KrJNu0
aaa new-model
aaa authentication login default group tacacs+ enable
aaa authentication enable default group tacacs+ enable
aaa authorization commands 1 default group tacacs+ none
aaa authorization commands 15 default group tacacs+ none
aaa accounting exec default
  action-type start-stop
  group tacacs+
aaa accounting commands 1 default
  action-type start-stop
  group tacacs+
aaa accounting commands 15 default
  action-type start-stop
  group tacacs+
aaa accounting network default
  action-type start-stop
  group tacacs+
aaa accounting connection default
  action-type start-stop
```

```
group tacacs+
aaa session-id common
memory-size iomem 10
clock timezone GMT -5
no ipv6 cef
ip source-route
ip cef
multilink bundle-name authenticated
voice-card 0
license udi pid CISCO881/K9 sn FTX164584DS
hw-module pvdm 0/0
redundancy
class-map match-any qos5
  match ip dscp cs5
class-map match-any qos1
  match ip dscp cs1
class-map match-any qos2
  match ip dscp cs2
class-map match-any P2
  match ip dscp cs2
  match access-group name qos2
class-map match-any P5
  match ip dscp cs5
  match access-group name qos5
policy-map SetDscpLan
  class P5
    set ip dscp cs5
  class P2
    set ip dscp cs2
  class class-default
    set ip dscp cs1
policy-map wanN
  class qos5
    priority 1536
    police 1536000 288000 576000 conform-action transmit exceed-action drop
  violate-action drop
  class qos2
```

```
    bandwidth 3072
    police 3072000 576000 1152000 conform-action transmit exceed-action
set-dscp-transmit cs1 violate-action set-dscp-transmit 8
class qos1
    bandwidth 1536
class class-default
    fair-queue
policy-map Shape6144
class class-default
    shape average 6145000
    service-policy wanN
interface Loopback0
description Interface de Administracion
ip address 10.233.12.15 255.255.255.255
interface FastEthernet0
no ip address
interface FastEthernet1
no ip address
interface FastEthernet2
no ip address
interface FastEthernet3
no ip address
interface FastEthernet4
description DIP-7Mbps >> Enlace WAN CID4117805 MinsurSanRafael
no ip address
ip flow ingress
ip flow egress
load-interval 30
duplex full
speed 100
interface FastEthernet4.10
description DIP-6Mbps >> Enlace WAN Minsur CID4117805 MinsurSanRafael
encapsulation dot1Q 1363
ip address 10.116.35.142 255.255.255.252
ip flow ingress
ip flow egress
service-policy output Shape6144
```

```
interface Vlan1
description LAN MINSUR S.A - MinsurSanRafael
ip address 192.168.254.29 255.255.255.248
no ip redirects
no ip proxy-arp
ip flow ingress
ip flow egress
load-interval 30
duplex full
speed 1000
service-policy input SetDscpLan
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip flow-cache timeout active 1
ip flow-export source interface Vlan1
ip flow-export version 9
ip flow-export destination 172.16.0.247 9995
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.116.35.141 name PE_CLARO
ip route 172.20.0.0 255.255.252.0 192.168.254.28 name Vlan-10-DATA-VIA-SWCORE
ip route 192.168.25.0 255.255.255.0 192.168.254.28 name Vlan-20-VOZ-VIA-SWCORE
ip route 192.168.64.0 255.255.255.0 192.168.254.28 name Vlan-40-GUEST-VIA-
SWCORE
ip route 192.168.150.0 255.255.255.0 192.168.254.28 name Vlan-100-ADM-VIA-SWCORE
ip route 192.168.255.24 255.255.255.248 192.168.254.28 name Red-Compresor
ip tacacs source-interface Loopback0
ip access-list extended qos2
permit ip host 172.20.0.25 any
permit ip host 172.20.0.26 any
permit ip any host 10.251.0.63
permit ip any host 172.16.0.5
permit ip any host 172.16.0.242
permit ip any host 172.16.0.246
permit ip any host 172.16.0.247
permit ip any host 172.16.0.159
permit ip any host 172.16.0.143
ip access-list extended qos5
```

```
permit ip host 172.20.0.20 any
permit ip 192.168.25.0 0.0.0.255 any
permit ip any 192.168.21.0 0.0.0.255
permit ip any host 172.16.0.26
logging source-interface Loopback0
logging 172.19.216.47
snmp-server community dmsnmprw RW
snmp-server enable traps snmp authentication
snmp-server enable traps tty
snmp-server enable traps envmon
snmp-server enable traps flash insertion removal
snmp-server enable traps cnpd
snmp-server enable traps config
snmp-server enable traps cpu threshold
snmp-server enable traps syslog
snmp-server host 172.16.0.242 version 2c dmsnmprw
snmp-server host 172.16.0.246 version 2c dmsnmprw
snmp-server host 172.16.0.247 version 2c dmsnmprw
tacacs-server host 172.19.216.47
tacacs-server key 7 053B07013B495C02180807141C0D032F25
control-plane
gatekeeper
shutdown
  line con 0
password 7 063006354D08070C0A011344
line aux 0
line vty 0 4
  session-timeout 10 output
  password 7 02300D4F0A40013443580856
scheduler allocate 20000 1000
end
```