



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE PARA LA TRANSMISIÓN DE
DATOS Y SERVICIOS DESDE BLOQUE 61 A LAS OFICINAS EN QUITO
DE LA EMPRESA SHAYA ECUADOR S.A.



AUTOR

Washington Xavier Quinga Alba

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS
Y SERVICIOS DESDE BLOQUE 61 A LAS OFICINAS EN QUITO DE LA
EMPRESA SHAYA ECUADOR S.A.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Redes y
Telecomunicaciones.

Profesor guía

Mgt. Ricardo Xavier Ubilla González

Autor

Washington Xavier Quinga Alba

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Ricardo Xavier Ubilla González
Magister en Telecomunicaciones
C.I. 0917565640

DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Carlos Marcelo Molina Colcha

Magister en Gestión de las Comunicaciones y Tecnologías de la Información

C.I. 1709624215

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

Washington Xavier Quinga Alba
C.I. 1716606981

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera infinita a mis padres, que con su apoyo y amor incondicional he podido culminar otra etapa importante en mi vida. También quiero agradecer a Michelle por siempre estar incondicionalmente a mi lado. Finalmente agradezco a mis amigos de Teviasa Telecomunicaciones por su acogida y apoyo brindado en mi carrera universitaria.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres José & Marina, que siempre serán mi fuente de inspiración y superación en las facetas como ser humano y profesional.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad el diseñar una red convergente que permitirá transferir servicios entre las oficinas de la empresa Shaya Ecuador en la ciudad de Quito y el Bloque 61.

En el capítulo I, se hace referencia a los conceptos utilizados en redes de datos, teoría de radiofrecuencia, cálculos de radio enlaces, elementos básicos de cableado estructurado, infraestructura de red, fundamentos de routing & switching basados en tecnología de Cisco, QoS e incluye una revisión general del software Link Planner para el cálculo de perfiles radioeléctricos.

Posteriormente, en el capítulo II se desarrolló el diseño de la red a partir de una revisión general de la situación actual de la infraestructura de telecomunicaciones existente en el Bloque 61 y de los requerimientos de la empresa Shaya Ecuador. Con este precedente se realizaron los cálculos de los perfiles radioeléctricos, análisis de anchos de banda, diseños de las topologías física y lógica de la red. Adicionalmente, se describen las configuraciones en modo general para los equipos de red para cuando se realice su implementación.

En el capítulo III, se realizó un análisis de resultados determinando la factibilidad de los radios enlaces en base a diferentes parámetros calculados por el software de simulación y se establecieron las marcas-modelos de todos los equipos y accesorios que cumplen con todas las características definidas en el capítulo II.

Finalmente, en el capítulo IV se elaboró una cotización de los equipos y accesorios necesarios, con la finalidad de tener un presupuesto referencial del proyecto. Se adicionó también costos del servicio técnico especializado para la implementación, puesta en marcha y mantenimiento preventivo-correctivo de la red.

ABSTRACT

The present titling project aims to design a convergent network will allow transferring services of voice, data and applications between the offices of company in the city of Quito and the Bloque 61.

In the chapter I, reference was made to the concepts used in data networks, theory of radio frequency, calculations of radio links, elements basic of structured cabling, network's infrastructure, fundamentals of routing & switching based in Cisco's technology, QoS and include a general review of the software Link Planner for the calculation of profiles radio links.

Subsequently, in the chapter II a network's design was developed to starting of a general review of current situation of the infrastructure of telecommunications that exists in the Bloque 61 and requirements of the company Shaya Ecuador. With this precedent was made calculations of the radio profiles, bandwidth analysis, designs of topologies physical and logical of the network. In addition, the general mode configurations for equipment's network are described for when it is implemented.

In Chapter III, an analysis of results was made for determining the feasibility of the systems based on different parameters calculated by simulation software. All devices and accessories brands - models that comply with all characteristics defined in Chapter II were established.

Finally, in the chapter IV a quote of them equipment and accessories necessary was elaborated with the aim of having a referential budget of the project. It also added costs of specialized technical services for the implementation, put in place and maintenance preventive of the network.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	2
1.1. Fundamentos de redes.....	2
1.1.1. Modelo OSI	2
1.1.2. Modelo TCP/IP	2
1.1.3. Comparación entre el modelo OSI y TCP/IP	3
1.1.4. Redes de Área Local (LAN)	4
1.1.5. Redes de Área Extendida (WAN).....	4
1.1.6. Redes Virtuales de Área Local (VLAN)	5
1.1.7. Jerarquía de la red	7
1.1.8. Diseño de una red jerárquica	8
1.1.9. Redes convergentes	9
1.2. Fundamentos de radiofrecuencia	10
1.2.1. Ondas Electromagnéticas	10
1.2.2. Polarización de una onda electromagnética.....	11
1.2.3. Espectro electromagnético.....	11
1.2.4. Espectro radioeléctrico.....	12
1.2.5. Características de las ondas electromagnéticas	12
1.2.6. Aplicaciones de la radiofrecuencia.....	14
1.2.7. Sistemas de radiocomunicación VHF – UHF	14
1.2.8. Sistemas de radio enlaces	14
1.2.9. Redes inalámbricas.....	14
1.3. Fundamentos de radio enlaces	15
1.3.1. Propagación de Ondas electromagnéticas.....	15
1.3.2. Propiedades de ondas de radio	16
1.3.2.1. Difracción	16
1.3.2.2. Reflexión	16
1.3.2.3. Refracción.....	17
1.3.3. Zonas de Fresnel	18
1.3.4. Tipos de Radio enlaces.....	18
1.3.4.1. Enlaces PTP	18

1.3.4.2. Enlaces PMP	19
1.3.5. Estructura de un radio enlace	20
1.3.5.1. Equipos Indoor	20
1.3.5.2. Equipos Outdoor	20
1.3.6. Cableado	21
1.3.7. Antenas	22
1.3.8. Protector de transientes	23
1.3.9. Parámetros de diseño de un radio enlace	23
1.3.9.1. Presupuesto del enlace	23
1.3.9.2. Margen del sistema	24
1.3.9.3. Disponibilidad	24
1.3.10. Ventajas y desventajas de los radio enlaces	26
1.3.10.1. Ventajas	26
1.3.10.2. Desventajas	26
1.4. Sistema de cableado estructurado	27
1.4.1. Cableado vertical	27
1.4.2. Cableado horizontal	27
1.4.3. Cable de par trenzado	28
1.4.3.1. Cable UTP	28
1.4.3.2. Cable ScTP	29
1.4.3.3. Cable FTP	30
1.4.4. Categorías del cable de par trenzado	30
1.4.5. Sistema de tierra	31
1.4.5.1. TMGB	32
1.4.5.2. TGB	33
1.4.5.3. TBB	33
1.4.6. Racks y gabinetes	33
1.4.7. Normas de cableado estructurado	34
1.4.7.1. TIA/ EIA-568-A	34
1.4.7.2. TIA/EIA-568-B	34
1.4.7.3. TIA/EIA-569-A	35
1.4.7.4. TIA/EIA-606-A	35
1.4.7.5. TIA/EIA-607-A	35

1.5. Infraestructura de red	35
1.5.1. Switch.....	35
1.5.1.1. Switch de configuración fija.....	36
1.5.1.2. Switch de configuración modular	36
1.5.1.3. Switch de configuración apilable	37
1.5.2. Funcionamiento del switch	37
1.5.3. Router	38
1.5.3.1. Funcionamiento de un router	39
1.5.3.2. Mecanismos de reenvío de paquetes.....	40
1.6. Routing & Switching	40
1.6.1. Enrutamiento	40
1.6.1.1. Estático	40
1.6.1.2. Dinámico	42
1.6.1.2.1. EIGRP	42
1.6.1.2.2. OSPF	44
1.6.2. Direccionamiento de red IPv4	45
1.6.3. VLSM	45
1.6.4. Tipos de direcciones IPv4	46
1.6.5. Traducción de direcciones de red para IPv4	47
1.6.6. NAT	47
1.6.7. Seguridad de redes.....	48
1.6.7.1. SSH.....	48
1.6.7.2. Seguridad en la red.....	49
1.6.7.3. Desactivar puertos en desuso.....	49
1.6.7.4. Snooping de DCHP	49
1.6.7.5. Seguridad en el puerto	50
1.7. Calidad de Servicio	51
1.7.1. Definición	51
1.7.2. Parámetros de QoS.....	51
1.7.2.1. Ancho de banda	51
1.7.2.2. Retardo	52
1.7.2.3. Variación del retardo	52
1.7.2.4. Pérdida de paquetes	52

1.7.3. Modelos de QoS.....	52
1.7.3.1. Best-Effort	52
1.7.3.2. IntServ.....	52
1.7.3.3. Diffserv.....	53
1.7.4. Implementación de QoS.....	53
1.7.5. Requerimientos de QoS.....	53
1.8. Software de cálculo de radio enlaces	54
1.8.1. Link Planner	54
1.8.2. Características generales.....	54
1.8.3. Funcionamiento y parámetros principales.....	55
2. CAPÍTULO II. DISEÑO DE LA RED	57
2.1. Situación actual en el Bloque 61	57
2.2. Infraestructuras de telecomunicaciones del Bloque 61	62
2.2.1. Infraestructura de telecomunicaciones en Yuca Central	62
2.2.2. Infraestructura de telecomunicaciones en Auca Central	65
2.2.3. Infraestructura de telecomunicaciones en la estación Cononaco	69
2.3. Infraestructura del cerro Lumbaqui.....	73
2.4. Oficinas de Schlumberger en Quito	77
2.5. Conexión Quito-Oriente mediante red IP.....	78
2.6. Descripción de requerimientos de Shaya Ecuador.....	79
2.7. Cálculo de los radios enlaces.....	81
2.7.1. Cálculo del radio enlace Lumbaqui – Estación Auca Central	81
2.7.2. Cálculo del radio enlace Auca Central – Estación Cononaco ...	87
2.7.3. Cálculo del radio enlace Auca Central – Yuca Central.....	90
2.8. Análisis de tráfico de red	93
2.8.1. Análisis para la transmisión de datos	93
2.8.2. Descarga y navegación en internet.....	95
2.8.3. Correo electrónico	97
2.8.4. Transferencia de archivos al servidor FTP	98
2.8.5. Análisis para la transmisión de voz	99
2.8.5.1. Sistema de voz half-duplex MOTOTRBO (IP Site Connect)	99

2.8.5.2. Aplicación de geolocalización TRBOnet	101
2.8.6. Cálculo del ancho de banda total	103
2.9. Diseño de la topología de la Red.....	105
2.9.1. Diseño de la topología física de la red	105
2.9.1.1. Diseño de la red de backbone	105
2.9.1.2. Diseño de la red de acceso.....	109
2.9.1.3. Identificación de equipos de red	110
2.9.2. Diseño de la topología lógica de la red	112
2.9.2.1. Creación de VLANs.....	112
2.9.2.2. Creación de subredes y direccionamiento de red	113
2.9.2.3. Direccionamiento de red para Yuca Central	114
2.9.2.4. Direccionamiento de red para Auca Central	115
2.9.2.5. Direccionamiento de red para estación Cononaco.....	116
2.9.2.6. Direccionamiento de red en el cerro Lumbaqui.....	118
2.9.2.7. Direccionamiento de red en las oficinas de Quito	118
2.9.2.8. Direccionamiento de la red MOTOTRBO y TRBOnet	120
2.9.2.9. Direccionamiento de red Administrativa.....	121
2.9.2.10. Resumen del direccionamiento de red en cada sitio.....	123
2.9.3. Configuración de equipos de red.....	124
2.9.3.1. Configuración DHCP y Router On A Stick	124
2.9.3.2. Configuración de acceso remoto.....	125
2.9.3.3. Configuración de enrutamiento	126
2.9.3.4. Configuración de la seguridad de puertos.....	127
2.9.3.5. Configuración de NAT y acceso a internet.....	127
2.9.3.6. Configuración de QoS.....	128
3. CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	130
3.1. Factibilidad de los radios enlaces.....	130
3.1.1. Factibilidad del radio enlace Lumbaqui – Estación Auca Central.....	130
3.1.2. Factibilidad del radio enlace Estación Auca Central - Cononaco.....	133
3.1.3. Factibilidad del radio enlace Estación Auca Central – Yuca Central.....	135
3.1.4. Selección de la frecuencia de operación	137

3.1.5. Selección de los equipos para los enlaces radioeléctricos.....	138
3.1.5.1. Selección de radio microonda.....	139
3.1.5.2. Selección de antenas parabólicas.....	141
3.1.5.3. Resumen de equipos de radio enlaces por sitio	143
3.2. Selección de los equipos de Networking	143
3.2.1. Equipos para la red de core	143
3.2.2. Equipos para la red de acceso	147
3.3. Equipos para la autonomía de energía.....	149
3.3.1. Análisis de carga eléctrica generada.....	149
3.3.2. Equipos para el respaldo de energía.....	150
3.4. Selección del gabinete	154
4. CAPÍTULO IV. PROPUESTA ECONÓMICA	158
4.1. Resumen de equipos y accesorios por sitio	159
4.2. Listado de precios de los equipos, software y servicios.	163
4.3. Presupuesto para el servicio técnico	166
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	171
5.1. Conclusiones.....	171
5.2. Recomendaciones.....	172
REFERENCIAS.....	174
ANEXOS.....	187

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Las 7 capas del modelo OSI y sus funciones principales.....	2
<i>Figura 2.</i> Las 4 capas del modelo TCP/IP y sus funcionalidades.....	3
<i>Figura 3.</i> Redes LAN inalámbricas (a) y alámbricas (b).	4
<i>Figura 4.</i> Interconexión de redes LAN a través de una red WAN.....	5
<i>Figura 5.</i> Distintas VLAN dentro de un entorno LAN.....	5
<i>Figura 6.</i> Asignación de VLAN en los puertos de un switch Cisco 2960-48P.....	6
<i>Figura 7.</i> Capas de una red jerárquica empresarial.	8
<i>Figura 8.</i> Red jerárquica de núcleo contraído.....	9
<i>Figura 9.</i> Descripción grafica de una red convergente.	10
<i>Figura 10.</i> Componentes de una onda electromagnética.....	11
<i>Figura 11.</i> Espectro electromagnético de frecuencias.....	12
<i>Figura 12.</i> Rango de frecuencias del espectro radioeléctrico.....	12
<i>Figura 13.</i> Dimensionamiento de la longitud de onda.	13
<i>Figura 14.</i> Atenuación presente una onda electromagnética.	15
<i>Figura 15.</i> Difracción de una onda de radio	16
<i>Figura 16.</i> Reflexión de una onda de radio	17
<i>Figura 17.</i> Refracción de una onda de radio al atravesar un medio	17
<i>Figura 18.</i> Primera zona de Fresnel despejada.....	18
<i>Figura 19.</i> Radio enlace Punto a Punto (PTP).	19
<i>Figura 20.</i> Radio enlace Punto a Multipunto (PMP).	19
<i>Figura 21.</i> Equipo indoor rackeable marca MDS LEDR 900S.....	20
<i>Figura 22.</i> Equipos indoor con antena integrada (a) y conectorizado (b).	21
<i>Figura 23.</i> Cable coaxial RG8 de 50 ohmios.....	21
<i>Figura 24.</i> Cable tipo heliax de 1/2" de 50 ohmios.	22
<i>Figura 25.</i> Antena parabólica de 6 ft.	22
<i>Figura 26.</i> Protector de transientes Cambium Network.....	23
<i>Figura 27.</i> Diagrama de conexión del cableado vertical o de backbone.	27
<i>Figura 28.</i> Diagrama de conexión del cableado horizontal.....	28
<i>Figura 29.</i> Cable UTP cat. 6.....	29
<i>Figura 30.</i> Cable ScTP cat. 5e.	29
<i>Figura 31.</i> Cable de par trenzado FTP.....	30
<i>Figura 32.</i> Barra TMGB instalada en un cuarto de telecomunicaciones.....	32
<i>Figura 33.</i> Conductor 6 AWG para TBB.	33
<i>Figura 34.</i> Rack de telecomunicaciones abierto y cerrados.	34
<i>Figura 35.</i> Diversos modelos de switches marca Cisco.	35
<i>Figura 36.</i> Switch de configuración fija Cisco Catalyst 2960-CX Series.....	36
<i>Figura 37.</i> Switches Cisco de configuración modular.....	36
<i>Figura 38.</i> Switches Cisco de configuración apilable.	37
<i>Figura 39.</i> Tabla de direcciones MAC que genera un switch.	38
<i>Figura 40.</i> Router Cisco y sus distintos elementos de hardware.....	38
<i>Figura 41.</i> Operación de la Tabla de enrutamiento.	39

<i>Figura 42.</i> Resumen del funcionamiento del enrutamiento estático.	41
<i>Figura 43.</i> Adyacencia de vecinos EIGRP.	42
<i>Figura 44.</i> Configuración de EIGRP en un router Cisco.	43
<i>Figura 45.</i> Características de OSPF.	44
<i>Figura 46.</i> Segmentación de la red en porciones más pequeñas.	45
<i>Figura 47.</i> Subdivisión de subredes VLSM.	46
<i>Figura 48.</i> NAT implementado en el router de borde.	47
<i>Figura 49.</i> Configuración mediante CLI de SSH.	49
<i>Figura 50.</i> Configuración de snooping DHCP.	50
<i>Figura 51.</i> Ubicación geográfica en Google Earth y sus coordenadas.	55
<i>Figura 52.</i> Sección de la configuración de los parámetros del equipo.	55
<i>Figura 53.</i> Sección de configuración de cada punto geográfico en Link Planner.	56
<i>Figura 54.</i> Sección de la configuración de parámetros de rendimiento.	57
<i>Figura 55.</i> Límites del Bloque 61 y sus locaciones principales.	58
<i>Figura 56.</i> Red de radiocomunicación actual del Bloque 61.	59
<i>Figura 57.</i> Equipo portátil DGP8550 y móvil DGM8500 de marca Motorola. ...	59
<i>Figura 58.</i> Esquema del repetidor VHF en Yuca Central y Cononaco.	60
<i>Figura 59.</i> Estructura del repetidor analógico de Estación Auca Central	61
<i>Figura 60.</i> Coordenadas geográficas de la estación Yuca Central.	62
<i>Figura 61.</i> Torre de telecomunicaciones de la estación Yuca Central.	63
<i>Figura 62.</i> Caseta de telecomunicaciones de la estación Yuca Central.	64
<i>Figura 63.</i> Diagrama de torre de telecomunicaciones en Yuca Central.	65
<i>Figura 64.</i> Ubicación geográfica de la estación de Auca Central.	66
<i>Figura 65.</i> Torre de telecomunicaciones de la estación Auca Central.	66
<i>Figura 66.</i> Cuarto de equipos y gabinetes en el del Auca Central.	67
<i>Figura 67.</i> Diagrama de la torre de telecomunicaciones en Auca Central.	68
<i>Figura 68.</i> Coordenadas geográficas de la estación Cononaco.	69
<i>Figura 69.</i> Torre de telecomunicaciones de la estación Cononaco.	70
<i>Figura 70.</i> Caseta de telecomunicaciones en la estación Cononaco.	71
<i>Figura 71.</i> Esquema de la torre de telecomunicaciones en Cononaco.	72
<i>Figura 72.</i> Ubicación geográfica del cerro Lumbaqui.	73
<i>Figura 73.</i> Torre de telecomunicaciones ubicada en el cerro Lumbaqui.	74
<i>Figura 74.</i> Caseta y equipos en el cerro Lumbaqui.	75
<i>Figura 75.</i> Diagrama de la torre ubicada en el cerro Lumbaqui.	76
<i>Figura 76.</i> Ubicación geográfica de las oficinas de SLB en la ciudad de Quito.	77
<i>Figura 77.</i> Torre y caseta de telecomunicaciones en las oficinas de SLB.	77
<i>Figura 78.</i> Conexión de red entre Quito-Lumbaqui mediante un canal de datos.	78
<i>Figura 79.</i> Distancia existente entre las estaciones de entre LBQ y AUC.	82
<i>Figura 80.</i> Puntos de la red cargados en el software Link Planner.	82
<i>Figura 81.</i> Creación de un enlace PTP LB – AUC en Link Planner.	83
<i>Figura 82.</i> Sección para la configuración del radio enlace LBQ-AUC.	83
<i>Figura 83.</i> Configuración de los equipos para en enlace LBQ – AUC.	84
<i>Figura 84.</i> Configuración de cada punto del enlace LBQ –AUC.	85

<i>Figura 85.</i> Perfil radioeléctrico del enlace LBQ- AUC.....	86
<i>Figura 86.</i> Adicionando obstrucciones en el enlace LBQ-AUC.	86
<i>Figura 87.</i> Resumen del rendimiento del enlace LBQ-AUC.	87
<i>Figura 88.</i> Distancia existente entre las estaciones de AUC y CNCO.....	87
<i>Figura 89.</i> Configuración de los equipos para en enlace AUC-CNCO.	88
<i>Figura 90.</i> Configuración de cada punto del enlace AUC-CNCO.....	89
<i>Figura 91.</i> Perfil radioeléctrico del enlace AUC-CNCO.	89
<i>Figura 92.</i> Resumen del rendimiento del enlace LBQ-AUC.	90
<i>Figura 93.</i> Distancia existente entre las estaciones de AUC y YUC.....	91
<i>Figura 94.</i> Configuración de los equipos para en enlace AUC-YUC.	91
<i>Figura 95.</i> Configuración de cada punto del enlace AUC-YUC.....	92
<i>Figura 96.</i> Perfil radioeléctrico del enlace AUC-YUC.	93
<i>Figura 97.</i> Resumen del rendimiento del enlace AUC-YUC.....	93
<i>Figura 98.</i> Topología de Sistema MOTOTRBO con IP Site Connect.	100
<i>Figura 99.</i> Arquitectura de TRBOnet.	102
<i>Figura 100.</i> Interconexión con radio enlaces de las locaciones del Bloque 61.	106
<i>Figura 101.</i> Interconexión entre el Bloque 61 y el cerro Lumbaqui.	106
<i>Figura 102.</i> Interconexiones con radio enlaces en la zona oriental.....	107
<i>Figura 103.</i> Ubicación de routers de los diferentes puntos en la red de Oriente.	108
<i>Figura 104.</i> Conexión entre Quito-Oriente mediante el canal de datos.....	109
<i>Figura 105.</i> Integración de switches en cada punto de la red.	110
<i>Figura 106.</i> Nomenclatura para los equipos de red.....	111
<i>Figura 107.</i> Numero de host por departamento en el Bloque 61.....	113
<i>Figura 108.</i> Cantidad de host con un crecimiento a 10 años.	114
<i>Figura 109.</i> Cantidad de usuarios en Quito proyectado a 10 años.....	119
<i>Figura 110.</i> Direccionamiento de red en Quito y el cerro Lumbaqui.....	123
<i>Figura 111.</i> Direccionamiento de red en la parte de Oriente.....	124
<i>Figura 112.</i> Configuración de DHCP en router Cisco.....	125
<i>Figura 113.</i> Comandos para la configuración de sub interfaces en un router.	125
<i>Figura 114.</i> Comandos para habilitar SSH en los equipos de red.....	126
<i>Figura 115.</i> Comandos para configurar OSPF en un router Cisco.	126
<i>Figura 116.</i> Comandos para la configuración de los puertos del switch.....	127
<i>Figura 117.</i> Comandos para configurar PAT con sobrecarga en el router LBQ.	128
<i>Figura 118.</i> Categorización de las aplicaciones acorde a las prioridades.	129
<i>Figura 119.</i> Designación del ancho de banda acorde a la prioridad.....	129
<i>Figura 120.</i> Aplicación de la política de mapeo en la salida del router.....	129
<i>Figura 121.</i> Perfil topográfico entre Lumbaqui y Auca Central.	130
<i>Figura 122.</i> Link Summary del radio enlace entre Lumbaqui y Auca Central.....	131
<i>Figura 123.</i> Notas para la instalación física en el Auca Central.	132
<i>Figura 124.</i> Notas para la instalación física en el cerro Lumbaqui.	132
<i>Figura 125.</i> Perfil topográfico entre Auca Central y la estación Cononaco. ...	133

<i>Figura 126.</i> Link Summary del radio enlace entre Auca Central y Cononaco.	133
<i>Figura 127.</i> Notas para la instalación física en Auca Central.	134
<i>Figura 128.</i> Notas para la instalación física en Cononaco.	134
<i>Figura 129.</i> Perfil topográfico entre Auca Central y Yuca Central.	135
<i>Figura 130.</i> Link Summary del radio enlace entre Auca y Yuca Central.	136
<i>Figura 131.</i> Notas para la instalación física en Auca Central.	136
<i>Figura 132.</i> Notas para la instalación física en Yuca Central.	137
<i>Figura 133.</i> Espectro en la banda de 5.8 GHz en el Auca Central.	138
<i>Figura 134.</i> Espectro en la banda de 5.8 GHz en YUC, CNCO y LBQ.	138
<i>Figura 135.</i> Equipo outdoor Cambium Network modelo PTP 650.	140
<i>Figura 136.</i> Power Injector del equipo outdoor PTP 650.	140
<i>Figura 137.</i> Instalación de LPU's en la torre de telecomunicaciones.	141
<i>Figura 138.</i> Dimensiones de la antena Radiowaves HPD4-5.2. de 4 ft.	142
<i>Figura 139.</i> Características de la licencia IP Base del IOS de Cisco.	145
<i>Figura 140.</i> Router Cisco 1941.	145
<i>Figura 141.</i> Módulo con 4 interfaces de red para router Cisco 1941.	146
<i>Figura 142.</i> Switch Cisco Catalyst 2960X Lite de 48 puertos.	148
<i>Figura 143.</i> Batería estacionaria Bosch P5 S2000 de 12 VDC.	151
<i>Figura 144.</i> Protector de batería Samlex America BG-40.	152
<i>Figura 145.</i> Cargador de 12 VDC a 30 A marca Samlex America SEC-1230UL.	152
<i>Figura 146.</i> Inversor DC-AC marca Samlex America modelo SAM-450-12.	153
<i>Figura 147.</i> Diagrama de conexión del respaldo de energía de 120 VAC.	154
<i>Figura 148.</i> Distribución de los equipos en el gabinete de Quito.	156
<i>Figura 149.</i> Distribución de equipos en el gabinete de YUC, CNCO y LBQ.	156
<i>Figura 150.</i> Distribución de equipos en el gabinete para Auca Central.	157
<i>Figura 151.</i> Gabinete Panduit E6412B2 de 24 RU.	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Parámetros que una red jerárquica debe cumplir</i>	7
Tabla 2. <i>Funciones de las distintas capas de una red jerárquica</i>	8
Tabla 3. <i>Niveles de factor de rugosidad</i>	25
Tabla 4. <i>Niveles de factor climático</i>	25
Tabla 5. <i>Diferentes categorías de cable de par trenzado</i>	31
Tabla 6. <i>Rango de direcciones IPv4 privadas y sus clases</i>	47
Tabla 7. <i>Requerimientos de QoS para varias aplicaciones</i>	53
Tabla 8. <i>Características de la torre de telecomunicaciones de Yuca Central</i> ..	63
Tabla 9. <i>Características de la torre de telecomunicaciones de Auca Central</i> ..	67
Tabla 10. <i>Características de la torre de telecomunicaciones en Cononaco</i>	71
Tabla 11. <i>Características de la torre de telecomunicaciones de Lumbaqui</i>	74
Tabla 12. <i>Características del canal de datos entre Quito y Lumbaqui</i>	78
Tabla 13. <i>Personal de Shaya Ecuador dividido por áreas</i>	79
Tabla 14. <i>Resumen del personal de Shaya en el Bloque 61 y Quito</i>	80
Tabla 15. <i>Coordenadas geográficas de Lumbaqui y Auca Central</i>	82
Tabla 16. <i>Parámetros del equipo PTP 650 para el enlace LBQ-AUC</i>	84
Tabla 17. <i>Parámetros de la sección de la configuración del enlace LBQ-AUC</i>	86
Tabla 18. <i>Coordenadas geográficas de la estación AUC y CNCO</i>	87
Tabla 19. <i>Parámetros del equipo PTP 650 para el enlace AUC-CNCO</i>	88
Tabla 20. <i>Parámetros de la sección de la configuración del enlace AUC- CNCO</i>	89
Tabla 21. <i>Coordenadas geográficas de la estación AUC y CNCO</i>	90
Tabla 22. <i>Parámetros del equipo PTP 650 para el enlace AUC-YUC</i>	92
Tabla 23. <i>Parámetros de configuración del enlace AUC-YUC</i>	92
Tabla 24. <i>Conexiones simultáneas para los usuarios de Auca Central</i>	94
Tabla 25. <i>Conexiones simultáneas de usuarios en Yuca Central y Cononaco</i>	95
Tabla 26. <i>Conexiones simultáneas para los usuarios de Quito</i>	95
Tabla 27. <i>Ancho de banda total para descargar archivos desde internet</i>	96
Tabla 28. <i>Ancho de banda total para la navegación en internet del Bloque 61</i>	97
Tabla 29. <i>Ancho de banda total para correo electrónico</i>	98
Tabla 29. <i>Ancho de banda total para el servicio de FTP en el Bloque 61 y Quito</i>	99
Tabla 31. <i>Cálculo del ancho de banda para el sistema de voz IP Site Connect</i>	101
Tabla 32. <i>Especificaciones técnicas de TRBOnet</i>	102
Tabla 33. <i>Ancho de banda total para Internet</i>	104
Tabla 34. <i>Ancho de banda total para el canal de datos Quito-Bloque 61</i>	105
Tabla 35. <i>Identificación de los equipos de la red de SE</i>	111
Tabla 36. <i>Detalle de VLAN para la red de SE</i>	112

Tabla 37. <i>Direccionamiento de red de la estación Yuca Central</i>	115
Tabla 38. <i>Direccionamiento de red para la estación Auca Central</i>	116
Tabla 39. <i>Direccionamiento de red para la estación Cononaco</i>	117
Tabla 39. <i>Direccionamiento de red para el cerro Lumbaqui</i>	118
Tabla 41. <i>Direccionamiento de red de las áreas en las oficinas de Quito</i>	120
Tabla 42. <i>Direccionamiento para la red de MOTOTRBO y TRBOnet</i>	121
Tabla 43. <i>Direccionamiento de red para la VLAN de gestión en Quito y el BL61</i>	122
Tabla 44. <i>Clasificación del tráfico de cada aplicación en la red</i>	128
Tabla 45. <i>Condiciones para lograr LOS entre los puntos del radio enlace</i>	131
Tabla 46. <i>Condiciones para lograr LOS entre los puntos del radio enlace</i>	133
Tabla 47. <i>Condiciones para lograr LOS entre los puntos del radio enlace</i>	135
Tabla 48. <i>Comparativa de las características del equipo PTP 650</i>	139
Tabla 49. <i>Comparativa de las características de la antena HPD4-5.2</i>	142
Tabla 50. <i>Equipos necesarios implementar un radio enlace</i>	143
Tabla 51. <i>Cantidad de radio enlaces por sitio en la zona oriental</i>	143
Tabla 52. <i>Cantidad de interfaces en el router por sitio</i>	144
Tabla 53. <i>Resumen de la cantidad de tráfico por aplicación en la red</i>	144
Tabla 54. <i>Especificaciones técnicas del router Cisco 1941</i>	146
Tabla 55. <i>Cantidad total de personal de SE por sitio</i>	147
Tabla 56. <i>Características del switch Cisco Catalyst 2960X</i>	148
Tabla 57. <i>Consumo eléctrico de los equipos de red y radio enlaces</i>	149
Tabla 58. <i>Consumo de equipos por sitio de la red de SE</i>	153
Tabla 59. <i>Detalle de equipos por sitio para ser instalados en el gabinete</i>	155
Tabla 60. <i>Listado de equipos y materiales para Yuca Central</i>	160
Tabla 61. <i>Listado de equipos y materiales para estación Cononaco</i>	161
Tabla 62. <i>Listado de equipos y materiales para estación Auca Central</i>	162
Tabla 63. <i>Listado de equipos y materiales para las oficinas en Quito</i>	163
Tabla 64. <i>Presupuesto de equipos de red y radio enlaces</i>	164
Tabla 65. <i>Presupuesto de respaldo de energía y conexión a tierra</i>	164
Tabla 66. <i>Presupuesto para elementos y accesorios de cableado</i>	165
Tabla 67. <i>Presupuesto para el software TRBOnet e IP Site</i>	165
Tabla 68. <i>Costos mensuales de renta del canal de datos e internet</i>	166
Tabla 69. <i>Duración tentativa de las tareas de instalación de la red de SE</i>	167
Tabla 70. <i>Detalle de tarifas para el servicio técnico en campo (zona oriente)</i>	168
Tabla 71. <i>Detalle de tarifas para el servicio técnico en Quito</i>	168
Tabla 72. <i>Detalle de tarifas para el servicio técnico de mantenimiento</i>	169
Tabla 73. <i>Tarifas del servicio técnico para la implementación de la red</i>	169
Tabla 74. <i>Costo total para la implementación de la red de SE</i>	170

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es muy común encontrar redes basadas en protocolo IP que permitan la convergencia de varios servicios, esta tendencia se da debido a que la mayoría de empresas utilizan múltiples aplicaciones de voz y datos, permitiéndoles así optimizar su infraestructura de red al integrar todos estos servicios en una sola plataforma de comunicaciones.

El uso de redes convergentes dentro de la industria petrolera es muy amplio debido a que, por temas de impacto ambiental en la amazonia ecuatoriana, se debe optar por una infraestructura de red reducida, pero a la vez, que no afecte la productividad de las diferentes áreas que forman parte de esta industria.

Actualmente en el sector del Bloque 61 está operando desde enero del 2016 la empresa Shaya Ecuador S.A., que está realizando tareas de perforación y explotación del crudo. Estas operaciones incluyen diversas actividades y que al estar privado de una red de datos que permita el intercambio de información con sus oficinas en la ciudad de Quito, únicamente utilizan un sistema de radio comunicación para coordinar sus actividades diarias. Al finalizar la jornada de trabajo esta información es recolectada, procesada manualmente y enviada mediante el uso módems de internet desde la única estación del bloque donde se tiene cobertura celular, el Auca Central.

Debido a lo mencionado anteriormente, es necesario disponer de una red que permita la comunicación, intercambio de datos, control y supervisión de las actividades entre la ciudad de Quito y el Bloque 61. En la red se transportará diferentes servicios como sistemas de voz de radio comunicación digital, software de geolocalización para vehículos, intercambio de archivos, internet y correo electrónico.

1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Fundamentos de redes

1.1.1. Modelo OSI

Es una arquitectura de red que fue desarrollada por la ISO (Organización Internacional de Estandarización), con la finalidad de ser una referencia para el desarrollo de protocolos estándares. (Tanenbaum y Wetherall, 2012, pp. 35).

El modelo OSI está conformado por 7 capas que cumplen una función específica y que pueden ser observadas en la Figura 1 mostrada a continuación:

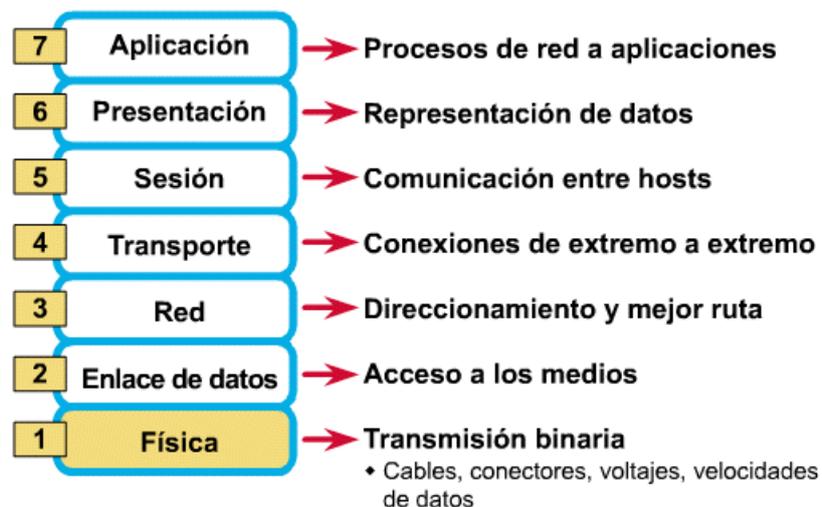


Figura 1. Las 7 capas del modelo OSI y sus funciones principales.

Tomado de Esparcia, s.f.

1.1.2. Modelo TCP/IP

Es conocido como modelo de Internet y es utilizado para comunicaciones de *internetwork*. (CCNA 1 v5.1, 2016, cap. 3, pp. 3.2.4.3). A diferencia del modelo de referencia OSI, es más simplificado ya que posee 4 capas, las cuales se muestran en la Figura 2.

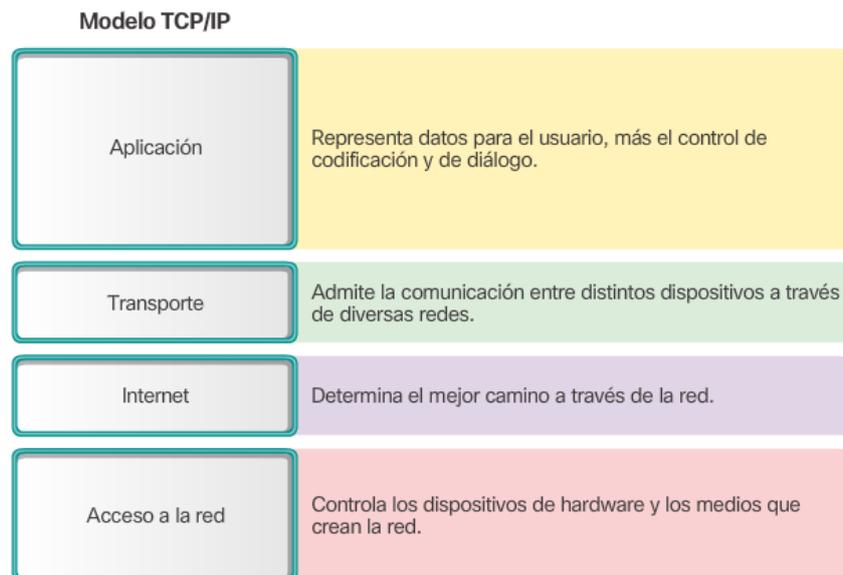


Figura 2. Las 4 capas del modelo TCP/IP y sus funcionalidades.

Tomado de CCNA 1 v5.1, 2016, cap. 3, pp. 3.2.4.3

1.1.3. Comparación entre el modelo OSI y TCP/IP

Realizando una comparación de ambos modelos de referencia, se destacan los siguientes aspectos:

- El modelo TCP/IP contiene en su nivel de *Acceso a la red* las 2 primeras capas del modelo OSI (*Física y Enlace de datos*). Esto se debe a que el modelo OSI fue establecido antes de la creación de los protocolos.
- La capa de *Internet* en TCP/IP corresponde a la capa de *Red* en el modelo OSI.
- La capa de *Transporte* es la misma en los modelos TCP/IP y OSI.
- Las capas de *Sesión y Presentación* del modelo OSI, son una sola capa denominada *Aplicación* en TCP/IP, la cual no es capaz de diferenciar de manera clara los servicios, interfaces y protocolos. (Tanenbaum y Wetherall, 2012, pp. 43)
- El modelo OSI apoya la comunicación orientada a la conexión como la no orientada a la conexión, por otro lado, TCP/IP utiliza solamente la

comunicación orientada a la conexión y que hoy en día abarca la mayoría de aplicaciones basadas en este modelo.

- Ambos modelos de referencia utilizan la conmutación de paquetes.

1.1.4. Redes de Área Local (LAN)

Las redes de área local también denominadas LAN por sus siglas en inglés (*Local Area Network*), son aquellas redes que operan dentro de un entorno privado como una oficina, edificio, casa, etc. para permitir el intercambio de información y compartición de recursos. (Tanenbaum y Wetherall, 2012, pp. 17). Estas redes pueden utilizar medios físicos o inalámbricos (Figura 3) para interconectar sus diferentes elementos. Las redes LAN inalámbricas WLAN son conocidas como redes WiFi cuyo estándar es el IEEE 802.11.

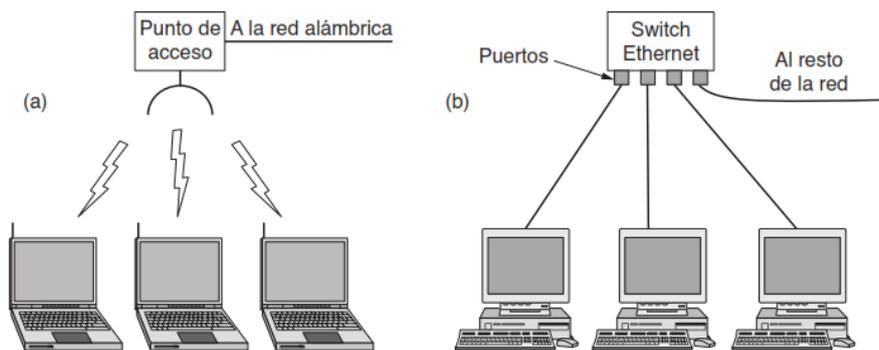


Figura 3. Redes LAN inalámbricas (a) y alámbricas (b).

Tomado de Tanenbaum y Wetherall, 2012, pp. 17.

1.1.5. Redes de Área Extendida (WAN)

Una red de área amplia denominada también WAN, por sus siglas en inglés (*Wide Area Network*), es una red usada para interconectar varias redes LAN de diferentes ubicaciones geográficas (Figura 4), por ejemplo: entre barrios, ciudades, países e incluso continentes. (CCNA 4 v5.0, 2012, cap.2, pp. 2.1.1.1). Por lo general, una red WAN es de propiedad de un proveedor de servicios y por lo que su uso implica el pago de una tarifa.

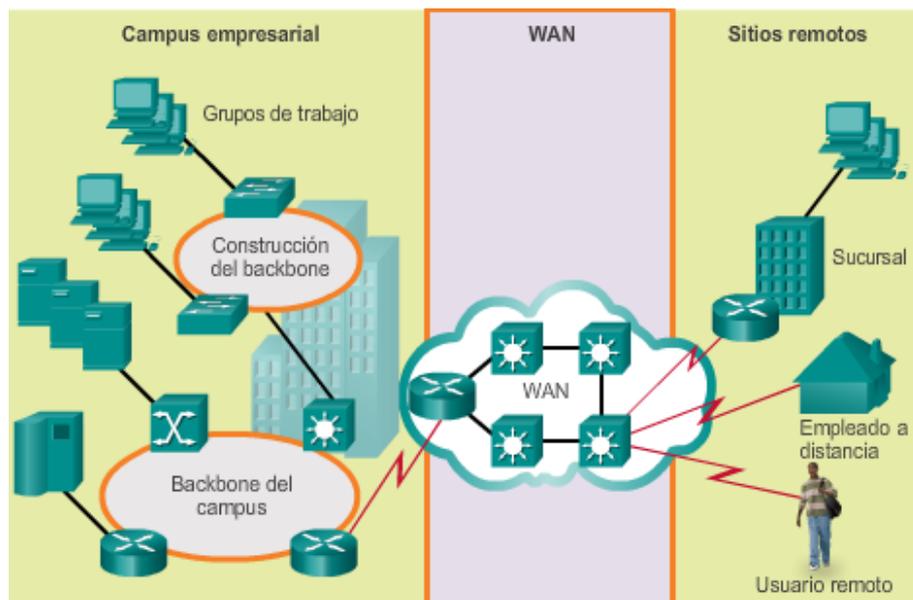


Figura 4. Interconexión de redes LAN a través de una red WAN.

Tomado de CCNA 4 v5.0, 2012, cap. 2, pp. 2.1.1.1

1.1.6. Redes Virtuales de Área Local (VLAN)

Las VLAN por sus siglas en inglés (*Virtual Local Area Network*) permite la creación de subredes lógicas dentro de una LAN, de tal manera que puedan ser independientes unas de otras. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 3, pp. 3.1.1.1).

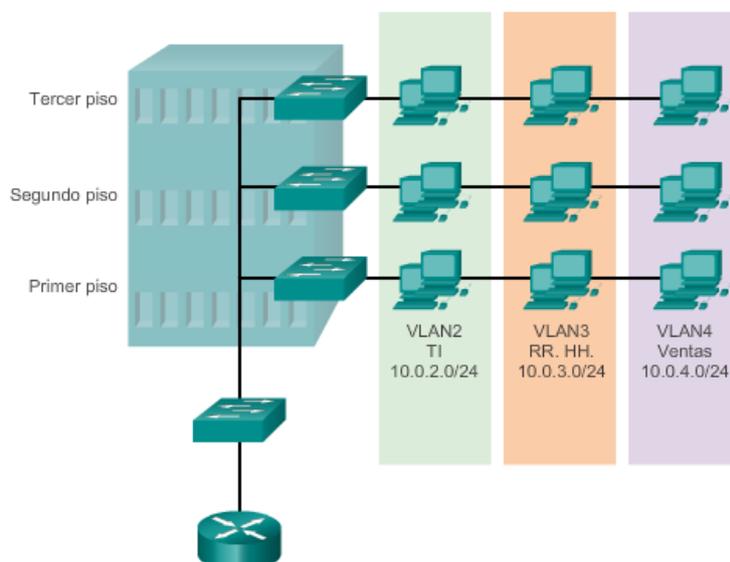


Figura 5. Distintas VLAN dentro de un entorno LAN.

Tomado de CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 3, pp. 3.1.1.1

El rendimiento de una red se ve claramente mejorada al implementar VLANs, debido a que el dominio de difusión se divide en porciones más pequeñas, como se puede observar en la Figura 5 y logrando así que las tramas que se generen dentro de un determinado dominio no sean esparcidas por toda la red. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap.3, pp. 3.1.1.1).

Dentro de un switch es posible la implementación de diferentes VLAN (Figura 6), pero en cada puerto solamente se admite una, salvo la excepción que se tenga una conexión hacia un teléfono IP u otro switch (modo troncal).



Figura 6. Asignación de VLAN en los puertos de un switch Cisco 2960-48P.

Todo lo referido a la implementación y funcionamiento de las VLAN está definido por la IEEE Computer Society en su documento IEEE 802.1Q. (Valero, 2010, pp. 56).

Según la IEEE (2016) el protocolo 802.1Q permite especificar los puentes o *bridges* que interconectan múltiples redes, sin que estas se interfieran al estar compartiendo un solo medio físico. Existen varios tipos de VLAN que se detallan a continuación:

- VLAN de datos: Como su nombre lo indica solamente transporta los datos que generan los usuarios de la red.
- VLAN predeterminada: Corresponde a la VLAN del cual todos los puertos del switch pertenecen luego de su arranque inicial, formando así parte del mismo dominio de *broadcast*. En equipos Cisco el número de la VLAN predeterminada es el uno. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap.3, pp. 3.1.1.3).
- VLAN nativa: Es la asignada para un enlace troncal 802.1Q por donde pasan las VLANs con y sin etiquetas. El tráfico sin etiquetas se coloca en la VLAN

nativa y también se vuelve predeterminada. El número de la VLAN nativa puede ser cambiada como medida de seguridad. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap.3, pp. 3.1.1.3).

- VLAN de Administración: Es utilizada para acceder a las opciones de configuración y administración de un switch, mediante HTTP, Telnet o SSH. Se puede utilizar cualquier número de VLAN para que sea la de administración. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap.3, pp. 3.1.1.3).

1.1.7. Jerarquía de la red

Al diseñar una red se debe considerar una jerarquía, a la vez también de diferentes aspectos que se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Parámetros que una red jerárquica debe cumplir.

Parámetro	Descripción
Escalabilidad	La red debe poder expandirse sin problemas.
Rendimiento	Poseer alta velocidad de conexión en toda la red.
Redundancia	La red debe tener una disponibilidad alta (99.999 %).
Seguridad	Implementar políticas de seguridad que garanticen que la información que está en la red no sea sustraída o modificada.
Fácil administración y mantenimiento	Permitir una administración simple y que su escalamiento no sea complicado.

Las empresas exigen que su infraestructura de red cumpla con todos los aspectos mencionados en la Tabla 1, ya que por ella se transportan servicios críticos. Debido a esto, la mayoría de las redes empresariales poseen equipos de alta tecnología, confiabilidad y de gran capacidad de transmisión de información, pero hay que tomar en cuenta que al adquirir estos equipos no se elimina la posibilidad de realizar un buen diseño. (CCNA 3 v5.1, 2016, cap.1, pp. 1.1.1.3).

1.1.8. Diseño de una red jerárquica

Una red jerárquica permite que el tráfico no se propague de manera innecesaria hacia otros sitios y así optimizando el ancho de banda. Cisco Systems en su curso de CCNA 3 v5.1 (2016, cap. 1, pp. 1.1.1.3) propone un modelo de 3 capas, las cuales se pueden observar en la Figura 7.

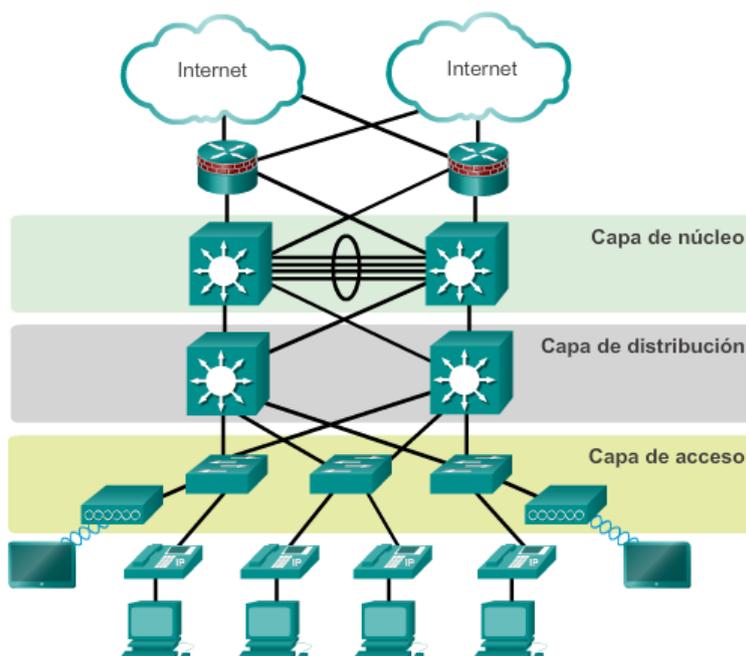


Figura 7. Capas de una red jerárquica empresarial.

Tomado de CCNA 3 v5.1, 2016, cap.1, pp. 1.1.1.3

Las funciones de cada una de las capas de se detalla en la Tabla 2 mostrada a continuación:

Tabla 2.

Funciones de las distintas capas de una red jerárquica.

Capa	Función
Acceso	Permite la conexión de los usuarios a la red.
Distribución	Encamina el tráfico de una red local a otra.
Núcleo	Es una red <i>backbone</i> de alta velocidad.

Las redes empresariales pequeñas normalmente utilizan un modelo jerárquico denominado de *núcleo contraído*, en donde la capa de núcleo y distribución se combinan. (CCNA 3 v5.1, 2016, cap. 1, pp. 1.1.1.3).

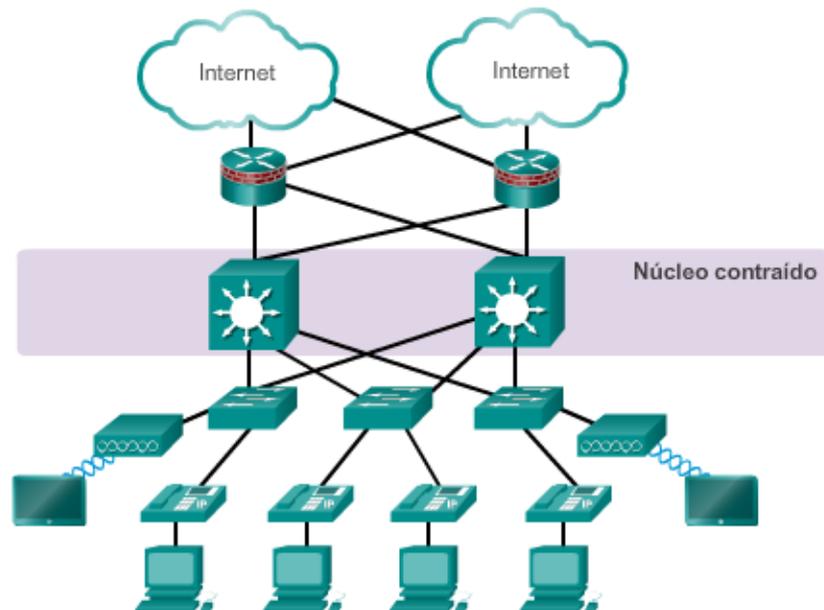


Figura 8. Red jerárquica de núcleo contraído.

Tomado de CCNA 3 v5.1, 2016, cap. 1, pp. 1.1.1.3

1.1.9. Redes convergentes

Son redes que pueden integrar en su infraestructura sistemas de datos, voz, teléfonos IP, diferentes *gateways* y video. Como Cisco indica en su curso de CCNA 2 (2016, cap. 1, pp. 1.1.1.2) este tipo de redes son consideradas una evolución de lo convencional al ser multiservicios (Figura 9), por lo que, para que se pueda tener una buena administración de esta infraestructura se debe realizar un buen diseño.

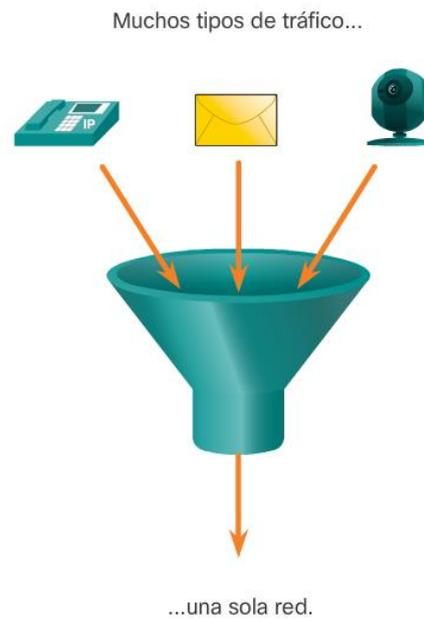


Figura 9. Descripción grafica de una red convergente.

Tomado de CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 1, pp. 1.1.1.2

Las redes convergentes se han convertido en un desafío económico para las empresas en la actualidad, debido a que, se intenta reducir los costos de implementación y/o mantenimiento de infraestructura.

1.2. Fundamentos de radiofrecuencia

1.2.1. Ondas Electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas están compuestas por un campo eléctrico y uno magnético, propagándose de manera simultánea por el vacío o por cualquier otro medio. El campo magnético esta perpendicular con respecto al campo eléctrico como se puede observar en la Figura 10. (Luque, s.f., pp. 1).

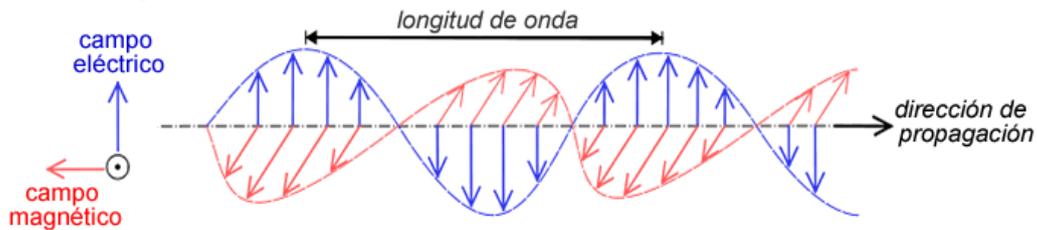


Figura 10. Componentes de una onda electromagnética.

Tomado de Radiansa, 2012.

1.2.2. Polarización de una onda electromagnética

La polarización de una onda electromagnética es la orientación que posee el vector campo eléctrico con respecto al horizonte, por lo que, la onda puede tomar cuatro posibles polarizaciones: vertical, horizontal, circular o elíptica. (Tomasi, 2003, pp. 348).

- La polarización es horizontal cuando la onda electromagnética se propaga de manera paralela con respecto a la superficie terrestre.
- La polarización vertical sucede cuando la onda electromagnética se propaga de manera perpendicular la superficie terrestre.
- La polarización circular sucede cuando la onda electromagnética gira 360° al propagarse por el medio y con una intensidad de campo constante en todos sus ángulos.
- La polarización elíptica se da cuando la intensidad de campo varía con respecto a los cambios de polaridad.

1.2.3. Espectro electromagnético

Se conoce como espectro electromagnético al rango de frecuencias que van desde las subsónicas (frecuencias muy bajas) hasta los rayos cósmicos (frecuencias extremadamente altas). (Tomasi, 2003, pp. 5).

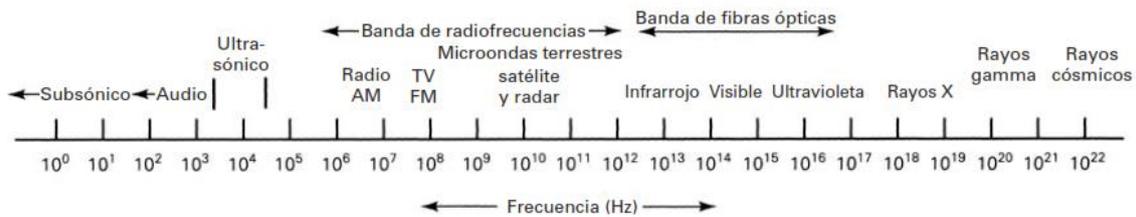


Figura 11. Espectro electromagnético de frecuencias.

Tomado de Tomasi, 2003, pp. 5.

El espectro electromagnético se encuentra dividido en diferentes bandas como se puede observar en la Figura 11 y en donde cada una de estas poseen un determinado nombre y un rango de frecuencias.

1.2.4. Espectro radioeléctrico

Es una porción del espectro electromagnético cuyo rango comprende las frecuencias entre los 3 KHz a 300 GHz (Figura 12) y es capaz de propagarse por el espacio sin la necesidad de un medio guiado. En el Ecuador el espectro radioeléctrico es considerado como un sector estratégico y un recurso natural limitado por lo cual el Estado tiene total legislación del mismo. (ARCOTEL, 2015).

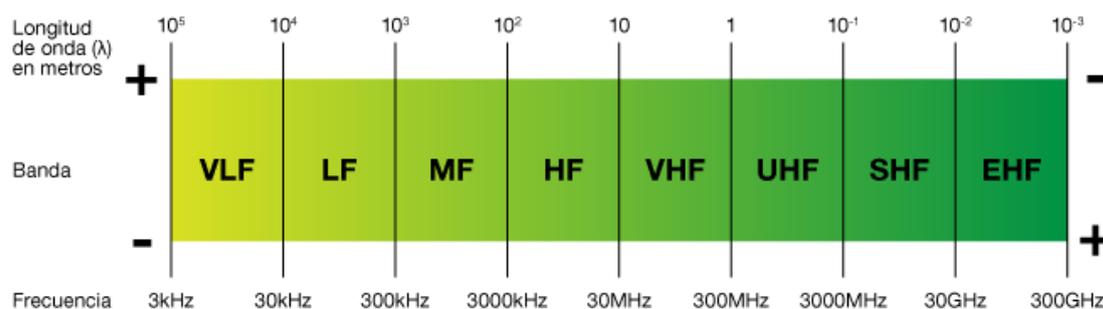


Figura 12. Rango de frecuencias del espectro radioeléctrico.

Tomado de Ecured, 2016.

1.2.5. Características de las ondas electromagnéticas

Entre las características de las ondas electromagnéticas tenemos su velocidad, longitud de onda y frecuencia.

- Velocidad de la onda: Las ondas electromagnéticas al desplazarse en el espacio libre viaja a la velocidad de la luz, cuyo valor es de 3×10^8 [m/s]. Se debe tomar en cuenta que en la Tierra debido a la presencia del aire o a través de un medio de transmisión esta velocidad puede ser relativamente menor. (Tomasi, 2003, pp. 311).
- Frecuencia: La frecuencia es la rapidez con la que una onda periódica se repite y es medida en Hercios [Hz]. (Tomasi, 2003, pp. 312).
- Longitud de onda: Es la distancia que tiene un ciclo en el espacio y que está dada en metros [m]. Para su dimensionamiento se puede tomar el inicio y final de un ciclo o entre los puntos máximos de un ciclo a otro. En la Figura 13 se puede observar un ejemplo del dimensionamiento de la longitud de onda. (Tomasi, 2003, pp. 312).

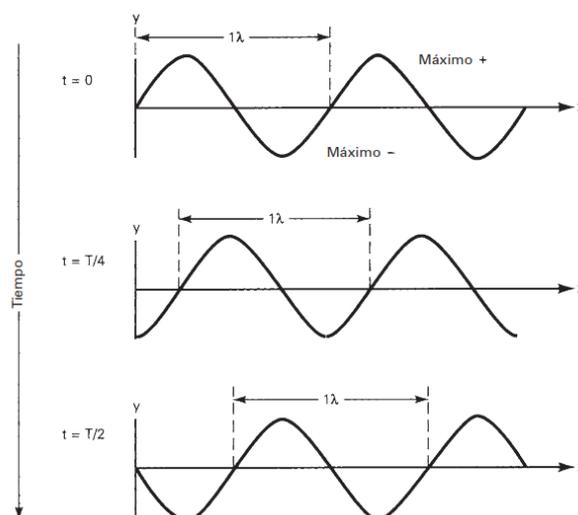


Figura 13. Dimensionamiento de la longitud de onda.

Tomado de Tomasi, 2003, pp. 312.

Es importante también considerar la relación entre la frecuencia y la longitud de onda, la cual es inversamente proporcional y que se puede apreciar claramente en la Ecuación 1.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (\text{Ecuación 1})$$

En donde:

λ	Longitud de onda [m]
c	Velocidad de la luz 3×10^8 m/s
f	Frecuencia [Hz]

1.2.6. Aplicaciones de la radiofrecuencia

Las frecuencias del espectro radioeléctrico tienen la capacidad de brindar una variedad de servicios de telecomunicaciones, entre los que están sistemas de radiocomunicación VHF – UHF, sistemas de radio enlaces y redes inalámbricas.

1.2.7. Sistemas de radiocomunicación VHF – UHF

Los sistemas de radiocomunicación *half duplex* o *radio de dos vías* en el Ecuador según el Plan Nacional de Frecuencias de la ARCOTEL (2012, pp. 58-68) utilizan las frecuencias VHF en el rango de 132 a 174 MHz y para UHF es de 440 a 512 MHz.

1.2.8. Sistemas de radio enlaces

De acuerdo al Plan Nacional de frecuencias de la ARCOTEL (2012, pp. 78, 83, 84) las bandas libres de frecuencias para los equipos de radio enlace son de 2.4, 5.4 y 5.8 GHz, estas no requieren de un contrato de concesión sino solamente de un registro.

1.2.9. Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas también conocidas como IEEE 802.11 trabajan en las bandas de frecuencia de 2.4 y 5 GHz, permitiendo el tráfico de datos, voz y videos sin usar un medio guiado en ambientes domésticos y empresariales. (CCNA 3 v5.0, 2012, cap. 4, pp. 4.1.1.3).

1.3. Fundamentos de radio enlaces

1.3.1. Propagación de Ondas electromagnéticas

La densidad de potencia de las ondas electromagnéticas al desplazarse a través del espacio libre o de la atmósfera terrestre se ven afectadas debido a la dispersión que se presenta durante el trayecto, es decir existe una atenuación (Figura 14) y este fenómeno es conocido como pérdida por absorción. (Tomasi, 2003, pp. 351).

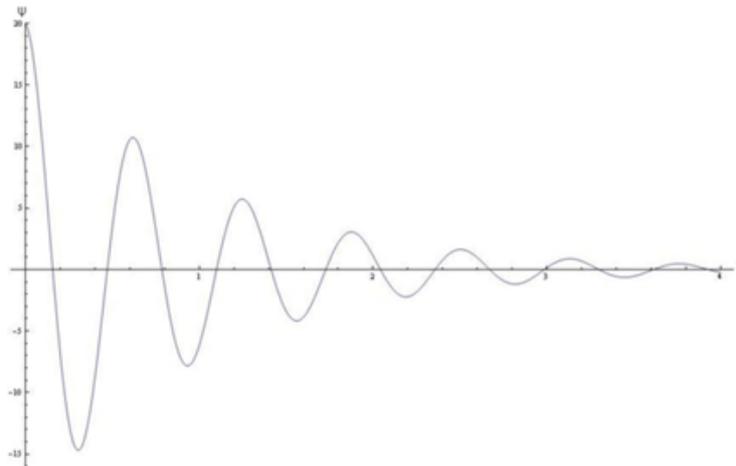


Figura 14. Atenuación presente una onda electromagnética.

Tomado de Cabrera, s.f.

La atenuación que sufre una onda electromagnética cuando se desplaza por el espacio libre o por la atmósfera terrestre es representada en decibelios [dB] y que es resultado de la función de un logaritmo común (Ecuación 2), en donde se relacionan dos densidades de potencia entre sí.

$$\text{Atenuacion [dB]} = \frac{\mathcal{P}_1}{\mathcal{P}_2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

En donde:

\mathcal{P}_1 Densidad de potencia 1 [W/m²]

\mathcal{P}_2 Densidad de potencia 2 [W/m²]

1.3.2. Propiedades de ondas de radio

La forma de propagación de una onda de radio en la atmósfera terrestre posee ciertas diferencias con respecto a las ondas que se propagan en el espacio libre, esto se debe a la presencia del aire produciendo que las ondas sufran fenómenos ópticos como la difracción, reflexión y refracción. (Tomasi, 2003, pp. 353).

1.3.2.1. Difracción

Es un fenómeno que hace que las ondas luminosas o de radio se propaguen en torno a las esquinas haciendo que su energía se redistribuya dentro de un frente de onda. (Tomasi, 2003, pp. 357).

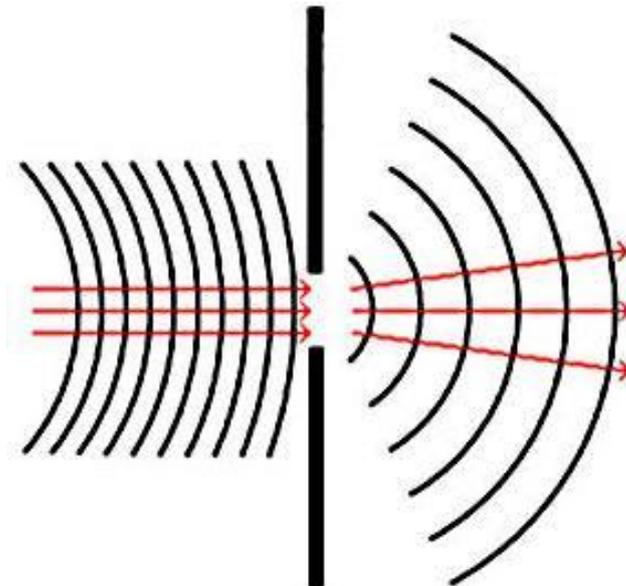


Figura 15. Difracción de una onda de radio.

Tomado de Sánchez, s.f.

1.3.2.2. Reflexión

Es un fenómeno en el cual la onda se refleja al chocar entre la frontera de dos materiales, en donde parte de toda la potencia incidente es absorbida y formando un ángulo de incidencia de igual valor al ángulo de reflexión como se puede observar en la Figura 16. (Tomasi, 2003, pp. 354).

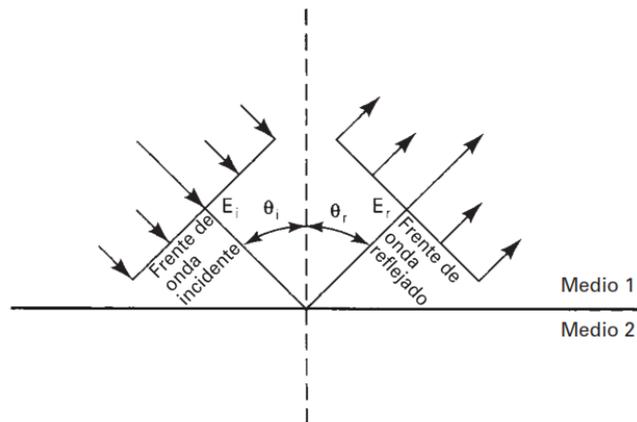


Figura 16. Reflexión de una onda de radio.

Tomado de Tomasi, 2003, pp. 355.

1.3.2.3. Refracción

El fenómeno de refracción es el cambio de dirección que sufre una onda de radio al pasar en dirección oblicua de un medio a otro con una velocidad de propagación distinta. (Tomasi, 2003, pp. 353).

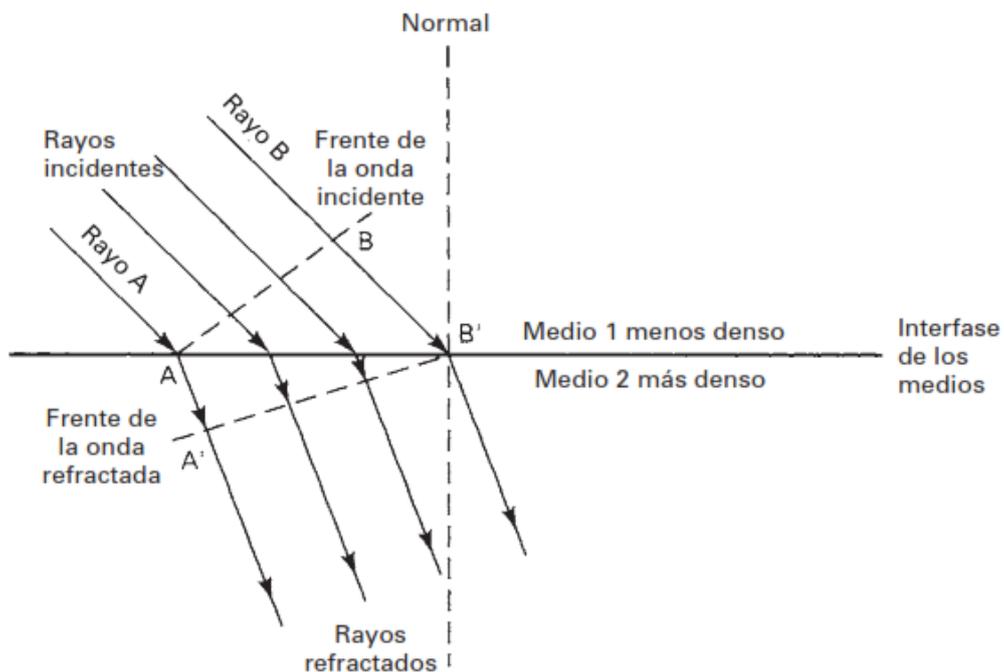


Figura 17. Refracción de una onda de radio al atravesar un medio.

Tomado de Tomasi, 2003, pp. 353.

La refracción siempre se da cuando la onda atraviesa desde un medio a otro que tienen diferente densidad (Figura 17), por ejemplo, cuando se atraviesa desde el aire hacia el agua.

1.3.3. Zonas de Fresnel

Los rayos directos de un enlace radioeléctrico están rodeados por algunos elipsoides concéntricos denominados zonas de Fresnel, en donde la primera zona de Fresnel contribuye a la transferencia de potencia desde el transmisor hasta el receptor.

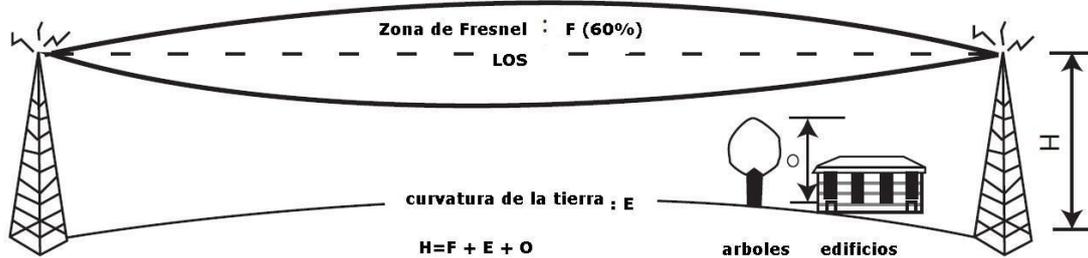


Figura 18. Primera zona de Fresnel despejada.

Tomado de SinCables, s.f.

Es importante que en la planificación del radio enlace la primera zona no debe estar obstruida, a pesar de que normalmente el 60 % debe estar despejado como se puede apreciar en la Figura 18. (Buettrich, 2007, pp. 10).

1.3.4. Tipos de Radio enlaces

Existen dos tipos de radio enlaces: punto a punto (PTP) y puntos multipunto (PMP) y que a continuación se describirá cada uno de ellos:

1.3.4.1. Enlaces PTP

Los radios enlaces punto a punto constan solamente de dos equipos, en donde uno de ellos se comporta como equipo *master* y otro es *slave*. El objetivo de este enlace es conectar inalámbricamente un punto A con un B.

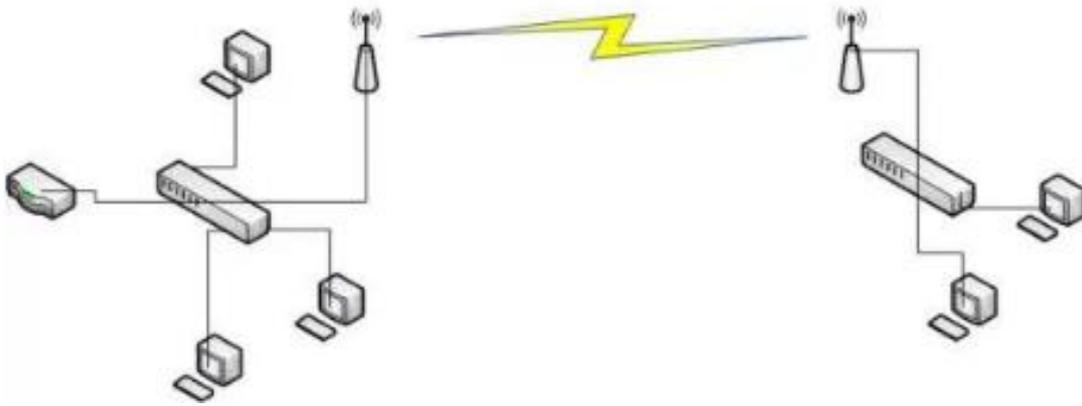


Figura 19. Radio enlace Punto a Punto (PTP).

Tomado de Khrisier, 2013.

Como se muestra en la Figura 19 los equipos PTP constan de una interfaz inalámbrica y de otra cableada.

1.3.4.2. Enlaces PMP

Los enlaces punto a multipunto están conformados por un equipo central *master* y varios equipos *slave*, obteniendo así una topología tipo estrella mostrada en la Figura 20. Por ejemplo, esta topología permite interconectar un sitio central a varias sucursales.

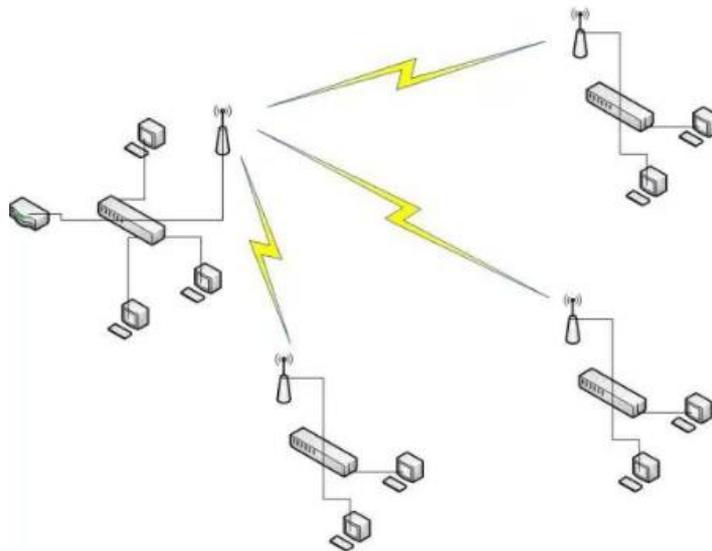


Figura 20. Radio enlace Punto a Multipunto (PMP).

Tomado de Khrisier, 2013.

1.3.5. Estructura de un radio enlace

Un sistema de radio enlace está conformado por varios elementos los cuales realizan una función específica dentro de la estructura:

1.3.5.1. Equipos Indoor

Estos equipos generalmente son instalados en *racks* o gabinetes de telecomunicaciones en el interior de una caseta o *data center*. Existen algunos modelos de equipos diferenciados claramente entre sí por su capacidad y banda de operación. Los equipos *indoor* se conectan hacia la antena de transmisión ubicada en una torre de telecomunicaciones mediante una guía de onda o cable de datos utilizando tecnología PoE (*Power over Ethernet*). (UNAD, s.f., pp. 4).



Figura 21. Equipo *indoor* rackeable marca MDS LE DR 900S.

Tomado de Ebay, 2016.

Estos equipos están conectados generalmente a una fuente de energía proveniente de un banco de baterías a través de un inversor a fin de brindar una disponibilidad alta. En caso de fallas disponen de varios LEDs como se puede apreciar en la Figura 21 que indican el estatus del equipo.

1.3.5.2. Equipos Outdoor

Los equipos exteriores también conocidos como *outdoor* son aquellos que están instalados en la torre de telecomunicaciones a una altura determinada y su sistema de antenas puede ser integrado o conectorizado, es decir utilizar una antena externa con el fin de mejorar la ganancia de transmisión. En la Figura 22 se puede apreciar los dos tipos de equipos.



Figura 22. Equipos indoor con antena integrada (a) y conectorizado (b).

Tomado de Cambium Network, 2016.

Estos equipos pueden transmitir en bandas de frecuencias no licenciadas (2.4 - 5.9 GHz) o bandas licenciadas (6 - 38 GHz) y pueden basarse en tecnología OFDM (multiplexación por división de frecuencias ortogonales) para trabajar bajo escenarios donde no se posea *LOS (Line Of Sight)*.

1.3.6. Cableado

Para los equipos de radio enlaces pueden utilizar cables del tipo coaxial de 50 ohmios de impedancia nominal tipo RG8 o heliax de $\frac{1}{2}$ " o $\frac{3}{4}$ ", mostrados en las Figuras 23 y 24 respectivamente. Aunque también existen equipos que pueden trabajar utilizando cable de par trenzado STP o fibra óptica.



Figura 23. Cable coaxial RG8 de 50 ohmios.

Tomado de Belden, 2016.



Figura 24. Cable tipo heliax de 1/2" de 50 ohmios.

Tomado de Commscope, 2016.

1.3.7. Antenas

El sistema radiante de un radio enlace puede ser integrado o conectorizado como se mencionó anteriormente en la sección 1.3.5.2.

Para el caso de equipos conectorizados se utiliza antenas que trabajan con doble polaridad, es decir, tienen conexión horizontal y vertical, permitiendo así la transmisión / recepción de señales de RF.

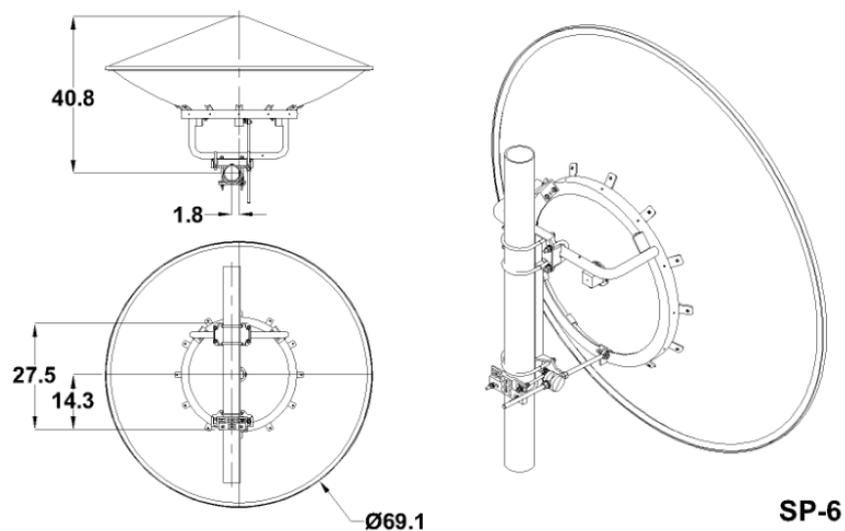


Figura 25. Antena parabólica de 6 ft.

Tomado de Radiowaves, 2016.

Las antenas que se utilizan para equipos conectorizados son del tipo parabólicas (Figura 25) debido a que son de fácil construcción, tienen una buena ganancia y ancho de banda. (Ippolito, 2008, pp. 55). El dimensionamiento de las antenas

esta dado en pies [ft] y mientras más grande sea su diámetro su ganancia también será mayor.

1.3.8. Protector de transientes

Estos elementos permiten atenuar los voltajes transitorios de altas magnitudes que se pueden presentar en las instalaciones eléctricas de oficinas, *data center* o nodos de telecomunicación. Estos sobre voltajes están en el orden de nano o micro segundos, sin embargo, estos pueden ser un problema para los equipos. (Energy Control System, 2009, pp. 2).

Un ejemplo de protector de transientes se puede apreciar en la Figura 26 y se puede observar que posee dos orificios uno de entrada y otro de salida compuestos por conectores RJ45.



Figura 26. Protector de transientes Cambium Network.

Tomado de Linktechs, 2016.

1.3.9. Parámetros de diseño de un radio enlace

Para el correcto diseño de un radio enlace se debe tomar cuenta diferentes aspectos como el presupuesto del enlace, margen del sistema y la disponibilidad.

1.3.9.1. Presupuesto del enlace

El cálculo del presupuesto del enlace es importante para definir la potencia que se recibirá y con esto determinar si esta es mayor al umbral de recepción definido por las especificaciones técnicas del equipo. (Buettrich, 2007, pp. 15).

El cálculo del presupuesto del enlace está dado por los siguientes parámetros mostrados a continuación en la Ecuación 3:

$$\mathbf{Potencia\ Rx} = P_{TX} - L_{LTX} + G_{TX} - L_{FS} + G_{RX} - L_{LRX}$$

(Ecuación 3)

En donde:

P_{TX}	Potencia de transmisión [dBm]
L_{LTX}	Pérdidas en el cable del transmisor [dB]
G_{TX}	Ganancia de la antena transmisora [dBi]
L_{FS}	Pérdidas en el espacio libre dB]
G_{RX}	Ganancia de la antena receptora [dBi]
L_{LRX}	Pérdidas en el cable del receptor [dB]

1.3.9.2. Margen del sistema

Es el valor correspondiente a la diferencia entre el valor de la señal recibida y la sensibilidad del receptor.

$$\mathbf{Margen} = \mathit{Potencia\ de\ recepción\ [dBm]} - \mathit{Sensibilidad\ del\ receptor\ [dBm]}$$

(Ecuación 4)

1.3.9.3. Disponibilidad

La disponibilidad de un radio enlace es la capacidad que este posee para prestar un servicio y que esta dimensionado en horas al año. (Melo, 2015). Para su cálculo se debe tener en cuenta los factores de rugosidad (A) y climático (B), cuyos valores se muestran a continuación en las Tablas 3 y 4 respectivamente:

Tabla 3.

Niveles de factor de rugosidad.

Factor de rugosidad	
Nivel	Descripción
4	Espejos de agua, ríos muy anchos, etc.
3	Sembrados densos, pastizales, arenales.
2	Bosques (la propagación va por encima)
1	Terreno normal
0.25	Terreno rocoso disperejo

Adaptado de Ludeña, s.f., pp. 4.

Tabla 4.

Niveles de factor climático.

Factor climático	
Nivel	Descripción
1	Áreas mínimas o condiciones de peor mes
0.5	Áreas tropicales calientes y húmedas
0.25	Áreas mediterráneas de clima normal
0.125	Áreas montañosas de clima seco y fresco

Adaptado de Ludeña, s.f., pp. 4.

Una vez definido los parámetros de rugosidad y factor climático, se debe reemplazar estos valores para obtener la disponibilidad en la Ecuación 5.

$$Disponibilidad [\%] = 1 - 10(3\log(D) + \log(6 * A * B * f) - 7 \frac{FM}{10})$$

(Ecuación 5)

En donde:

D	Distancia del enlace [km]
A	Factor de rugosidad
B	Factor climático
f	Frecuencia [GHz]
FM	Presupuesto del enlace

1.3.10. Ventajas y desventajas de los radios enlaces

El implementar radio enlaces tiene sus ventajas y desventajas, los cuales se detallan a continuación:

1.3.10.1. Ventajas

- Su implementación es rápida y sencilla, por lo que su costo en instalación de infraestructura y mano de obra es reducido.
- Puede superarse irregularidades geográficas a través del medio inalámbrico y conectar así dos puntos relativamente lejanos.
- Por las características de gran ancho de banda y velocidad de transmisión que los equipos presentan hoy en día, permiten sin problemas ser usados en aplicaciones de voz, datos y video.
- Es de fácil administración y mantenimiento, al solamente estar limitado a un equipo transmisor y receptor.

1.3.10.2. Desventajas

- Su uso está limitado a la línea de vista que presenten los puntos a enlazarse.
- El factor climático afecta a las ondas radioeléctricas, tanto que su rendimiento puede verse mermado considerablemente. Además de ser más propenso a las interferencias de otros sistemas vecinos, que pueden desbalancear y comprometer la disponibilidad del enlace.

- Requieren de un acceso adecuado en lugares como estaciones repetidoras donde se requiere de energía eléctrica regulada y de su respectivo respaldo de energía (bancos de baterías o celdas solares).

1.4. Sistema de cableado estructurado

1.4.1. Cableado vertical

El cableado vertical es llamado también *backbone* y permite unir la sala de equipos con las diferentes salas de telecomunicaciones como se puede observar en la Figura 27. Estas canalizaciones pueden ser realizadas a través de ductos, bandejas o escalerillas porta cables. (Joskowicz, 2013, pp.11).

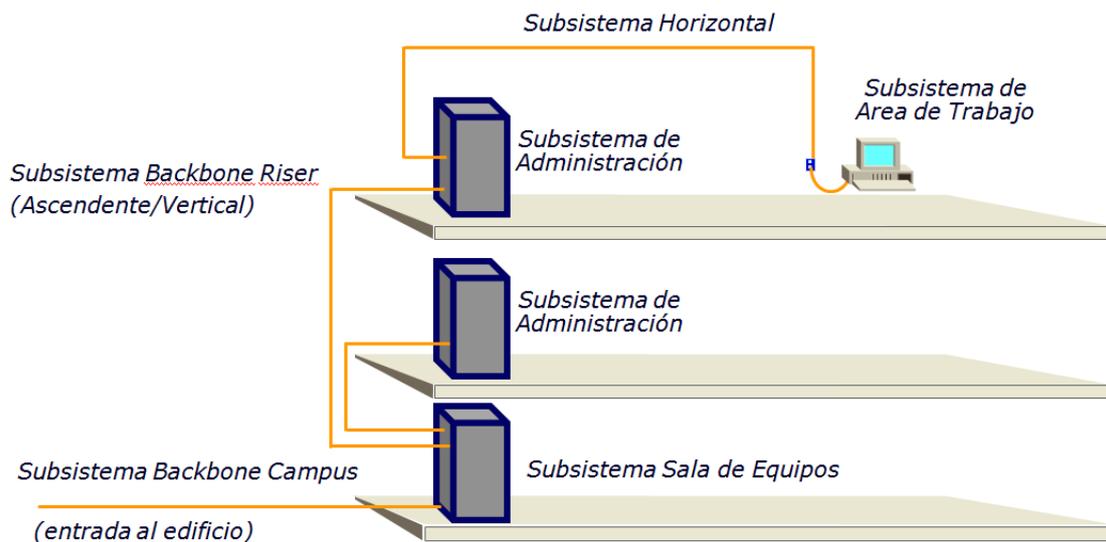


Figura 27. Diagrama de conexión del cableado vertical o de *backbone*.

Tomado de Reyes, 2013.

1.4.2. Cableado horizontal

El cableado horizontal permite unir la sala de telecomunicaciones con las áreas de trabajo, mediante el uso de cables UTP de 4 pares, STP o fibra óptica siguiendo la norma TIA/ EIA 568. (Joskowicz, 2013, pp.13).

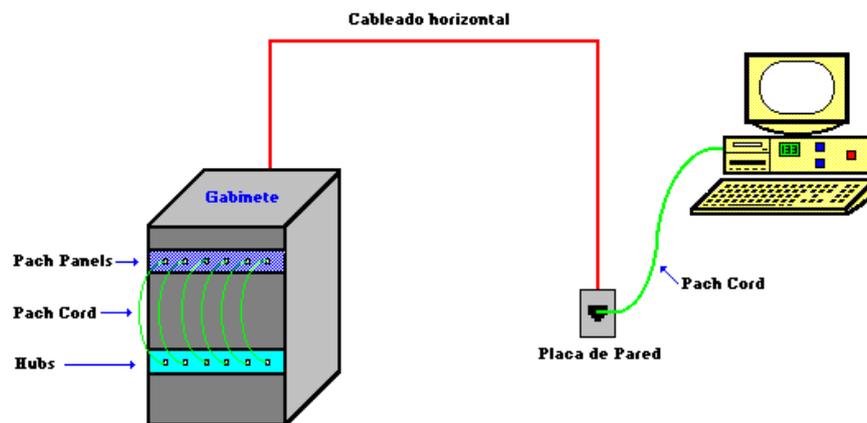


Figura 28. Diagrama de conexión del cableado horizontal.

Tomado de Ramírez, s.f.

El cableado horizontal puede estar instalado debajo del piso, por encima del cielo raso o por canaletas con el fin de mantener la estética en la instalación. En la Figura 28 se puede observar una conexión típica por encima del cielo raso hasta el *face plate* del área de trabajo.

1.4.3. Cable de par trenzado

Es el cable más común utilizado para la transmisión de señales electrónicas entre terminales como computadoras, teléfono, servidores y está constituido por cables los cuales están trenzados para reducir la interferencia entre los pares adyacentes. (Universidad del Azuay, s.f.). El conector que se utiliza para este tipo de cable es el RJ45 (*Registered Jack-45*).

Existen diferentes tipos de cables trenzados que se detallan a continuación:

1.4.3.1. Cable UTP

Por sus siglas en inglés *Unshielded Twisted Pair*, está compuesto por 4 pares trenzados a fin de reducir la interferencia electromagnética y de RF. Actualmente se está utilizando los cables UTP de categoría 5e, 6 y 6A. (Gobierno del Estado de Tabasco: Dirección General del TICs, s.f., pp. 141). En la Figura 29 se puede observar un cable UTP de categoría 6.

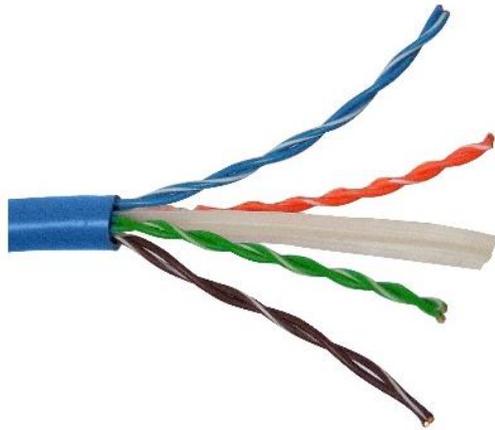


Figura 29. Cable UTP cat. 6.

Tomado de Nexxt Solutions, 2016.

1.4.3.2. Cable ScTP

Por sus siglas inglés Shielded Twisted Pair, este cable posee un blindaje que brinda protección de interferencias exteriores, aunque posee pérdidas mayores debido a la capacitancia generada entre el blindaje y los conductores. En su instalación es importante considerar una correcta conexión a una tierra a fin de mitigar la degradación de la señal. Su costo es más elevado que el cable UTP y más difícil de instalar debido a su rigidez, en la Figura 30 se puede observar el cable ScTP con su respectivo blindaje. (Gobierno del Estado de Tabasco: Dirección General del TICs, s.f., pp. 143).



Figura 30. Cable ScTP Cat. 5e.

Tomado de González, s.f.

1.4.3.3. Cable FTP

Este cable por sus siglas en inglés Foiled Twisted Pair, es más rígido que el cable ScTP debido que posee una malla similar a la de un cable coaxial. (Figura 31). Es muy usado en ambientes ruidosos ofreciendo un alto nivel de protección sin aumentar los costos. (Gonzales, s.f., pp. 34).

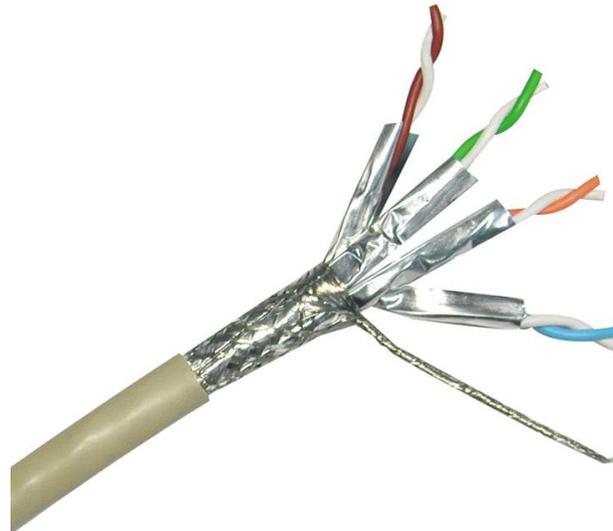


Figura 31. Cable de par trenzado FTP.

Tomado de Arago, 2013.

1.4.4. Categorías del cable de par trenzado

Existen diversas categorías de cable de par trenzado, cada una de ellas se diferencia en su velocidad de transmisión y su ancho de banda que manejan. A continuación, se muestra un resumen en la Tabla 5.

Tabla 5.

Diferentes categorías de cable de par trenzado.

Categoría	Ancho de banda [MHz]	Aplicaciones
1	0.4	Líneas telefónicas y modem de banda ancha
2	4	Cable para conexión de antiguos terminales
3	16	10BASE-T y 100BASE-T4 Ethernet
4	20	16 Mbps (<i>Token Ring</i>)
5	100	100BASE-TX y 100BASE-T Ethernet
5e	100	100BASE-TX y 1000BASE-T Ethernet
6	250	1000BASE-T Ethernet
6A	500	10GBASE-T Ethernet (en desarrollo)
7	600	En desarrollo
7A	1000	Para servicios de telefonía, televisión por cable

Adaptado de Miranda, 2012.

1.4.5. Sistema de tierra

El sistema de tierra dentro del cableado estructurado está basado en la norma TIA/EIA 607, determinado los criterios de diseño e instalación de sistemas de aterrizamiento para edificios comerciales y torres de telecomunicación. (Joskowicz, 2013, pp. 20).

El objetivo de un sistema de puesta a tierra es crear un camino apropiado capaz para dirigir las corrientes eléctricas y voltajes pasajeros hacia el punto más bajo de referencia (Villamarín, 2010, pp. 48) y permitiendo tener las siguientes ventajas:

- Proteger a las personas que manipulan los equipos electrónicos y armarios de cableado, ante averías imprevistas que pueden provocar que las partes metálicas queden bajo tensión.
- Brindar protección a los equipos electrónicos contra descargas eléctricas que puedan generarse por fenómenos atmosféricos e interferencias electromagnéticas.

Un sistema de puesta a tierra consta de varios elementos que se describen a continuación:

1.4.5.1. TMGB

Es la *barra principal de tierra para telecomunicaciones* que permite la conexión central para los sistemas de telecomunicaciones y está ubicado en la sala de equipos. El TMGB debe ser una placa de cobre de 6 mm de espesor, 100 mm de ancho y el largo será de acuerdo al número de perforaciones roscadas requeridas siguiendo el estándar NEMA. (Joskowicz, 2013, pp. 21). En la Figura 32 se puede observar una barra TMGB instalada en la pared de un cuarto de telecomunicaciones.



Figura 32. Barra TMGB instalada en un cuarto de telecomunicaciones.

Tomado de Joskowicz, 2013, pp. 21.

1.4.5.2. TGB

La *barra de tierra para telecomunicaciones* es el punto en donde los equipos de telecomunicaciones conectan sus tierras y debe estar ubicado dentro de las salas de telecomunicaciones. Esta barra debe ser de cobre con perforaciones roscadas acorde al estándar NEMA, con un espesor de 6 mm y 50 mm de ancho, el largo es variable de acuerdo al número de perforaciones. (Joskowicz, 2013, pp. 23).

1.4.5.3. TBB

El *backbone de tierras* es un conductor aislado que permite la conexión entre las TGB y TMGB. Este conductor debe ser de color verde tipo AWG número 6 (Figura 33) y no debe poseer empalmes de ningún tipo. (Joskowicz, 2013, pp. 24).



Figura 33. Conductor 6 AWG para TBB.

Tomado de Nettbee, s.f.

1.4.6. Racks y gabinetes

Los racks o gabinetes son necesarios para instalar y fijar los equipos de telecomunicaciones. Estos pueden ser cerrados o abiertos (Figura 34) dependiendo de los requerimientos de la instalación.

De manera vertical su espacio se mide en unidades de rack (RU) cuya medida equivale a 1.75 pulgadas, por estándar los racks vienen fabricados de 25, 42 y 48 RU.



Figura 34. Rack de telecomunicaciones abierto y cerrados.

Tomado de Atlacom, 2016.

1.4.7. Normas de cableado estructurado

Según el Suplemento sobre cableado estructurado de la Academia de Networking de Cisco (2003, pp. 25), existen algunas entidades que especifican las normas y serie de estándares para cableado estructurado como la Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones (TIA) y la Asociación de Industrias de Electrónicas (EIA).

1.4.7.1. TIA/ EIA-568-A

El estándar especifica los requisitos mínimos de cableado estructurado para telecomunicaciones en edificio comerciales. En lo que concierne a topología, define también límites de distancias, conectores y asignamiento de pines. (Cisco Systems, 2003, pp. 27).

1.4.7.2. TIA/EIA-568-B

Este estándar especifica los requisitos necesarios para los componentes y medios de transmisión de telecomunicaciones como son el cable de par trenzado UTP, fibra óptica y de sistemas genéricos. (Cisco Systems, 2003, pp. 27).

1.4.7.3. TIA/EIA-569-A

Especifica las prácticas de diseño para la construcción de los recorridos y espacios de telecomunicaciones en edificios comerciales. (Cisco Systems, 2003, pp. 27).

1.4.7.4. TIA/EIA-606-A

Este estándar hace referencia a la administración de la infraestructura de telecomunicaciones en edificios comerciales en los que se incluye la identificación del cableado, terminación de hardware y registro del mismo. (Cisco Systems, 2003, pp. 27).

1.4.7.5. TIA/EIA-607-A

Este estándar trata sobre los requisitos de conexión a tierra en edificios comerciales, especificando las conexiones y requisitos necesarios para un buen funcionamiento de los equipos. (Cisco Systems, 2003, pp. 28).

1.5. Infraestructura de red

1.5.1. Switch

Los switches son dispositivos de capa 2 que nos permiten conectar varios terminales, ya sean estos: servidores, computadoras, impresoras dentro de una misma red creando así un entorno que permita el intercambio de información. (Cisco Systems, 2012, pp. 2).



Figura 35. Diversos modelos de switches marca Cisco.

Tomado de CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 1, pp. 1.1.2.2.

Existen varios tipos de switches de acuerdo a su forma y los cuales se detalla a continuación:

1.5.1.1. Switch de configuración fija

Estos equipos no son capaces de permitir características y opciones de las que vienen originalmente (Figura 36). Por ejemplo, existen switches que poseen 8 puertos y no se puede expandir esta capacidad. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 1, pp. 1.1.2.2).



Figura 36. Switch de configuración fija Cisco Catalyst 2960-CX Series.

Tomado de Cisco Systems, 2016.

Para dimensionar correctamente el número de puertos se debe considerar un crecimiento aproximado de conexiones a tener en la red, para evitar la adquisición muy temprana de otro equipo.

1.5.1.2. Switch de configuración modular

Estos equipos permiten la instalación de tarjetas modulares haciendo que se aumente la capacidad del equipo, el número de módulos que puede aceptar dependerá del tamaño del bastidor. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 1, pp. 1.1.2.2).



Figura 37. Switches Cisco de configuración modular.

Tomado de CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 1, pp. 1.1.2.2.

Estos equipos mostrados en la Figura 37 tienen la ventaja de seguir escalando conforme se agreguen módulos, lo que se debe considerar el número máximo de crecimiento en puertos para definir las dimensiones del gabinete.

1.5.1.3. Switch de configuración apilable

Los equipos de marca Cisco poseen la capacidad de interconectar hasta 9 switches mediante un cable especial haciendo que estos se conecten entre sí, operando como uno solo y a esta configuración se la conoce como apilable (Figura 38).



Figura 38. Switches Cisco de configuración apilable.

Tomado de CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 1, pp. 1.1.2.2.

1.5.2. Funcionamiento del switch

El funcionamiento de un switch se basa en el reenvío de tráfico a través de una tabla de direcciones MAC o de memoria de contenido direccionable CAM. Al conectarse los equipos al switch, este genera una trama con el fin de solicitar la dirección MAC de cada equipo, esta información se guarda en la CAM, en donde cada dirección física MAC se relaciona con el número de puerto del switch como se puede apreciar en la Figura 39. (CCNA 2 v.5.1, 2016, cap. 1, pp. 1.2.1.2).

Tabla de puertos	
Direcciones de destino	Puerto
EE	1
AA	2
BA	3
EA	4
AC	5
AB	6

Figura 39. Tabla de direcciones MAC que genera un switch.

Tomado de CCNA 2 v.5.1, 2016, cap. 1, pp. 1.2.1.1.

1.5.3. Router

Es un dispositivo de capa 3 que posee una unidad central de procesamiento, un sistema operativo, memoria, almacenamiento, interfaces de red y puertos especializados. En la Figura 40 se muestra un router y sus respectivos elementos mencionados anteriormente. (CCNA 2 v.5.1, 2016, cap. 4, pp. 4.1.1.3).

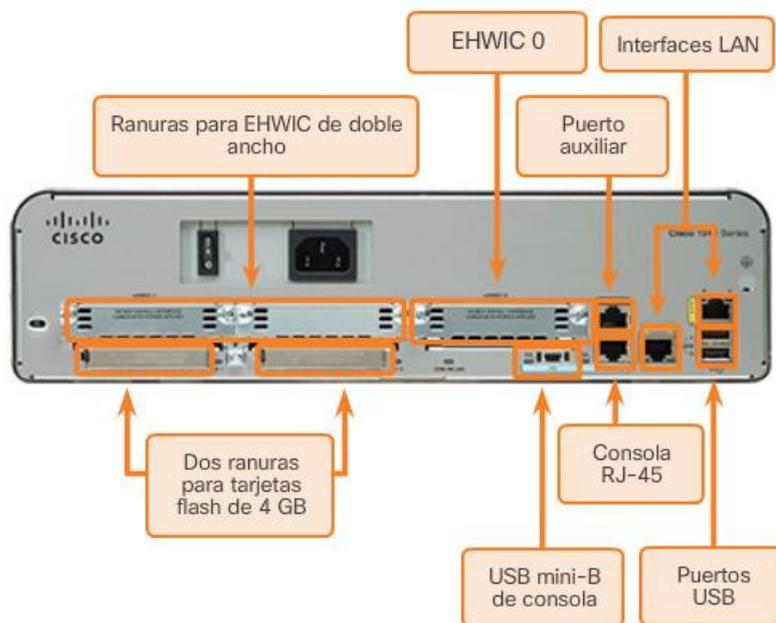


Figura 40. Router Cisco y sus distintos elementos de hardware.

Tomado de CCNA 2 v.5.1, 2016, cap. 4, pp. 4.1.1.3.

1.5.3.1. Funcionamiento de un router

Las funciones de un router son interconectar varias redes con diferentes direcciones IP y reenviar paquetes de una red a otra desde su origen hasta su destino. (CCNA 2 v.5.1, 2016, cap. 4, pp. 4.1.1.4).

Para el reenvío de los paquetes, el router se basa en su *tabla de enrutamiento*, en donde se registra la dirección de red y la interfaz de salida correspondiente. Cuando el router recibe un paquete realiza una comparación con su tabla de enrutamiento y si existe una coincidencia como se muestra en la Figura 41, se encapsula el paquete en una trama de enlace de datos a través de la interfaz de salida correspondiente hacia su destino. (CCNA 2 v.5.1, 2016, cap. 4, pp. 4.1.1.5).

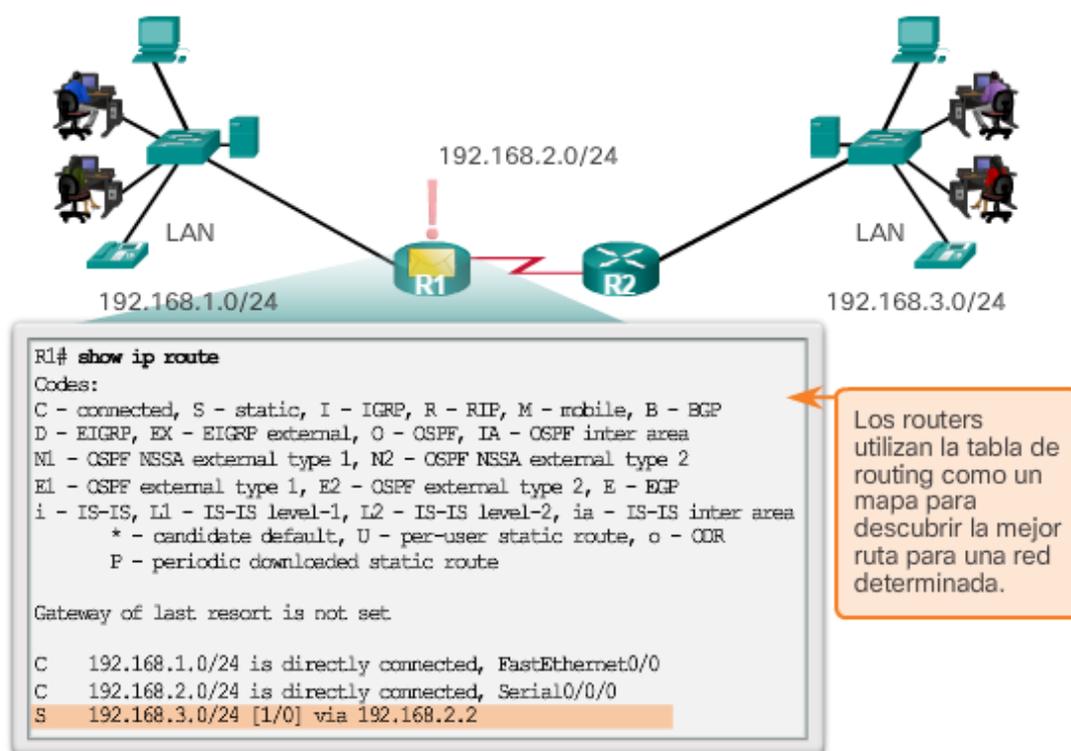


Figura 41. Operación de la Tabla de enrutamiento.

Tomado de CCNA 2 v.5.1, 2016, cap. 4, pp. 4.1.1.5.

Por otro lado, si el router recibe un paquete y no existe alguna coincidencia en su tabla de enrutamiento, el paquete es descartado.

1.5.3.2. Mecanismos de reenvío de paquetes

Los routers poseen tres mecanismos de reenvío de paquetes que se detallan a continuación:

- El *switching de procesos* es un mecanismo antiguo en donde cada paquete es comparado con la tabla de enrutamiento y haciendo que este proceso sea muy lento. (CCNA 2 v.5.1, 2016, cap. 4, pp. 4.1.1.6).
- El *switching rápido* utiliza una memoria cache que almacena la información del siguiente salto y sirve para reutilizar la información de coincidencias encontradas en la tabla de enrutamiento para destinos similares. (CCNA 2 v.5.1, 2016, cap. 4, pp. 4.1.1.6).
- Cisco Express Forwarding es un mecanismo más reciente, armando una tabla de adyacencia y una base de información de reenvío (FIB) para que el equipo tenga toda la información necesaria para encaminar un paquete. (CCNA 2 v.5.1, 2016, cap. 4, pp. 4.1.1.6).

1.6. Routing & Switching

1.6.1. Enrutamiento

Para conectar diferentes redes de datos se requiere del uso de routers que permitan el uso de protocolos de routing estáticos o dinámicos para descubrir redes remotas. (CCNA 3 v5.1, 2016, cap. 6, pp. 6.0.1.1).

1.6.1.1. Estático

El routing estático es aquella configuración en donde se agregan las redes en forma manual a la tabla de enrutamiento. Las rutas estáticas no se actualizan de forma automática, por lo que en cada cambio en la topología de la red el administrador debe agregar una o más rutas. (CCNA 3 v5.1, 2016, cap. 6, pp.

6.1.1.1). El proceso de enrutamiento estático que realizan los routers se describe en la Figura 42.

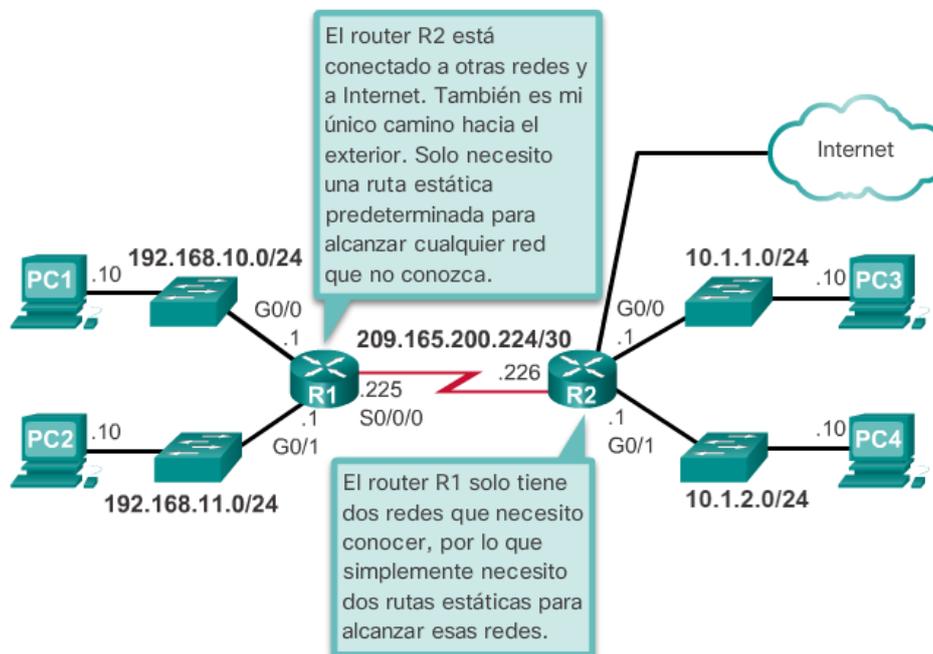


Figura 42. Resumen del funcionamiento del enrutamiento estático.

Tomado de CCNA 3 v5.1, 2016, cap. 6, pp. 6.1.1.1.

El enrutamiento estático posee algunas ventajas como:

- Brindar seguridad debido a que las rutas configuradas no son anunciadas a través de la red.
- El consumo de ancho de banda es menor debido que no existen envíos de actualizaciones y uso del CPU del router es mínimo ya que no se realiza cálculo de rutas. (CCNA 3 v5.1, 2016, cap. 6, pp. 6.1.1.2).

Por otro lado, las desventajas que se presentan al utilizar enrutamiento estático son:

- La configuración se vuelve compleja en redes grandes y por ello es propenso a cometer errores en su implementación.
- Cualquier cambio en la topología de la red requiere la intervención de un administrador de la red.

1.6.1.2. Dinámico

Dentro del enrutamiento dinámico se detallan los siguientes protocolos:

1.6.1.2.1. EIGRP

EIGRP (Protocolo de Gateway Interior Mejorado) es un protocolo de enrutamiento dinámico de vector distancia avanzado sin clase, que inicialmente fue desarrollado por Cisco Systems y posteriormente a partir del 2013 pudo ser utilizado por varias empresas de proveedores.

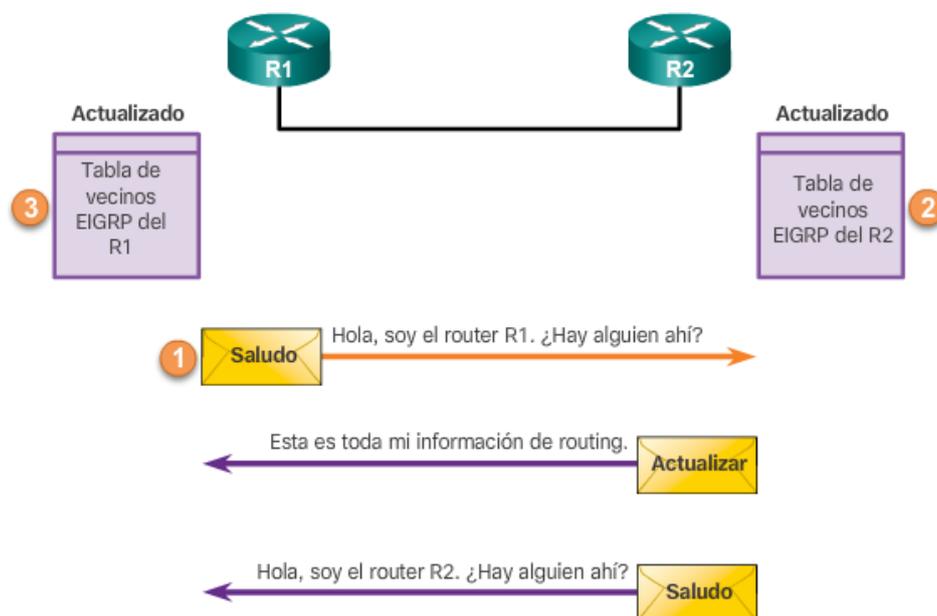


Figura 43. Adyacencia de vecinos EIGRP.

Tomado de CCNA 3 v5.1, 2016, cap. 7, pp. 7.3.1.1.

EIGRP obtiene la información de toda la red a partir de sus vecinos que están conectados directamente (Figura 43), para lo cual utiliza el *algoritmo de actualización por difusión* conocido como DUAL y de esta manera el protocolo presenta tiempos de convergencia extremadamente rápidos con un tráfico de red mínimo. (CCNA 3 v5.1, 2016, cap. 7, pp. 7.1.1.1).

EIGRP tiene algunas características que se mencionan a continuación:

- Establecimiento de adyacencias de vecinos: EIGRP establece adyacencias con equipos que tengan configurado este protocolo con la finalidad de intercambiar información de la tabla de enrutamiento.
- Protocolo de transporte confiable: Utiliza el RTP para la entrega de paquetes EIGRP y también para el rastreo de adyacencias de los vecinos que pueda tener.
- Actualizaciones parciales y limitadas: Las actualizaciones que EIGRP genera no son periódicas, por lo que, no consumen ancho de banda en la red y solamente envía actualizaciones al sitio donde hubo cambios en la topología.
- Balanceo de carga: Permite mejorar el flujo y el tráfico de la red mediante el balanceo de carga de igual o de diferente costo. (CCNA 3 v5.1, 2016, cap. 7, pp. 7.1.1.1).

La configuración de EIGRP en un router Cisco es sencilla, para lo cual se debe agregar las redes que se tienen directamente conectadas con su respectiva *wilcard* como se puede observar en la Figura 44. También es importante declarar a las interfaces como pasivas, por donde no se desea la propagación de actualizaciones de EIGRP.

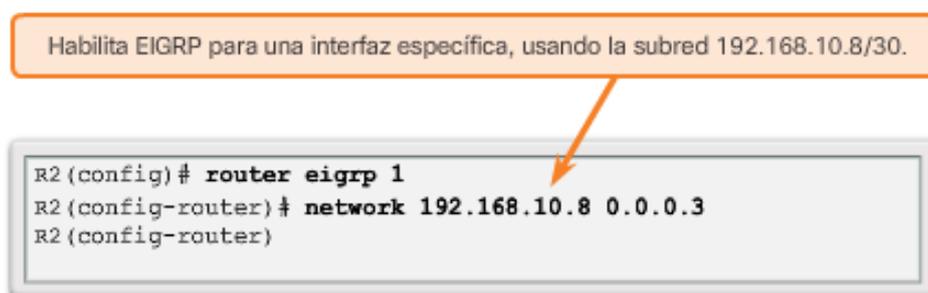


Figura 44. Configuración de EIGRP en un router Cisco.

Tomado de CCNA 3 v5.1, 2016, cap. 7, pp. 7.2.1.7.

1.6.1.2.2. OSPF

OSPF (*Open Shortest Path First*) es un protocolo dinámico de estado enlace sin clase que reemplaza al protocolo RIP, la versión para IPv4 es la versión 2 y utiliza para su escalamiento las denominadas áreas. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 8, pp. 8.0.1.1.).



Figura 45. Características de OSPF.

Tomado de CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 8, pp. 8.0.1.1.

De acuerdo a la Figura 45, OSPF presenta algunas características que se detallan a continuación:

- Es un protocolo sin clase, por lo que solamente admite VLSM y CIDR.
- Es eficaz debido a que no envía actualizaciones periódicas, solamente cuando existen cambios en la topología.
- Los cambios se propagan de manera rápida por la red.
- Opera muy bien tanto en redes grandes como pequeñas debido a que maneja un sistema jerárquico de áreas. *Tomado de CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 8, pp. 8.0.1.1).*

1.6.2. Direccionamiento de red IPv4

La asignación de direcciones IP permite que los protocolos de la capa de red mantengan una comunicación de datos entre hosts. Un buen diseño, planeamiento y administración permitirá que la red opere de manera eficiente. (CCNA 1 v5.1, 2016, cap. 8, pp. 8.0.1.1).

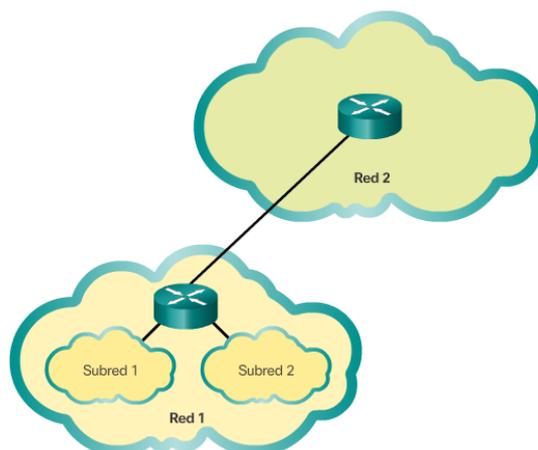


Figura 46. Segmentación de la red en porciones más pequeñas.

Tomado de CCNA 1 v5.1, 2016, cap. 8, pp. 8.0.1.1.

Cuando una red posee una cantidad numerosa de host el direccionamiento tipo *red plana* no es eficiente y se debe realizar una segmentación en la red. La segmentación consiste en la división de espacios de red más pequeños denominados subredes (Figura 46). Para comunicar estas diferentes subredes se debe utilizar un router y un protocolo de enrutamiento. (CCNA 1 v5.1, 2016, cap. 8, pp. 8.0.1.2).

1.6.3. VLSM

Las máscaras de subred de longitud variable (VLSM) permite la división de una red en partes desiguales, por lo que la máscara de subred ira variando conforme la cantidad de bits que se tomen prestado de una determinada subred.

El proceso de VLSM permite dividir una subred en redes más pequeñas a partir de la cantidad de host necesarios, para ellos se utiliza la formula 2^n , en donde n es el número de bits de host restantes. (CCNA 1 v5.1, 2016, cap. 9, pp. 9.1.5.2).

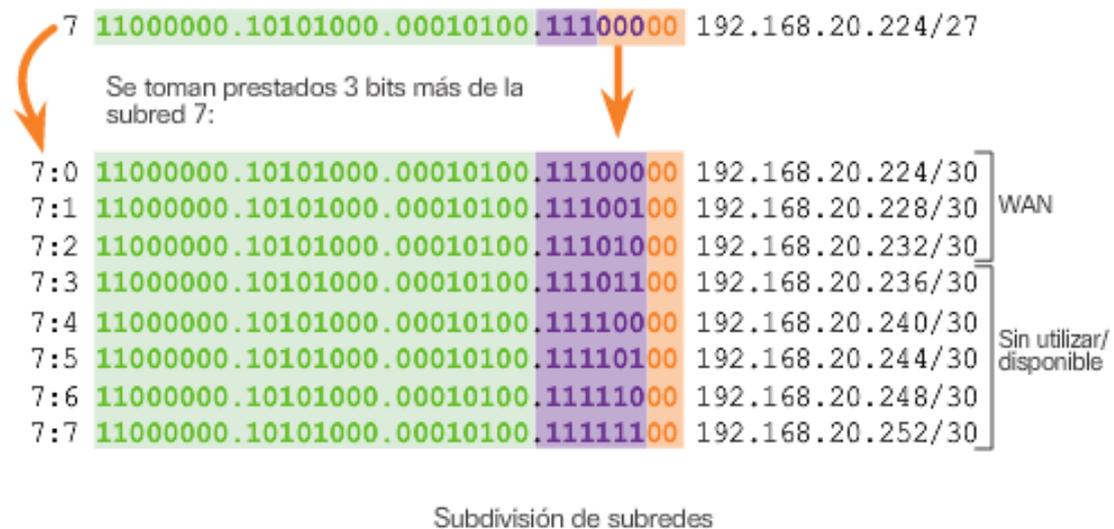


Figura 47. Subdivisión de subredes VLSM.

Tomado de CCNA 1 v5.1, 2016, cap. 9, pp. 9.1.5.3.

Como se puede ver en la Figura 47, se tiene la subred 192.168.20.224/27 de donde se han obtenido 7 subredes que pueden ser utilizadas en redes WAN de dos direcciones IP utilizables cada una. (CCNA 1 v5.1, 2016, cap. 9, pp. 9.1.5.3).

1.6.4. Tipos de direcciones IPv4

Existen dos tipos de direcciones IPv4, las públicas y las privadas:

- Las direcciones públicas constituyen la mayoría de direcciones en el rango de host unicast IPv4 y son utilizadas en hosts de acceso público a internet.
- Las direcciones privadas son utilizadas en redes en donde sus hosts no requieren acceso a internet.

Las direcciones públicas son únicas y asignadas por un ISP, por otro lado, para el direccionamiento privado existen varias clases mostradas a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6.

Rango de direcciones IPv4 privadas y sus clases.

Dirección de inicio del rango	Dirección de fin del rango	Descripción
10.0.0.0	10.255.255.255	Direcciones privadas clase A
169.254.0.0	169.254.255.255	Direcciones privadas clase A
172.16.0.0	172.31.255.255	Direcciones privadas clase B
192.168.0.0	192.168.255.255	Direcciones privadas clase C

Adaptado de Pérez, 2011.

1.6.5. Traducción de direcciones de red para IPv4

La traducción de direcciones de IPv4 se origina como una medida para conservar y usar de forma eficaz las direcciones proporcionando acceso a internet a redes de diversos tamaños. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 11, pp. 11.0.1.2).

1.6.6. NAT

El NAT (*Network Address Translation*) permite que las redes privadas IPv4 puedan traducirse a una sola dirección pública, con el objetivo de que se conserven las direcciones IPv4 que están prácticamente agotadas.

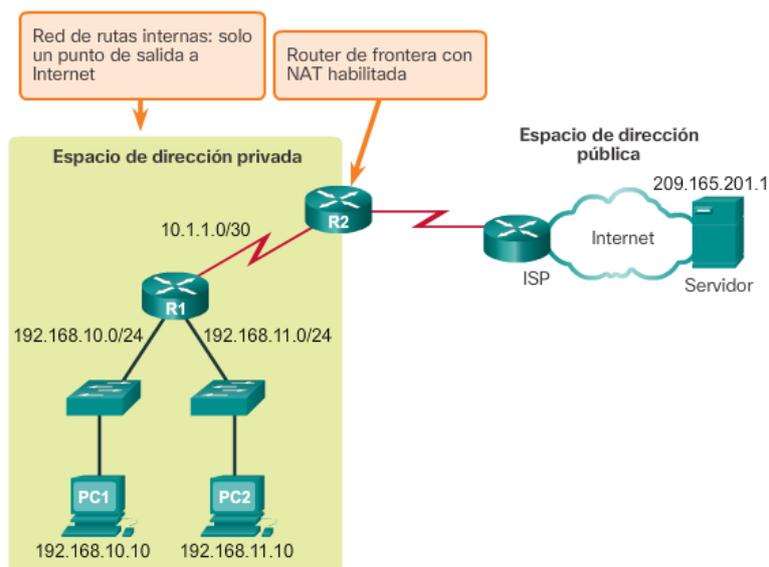


Figura 48. NAT implementado en el router de borde.

Tomado de CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 11, pp. 11.1.1.2.

Además, el NAT brinda funciones de seguridad ya que protege de ataques externos a las direcciones internas de una red privada al ocultarlas tras una sola dirección pública. Esta configuración normalmente se aplica en el router de borde como se muestra en la Figura 48.

Existen tres tipos de traducción de direcciones que se puede realizar con NAT:

- NAT estática: Consiste en asignar una dirección pública a un solo host de la red interna privada.
- NAT dinámica: Asigna varias direcciones públicas a varias direcciones privadas, es decir que, si se tiene cuatro hosts de una LAN y se tiene tres direcciones públicas, el primer host que desee conectarse al exterior se traducirá con la primera dirección IP pública y así sucesivamente. Si se tiene la conexión simultánea de todos los hosts, el cuarto no podrá conectarse debido a que solo existen tres direcciones públicas.
- PAT: Es conocido como NAT con sobrecarga y consiste en asignar varias direcciones IP privadas a una dirección pública. Este tipo de traducción es la más usada por los ISP. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 11, pp. 11.1.1.3).

1.6.7. Seguridad de redes

Es importante la implementación de seguridad en la red para mantener la integridad y confiabilidad de los datos que se transportan. Esta debe ser implementada tanto en las capas de núcleo, distribución y acceso, pero se debe enfatizar más en esta última ya que es la parte más vulnerables de la red al tener contacto directo con los usuarios.

A continuación, se detallan las medidas de cómo implementar la seguridad en los switch de marca Cisco mediante configuraciones y protocolos.

1.6.7.1. SSH

Es un protocolo que permite una conexión remota segura y cifrada hacia los equipos de red para su administración, esta opción debe ser considerada para

reemplazar al Telnet la cual no es segura porque no cifra la conexión y puede ser interceptada por terceros. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 2, pp. 2.2.1.1).

El puerto de comunicación es el TPC número 22 y su configuración mediante CLI (Interfaz de Líneas de Comandos) se puede observar en la Figura 49.

```
S1# configure terminal
S1(config)# ip domain-name cisco.com
S1(config)# crypto key generate rsa
The name for the keys will be: S1.cisco.com
...
How many bits in the modulus [512]: 1024
...
S1(config)# username admin secret ccna
S1(config-line)# line vty 0 15
S1(config-line)# transport input ssh
S1(config-line)# login local
S1(config-line)# exit
S1(config)# ip ssh version 2
S1(config)# exit
S1#
```

Figura 49. Configuración mediante CLI de SSH.

Tomado de CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 2, pp. 2.2.1.2.

1.6.7.2. Seguridad en la red

Una red puede ser vulnerada al tener acceso por los puertos de un switch que no se estén siendo usados o incluso desde un host que forme parte de la red, por lo que se debe considerar las siguientes medidas:

1.6.7.3. Desactivar puertos en desuso

Los puertos que no se utilicen deben ser desactivados administrativamente, en los switch de Cisco se realiza mediante el comando *shutdown* y esta pueda ser la manera más sencilla de asegurar la red. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 2, pp. 2.2.4.1).

1.6.7.4. Snooping de DHCP

Otra manera de brindar seguridad en la red es mediante la implementación de *snooping* DHCP, el cual determina que puertos del switch son los autorizados

para realizar una petición de dirección IP mediante DHCP. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 2, pp. 2.2.4.2).

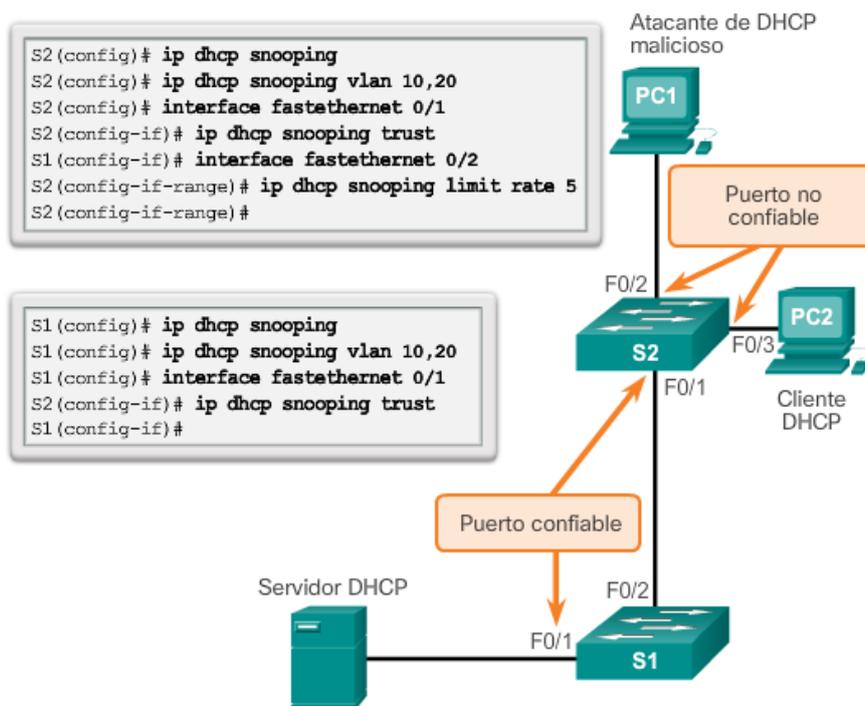


Figura 50. Configuración de snooping DHCP.

Tomado de CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 2, pp. 2.2.4.2.

La configuración se basa en definir puertos confiables y no confiables (Figura 50), por lo que usuarios no autorizados que se intenten conectar en un puerto no confiable del switch este inmediatamente se desactivará.

1.6.7.5. Seguridad en el puerto

El implementar seguridad en los puertos permite limitar el número de direcciones MAC que se pueden conectar en un puerto determinado del switch y permite las siguientes configuraciones:

- MAC segura estática: Se configura una dirección MAC de manera manual en un determinado puerto mediante el comando *switchport port-security mac-address dirección-mac*. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 2, pp. 2.2.4.3).

- MAC segura dinámica: La dirección MAC en el puerto se configura de manera automática al conectar el equipo al puerto del switch, esta opción se habilita mediante el comando `switchport port-security mac-address sticky`. (CCNA 2 v5.1, 2016, cap. 2, pp. 2.2.4.3).

En cuanto se produce una alteración a la seguridad del puerto del switch, se genera una violación produciendo que se envíe una notificación a un servidor Syslog o en su efecto hacer que el puerto se desactive.

1.7. Calidad de Servicio

1.7.1. Definición

La calidad de servicio o QoS según la ITU (2002, pp. 2) se define como un efecto global que tienen los servicios electrónicos de extremo a extremo y al grado de satisfacción que tienen los usuarios.

La implementación de QoS como política dentro de una red permite tener los siguientes beneficios:

- Brindar ancho de banda de una manera diferenciada.
- Evitar la congestión en una red y brindar prioridades dependiendo del tráfico. (Valero, 2010, pp. 19).

1.7.2. Parámetros de QoS

A continuación, se detallan los parámetros más importantes que se deben considerar en la QoS:

1.7.2.1. Ancho de banda

El ancho de banda corresponde a la cantidad de bits por segundo que viajan por un determinado medio de transmisión y se dimensiona con Mbps. Aumentar el ancho de banda de un canal de datos permite enviar más información lo cual se traduce en costos elevados cuando se utiliza un proveedor de servicios. (Valera, 2010, pp. 19).

1.7.2.2. Retardo

Se define como retardo (*delay*) a la variación que presentan los datos al llegar a su destino, este parámetro es considerado especialmente en la transmisión de audio y voz, por lo que es ideal mantenerlo en un valor bajo. (Valera, 2010, pp. 19).

1.7.2.3. Variación del retardo

La variación del retardo (*jitter*) se produce cuando los paquetes de datos no llegan en el orden o tiempo que fueron determinado, es decir existe una variación de latencia. Se debe tener cierto cuidado de la presencia de este parámetro cuando se transmite multimedia. (Valera, 2010, pp. 19).

1.7.2.4. Pérdida de paquetes

Se considera a los paquetes que no llegan a su destino durante una transmisión y en ciertas ocasiones este efecto no se puede resolver con la QoS.

1.7.3. Modelos de QoS

1.7.3.1. Best-Effort

Se considera como el modelo del mejor esfuerzo ya que realiza la transmisión de tráfico sin calidad de servicio. Este modelo es utilizado por ejemplo en la red de internet y no se recomienda su uso en la transmisión de audio y video.

1.7.3.2. IntServ

El modelo de servicios integrados se basa en reservar recursos en una red mediante el uso de flujos y está limitado por la cantidad de información que debe almacenar en cada flujo que compone la red. (Valera, 2010, pp. 20).

1.7.3.3. Diffserv

El *Diffserv* o servicios diferenciados permite implementar QoS mediante el marcado de paquetes y haciendo que estos sean tratados de manera diferentes dependiendo de cómo sean categorizados. (Valera, 2010, pp. 21).

1.7.4. Implementación de QoS

Para la implementación de QoS con un modelo *Diffserv* se debe seguir los siguientes pasos:

- Verificar que se tenga disponible el recurso de ancho de banda.
- Clasificar y marcar los paquetes mediante la dirección IP, puertos, aplicaciones críticas y no críticas.
- Elegir un mecanismo de fragmentación y de cola que respete el SLA implantado en la red. (Felici, s.f., pp.30).

1.7.5. Requerimientos de QoS

Para realizar el marcado y dar prioridades a los paquetes de las aplicaciones que puede tener una red, debemos tomar en cuenta los diferentes parámetros de QoS que se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7.

Requerimientos de QoS para varias aplicaciones

Aplicación	Fiabilidad	Retardo	Jitter	Ancho de banda
Correo electrónico	Alta	Alto	Alto	Bajo
Transferencia de ficheros	Alta	Alto	Alto	Medio
Acceso web	Alta	Medio	Alto	Medio
Audio bajo demanda	Media	Alto	Medio	Medio
Video bajo demanda	Media	Alto	Medio	Alto
Telefonía	Media	Bajo	Bajo	Bajo
Videoconferencia	Media	Bajo	Bajo	Alto

Adaptado de Felici, s.f., pp. 4.

1.8. Software de cálculo de radio enlaces

1.8.1. Link Planner

Link Planner es un software libre desarrollado por la empresa Cambium Network que permite realizar perfiles radioeléctricos de soluciones PTP y PMP, con la finalidad de diseñar redes microonda de manera óptima. El software se puede instalar en sistemas operativos de Windows y OSX de sistemas MAC basados en Intel. (Cambium Network, 2016, pp. 1).

Link Planner está disponible para descargarse desde el siguiente enlace <https://support.cambiumnetworks.com/files/linkplanner/>, para más información revisar el Anexo 1.

1.8.2. Características generales

De acuerdo al *brochure* que presenta Cambium Network (2016, pp. 1), el software de Link Planner posee algunas características que se mencionan a continuación:

- Realizar la ingeniería de radio enlaces de manera confiable en ambientes complicados.
- Realizar informes personalizados completos de enlaces del tipo PTP y PMP.
- Permite realizar cálculos de radio enlaces con frecuencias licencias y no licenciadas.
- De manera automática se obtienen los perfiles geográficos y factores ambientes como la vegetación y lluvia a través de internet.
- La proyección del radio enlace puede observar en Google Earth para una mejor apreciación.
- Permite simular diferentes situaciones como uso de diferentes tamaños de antenas, frecuencias, alturas, niveles de interferencia y potencia de transmisión.

- Crear una lista con todos los materiales necesarios para la implementación del radio enlace calculado.

1.8.3. Funcionamiento y parámetros principales

Para realizar el cálculo de radio enlaces se debe considerar los siguientes aspectos:

- Poseer las coordenadas geográficas de los sitios que se desea enlazar, para ello se puede usar Google Earth. En la Figura 51 se puede observar un punto geográfico y sus respectivas coordenadas.

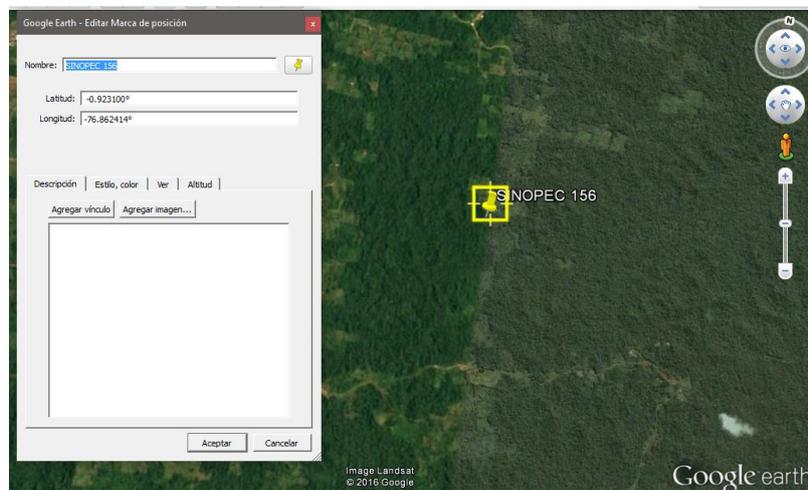


Figura 51. Ubicación geográfica en Google Earth y sus coordenadas.

- Para lograr un resultado más aproximado a la realidad se puede considerar la altura de la vegetación de la zona.

Una vez definido los puntos geográficos se debe crear un *link* de los dos o más sitios a realizar el perfil. Para el cálculo se debe tener en cuenta los parámetros mostrados en la Figura 52.

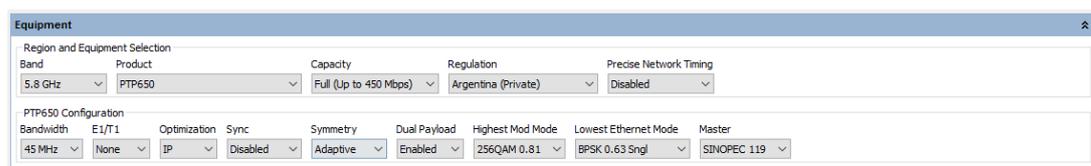


Figura 52. Sección de la configuración de los parámetros del equipo.

Tomado de Link Planner, 2016.

Dentro de la sección *Equipment* se tienen los siguientes campos:

- Frecuencia de operación del radio enlace: En este campo se debe considerar si son frecuencias de banda licenciada o no licenciada.
- Modelo de los equipos: Se puede escoger entre varios modelos de equipos los cuales se diferencian uno del otro por su rendimiento y robustez.
- Capacidad del enlace: Se selecciona la capacidad de transmisión que van a poseer los equipos y su ancho de canal.
- Tipo de modulación: Se puede simular la modulación con la que trabajará el radio enlace, se puede escoger entre BPSK, 16 QAM, 64 QAM o 256 QAM.
- Optimización: Permite escoger entre IP para obtenerse altas velocidades o TDM para cuando se requiere bajas latencias.

En la sección *Configuration at Each End* hay distintos parámetros que pueden ser observados en la siguiente Figura 53.

The screenshot shows a window titled "Configuration at Each End" with two panels. The left panel is for "SINOPEC 119" and the right panel is for "SINOPEC 191". Both panels have a dropdown menu set to "Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna (23.0dBi)". Below this, there is a text input for "Antenna Height" set to "10" meters, with a note "(Max height at site is 10.0 m)". Underneath, there are two rows of settings: "Maximum EIRP : 50.0 dBm" and "Maximum Power : 27.0 dBm", each followed by a checkbox labeled "User limit". At the bottom of each panel, there is a checkbox for "Interference" and a text input for "MAC Address".

Figura 53. Sección de configuración de cada punto geográfico en Link Planner.

Tomado de Link Planner, 2016.

Los parámetros de esta sección se describen a continuación:

- Tipo de antena: En esta sección se puede elegir el tamaño y marca de la antena parabólica con su respectiva ganancia.
- Altura de la antena: Corresponde a la altura de instalación de antena en la torre de telecomunicaciones o mástil.

- EIRP y Potencia de TX: Esta opción se la puede personalizar acorde a lo que se requiera, cabe indicar que para el Ecuador la potencia máxima de operación de radio enlaces es de 25 dBm.
- Interferencia: Se puede configurar de manera manual valores en dB para simular una interferencia.

Finalmente, en la sección de *Performance Summary (ITU-R)* se pueden observar los parámetros mostrados en la Figura 54.

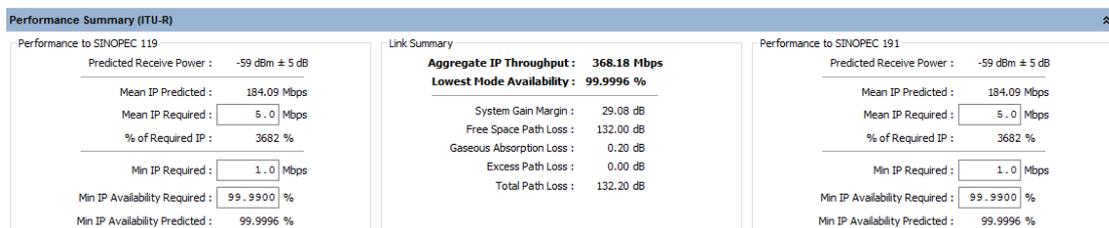


Figura 54. Sección de la configuración de parámetros de rendimiento.

Tomado de Link Planner, 2016.

Los parámetros de esta sección se detallan a continuación:

- Velocidad de transmisión requerida: Se puede configurar un valor en Mbps deseado para el radio enlace.
- Disponibilidad requerida: Se configura la disponibilidad que se espera tenga el radio enlace y este valor esta dado en porcentaje. La disponibilidad es calculada automáticamente por el software y así verificar si el enlace es o no factible.

2. CAPÍTULO II. DISEÑO DE LA RED

2.1. Situación actual en el Bloque 61

El Bloque 61 (BL61) mostrado en la Figura 55 está ubicado a 45 minutos de la ciudad de Francisco de Orellana (El Coca) y está conformado por tres estaciones principales:

- Yuca Central (YUC)

- Auca Central (AUC)
- Estación Cononaco (CNCO)

El bloque contiene diversos pozos petrolíferos alrededor de las locaciones antes mencionadas.

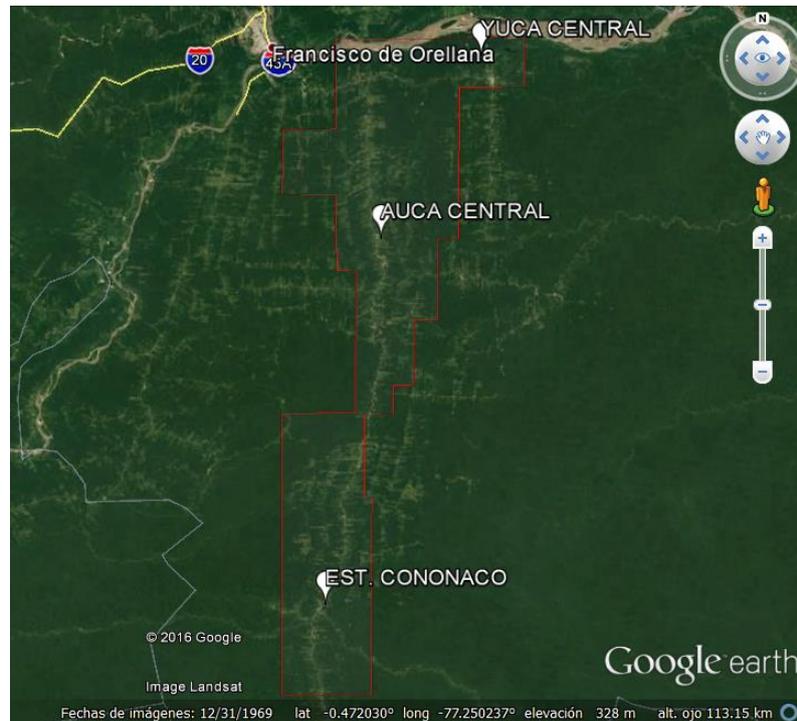


Figura 55. Límites del Bloque 61 y sus locaciones principales.

La empresa Shaya Ecuador (SE) tiene su campamento base en la estación Auca Central y dentro de su equipo de trabajo se encuentran personal de las áreas de Producción, Operaciones, Logística, Facilidades & Construcción y HSE (*Health, Safety and Environment*), su área de trabajo se extiende por todas las locaciones incluyendo pozos y subestaciones.

Al inicio de las operaciones la empresa solicitó la implementación de un sistema de radiocomunicación analógica para coordinar sus actividades y que actualmente está operando. Este sistema está conformado por tres repetidoras analógicas de marca Motorola instaladas en cada locación y brindan cobertura de radio en todo el Bloque 61. En la Figura 56 se muestra la topología de la red de radiocomunicación.

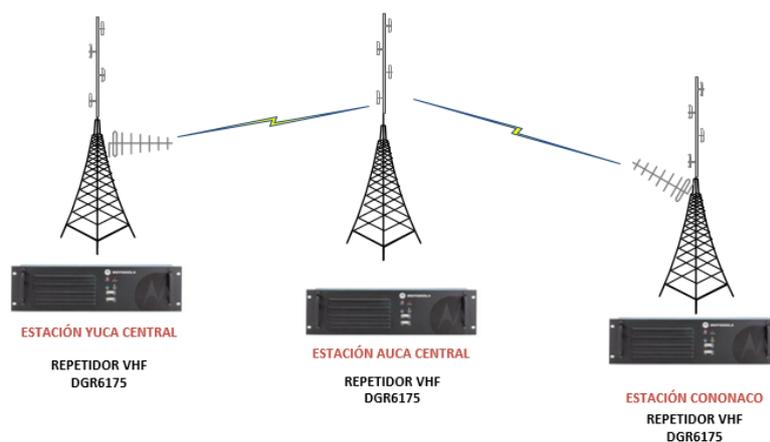


Figura 56. Red de radiocomunicación actual del Bloque 61.

El sistema de radiocomunicación apoya al personal de SE en la coordinación de actividades, generación, recopilación y actualización de información.

En el campamento base ubicado en AUC, los coordinadores de cada área recopilan toda información generada durante la jornada laboral de las estaciones de YUC y CNCO. Que posteriormente, generan los respectivos reportes que luego son enviados a través de correo electrónico utilizando una conexión por modem de tecnología 3G a los supervisores de las oficinas de Quito. Cabe indicar que la cobertura celular está disponible solamente en el campamento AUC.

Los equipos que utilizan los usuarios son portátiles DGP8550 y móviles DGM8500 (instalados en vehículos) de marca Motorola mostrados en la Figura 57 y su modo de comunicación es half dúplex analógica. Para más información acerca de sus especificaciones revisar el Anexo 2.



Figura 57. Equipo portátil DGP8550 y móvil DGM8500 de marca Motorola.

Tomado de Motorola Solutions, 2016.

Por otro lado, el sistema de repetidoras consta de equipos Motorola DGR6175 de rango VHF de 25 W de potencia, una antena omnidireccional de 4 dipolos, cable RG58 y su respaldo de energía VDC, para más detalles se puede verificar sus especificaciones también en el Anexo 2. En la Figura 58 se puede observar la estructura de las repetidoras de YUC y CNCO.

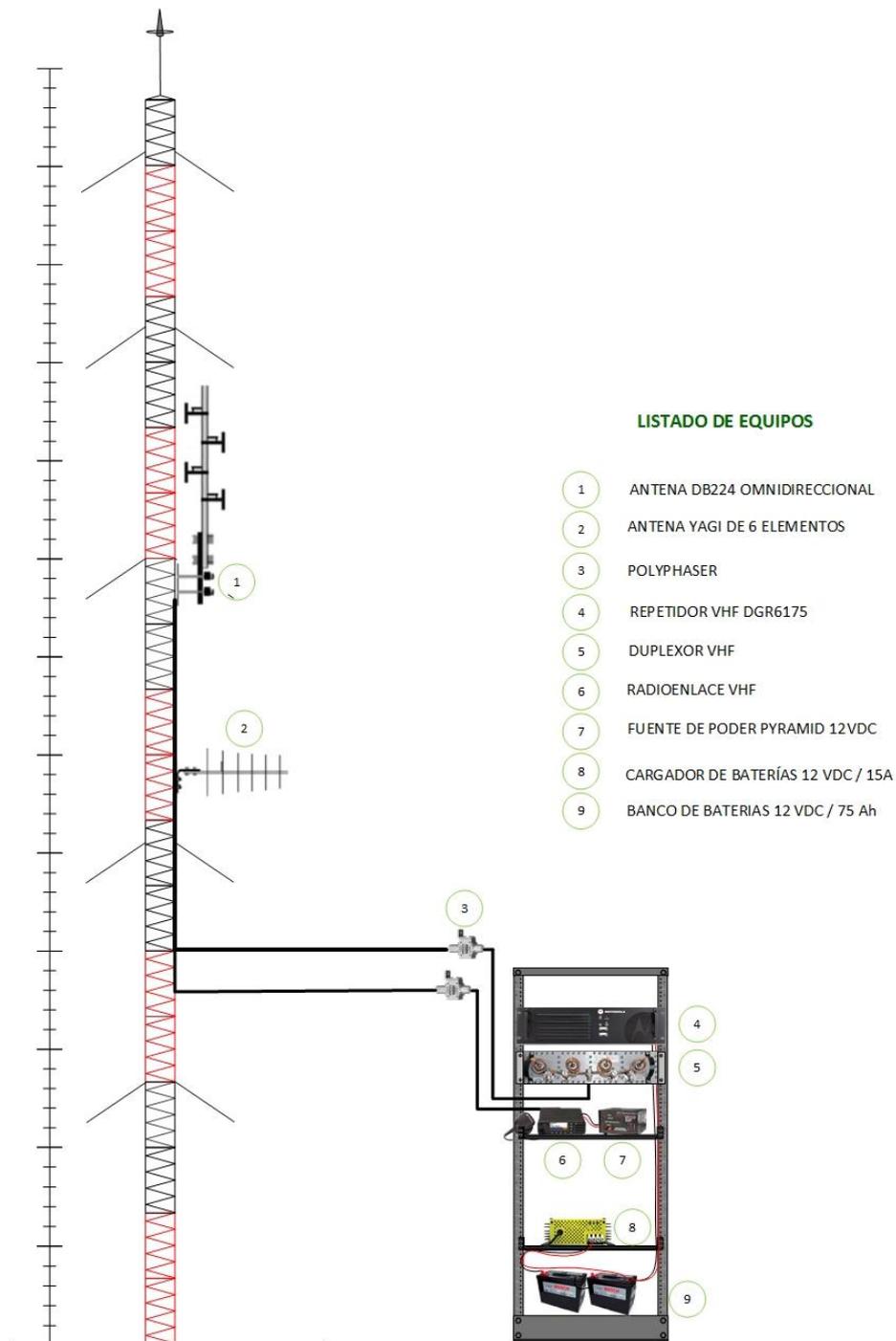


Figura 58. Esquema del repetidor VHF en Yuca Central y Cononaco.

Como se puede observar en la Figura 58, se está utilizando un sistema con radio enlaces VHF (ítem 2: antena yagi) que apuntan hacia el repetidor del AUC mostrado en la Figura 59.

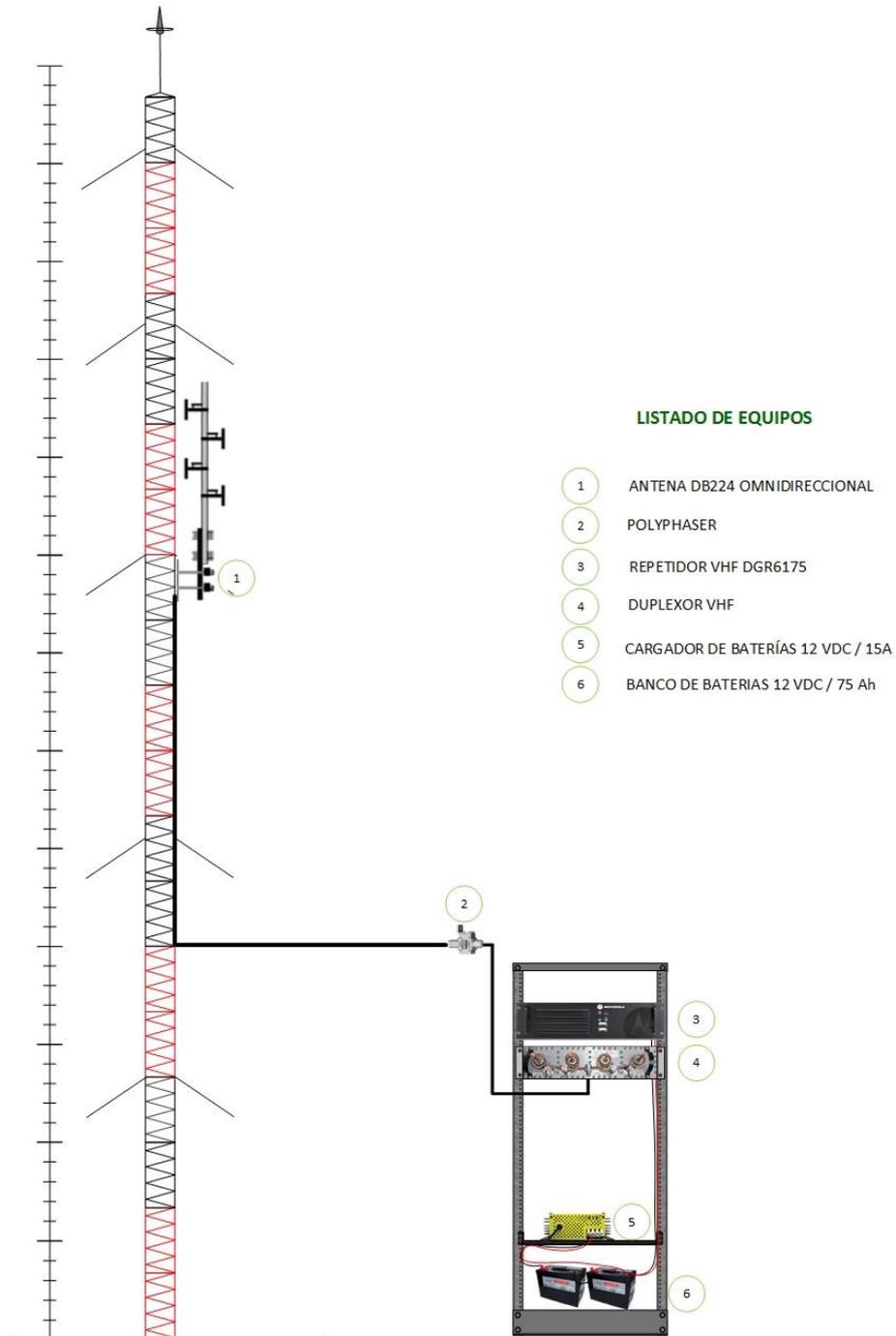


Figura 59. Estructura del repetidor analógico de Estación Auca Central.

Esta topología de radio enlaces VHF permite tener una cobertura de radiocomunicación en todo el BL61 al personal de SE, pero debido al crecimiento del personal se ha visto pertinente mejorar el sistema.

Otro punto importante a señalar es acerca de las torres de telecomunicaciones existentes que son de propiedad de Petroamazonas EP, por lo que para la instalación de los repetidores VHF se presentó la concesión de frecuencias correspondiente otorgada por la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones).

2.2. Infraestructuras de telecomunicaciones del Bloque 61

A continuación, se describe las infraestructuras de telecomunicaciones disponibles en el BL61 y se hace mención a sus características más relevantes.

2.2.1. Infraestructura de telecomunicaciones en Yuca Central

La estación de Yuca Central está ubicada a 40 minutos de la ciudad de El Coca y su ubicación en el mapa se puede observar en la Figura 60.

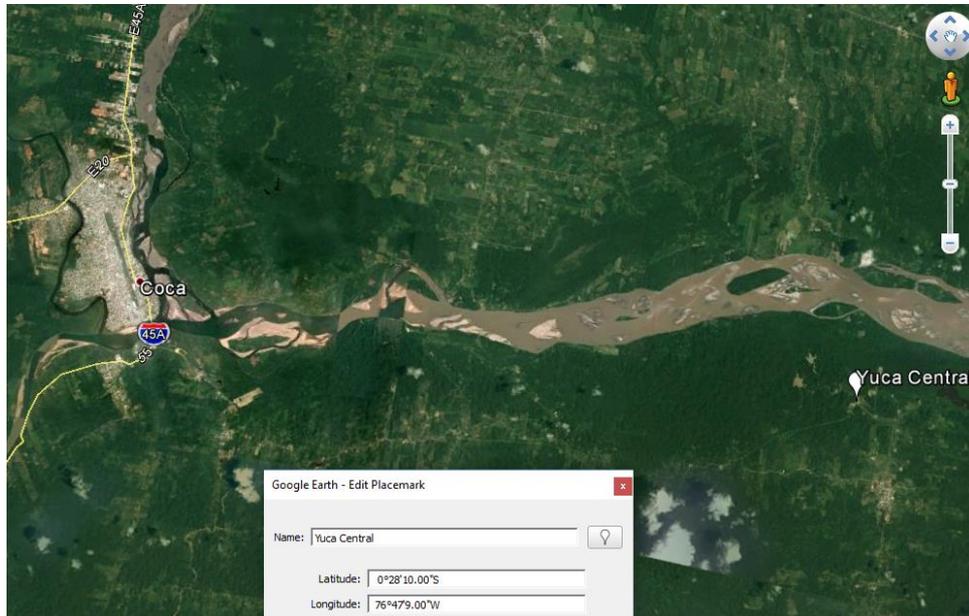


Figura 60. Coordenadas geográficas de la estación Yuca Central.

Dentro de la estación se encuentra una torre de telecomunicaciones que se puede observar en la Figura 61.



Figura 61. Torre de telecomunicaciones de la estación Yuca Central.

Los detalles más importantes de la torre se muestran a continuación en la Tabla 8:

Tabla 8.

Características de la torre de telecomunicaciones de Yuca Central.

Yuca Central	
Torre	Tensada
Tipo	ROHN 45
Altura	50 m

También existe una caseta de telecomunicaciones en cuyo interior se tiene espacio necesario para la instalación de un gabinete adicional como se puede apreciar en la Figura 62.



Figura 62. Caseta de telecomunicaciones de la estación Yuca Central.

Con respecto al espacio disponible en la torre, actualmente se tiene instalado antenas a 48, 40 y 28 m y este dato servirá para determinar una altura factible en donde se puede instalar nuevos equipos. El diagrama de la torre de Yuca Central se muestra en la Figura 63.

	LOCACION : YUCA CENTRAL	CAMPO: BLOQUE 61
	NOMBRE DEL ARCHIVO: TORRE TELECOMUNICACIONES	GRAFICADO POR:
	FECHA DE ULTIMA ACTUALIZACION:	REVISADO POR:

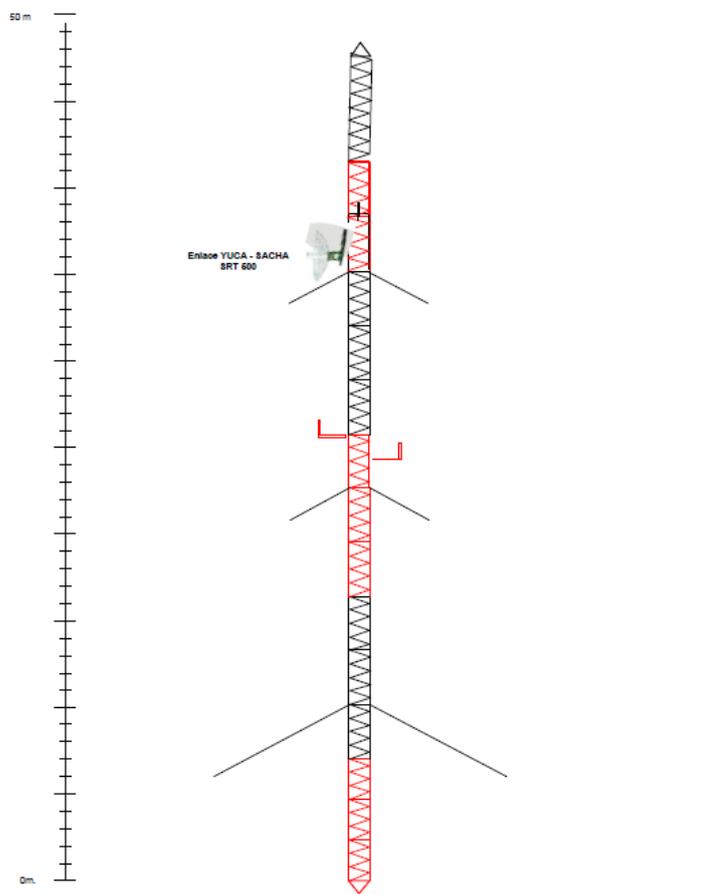


Figura 63. Diagrama de torre de telecomunicaciones en Yuca Central.
Tomado de Petroamazonas TI, 2016.

2.2.2. Infraestructura de telecomunicaciones en Auca Central

La estación de Auca Central está ubicada a 60 minutos de El Coca y es el campamento principal del BL61. En la Figura 63 se puede observar su ubicación geográfica.

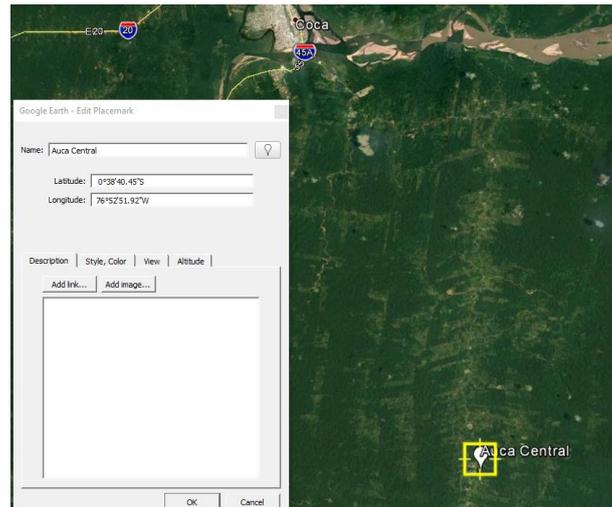


Figura 64. Ubicación geográfica de la estación de Auca Central.

La torre de telecomunicaciones de AUC es la más alta del bloque debido a su estructura y ubicación estratégica (Figura 65).



Figura 65. Torre de telecomunicaciones de la estación Auca Central.

Las características de la torre de telecomunicaciones se muestran en la Tabla 9 mostrada a continuación:

Tabla 9.

Características de la torre de telecomunicaciones de Auca Central.

Auca Central	
Torre	Tensada
Tipo	ROHN 80
Altura	138 m

En la Figura 66 se muestra la caseta de telecomunicaciones y se puede observar que posee el espacio físico necesario para la instalación un gabinete adicional.



Figura 66. Cuarto de equipos y gabinetes en el del Auca Central.

Con lo referente al espacio físico en la torre, se puede ver a continuación la Figura 67 un diagrama de los equipos que actualmente están instalados.

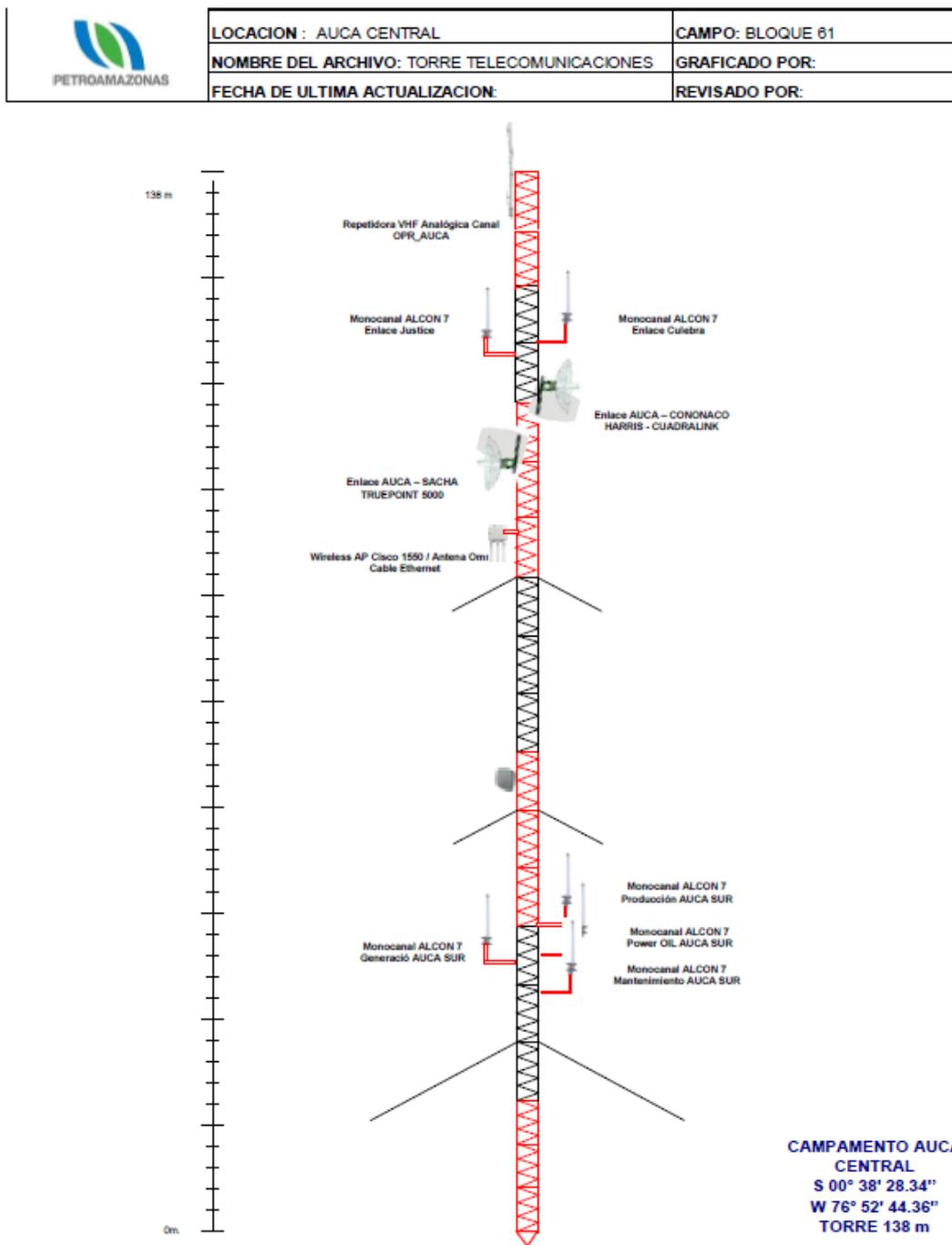


Figura 67. Diagrama de la torre de telecomunicaciones en Auca Central.

Tomado de Petroamazonas TI, 2016.

2.2.3. Infraestructura de telecomunicaciones en la estación Cononaco

La estación de Cononaco se encuentra a 120 minutos al sur de la ciudad de El Coca y es la más lejana de las locaciones como se puede apreciar en la Figura 68 su ubicación geográfica.

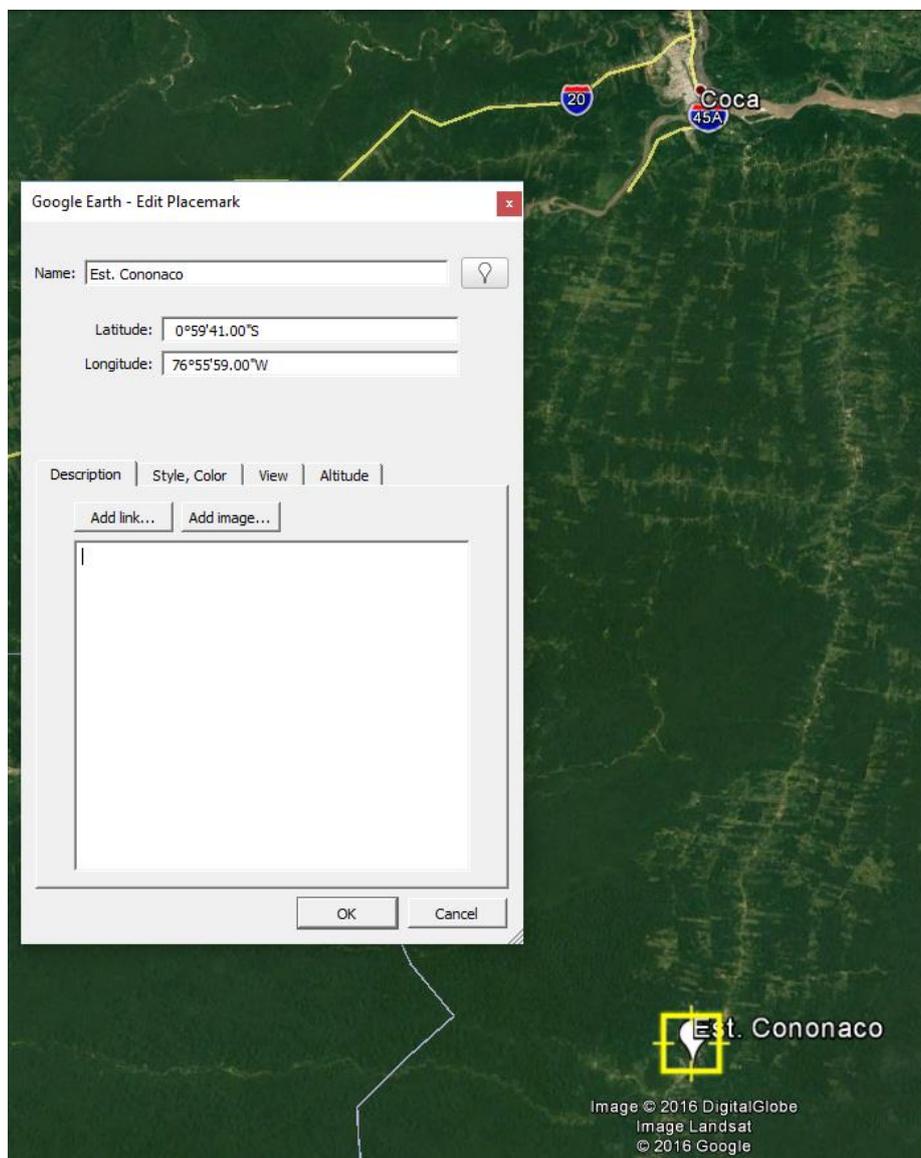


Figura 68. Coordenadas geográficas de la estación Cononaco.

En la Figura 69 se puede apreciar la torre de telecomunicaciones.



Figura 69. Torre de telecomunicaciones de la estación Cononaco.

Las características de la torre de telecomunicaciones se muestran a continuación en la Tabla 10:

Tabla 10.

Características de la torre de telecomunicaciones en Cononaco.

Estación Cononaco	
Torre	Tensada
Tipo	ROHN 45
Altura	50 m

En la Figura 70 se observa la caseta de telecomunicaciones de la estación CNCO y como se puede apreciar si existe espacio físico en su interior para adicionar un gabinete para equipos.



Figura 70. Caseta de telecomunicaciones en la estación Cononaco.

Finalmente, en la Figura 71 se puede observar el diagrama de la torre con sus respectivos equipos instalados.

	LOCACION : CONONACO CAMPAMENTO	CAMPO: BLOQUE 61
	NOMBRE DEL ARCHIVO: TORRE TELECOMUNICACIONES	GRAFICADO POR:
	FECHA DE ULTIMA ACTUALIZACION:	REVISADO POR:

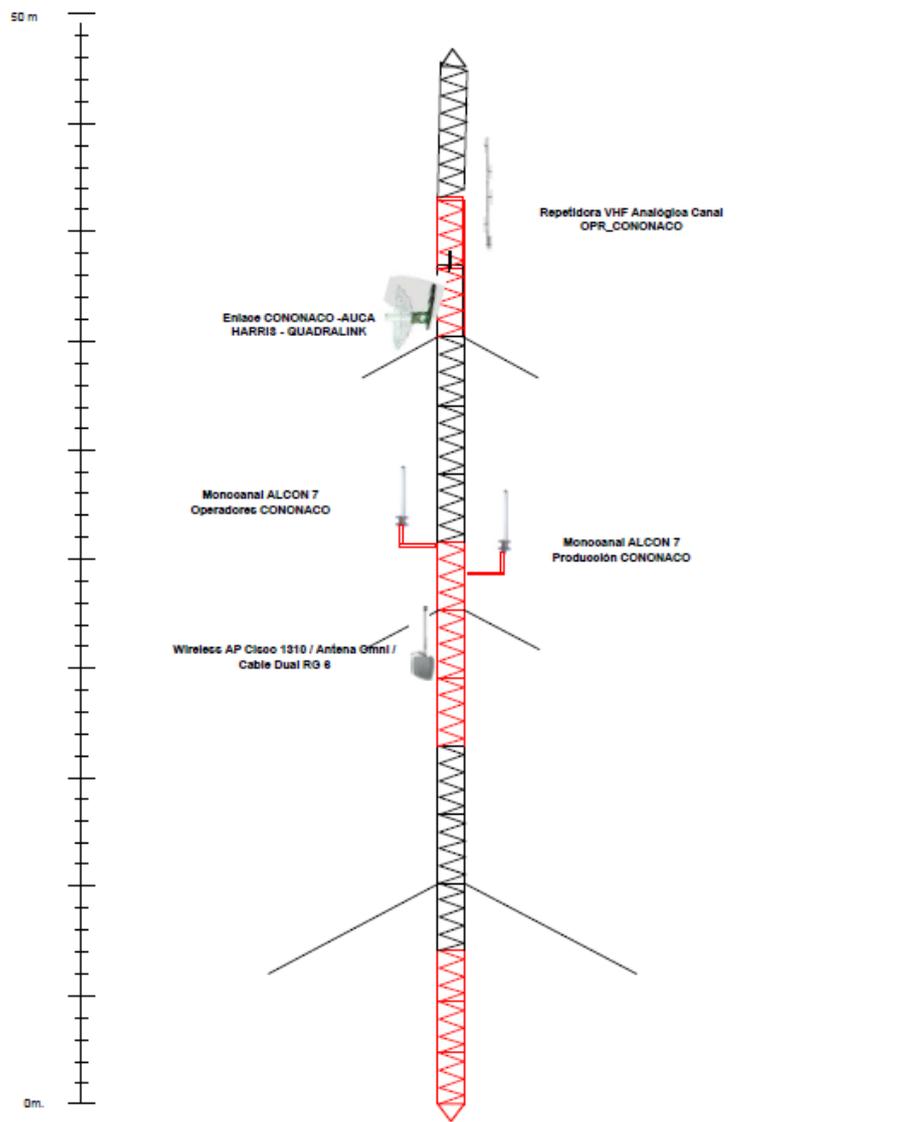


Figura 71. Esquema de la torre de telecomunicaciones en Cononaco.

Tomado de Petroamazonas TI, 2016.

2.3. Infraestructura del cerro Lumbaqui

El cerro Lumbaqui (LBQ) es uno de los cerros con más altitud en la zona amazónica y por ende es un punto estratégico, se encuentra ubicado en la provincia de Sucumbíos vía a Lago Agrio por lo que no forma parte del BL61. En la Figura 72 se puede observar su ubicación geográfica:

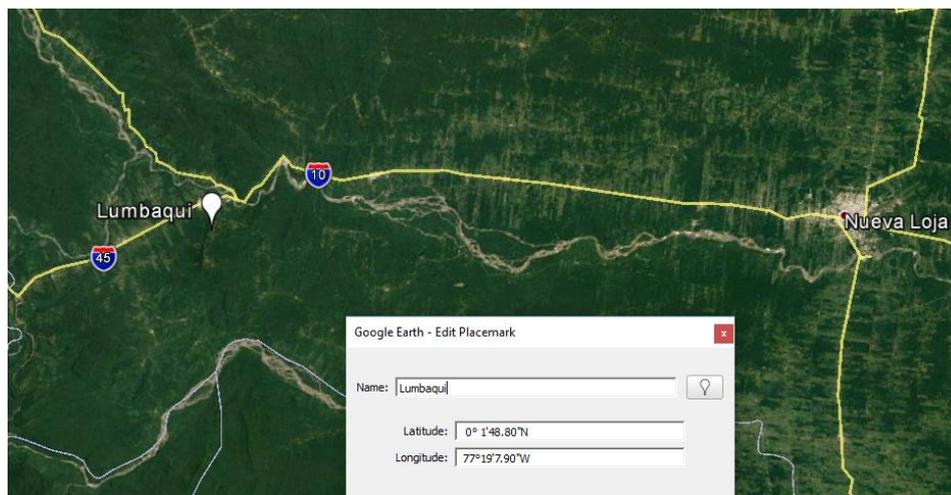


Figura 72. Ubicación geográfica del cerro Lumbaqui.

La torre de telecomunicaciones es de propiedad de la empresa privada Teviasa y se puede observar en la Figura 73.



Figura 73. Torre de telecomunicaciones ubicada en el cerro Lumbaqui.

Las características de la torre se muestran a continuación en la Tabla 11:

Tabla 11.

Características de la torre de telecomunicaciones de Lumbaqui.

Lumbaqui	
Torre	Tensada
Tipo	Rohn 25
Altura	45 m

Dentro de la caseta de telecomunicaciones si existe el espacio físico para la instalación de un gabinete adicional y se puede observar en la Figura 74.



Figura 74. Caseta y equipos en el cerro Lumbaqui.

Con lo que respecta al diagrama de la torre, en la Figura 75 se puede observar el detalle de antenas instaladas en la infraestructura.



TORRE DE TELECOMUNICACIONES TEVIASA – LUMBAQUI

45 METROS – NORTE - CASETA GRANDE

ACTUALIZADO POR: Pablo Guerra

FECHA DE ACTUALIZACIÓN: 27 julio 2016

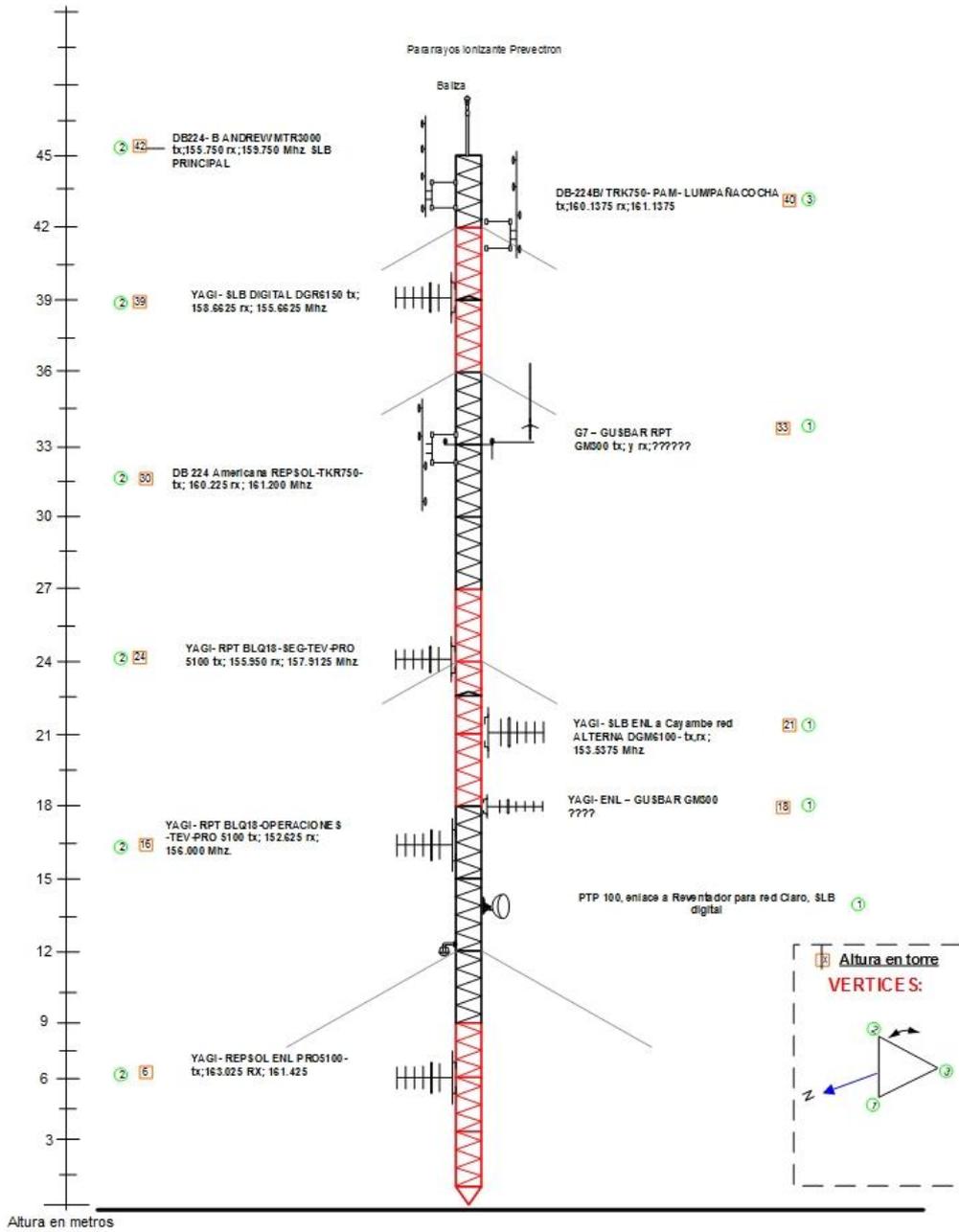


Figura 75. Diagrama de la torre ubicada en el cerro Lumbaqui.

Tomado de Teviasa, 2016.

2.4. Oficinas de Schlumberger en Quito

Las oficinas de SLB y sus filiales entre las que están SE se encuentran localizadas en la Av. 12 de Octubre y Francisco Salazar. Su ubicación geográfica se muestra en la Figura 76 a continuación.

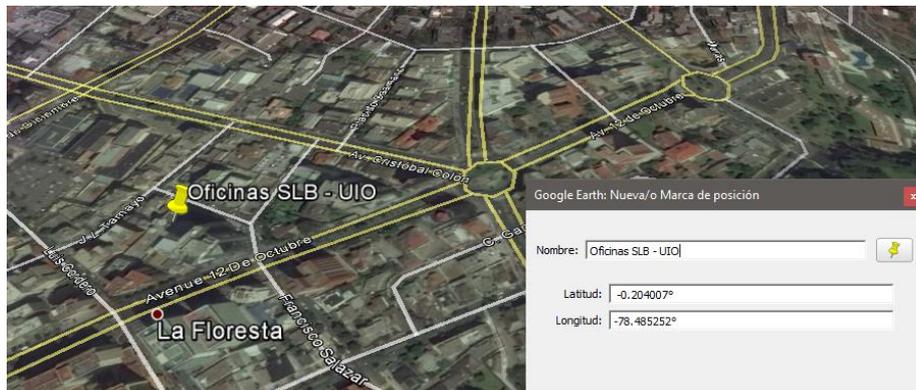


Figura 76. Ubicación geográfica de las oficinas de SLB en la ciudad de Quito.

En la azotea del edificio se encuentra instalada una torre de telecomunicaciones y un cuarto donde se pueden instalar gabinetes adicionales y que se muestran a continuación en la Figura 77.



Figura 77. Torre y caseta de telecomunicaciones en las oficinas de SLB.

2.5. Conexión Quito-Oriente mediante red IP

Actualmente existe un canal de datos entre las oficinas de SLB en Quito y el cerro Lumbaqui. Su aplicación es interconectar dos repetidores digitales marca Motorola (Figura 78), permitiendo así la comunicación de voz para usuarios cuyas actividades están centradas por el sector de Shushufindi y sus alrededores.

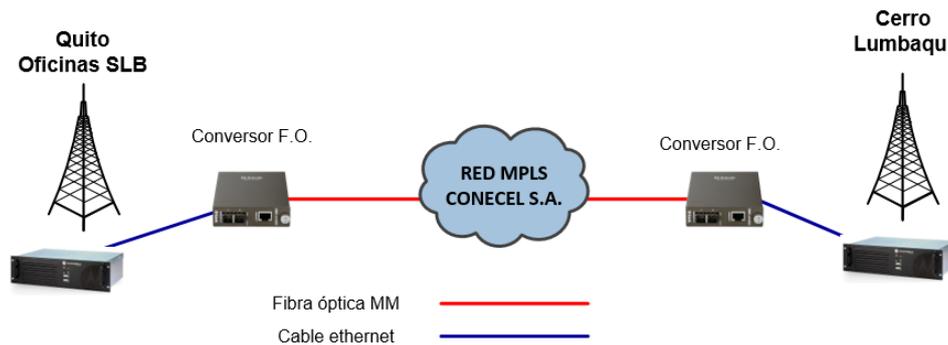


Figura 78. Conexión de red entre Quito-Lumbaqui mediante un canal de datos.

El canal de datos lo provee la empresa CONECEL S.A. y fue contratada por Teviasa.

Las características del canal de datos se especifican en la siguiente Tabla 12 mostrada a continuación:

Tabla 12.

Características del canal de datos entre Quito y Lumbaqui.

Tecnología	IP/MPLS
Ancho De Banda	0.5 Mbps
Última Milla	Fibra óptica MM

El proveedor de servicios realizó la instalación de la última milla con fibra óptica hacia la caseta de telecomunicaciones de Teviasa en el cerro Lumbaqui y de similar manera se tiene en las oficinas de Quito.

2.6. Descripción de requerimientos de Shaya Ecuador

El departamento de Tecnologías de la Información (TI) de Shaya ha determinado el número total de usuarios y así como los requerimientos que va a tener la futura red. El personal de SE está dividido en varias áreas y se detallada en la Tabla 13:

Tabla 13.

Personal de Shaya Ecuador dividido por áreas.

Producción			
Auca Central	Yuca Central	Estación Cononaco	Quito
Superintendente de Campo	Ingeniero de Perforación	Ingeniero de Perforación	Gerente de Producción
Jefe de Operaciones	Técnico Petrolero 1	Técnico Petrolero 1	Supervisor Producción
Ingeniero de Perforación	Técnico Petrolero 2	Técnico Petrolero 2	
Técnico Petrolero 1			
Técnico Petrolero 2			
Operaciones			
Supervisor Operaciones	Asistente de Operaciones	Asistente de Operaciones	Gerente de Operaciones
Asistente de Operaciones			Supervisor de Operaciones
Mantenimiento			
Jefe de Mantenimiento de Campo	Técnico de Mantenimiento de Campo	Técnico de Mantenimiento de Campo	Gerente de Mantenimiento
Coordinador de Mantenimiento Eléctrico	Técnico de Mantenimiento Eléctrico	Técnico de Mantenimiento Eléctrico	Supervisor de Mantenimiento
Coordinador de Mantenimiento Mecánico	Técnico de Mantenimiento Mecánico	Técnico de Mantenimiento Mecánico	
Facilidades & Construcciones			
Coordinador de Facilidades y Construcción	Asistente de Facilidades y Construcción	Asistente de Facilidades y Construcción	Gerente de Facilidades y Construcciones
			Supervisor de Facilidades y Construcciones

Logística			
Coordinador Logístico	Asistente Logístico	Asistente Logístico	Gerente Logístico
Asistente Logístico (Contratista)	Asistente de Bodega	Asistente de Bodega	Supervisor Logístico
Asistente Logístico (Contratista)			Supervisor de Materiales y Suplementos
Coordinador de Materiales			
Asistente de Bodega 1			
Asistente de Bodega 2			
HSE			
Líder de HSE de Campo	Asistente HSE de Campo	Asistente HSE de Campo	Gerente de HSE
Coordinador de HSE Médico	Paramédico	Paramédico	Supervisor de HSE

En la Tabla 14 se puede apreciar el número total de personal por área en cada locación del BL61 y Quito:

Tabla 14.

Resumen del personal de Shaya en el Bloque 61 y Quito.

Área	Cantidad			
	AUC	YUC	CNCO	UIO
Producción	5	3	3	2
Operaciones	2	1	1	2
Mantenimiento	3	3	3	2
Facilidades & Construcciones	1	1	1	2
Logística	6	2	2	3
HSE	3	2	2	2
Total Por Estación	20	12	12	13
Total Personal	57			

Los requerimientos que SE solicitó para el diseño de su red Quito - BL61 son:

- Crear una red que permita comunicar las diferentes estaciones del BL61 con la ciudad de Quito.

- Poseer redes independientes por cada área de trabajo detallada en la Tabla 13.
- Diseñar una subred independiente para el sistema de voz digital half dúplex Motorola y que permita comunicar el BL61 con Quito.
- Brindar acceso a internet solo personal de campo conformado por Coordinadores y Jefes de área, este servicio debe permitir descargas de archivos y navegación. El personal de Quito para el acceso a internet utilizará la red corporativa de SLB por lo que no se considerará en el diseño.
- Permitir que la red tenga a la capacidad de intercambiar archivos mediante el uso de un servidor FTP, el cual estará ubicado en las oficinas de Quito. El personal del BL61 y de Quito tendrán acceso a este servidor.
- Integrar en el diseño de red la aplicación de geolocalización TRBOnet dimensionado para 30 vehículos que circularán por el BL61 a cargo del área de Logística. El sistema de monitoreo estará en cada locación de bloque y en las oficinas en Quito, es decir un total de 4 estaciones de trabajo.
- Presentar un estudio de factibilidad de los radios enlaces que interconectarán los distintos puntos del BL61 y que servirán para solicitar los permisos necesarios para el uso de infraestructuras de telecomunicaciones a PAM EP.
- Configurar una subred de gestión que permita administrar los equipos de red al personal de TI de SE.

2.7. Cálculo de los radios enlaces

Para los cálculos de los perfiles radioeléctricos entre las diversas estaciones del Bloque 61 se utilizará el software Link Planner.

2.7.1. Cálculo del radio enlace Lumbaqui – Estación Auca Central

Para el cálculo del radio enlace entre el cerro Lumbaqui y Estación Auca Central se utilizará las coordenadas geográficas mostradas a continuación en la Tabla 15.

Tabla 15.

Coordenadas geográficas de Lumbaqui y Auca Central.

Sitio	Latitud	Longitud	Altura (msnm)
Cerro Lumbaqui	0° 2'1.60"N	77°19'9.82"O	926
Estación Auca Central	0°38'40.00"S	76°52'51.00"O	317

Es importante considerar que la distancia en línea recta entre los dos puntos es de 89.46 km y el cual fue comprobado mediante la herramienta *Regla* de Google Earth mostrada en la Figura 79.

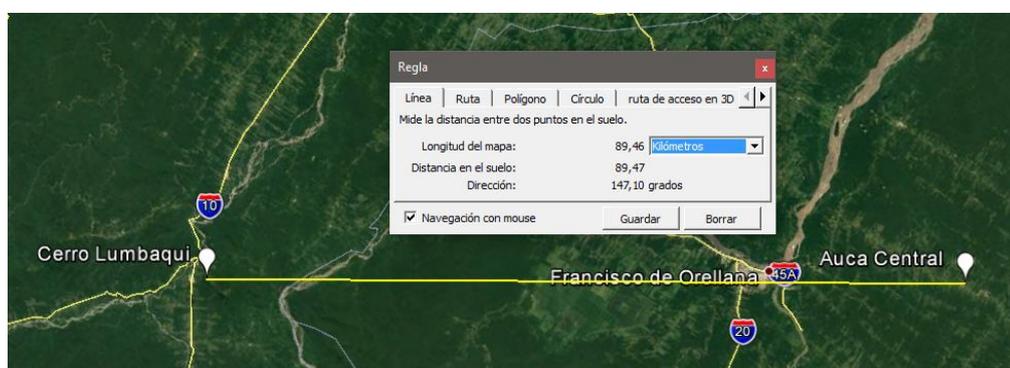


Figura 79. Distancia existente entre las estaciones de entre LBQ y AUC.

1. Los puntos geográficos pueden ser importados de SE Google Earth o ingresados de manera manual.
2. Al dar clic en *Network Sites* se puede apreciar en la Figura 80 que los dos puntos geográficos se encuentran con sus respectivas coordenadas en grados decimales. Adicionalmente en la parte de *Maximum Height* se debe establecer la altura de la torre de telecomunicaciones de cada sitio.

Network Sites in Radioenlaces Bloque 61 - Proyecto de Titulación				
Name	Latitude	Longitude	Maximum Height (m)	Description
Cerro Lumbaqui	00.03022N	077.31886W	45	
Auca Central	00.64457S	076.88109W	138	

Figura 80. Puntos de la red cargados en el software Link Planner.

- Luego se establece un enlace PTP (Figura 81) y se eligen los puntos que formarán parte de este.

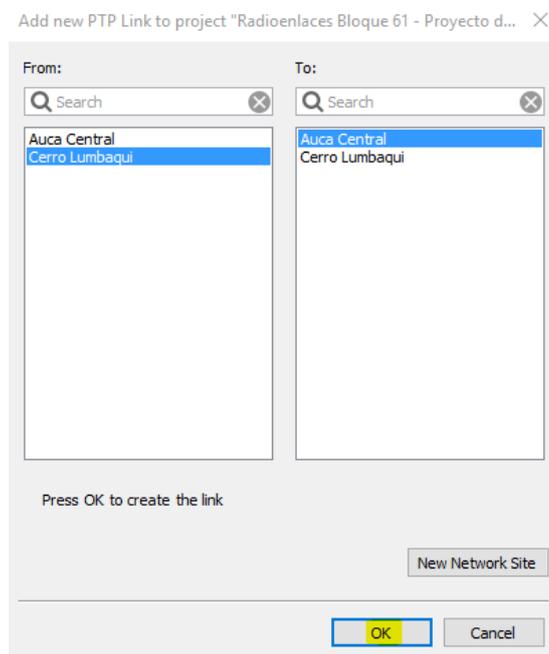


Figura 81. Creación de un enlace PTP LB – AUC en Link Planner.

- A continuación, aparecerá en la pantalla principal (Figura 82) la descripción del enlace, el perfil topográfico y en las diferentes secciones se deben configurar los diferentes parámetros para que el software realice sus cálculos.

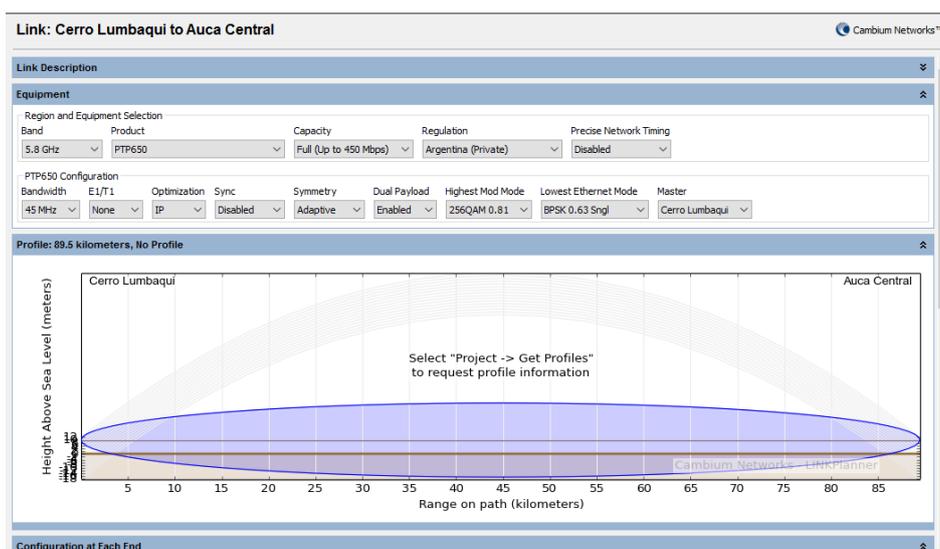


Figura 82. Sección para la configuración del radio enlace LBQ-AUC.

5. En la primera sección *Equipment* hay que seleccionar el modelo de los equipos de marca Cambium Network, la banda de frecuencia, la capacidad, la regulación acorde al país. En la configuración del equipo se elegirá el ancho de banda, la simetría del enlace, la optimización, modulación alta, modulación baja y determinar cuál equipo será el *Master*. Todos los parámetros definidos se pueden observar en la Figura 83 mostrada a continuación.

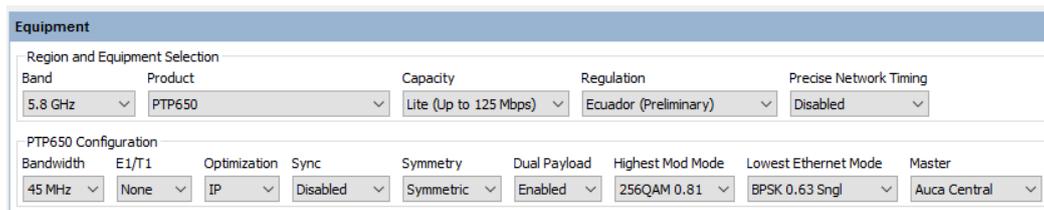


Figura 83. Configuración de los equipos para en enlace LBQ – AUC.

Para estos cálculos se ha elegido el último modelo que Cambium Network tiene en el mercado, el equipo PTP 650 y sus características se muestran en la Tabla 16 mostrada a continuación:

Tabla 16.

Parámetros del equipo PTP 650 para el enlace LBQ-AUC.

Banda De Frecuencia	5.8 GHz
Equipo	PTP 650
Capacidad	125 Mbps
Ancho De Banda	45 MHz
Simetría	Simétrico
Modulación Alta	256 QAM
Modulación Baja	BPSK
Equipo Master	Auca Central

6. En la sección de *Configuration at Each End*, se determinará el tamaño y la altura de la antena en la torre, pérdidas en el cable, potencia de transmisión y el EIRP. Tomando en cuenta que el enlace tiene una distancia grande (89.46 km), hay que utilizar equipos con antenas conectorizadas con una ganancia adecuada.

7. El valor de la pérdida del cable se considera a la distancia que tiene los arneses que interconectan el radio con la antena y que normalmente son de 2 m, utilizando un cable RG8 o heliax. La pérdida en cada conector típicamente es de 0.25 dB (en total son dos) y más la distancia de cable se tiene una pérdida de menos de 1 dB.
8. La potencia de transmisión fue ingresada manualmente y su valor corresponden al permitido por la entidad reguladora (25 dBm). El valor de EIRP es calculado automáticamente por el software utilizando la Ecuación 6, mostrada a continuación:

$$P.E.R._{[Kw]} = P_T_{[Kw]} * 10^{\frac{G_{[dBd]} - Pérdidas_{[dB]}}{10}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

En donde:

$P_T_{[Kw]}$ Potencia de salida del transmisor

$G_{[dBd]}$ Ganancia del arreglo (sistema radiante)

$Pérdidas_{[dB]}$ Correspondientes a las líneas de transmisión, conectores, etc.

Los parámetros definidos para esta sección se pueden apreciar en la Figura 84 mostrada a continuación:

Site Name	Antenna Model	Antenna Height (meters)	Cable Loss (dB)	Maximum EIRP (dBm)	Maximum Power (dBm)	User limit (dBm)
Cerro Lumbaqui	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS (34.8dB)	35	1.0	52.8	19.0	25.0
Auca Central	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS (34.8dB)	70	1.0	52.8	19.0	25.0

Figura 84. Configuración de cada punto del enlace LBQ –AUC.

En la Tabla 17 se muestran un resumen de los parámetros configurados para cada punto geográfico.

Tabla 17.

Parámetros de la sección de la configuración del enlace LBQ-AUC.

Parámetro	LBQ	AUC
Tamaño De Antena	4 ft	4 ft
Altura De Antena	35 m	90 m
Pérdidas	1 dB	1 dB
Potencia De Transmisión	25 dBm	25 dBm
EIRP	52.8 dBm	52.8 dBm
Ch Down / Up	Simétrico	Simétrico
Modulación Alta	256 QAM	256 QAM
Modulación Baja	BPSK	BPSK
Equipo	Slave	Master

9. Luego de ingresar los datos mencionados anteriormente, el software calcula el perfil radioeléctrico que automáticamente se despliega y que puede ser apreciado en la Figura 85.

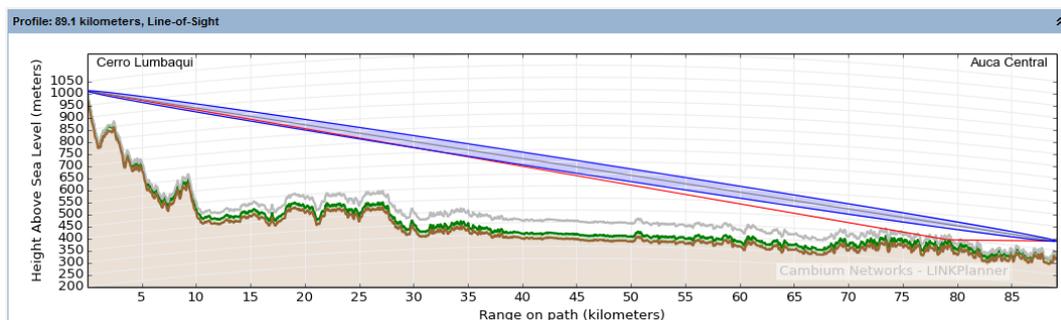


Figura 85. Perfil radioeléctrico del enlace LBQ- AUC.

10. Para lograr una simulación más realista, se adiciona la altura de la vegetación (Figura 86), en este caso se colocó 15 m para todo el trayecto.

Range (km)	Terrain height (m)	Obstruction height (m)
0.000	974.6	15.0
0.030	972.0	15.0
0.060	966.2	15.0
0.090	956.5	15.0
0.120	948.2	15.0
0.150	943.1	15.0
0.180	938.8	15.0
0.210	931.9	15.0
0.240	926.3	15.0
0.270	918.2	15.0

Figura 86. Adicionando obstrucciones en el enlace LBQ-AUC.

11. Para finalizar el cálculo, en la Figura 87 se puede apreciar que el software calcula la disponibilidad del enlace en cada punto. En este caso el enlace LBQ-AUC tiene una disponibilidad de 99.9955 %.

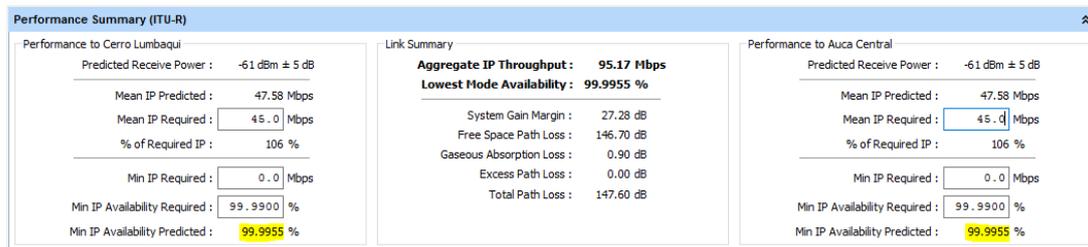


Figura 87. Resumen del rendimiento del enlace LBQ-AUC.

2.7.2. Cálculo del radio enlace Auca Central – Estación Cononaco

Para el cálculo del radio enlace se utilizaron las siguientes coordenadas geográficas entre la estación AUC y CNCO, estas se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18.

Coordenadas geográficas de la estación AUC y CNCO.

Sitio	Latitud	Longitud	Altura (msnm)
Estación Auca Central	0°38'40.00"S	76°52'51.00"O	317
Estación Cononaco	0°59'41.00"S	76°55'59.00"O	361

La distancia existente entre los dos puntos es de 39.03 km y fue obtenida utilizando la herramienta de regla de Google Earth Pro mostrada en la Figura 88.

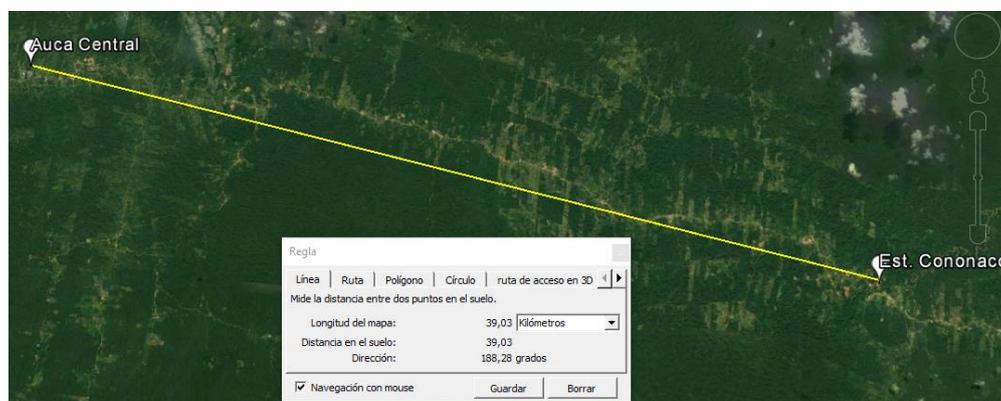


Figura 88. Distancia existente entre las estaciones de AUC y CNCO.

1. Para el cálculo de este radio enlace se siguió los pasos del 1 al 4 mencionados en la sección 2.7.1.
2. A continuación, en la sección *Equipment*, se configuraron los parámetros que se pueden observar en la Figura 89 mostrada a continuación:

The screenshot shows the 'Equipment' configuration window. It is divided into two main sections: 'Region and Equipment Selection' and 'PTP650 Configuration'. In the first section, 'Band' is set to 5.8 GHz, 'Product' is PTP650, 'Capacity' is Lite (Up to 125 Mbps), 'Regulation' is Ecuador (Preliminary), and 'Precise Network Timing' is Disabled. The second section, 'PTP650 Configuration', includes: 'Bandwidth' at 45 MHz, 'E1/T1' set to None, 'Optimization' set to IP, 'Sync' set to Disabled, 'Symmetry' set to Symmetric, 'Dual Payload' set to Enabled, 'Highest Mod Mode' set to 256QAM 0.81, 'Lowest Ethernet Mode' set to BPSK 0.63 Sngl, and 'Master' set to Auca Central.

Figura 89. Configuración de los equipos para en enlace AUC-CNCO.

El resumen de los parámetros del equipo PTP 650 se muestran en la Tabla 19 mostrada a continuación:

Tabla 19.

Parámetros del equipo PTP 650 para el enlace AUC-CNCO.

Banda De Frecuencia	5.8 GHz
Equipo	PTP 650
Capacidad	125 Mbps
Ancho De Banda	45 MHz
Simetría	Simétrico
Modulación Alta	256 QAM
Modulación Baja	BPSK
Equipo Master	Auca Central

3. En la sección de *Configuration at Each End*, se configuró los parámetros que se pueden observar en la Figura 90 y su resumen en la Tabla 20 considerando los mismos valores de atenuación y potencia de transmisión de la sección anterior.

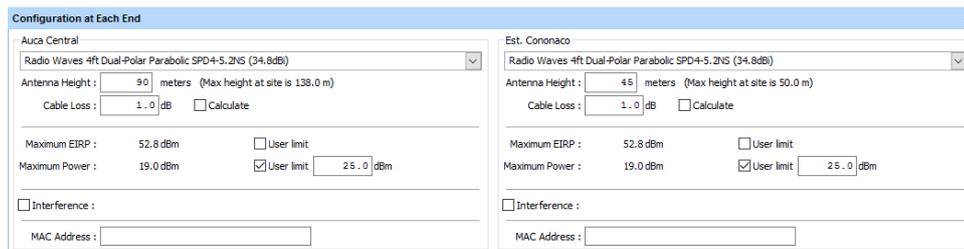


Figura 90. Configuración de cada punto del enlace AUC-CNCO.

Tabla 20.

Parámetros de la sección de la configuración del enlace AUC-CNCO.

Parámetro	AUC	CNCO
Tamaño De Antena	4 ft	4 ft
Altura De Antena	90 m	40 m
Pérdidas	1 dB	1 dB
Potencia De Transmisión	25 dBm	25 dBm
Ch Down / Up	Simétrico	Simétrico
Modulación Alta	256 QAM	256 QAM
Modulación Baja	BPSK	BPSK
Equipo	Master	Slave

- Luego de realizar las configuraciones anteriores el perfil radioeléctrico se cargará automáticamente y considerando también los 15 m de altura para la vegetación (Figura 91).

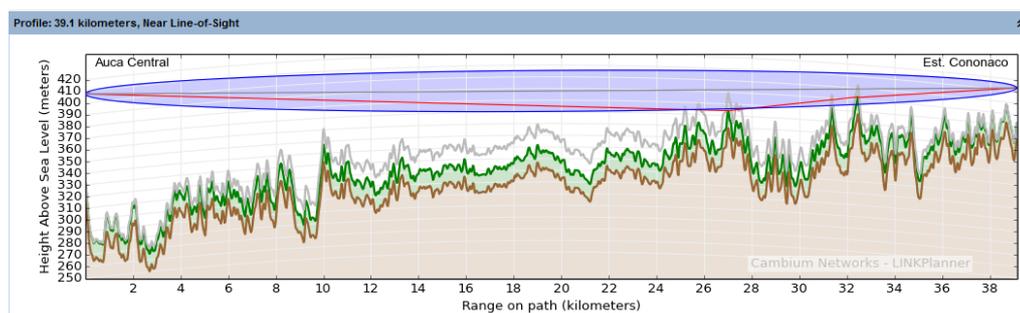


Figura 91. Perfil radioeléctrico del enlace AUC-CNCO.

- Finalmente, en la Figura 92 se muestra un resumen del rendimiento y de la disponibilidad que brindará el enlace (99.998 % de horas al año que el sistema estará activo).

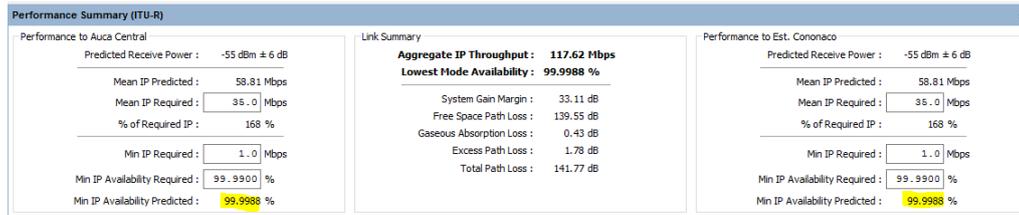


Figura 92. Resumen del rendimiento del enlace LBQ-AUC.

2.7.3. Cálculo del radio enlace Auca Central – Yuca Central

En el cálculo del radio enlace entre AUC y YUC se utilizaron las siguientes coordenadas geográficas mostradas a continuación en la Tabla 21:

Tabla 21.

Coordenadas geográficas de la estación AUC y CNCO.

Sitio	Latitud	Longitud	Altura (msnm)
Estación Auca Central	0°38'40.00"S	76°52'51.00"O	317
Estación Yuca Central	0°28'10.00"S	76°47'9.00"W	266

La distancia entre los dos puntos es de 22.17 km y se obtuvo con la herramienta *Regla* de Google Earth Pro. (Figura 93)

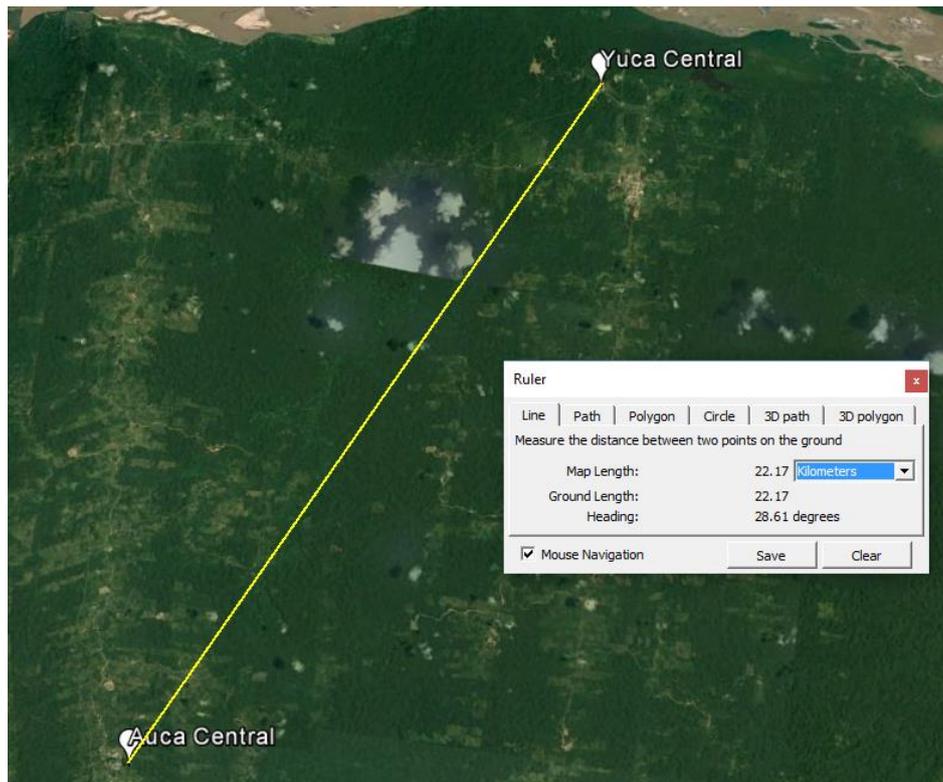


Figura 93. Distancia existente entre las estaciones de AUC y YUC.

1. Al cargar los puntos geográficos y de formar el enlace en el software Link Planner, se procede a la configuración de los parámetros del enlace.
2. En la sección *Equipment*, se seleccionaron los parámetros que se pueden observar en la Figura 94 mostrada a continuación:

Equipment									
Region and Equipment Selection									
Band	Product	Capacity	Regulation	Precise Network Timing					
5.8 GHz	PTP650	Lite (Up to 125 Mbps)	Ecuador (Preliminary)	Disabled					
PTP650 Configuration									
Bandwidth	E1/T1	Optimization	Sync	Symmetry	Dual Payload	Highest Mod Mode	Lowest Ethernet Mode	Master	
45 MHz	None	IP	Disabled	Symmetric	Enabled	256QAM 0.81	BPSK 0.63 Sngl	Auca Central	

Figura 94. Configuración de los equipos para en enlace AUC-YUC.

Los parámetros de los equipos microonda se resumen en la Tabla 22 a continuación:

Tabla 22.

Parámetros del equipo PTP 650 para el enlace AUC-YUC.

Banda De Frecuencia	5.8 GHz
Equipo	PTP 650
Capacidad	125 Mbps
Ancho De Banda	45 MHz
Simetría	Simétrico
Modulación Alta	256 QAM
Modulación Baja	BPSK
Equipo Master	Auca Central

3. En la sección de *Configuration at Each End*, se configuró los parámetros observados en la Figura 95. Aquí se consideró los mismos valores de atenuación y potencia de transmisión que en los enlaces anteriores.

The screenshot shows a software interface titled "Configuration at Each End" with two columns for "Auca Central" and "Yuca Central".

- Auca Central:**
 - Radio Waves: 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS (34.8dB)
 - Antenna Height: 95 meters (Max height at site is 138.0 m)
 - Cable Loss: 1.0 dB
 - Maximum EIRP: 52.8 dBm
 - Maximum Power: 19.0 dBm
 - User limit: User limit 25.0 dBm
 - Interference: Interference
 - MAC Address: []
- Yuca Central:**
 - Radio Waves: 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS (34.8dB)
 - Antenna Height: 40 meters (Max height at site is 50.0 m)
 - Cable Loss: 1.0 dB
 - Maximum EIRP: 52.8 dBm
 - Maximum Power: 19.0 dBm
 - User limit: User limit 25.0 dBm
 - Interference: Interference
 - MAC Address: []

Figura 95. Configuración de cada punto del enlace AUC-YUC.

El resumen de los parámetros configurados en la sección *Configuration at Each End* se pueden apreciar en la Tabla 23 mostrada a continuación:

Tabla 23.

Parámetros de configuración del enlace AUC-YUC.

Parámetro	AUC	YUC
Tamaño De Antena	4 ft	4 ft
Altura De Antena	95 m	40 m
Pérdidas	1 dB	1 dB
Potencia De Transmisión	25 dBm	25 dBm
Ch Down / Up	Simétrico	Simétrico
Modulación Alta	256 QAM	256 QAM
Modulación Baja	BPSK	BPSK
Equipo	Master	Slave

4. Luego de las configuraciones realizadas, el perfil radioeléctrico se calculará automáticamente y adicionando la altura de la vegetación de 15 m. (Figura 96).

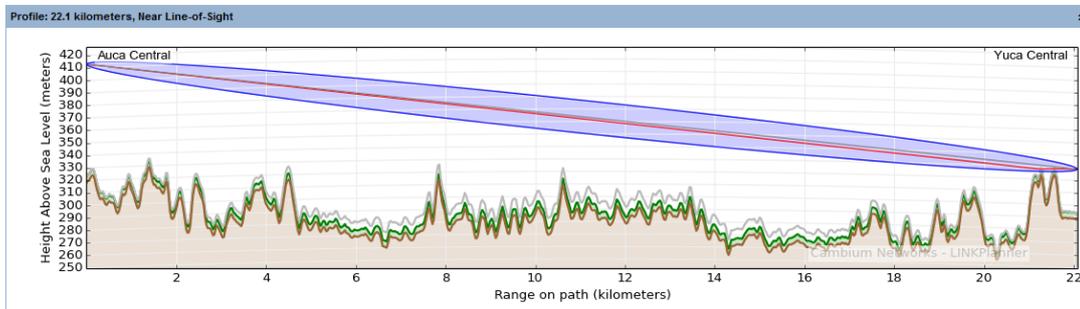


Figura 96. Perfil radioeléctrico del enlace AUC-YUC.

5. Finalmente, se muestra un resumen del rendimiento del enlace AUC-YUC y su disponibilidad de 99.9999 % mostrado en la Figura 97.

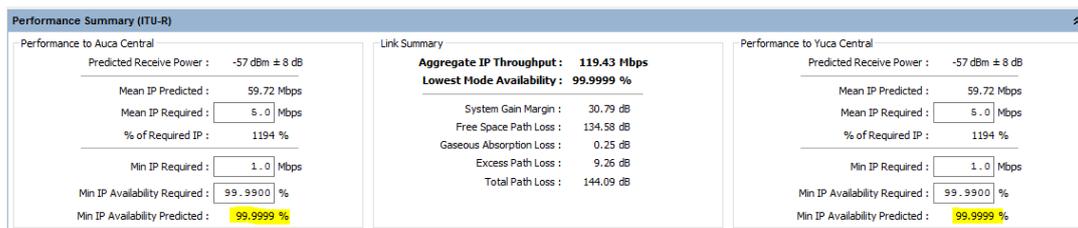


Figura 97. Resumen del rendimiento del enlace AUC-YUC.

2.8. Análisis de tráfico de red

2.8.1. Análisis para la transmisión de datos

Para el análisis de la transmisión de datos que se va a generar desde el Bloque 61 hasta las oficinas en Quito, se consideró los siguientes aspectos:

- El envío de correos electrónicos con archivos adjuntos como documentos de Word, Excel o PDF.
- Permitir la creación, modificación e intercambio de archivos desde cualquier parte de la red hacia un servidor FTP ubicado en Quito.
- El acceso a internet a determinados usuarios para la carga, descarga de archivos y navegación en páginas web.

De acuerdo a los aspectos mencionados anteriormente, el dimensionamiento del ancho de banda necesario, se basará en el número total de usuarios por sitio y en el porcentaje de conexiones simultáneas de los mismos, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los únicos usuarios con acceso a internet son las jefaturas, líderes, coordinadores y médico. Basándose en la Tabla 12 se puede contabilizar un total de *13 personas*.
- Todo el personal tendrá una cuenta de correo electrónico y acceso al servidor FTP. El número total de personas de acuerdo a la Tabla 13 de la sección 2.6. es de 57.
- El número de conexiones simultáneas fueron definidas por SE a través de un análisis interno, obteniendo valores de entre 30 a 65 % dependiendo de la aplicación y de la periodicidad de uso. El resumen de las conexiones simultáneas relacionadas con la cantidad de usuarios se puede observar en la Tabla 24 para el AUC y Tabla 25 para YUC - CNCO.
- En la Tabla 26 se considera solamente las conexiones simultáneas de los usuarios en la ciudad de Quito para el correo electrónico y el servidor FTP.

Tabla 24.

Conexiones simultáneas para los usuarios de Auca Central.

Aplicativo	Cantidad De Usuarios AUC	Porcentaje De Conexiones Simultáneas [%]	Número Usuarios Simultáneos
Internet (Descargas)	14	42	6
Internet (Navegación)	14	60	8
Correo Electrónico	20	45	11
Acceso al servidor FTP	20	60	12

Tabla 25.

Conexiones simultáneas de usuarios en Yuca Central y Cononaco.

Aplicativo	Cantidad De Usuarios YUC-CNCO	Porcentaje De Conexiones Simultáneas [%]	Número Usuarios Simultáneos
Internet (Descargas)	6	50	3
Internet (Navegación)	6	66	4
Correo Electrónico	11	63	7
Acceso al servidor FTP	11	63	7

Tabla 26.

Conexiones simultáneas para los usuarios de Quito.

Aplicativo	Cantidad De Usuarios UIO	Porcentaje De Conexiones Simultáneas [%]	Número Usuarios Simultáneos
Acceso al servidor FTP	13	53	7

2.8.2. Descarga y navegación en internet

La velocidad de descarga promedio de un archivo que contiene imágenes y texto desde el internet es de 500 KB/s (Salas, 2013) y accediendo en un tiempo de 25 segundos. Se utilizó la Ecuación 7 para determinar la velocidad de descarga en bits por segundo (kbps). (Verdezoto, 2015, pp. 25).

$$C_{DA} = \frac{V_A}{1 \text{ descarga}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{1 \text{ descarga}}{t_d}$$

(Ecuación 7)

En donde:

- C_{DA} Capacidad necesaria para la descarga de archivos [kbps]
- V_A Velocidad promedio de descarga de archivo [KB/s]
- t_D Tiempo de descarga [s]

A continuación, se reemplazó los valores correspondientes en la Ecuación 7 obteniendo el siguiente resultado:

$$T_A \quad 500 \text{ KB/s}$$

$$t_D \quad 25 \text{ s}$$

$$C_{DA} = \frac{500 \text{ KB/s}}{1 \text{ descarga}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{1 \text{ descarga}}{25 \text{ s}}$$

$$C_{DA} = 160 \text{ kbps}$$

El resultado de C_{DA} obtenido se multiplicó con el número de conexiones simultáneas de Tablas 24 y 25. Los resultados se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27.

Ancho de banda total para descargar archivos desde internet.

Aplicativo	Usuarios simultáneos	Capacidad de descarga [kbps]	Total requerido [kbps]
Internet (Navegación en AUC)	14	160	2240
Internet (Navegación en YUC)	6	160	960
Internet (Navegación en CNCO)	6	160	960

Por otro lado, para la navegación en internet el ancho de banda requerido se calculó a partir de la velocidad de descarga promedio que una página web tradicional posee (500 KB/s) (Salas, 2013) y estimando la visita de 15 páginas web por hora. Para calcular la capacidad para navegar en internet (C_N) se ha utilizado la Ecuación 7:

$$C_N = \frac{V_A}{1 \text{ página}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{\# \text{ páginas visitadas}}{t_d}$$

$$C_N = \frac{320 \text{ KB/s}}{1 \text{ página}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{15 \text{ páginas visitadas}}{3600 \text{ s}}$$

$$C_N = 10.66 \text{ kbps}$$

El resultado de C_N fue multiplicado por el número de accesos simultáneos de usuarios de AUC, YUC y CNCO de la Tabla 24 y 25. En la Tabla 28 se muestra el resumen de los valores totales por locación.

Tabla 28.

Ancho de banda total para la navegación en internet del Bloque 61.

Aplicativo	Usuarios simultáneos	Capacidad de descarga [kbps]	Total requerido [kbps]
Internet (Navegación en AUC)	8	10.66	85.28
Internet (Navegación en YUC)	4	10.66	42.64
Internet (Navegación en CNCO)	4	10.66	42.64

2.8.3. Correo electrónico

Para el cálculo de la capacidad necesaria para uso del correo electrónico (C_{DC}), se consideró un tamaño del archivo de correo con adjuntos que incluyen gráficos y texto de 500 KB/s. (Salas, 2013). Esta vez, se consideró un envío de 15 correos electrónicos cada hora y reemplazando los datos mencionados anteriormente en la Ecuación 7 tenemos:

$$C_{DC} = \frac{V_A}{1 \text{ correo}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{\# \text{ correos electrónicos}}{3600 \text{ s}}$$

$$C_{DC} = \frac{500 \text{ KB/s}}{1 \text{ página}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{15}{3600 \text{ s}}$$

$$C_{DC} = \mathbf{16.66 \text{ kbps}}$$

A continuación, el resultado de C_{DC} se multiplicó por el número de conexiones simultáneas de usuarios de las Tablas 24, 25 y 26 obteniendo así los siguientes resultados desplegados en la Tabla 29.

Tabla 29.

Ancho de banda total para correo electrónico.

Aplicativo	Usuarios simultáneos	Capacidad de descarga [kbps]	Total requerido [kbps]
Correo electrónico AUC	11	16.66	183.26
Correo electrónico YUC	7	16.66	116.62
Correo electrónico CNCO	7	16.66	116.62

2.8.4. Transferencia de archivos al servidor FTP

Para calcular capacidad necesaria para el uso del servidor FTP (C_{TA}) se consideró una velocidad de transferencia de un archivo que contenga imágenes y texto de 650 KB/s (Salas, 2013). Y considerando la modificación de 5 archivos cada media hora (tiempo de autoguardado que Microsoft Office posee de fábrica) (Microsoft, 2013) se reemplazaron los valores correspondientes en la Ecuación 7 teniendo lo siguiente:

$$C_{TA} = \frac{V_A}{1 \text{ archivo}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{\# \text{ archivos}}{3600 \text{ s}}$$

$$C_{TA} = \frac{650 \text{ Kbps}}{1 \text{ página}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{5}{1800 \text{ s}}$$

$$C_{TA} = \mathbf{14.44 \text{ kbps}}$$

El resultado de C_{TA} se multiplica por el número de usuarios conectados simultáneamente de cada sitio mencionados en la Tabla 23, 24 y 25. El resumen de resultados obtenidos se muestran en la Tabla 30 mostrada a continuación.

Tabla 30.

Ancho de banda total para el servicio de FTP en el Bloque 61 y Quito.

Aplicativo	Usuarios simultáneos	Capacidad de descarga [kbps]	Total requerido [kbps]
Acceso al servidor FTP (AUC)	12	14.44	173.28
Acceso al servidor FTP (YUC)	7	14.44	101.08
Acceso al servidor FTP (AUC)	7	14.44	101.08
Acceso al servidor FTP (UIO)	7	14.44	101.08

2.8.5. Análisis para la transmisión de voz

La transmisión de voz estará basada en una plataforma de repetidoras VHF instaladas en el Bloque 61 y Quito. A continuación, se describe rápidamente cómo funciona esta plataforma.

2.8.5.1. Sistema de voz half-duplex MOTOTRBO (IP Site Connect)

El sistema MOTOTRBO es una solución para equipos de comunicación de marca Motorola que utiliza tecnología digital para la transmisión de la voz ofreciendo una eficiencia espectral y mejoras en el audio. (Motorola Solutions, 2012, pp. 3-4).

- La mejora espectral se debe a que MOTOTRBO utiliza dos ranuras TDMA (Acceso Múltiple por División de tiempo) para transmitir voz o datos.
- Las mejoras de audio se dan al digitalizar la voz, comprimirla a través del vocoder AMBE+2 y mediante la aplicación de FEC (corrección de errores hacia adelante), es decir que la información se corrige sin tener que retransmitirse nuevamente.

La tecnología IP Site Connect de Motorola permite la interconexión de repetidores MOTOTRBO digitales a través de una red IP, para el intercambio de voz y datos entre sitios dispersos geográficamente.

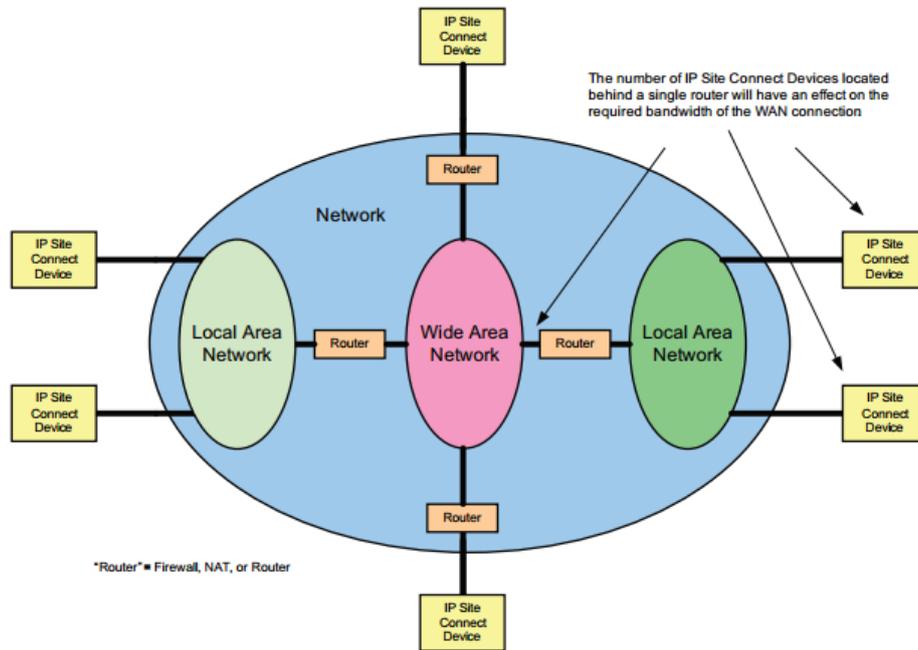


Figura 98. Topología de Sistema MOTOTRBO con IP Site Connect.

Tomado de Motorola Solutions, 2012, pp. 258.

El sistema IP Site Connect puede tener hasta 15 repetidores conectados, uno de ellos debe estar configurado como *Master* para sincronizar las comunicaciones y el resto como *Peers*. (Figura 98). A continuación, se detalla las consideraciones que se deben tener en cuenta para el cálculo del ancho de banda requeridos por cada sitio. (Motorola Solutions, 2012, pp. 313). En el Anexo 3 se puede consultar más detalles.

$BW_{VC} = 15 \text{ kbps}$ Ancho de banda requerido para soportar una ranura de voz o datos.

$BW_{LM} = 6 \text{ kbps}$ Ancho de banda requerido para soportar el enlace IP Site Connect.

$BW_{IR} = 3 \text{ kbps}$ Ancho de banda para soportar actualizaciones del equipo Master.

Las consideraciones a tomar para el diseño de la red de voz utilizando MOTOTRBO son:

- El sistema IP Site Connect entre el Bloque 61 y Quito manejarán 3 canales de voz, es decir dos canales en la ranura 1 y un canal en la ranura 2. Los cuáles serán asignados para Operaciones, Logística y Emergencia
- El número de repetidores en modo *Peer* es de tres y uno como *Master* sumando un total de 4 repetidores (Quito, Auca Central, Yuca Central y estación Cononaco).

En la Tabla 31 se puede observar cómo obtener el ancho de banda que requiere el IP Site Connect de Motorola en una red de datos.

Tabla 31.

Cálculo del ancho de banda para el sistema de voz IP Site Connect.

Parámetro	Cant.		Ancho de banda [kbps]	Total [kbps]
Número de canales para el Slot 1	2	x	15	30
Número de canales para el Slot 2	1	x	15	15
Número total de Repetidores IP Site Connect	4	x	6	24
Si es Master, Cantidad de mensajes de actualización	4	x	3	12
Ancho de banda total requerido				81

Adaptado de Motorola Solutions, 2012, pp. 315.

2.8.5.2. Aplicación de geolocalización TRBOnet

La aplicación de geolocalización TRBOnet es un software que permite tener un despacho-voz tipo AVL (Localización Automática de Vehículos) y que funciona a través de la plataforma de MOTOTRBO IP Site Connect.

Su arquitectura está basada en la arquitectura cliente-servidor, en donde el servidor de radio se ejecuta como un servicio de Windows en el equipo del servidor y almacena los datos en una base de datos MS SQL. Las conexiones

de los clientes se realizan mediante consolas de despacho (PC's) como se muestra en la Figura 105. (TRBOnet, 2012, pp. 10).

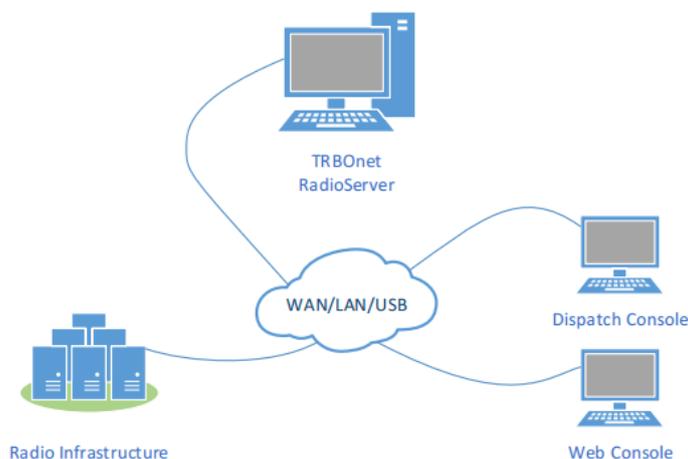


Figura 99. Arquitectura de TRBOnet.

Tomado de TRBOnet, 2012, pp. 10.

A continuación, en la Tabla 32 se puede observar las especificaciones de la aplicación de TRBOnet, para más detalles se puede consultar el Anexo 4.

Tabla 32.

Especificaciones técnicas de TRBOnet.

Servidor de radio	Pc de despacho	Ancho de banda
Procesador Intel Core i5	Procesador Intel Core i5	Entre el servidor y el repetidor: 64 kbps por repetidor
Windows 7/8 o Superior (32 o 64 bits)	Windows 7/8 o Superior (32 o 64 bits)	
3 GB de RAM	3 GB de RAM	
180 GB de disco duro	180 GB de disco duro	Entre servidor y cliente: 64 kbps por canal de voz
MS SQL Server 2008 Express Edition o superior	MS SQL Server 2008 Express Edition	

Adaptado de TRBOnet Plus, 2012, pp.4.

Considerando que se va a utilizar una ranura de IP Site Connect se requiere un ancho de banda de 23 kbps según se mencionó en la sección anterior, el Planificador de MOTOTRBO (2012, pp. 287) determina un alto tráfico de GPS para una actualización de posición de 60 transmisiones por cada usuario en cada hora. Acorde a los requerimientos de SE (sección 2.6) se desea monitorear 30 vehículos y considerando una escalabilidad la empresa interesada determinó un 40% más de unidades, es decir el dimensionamiento de tráfico GPS será de 42 vehículos. Utilizando la Ecuación 7 se obtiene la capacidad necesaria para el TRBOnet (C_T):

$$C_T = \frac{V_A}{1 \text{ ranura de datos o voz}} \times \frac{\# \text{ actualizaciones GPS } \times \# \text{ de vehículos}}{3600 \text{ s}}$$

$$C_{DA} = \frac{23 \text{ Kbps}}{1 \text{ ranura de datos o voz}} \times \frac{60 \times 42 \text{ vehículos}}{3600 \text{ s}}$$

$$C_{DA} = 16.1 \text{ kbps}$$

Este resultado se le adiciona los 64 kbps de ancho de banda según las especificaciones y obteniendo así que el sistema de TRBOnet requiere una capacidad de 80 kbps.

2.8.6. Cálculo del ancho de banda total

De acuerdo al análisis realizado por cada uno de los servicios que transportará la red, se puede determinar el ancho de banda que se requiere la conexión a internet y para el canal de datos entre Quito-BL61.

Con respecto al ancho de banda necesario para el internet en la Tabla 33 se muestra el resumen de las capacidades necesarias en cada locación del BL61.

Tabla 33.

Ancho de banda total para Internet.

Aplicativo	Ancho de banda AUC [kbps]	Ancho de banda YUC [kbps]	Ancho de banda CNCO [kbps]
Internet (Descargas)	2240	960	960
Internet (Navegación)	85.28	42.64	42.64
Correo Electrónico	183.26	116.62	116.62
Total uso Internet	2508.54	1119.26	1119.26
Total a requerir	4747.06 kbps		

Para cubrir las necesidades de conexión a internet para los usuarios del BL61 se requiere un ancho de banda mayor a 4.74 Mbps, pero considerando un crecimiento de personal de 10 personas por año y basándose en la Tabla 13, se calculó un porcentaje de crecimiento de la siguiente manera:

$$Tasa\ de\ crecimiento = \frac{\# personal\ futuro - \# personal\ presente}{\# personal\ presente}$$

$$Tasa\ de\ crecimiento = \frac{67 - 57}{57}$$

$$Tasa\ de\ crecimiento = 0.17\ es\ decir\ 17\ \% \text{ por año}$$

Con el resultado del porcentaje de crecimiento por año, SE considero la escalabilidad a 3 años, es decir un 51% más del valor total de la Tabla 33 y daría como resultado 7 Mbps.

Por otro lado, el detalle del total de ancho de banda que se requiere para el canal de datos entre Quito y el Bloque 61 se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34.

Ancho de banda total para el canal de datos Quito-Bloque 61.

Aplicativo	Ancho de banda AUC [kbps]	Ancho de banda YUC [kbps]	Ancho de banda CNCO [kbps]	Ancho de banda UIO [kbps]
Acceso al servidor FTP	173.28	101.08	101.08	101.08
Sistema MOTOTRBO	81	81	81	81
Sistema TRBOnet	80	80	80	80
Subtotal	334.28	262.08	262.08	262.08
Total a requerir	1120.52 kbps			

Hay que considerar que actualmente existe un canal de datos entre Quito y el Bloque 61 con un ancho de banda actual de 0.5 Mbps y como se requiere 1.1 Mbps se requiere aumentar la capacidad.

Al canal de datos también se le consideró un crecimiento del 17 % por año calculado anteriormente. Este valor de crecimiento anual se ha proyectado también para 3 años, es decir un 51 % más del resultado de la Tabla 34, por lo que el canal de datos a contratar será de 2.2 Mbps.

2.9. Diseño de la topología de la Red

Para el diseño de la red se tomará en cuenta los requerimientos de SE descritos en la sección 2.6 y como primer paso se diseñará la parte física para luego proceder con la parte lógica.

2.9.1. Diseño de la topología física de la red

En el diseño físico de la red se hace referencia a la forma en como están conectados los equipos entre sí, por lo que es importante definir una topología para determinar la cantidad de equipos y sus interfaces físicas.

2.9.1.1. Diseño de la red de backbone

En el diseño de la red se definió una topología en estrella para interconectar las estaciones del Bloque 61 mediante enlaces radioeléctricos. En la Figura 100 se puede observar con más detenimiento lo antes mencionado.

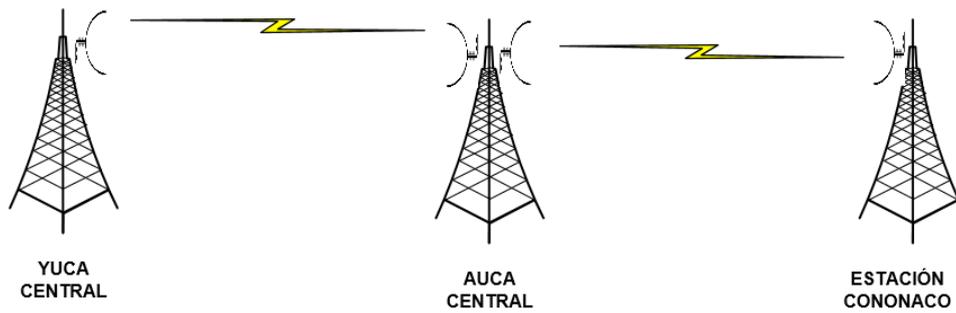


Figura 100. Interconexión con radio enlaces de las locaciones del Bloque 61.

Ahora para interconectar el Bloque 61 con la ciudad de Quito debe existir una conexión a través del cerro Lumbaqui, de igual manera mediante un radio enlace como se muestra en la Figura 101.

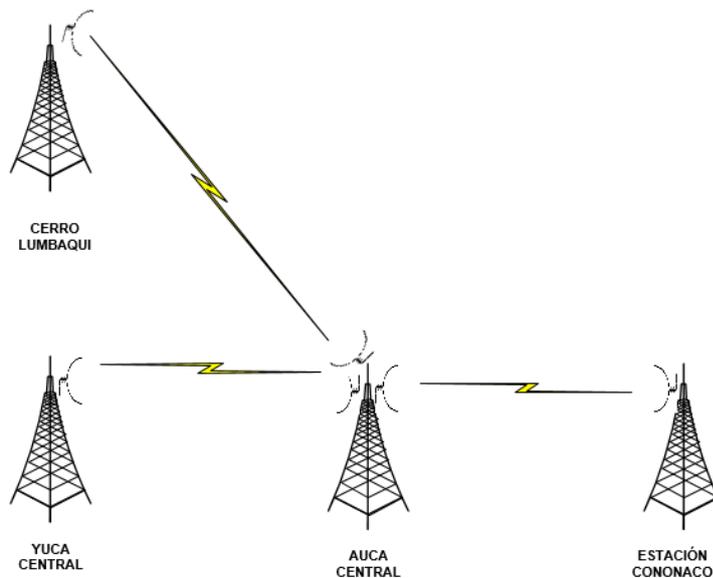


Figura 101. Interconexión entre el Bloque 61 y el cerro Lumbaqui.

En Google Earth (Figura 102) se puede apreciar de manera exacta cómo será la interconexión de todos los puntos mediante los radios enlaces.

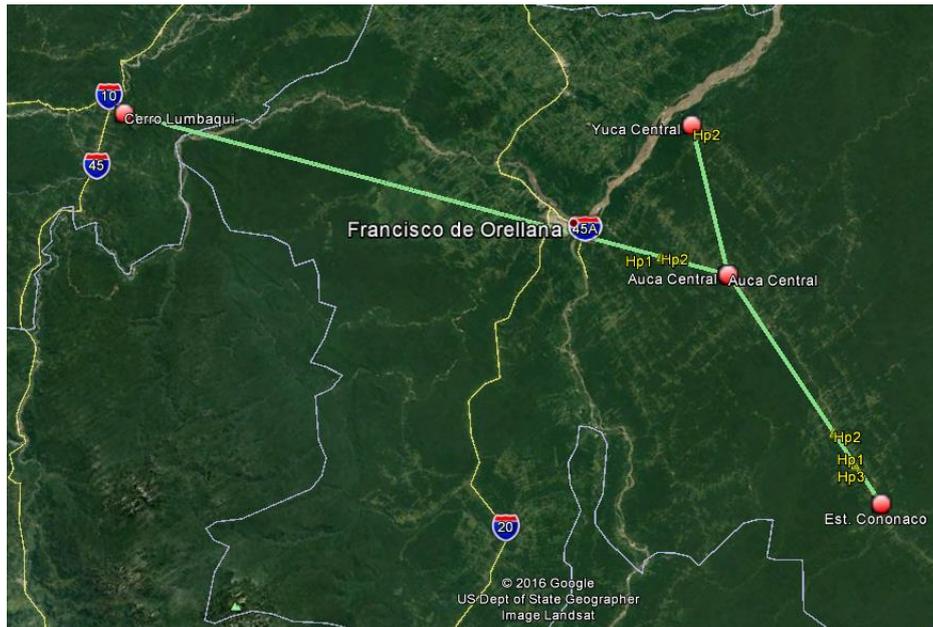


Figura 102. Interconexiones con radio enlaces en la zona oriental.

En cada una de las locaciones debe existir un router para interconectar las diferentes subredes y permitir el acceso a internet a los usuarios. En la Figura 103 se puede apreciar el número de interfaces necesarias para cada router.

Con lo que respecta al cableado de los radios enlaces se contempla el uso de ScTP de categoría 6 con la finalidad de tener un buen rendimiento en velocidad de transmisión e inmunidad a interferencia externas.

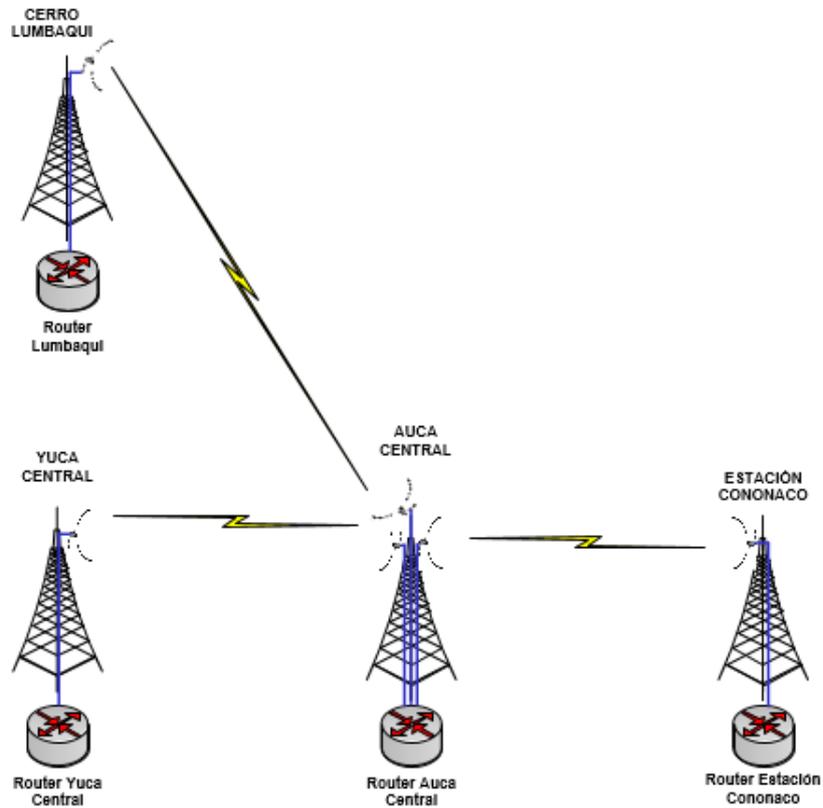


Figura 103. Ubicación de routers de los diferentes puntos en la red de Oriente.

En las oficinas de Quito de SE también debe existir un router el cual permitirá la comunicación con el Oriente utilizando el canal de datos rentado, en la Figura 104 se puede apreciar la topología de lo antes mencionado.

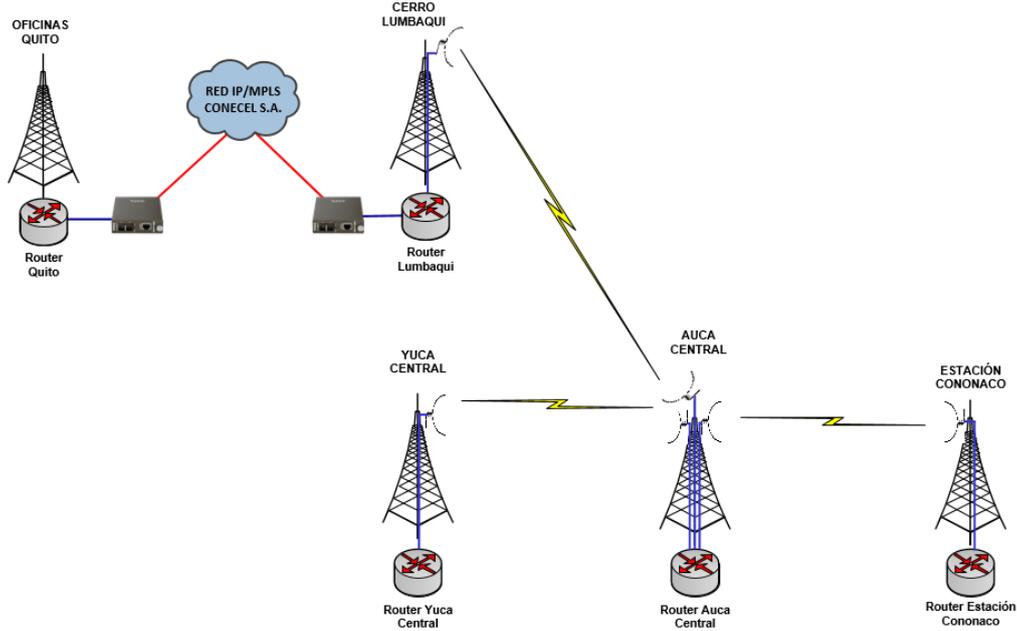


Figura 104. Conexión entre Quito-Oriente mediante el canal de datos.

2.9.1.2. Diseño de la red de acceso

Para la red de acceso debe existir un switch por cada locación y permitir así la conexión de cada uno de los usuarios determinados en la Tabla 14.

En las conexiones de la red se considerará el uso de cable UTP de categoría 6 para tener un buen rendimiento en velocidad de transmisión, aunque el diseño del cableado estructurado no es parte de este documento. En referente a la cantidad de puertos y modelos a utilizar, estos serán determinados en el próximo capítulo. En la Figura 105 se puede observar la distribución de switches de la red de acceso.

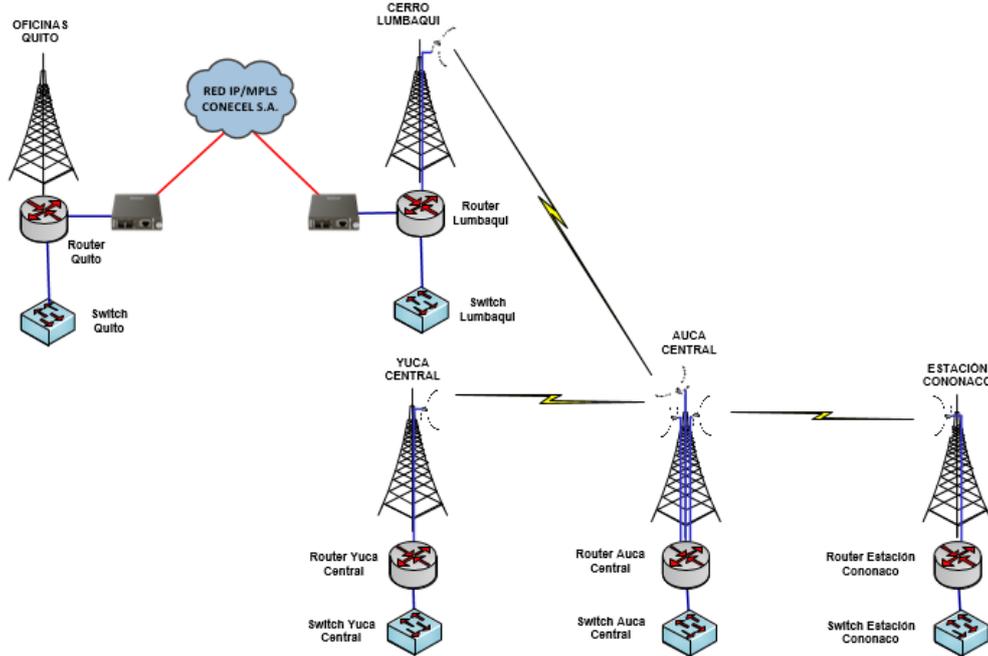


Figura 105. Integración de switches en cada punto de la red.

2.9.1.3. Identificación de equipos de red

Considerar la identificación de cada uno de los equipos es importante para una buena administración de la red y para determinar su identificación hay que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- El nombre del sitio o estación a donde pertenece el equipo.
- Identificar el tipo de equipos (switch, router, etc.).
- Dar una numeración en orden secuencial de acuerdo al tipo de equipo y este debe ser de 3 dígitos para permitir la escalabilidad a 999 equipos.

En la Figura 106 se puede observar cómo se estructura el nombre de los equipos de red.



Figura 106. Nomenclatura para los equipos de red.

Para la topología de red definida en la sección anterior, se determinó la identificación de cada uno de los equipos siguiendo el modelo de nomenclatura de la Figura 106.

En la Tabla 35 se puede apreciar los nombres que identificarán a los equipos de la red de cada sitio en la red:

Tabla 35.

Identificación de los equipos de la red de SE.

Equipo	Ubicación	Nomenclatura	Observaciones
Router	Quito	UIORWT001	-
Switch	Quito	UIOSWT001	-
Repetidor	Quito	UIORPT001	Repetidor VHF MOTOTRBO
Servidor	Quito	UIOSRV001	Servidor de aplicación TRBOnet
Router	Lumbaqui	LBQRWT001	-
Switch	Lumbaqui	LBQSWT001	-
Repetidor	Lumbaqui	LBQRPT001	Repetidor VHF MOTOTRBO
Microonda	Lumbaqui	LBQMW001	Enlace Lumbaqui a Auca Central
Router	Auca Central	AUCRWT001	-
Switch	Auca Central	AUCSWT001	-
Repetidor	Auca Central	AUCRPT001	Repetidor VHF MOTOTRBO
Microonda 1	Auca Central	AUCMW001	Enlace Auca Central a Lumbaqui
Microonda 2	Auca Central	AUCMW002	Enlace Auca Central a Yuca Central
Microonda 3	Auca Central	AUCMW003	Enlace Auca Central a Cononaco
Servidor de backup	Auca Central	AUCSRV001	Servidor de backup TRBOnet
Consola de despacho	Auca Central	AUCCON001	PC para monitoreo de TRBOnet
Router	Yuca Central	YUCRWT001	-
Switch	Yuca Central	YUCSWT001	-

Equipo	Ubicación	Nomenclatura	Observaciones
Repetidor	Yuca Central	YUCRPT001	Repetidor VHF MOTOTRBO
Microonda	Yuca Central	YUCMW001	Enlace Yuca Central a Auca Central
Consola de despacho	Yuca Central	YUCCON001	PC para monitoreo de TRBOnet
Router	Estación Cononaco	CNCORWT001	-
Switch	Estación Cononaco	CNCOSWT001	-
Repetidor	Estación Cononaco	CNCORPT001	Repetidor VHF MOTOTRBO
Microonda	Estación Cononaco	CNCOMW001	Enlace Cononaco a Auca Central
Consola de despacho	Estación Cononaco	CNCOCON001	PC para monitoreo de TRBOnet

2.9.2. Diseño de la topología lógica de la red

2.9.2.1. Creación de VLANs

La cantidad de VLANs está determinado por el número de departamentos que posee la empresa SE. A cada VLAN se le asigna un ID y un nombre que serán utilizados en la configuración de los equipos de red como se puede observar en la Tabla 36.

Tabla 36.

Detalle de VLAN para la red de SE.

Departamento	Nº VLAN	Nombre VLAN
Producción	110	PRO
Operaciones	120	OPR
Mantenimiento	130	MANT
Facilidades & Construcciones	140	FIC
Logística	150	LOG
HSE	160	HSE
Sistema MOTOTRBO - TRBOnet	170	RAD
Tecnología de la Información	200	TI

Nótese que en la Tabla anterior se incluye la VLAN 200 (Gestión) y su propósito tiene fines de administración, configuración y/o monitoreo de los equipos de la red.

2.9.2.2. Creación de subredes y direccionamiento de red

Cada departamento de la empresa SE tendrá su propio direccionamiento, por lo que se creará subredes y cada una de estas abastecerá a una cantidad de host determinada. En la Figura 107 se puede observar la cantidad de host por departamento en cada una de las locaciones del Bloque 61.

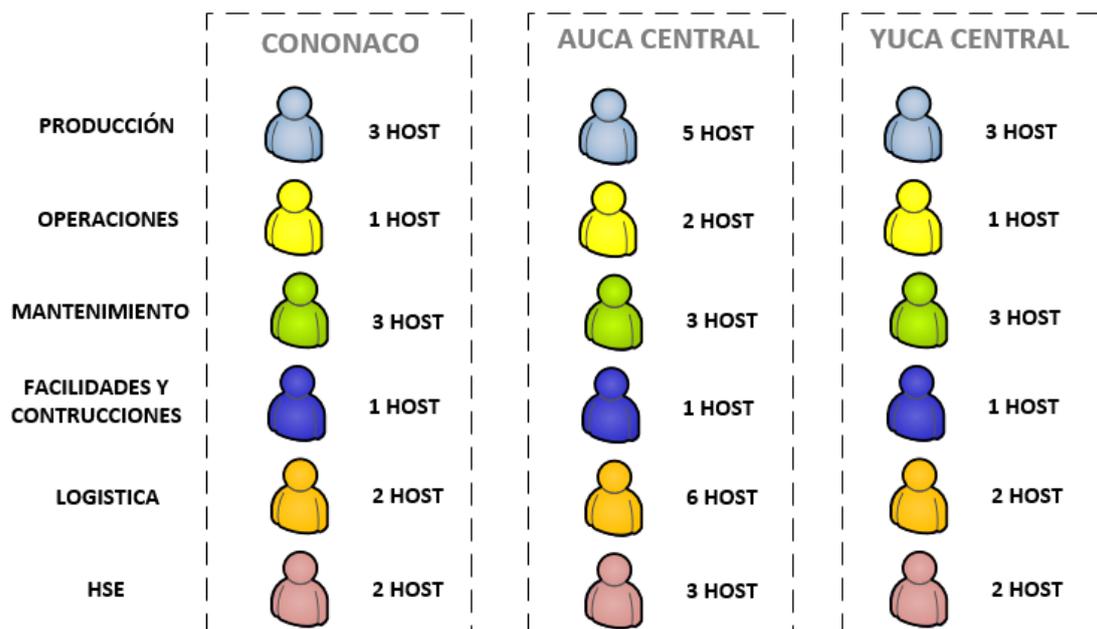


Figura 107. Numero de host por departamento en el Bloque 61.

Como podemos apreciar en la figura anterior el número de host en cada departamento es reducido, pero al considerar una escalabilidad se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Shaya Ecuador estima un crecimiento de personal a 3 por año en cada departamento y de acuerdo a esto, se realizó un dimensionamiento a largo plazo, es decir a 10 años (Gitto y Silva, 1999, pp. 6).
- Según lo mencionado en el punto anterior se tendría un crecimiento de 30 personas en el lapso de 10 años.

La cantidad de host por departamento considerado un crecimiento a 10 años se observa a continuación en la Figura 108.

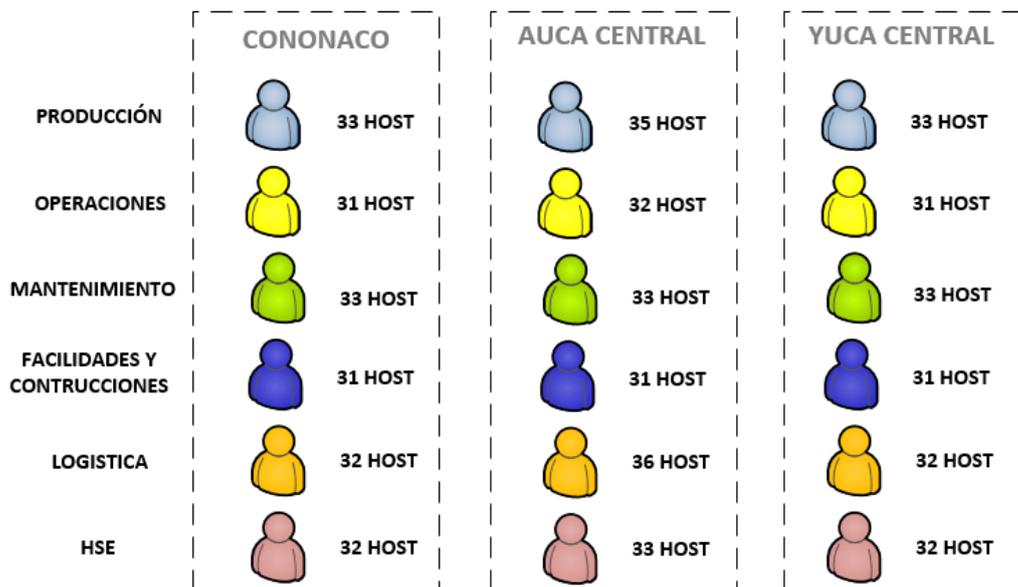


Figura 108. Cantidad de host con un crecimiento a 10 años.

Para asignar el direccionamiento de red de cada departamento de la empresa de SE se utilizó VLSM tomando como punto de partida un rango IP de clase B 172.20.100.0 con una máscara de red para 256 redes es decir 255.255.255.0.

2.9.2.3. Direccionamiento de red para Yuca Central

En la estación Yuca Central se ordenó la cantidad de usuarios de menor a mayor de acuerdo a la Figura 108 obteniendo lo siguiente:

- Producción = 33 host
- Mantenimiento = 33 host
- Logística = 32 host
- HSE = 32 host
- Operaciones = 31 host
- Facilidades & Construcciones = 31 host

A continuación, se procedió con el cálculo del direccionamiento mediante VLSM tomando en cuenta el mayor valor de hosts, es decir 33 y se utilizará la Ecuación 8 mostrada a continuación:

2^n ; en donde $n =$ es el número de bits prestados del octeto

(Ecuación 8)

- Si se toma 6 bits prestados del octeto y luego son reemplazándolos en la ecuación anterior se obtiene lo siguiente:

$$2^6 = 64 - 2 = \mathbf{62 \text{ host utilizables}}$$

- Entonces, el resultado calculado abastece sin problemas a 33 host y en este caso al tener dos bits sobrantes del ultimo octeto se tendría una máscara de red de 255.255.255.192 o /26.

Finalmente, en la Tabla 37 se muestran las diferentes subredes de cada departamento.

Tabla 37.

Direccionamiento de red de la estación Yuca Central.

IP de red	Primera IP válida	Última IP válida	IP de broadcast	Área
172.20.100.0	172.20.100.1	172.20.100.62	172.20.100.63	PROD YUC MANT YUC
172.20.100.64	172.20.100.65	172.20.100.126	172.20.100.127	LOG YUC
172.20.100.128	172.20.100.129	172.20.100.190	172.20.100.191	HSE YUC
172.20.100.192	172.20.100.193	172.20.100.254	172.20.100.255	OPR YUC
172.20.101.0	172.20.101.1	172.20.101.62	172.20.101.63	FIC YUC
172.20.101.64	172.20.101.65	172.20.101.126	172.20.101.127	

2.9.2.4. Direccionamiento de red para Auca Central

En la estación Auca Central se ordenó la cantidad de usuarios de menor a mayor de acuerdo a la Figura 108 obteniendo lo siguiente:

- Logística= 36 host
- Producción = 35 host
- Mantenimiento = 33 host

- HSE = 33 host
- Operaciones = 32 host
- Facilidades & Construcciones = 31 host

A continuación, se procedió con el cálculo del direccionamiento mediante VLSM tomando en cuenta el mayor valor de hosts, es decir 36.

- Si se toma 6 bits prestados del octeto y luego son reemplazándolos en la Ecuación 9 se obtiene lo siguiente:

$$2^6 = 64 - 2 = \mathbf{62 \text{ host utilizables}}$$

- Entonces, el resultado calculado abastece sin problemas a 36 host y en este caso al tener dos bits sobrantes del ultimo octeto se tendría una máscara de red de 255.255.255.192 o /26.

Finalmente, en la Tabla 38 se muestran las diferentes subredes de cada departamento.

Tabla 38.

Direccionamiento de red para la estación Auca Central.

IP de red	Primera IP válida	Última IP válida	IP de broadcast	Área
172.20.101.128	172.20.101.129	172.20.101.190	172.20.101.191	LOG AUC
172.20.101.192	172.20.101.193	172.20.101.254	172.20.101.255	PROD AUC
172.20.102.0	172.20.102.1	172.20.102.62	172.20.102.63	MANT AUC
172.20.102.64	172.20.102.65	172.20.102.126	172.20.102.127	HSE AUC
172.20.102.128	172.20.102.129	172.20.102.190	172.20.102.192	OPR AUC
172.20.102.192	172.20.102.193	172.20.102.254	172.20.102.255	FIC AUC

2.9.2.5. Direccionamiento de red para estación Cononaco

En la estación Cononaco se ordenó la cantidad de usuarios de menor a mayor de acuerdo a la Figura 108 obteniendo lo siguiente:

- Producción = 33 host

- Mantenimiento = 33 host
- Logística = 32 host
- HSE = 32 host
- Operaciones = 31 host
- Facilidades & Construcciones = 31 host

A continuación, se procedió con el cálculo del direccionamiento mediante VLSM tomando en cuenta el mayor valor de hosts, es decir 33.

- Si se toma 6 bits prestados del octeto y luego son reemplazándolos en la Ecuación 8 se obtiene lo siguiente:

$$2^6 = 64 - 2 = \mathbf{62 \text{ host utilizables}}$$

- Entonces, el resultado calculado abastece sin problemas a 33 host y en este caso al tener dos bits sobrantes del ultimo octeto se tendría una máscara de red de 255.255.255.192 o /26.

Finalmente, en la Tabla 39 se muestran las diferentes subredes de cada departamento.

Tabla 39.

Direccionamiento de red para la estación Cononaco.

IP de red	Primera IP válida	Última IP válida	IP de broadcast	Área
172.20.103.0	172.20.103.1	172.20.103.62	172.20.103.63	PROD CNCO
172.20.103.64	172.20.103.65	172.20.103.126	172.20.103.127	MANT CNCO
172.20.103.128	172.20.103.129	172.20.103.190	172.20.103.192	LOG CNCO
172.20.103.192	172.20.103.193	172.20.103.254	172.20.103.255	HSE CNCO
172.20.104.0	172.20.104.1	172.20.104.62	172.20.104.63	OPR CNCO
172.20.104.64	172.20.104.65	172.20.104.126	172.20.104.127	FIC CNCO

2.9.2.6. Direccionamiento de red en el cerro Lumbaqui

Para el direccionamiento de red en el cerro Lumbaqui se consideró el uso de una máscara de /29 solamente para 6 hosts válidos, su número es reducido debido que en este sitio no habrá usuarios y solamente existirá conexiones eventuales por parte del personal técnico en tareas de mantenimiento.

Tabla 40.

Direccionamiento de red para el cerro Lumbaqui.

IP de red	Primera IP válida	Última IP válida	IP de broadcast	Área
172.20.104.128	172.20.104.129	172.20.104.142	172.20.104.143	PROD LBQ
172.20.104.136	172.20.104.137	172.20.104.150	172.20.104.151	MANT LBQ
172.20.104.144	172.20.104.145	172.20.104.158	172.20.104.159	LOG LBQ
172.20.104.152	172.20.103.193	172.20.104.166	172.20.104.167	HSE LBQ
172.20.104.160	172.20.104.161	172.20.104.174	172.20.104.175	OPR LBQ
172.20.104.168	172.20.104.169			FIC LBQ

2.9.2.7. Direccionamiento de red en las oficinas de Quito

Para la cantidad de personal en Quito, SE determinó una escalabilidad de usuarios de 4 personas cada 5 años, por lo que, en 10 años serian 8 host que se agregarán a la red.

En la Figura 109 se puede apreciar el número de personal con un crecimiento proyectado a 10 años.



Figura 109. Cantidad de usuarios en Quito proyectado a 10 años.

Como siguiente paso se calculó el direccionamiento de las áreas de SE tomando como referencia el número mayor de host, es decir 11.

- Si se toma 4 bits prestados del octeto y luego son reemplazándolos en la Ecuación 8 se obtiene lo siguiente:

$$2^4 = 16 - 2 = \mathbf{14 \text{ host utilizables}}$$

- Entonces, el resultado calculado abastece sin problemas a 11 host y en este caso al tener cuatro bits sobrantes del ultimo octeto se tendría una máscara de red de 255.255.255.240 o /28 y tomando en cuenta que el segmento de red a utilizar es 172.20.105.0 para seguir una secuencia ascendente de asignación.

Finalmente, en la Tabla 41 se muestran las diferentes subredes de cada departamento.

Tabla 41.

Direccionamiento de red de las áreas en las oficinas de Quito.

IP de red	Primera IP válida	Última IP válida	IP de broadcast	Área
172.20.105.0	172.20.105.1	172.20.105.12	172.20.105.13	LOG UIO
172.20.105.14	172.20.105.15	172.20.105.26	172.20.105.27	PROD UIO
172.20.105.28	172.20.105.29	172.20.105.40	172.20.105.41	OPR UIO
172.20.105.42	172.20.105.43	172.20.105.54	172.20.105.55	MANT UIO
172.20.105.56	172.20.105.57	172.20.105.68	172.20.105.69	FIC UIO
172.20.105.70	172.20.105.71	172.20.105.82	172.20.105.83	HSE UIO

2.9.2.8. Direccionamiento de la red MOTOTRBO y TRBOnet

El direccionamiento para la red de MOTOTRBO y TRBOnet (VLAN 170) está basado en el número de repetidoras, número de servidores y los despachadores de TRBOnet, por lo que se consideró los siguientes puntos:

- Un total 4 repetidoras digitales DGR6175 en Quito, Yuca Central, Auca Central y Estación Cononaco.
- Un servidor principal en Quito, un servidor de backup en Auca Central y 1 consolas de monitoreo en cada locación del Bloque 61 (3 consolas en total).

Como se puede observar la subred consta de 2 host en Quito y 7 en el BL61, por lo que el cálculo se basa en este último valor:

- Si se toma 4 bits prestados del octeto y luego son reemplazándolos en la Ecuación 8 se obtiene lo siguiente:

$$2^4 = 16 - 2 = \mathbf{14 \text{ host utilizables}}$$

- Entonces, el resultado calculado abastece sin problemas a 7 host y en este caso al tener cuatro bits sobrantes del ultimo octeto se tendría una máscara de red de 255.255.255.240 o /28.

Finalmente, en la Tabla 42 se muestra las subredes asignadas para Quito y las locaciones del BL61, siguiendo la secuencia del rango de la sección anterior.

Tabla 42.

Direccionamiento para la red de MOTOTRBO y TRBOnet.

IP de red	Primera IP válida	Última IP válida	IP de broadcast	Área
172.20.105.84	172.20.105.85	172.20.105.98	172.20.105.99	RAD UIO
172.20.105.100	172.20.105.101	172.20.105.114	172.20.105.115	RAD YUC
172.20.105.116	172.20.105.115	172.20.105.130	172.20.105.131	RAD AUC
172.20.105.132	172.20.105.133	172.20.105.146	172.20.105.147	RAD CNCO

2.9.2.9. Direccionamiento de red Administrativa

Para el direccionamiento de la subred de gestión (VLAN 200) se debe tomar en cuenta la cantidad total de equipos de la red. Este direccionamiento permitirá acceder a los equipos de la red de manera remota para realizar cambios o verificaciones en su configuración.

Al realizar el conteo entre switches, routers y radio enlaces basándose en la Figura 105 y ordenándolos de mayor a menor se tiene:

- Auca Central: 5 equipos (router, switch y radios enlaces)
- Lumbaqui: 3 equipos (router, switch y radio enlace)
- Yuca Central: 3 equipos (router, switch y radio enlace)
- Estación Cononaco: 3 equipos (router, switch y radio enlace)
- Quito: 2 equipos (router y switch)

Entonces, para el cálculo de subredes mediante VLSM considerando la cantidad mayor de host y evitando problemas en la escalabilidad en caso de agregar más equipos la cantidad máxima será de 10 es decir el doble número mayor.

- De acuerdo a lo indicado anteriormente, si se toma 4 bits prestados del octeto y luego son reemplazándolos en la Ecuación 8 se obtiene lo siguiente:

$$2^4 = 16 - 2 = \mathbf{14 \text{ host utilizables}}$$

- Entonces, el resultado calculado abastece sin problemas a 10 host y al tener cuatro bits sobrantes del ultimo octeto se tendría una máscara de red de 255.255.255.240 o /28.

Por otro lado, en lo que respecta a la red backbone (radio enlaces y canal de datos) se requieren únicamente dos hosts válidos, por lo que, el cálculo será el siguiente:

- Tomando 2 bits prestados del octeto y luego son reemplazándolos en la Ecuación 8 se obtiene lo siguiente:

$$2^2 = 4 - 2 = \mathbf{2 \text{ host utilizables}}$$

- Entonces, el resultado calculado abastece para 2 host y al tener seis bits sobrantes del ultimo octeto se tendría una máscara de red de 255.255.255.252 o /30.

Tomando como punto referencia la siguiente red 172.20.111.0/ 24 en la Tabla 43 se muestran las subredes calculadas para cada sitio:

Tabla 43.

Direccionamiento de red para la VLAN de gestión en Quito y el BL61.

IP de red	Primera IP válida	Última IP válida	IP de broadcast	Área
172.20.111.0	172.20.111.1	172.20.111.14	192.20.111.15	TI YUC
172.20.111.16	172.20.111.17	172.20.111.30	172.20.111.31	TI AUC
172.20.111.32	172.20.111.31	172.20.111.46	172.20.111.47	TI CNCO
172.20.111.48	172.20.111.49	172.20.111.62	172.20.111.63	TI LBQ
172.20.111.64	172.20.111.65	172.20.111.78	172.20.111.79	TI UIO
172.20.111.80	172.20.111.81	172.20.111.82	192.20.111.83	Link LBQ-AUC
172.20.111.84	172.20.111.85	172.20.111.86	172.20.111.87	Link AUC-YUC
172.20.111.88	172.20.111.87	172.20.111.88	172.20.111.91	Link AUC-CNCO
172.20.111.92	172.20.111.93	172.20.111.94	172.20.111.95	Link UIO-LBQ

Nota: Link= estas subredes son las de backbone por lo que contienen una máscara de red de /30; TI= estas subredes tienen una máscara de red de /28.

2.9.2.10. Resumen del direccionamiento de red en cada sitio

Luego de obtener el direccionamiento de red para cada departamento de SE, en las Figuras 110 y 111 se muestran la distribución de las mismas.

Para asignar las direcciones IP hay que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- La primera dirección IP de cada subred será configurada en el router como *puerta de enlace predeterminado*.
- El direccionamiento estático será considerado para la configuración de los equipos de red como servidores, repetidoras y radio enlaces.
- La asignación de IP's para los hosts de la red será a través de DHCP a través de cada router y dentro de esta asignación están excluidos las direcciones estáticas del punto anterior.

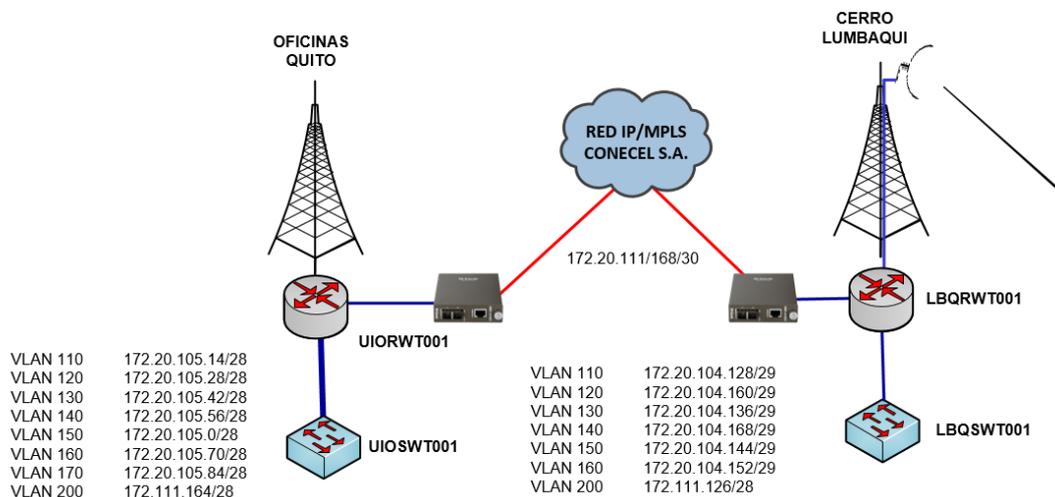


Figura 110. Direccionamiento de red en Quito y el cerro Lumbaqui.

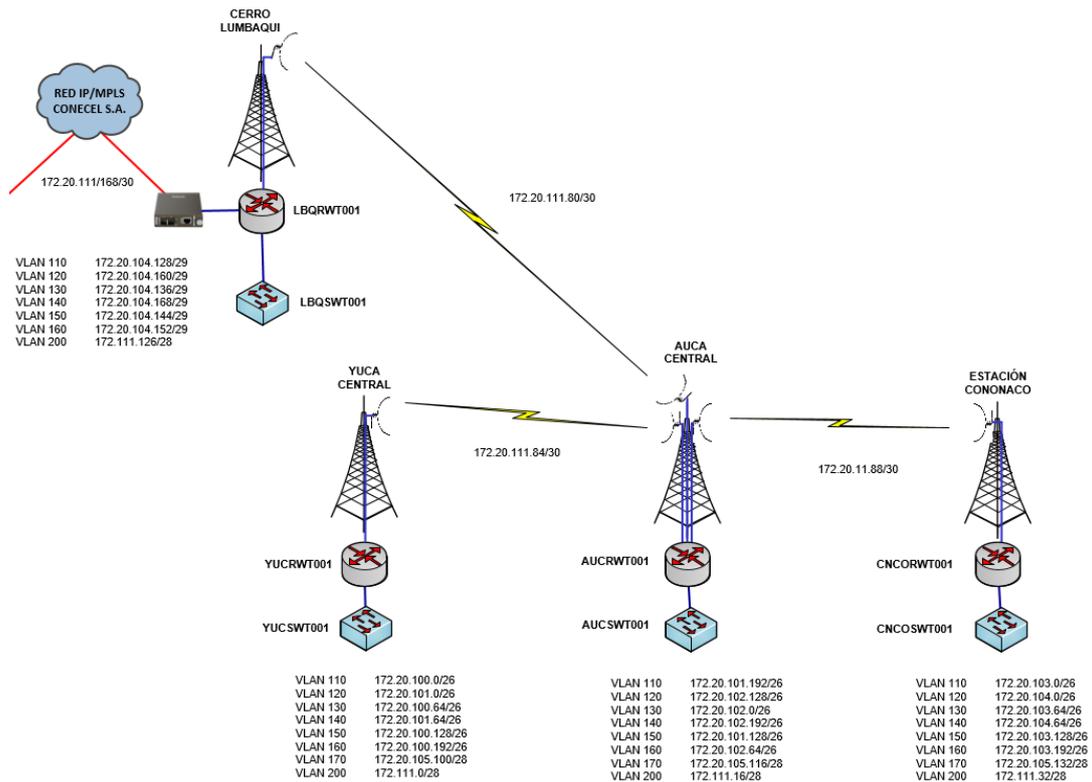


Figura 111. Direccionamiento de red en la parte de Oriente.

2.9.3. Configuración de equipos de red

Las configuraciones que se mencionaran a continuación servirán como una plantilla base para cuando se realice una futura implementación.

2.9.3.1. Configuración DHCP y Router On A Stick

Para asignar direcciones IP a los distintos hosts de cada subred se debe configurar un servidor DHCP en cada el router de cada locación y para utilizar una sola interfaz para el pasar varias subredes a los switches se utilizará la función *router on a stick*.

Con respecto a la configuración del DHCP, se debe tomar en cuenta un rango de IP para ser excluidas y no ser asignadas para los hosts. Para la habilitar el servicio de DHCP en los routers Cisco se debe colocar los siguientes comandos mostrados en la Figura 112 en el modo de configuración global del CLI.

```

ip dhcp excluded-address IP inicial a excluir IP final a excluir

ip dhcp pool nombre para el pool DHCP
network IP de red máscara de subred
default-router 1ra dirección IP válida de la subred
dns-server IP del DNS principal

```

Figura 112. Configuración de DHCP en router Cisco.

Para la configuración de la opción *Router On A Stick* o sub interfaces, se debe colocar los siguientes comandos mostrados en la Figura 113 en el modo de configuración global del router por cada subred a configurar.

```

interface FastEthernet0/1
no shutdown → es importante que la interfaz física este activa

interface FastEthernet0/1.número de sub interfaz
description nombre de la subred
encapsulation dot1Q número de VLAN
ip address 1ra dirección IP válida de la subred máscara de red

```

Figura 113. Comandos para la configuración de sub interfaces en un router.

Las subredes correspondientes a la Gestión y MOTOTRBO no se incluyen en esta configuración debido a que la asignación de IP's será estática.

2.9.3.2. Configuración de acceso remoto

El acceso remoto es importante para la gestión, configuración y monitoreo de los equipos de red y debe ser habilitado a través de SSH debido a que brinda una conexión segura y cifrada.

En la Figura 114 se muestra los comandos utilizados en equipos Cisco de manera general necesarios para la habilitación de SSH en los equipos de red.

```
ip domain name nombre del dominio (Ej. shaya.corp)
crypto key generate rsa
How many bits in the modulus [512]: Elegir entre 360-2048

ip ssh version 2

line vty 0 4
transport input ssh
login local
username nombre de usuario privilege 15 password contraseña
enable secret
```

Figura 114. Comandos para habilitar SSH en los equipos de red.

Hay que considerar que las configuraciones deben ser realizadas en modo de configuración global del CLI, además se debe considerar el uso de SSH v2 que es más seguro.

Finalmente se debe tomar en cuenta que el puerto que utiliza SSH es el 22 por lo que este no debe estar bloqueado.

2.9.3.3. Configuración de enrutamiento

El protocolo de enrutamiento elegido para el diseño de la red es OSPF, porque permite tener una convergencia rápida y envía actualizaciones solo cuando sea necesario teniendo así un consumo de ancho de banda mínimo entre los enlaces de backbone. Los comandos para la configuración de OSPF se muestran en la Figura 115 y deben realizarse en el modo de configuración global de un router Cisco.

```
router ospf número de proceso ospf
network IP red directamente conectada wildcard area número de área
passive-interface interfaz del router
```

Figura 115. Comandos para configurar OSPF en un router Cisco.

2.9.3.4. Configuración de la seguridad de puertos

Para brindar seguridad a la red de acceso se debe desactivar administrativamente los puertos que no se utilizan como primera medida y para incrementar el nivel de seguridad se debe implementar la *seguridad en los puertos*, tomando en cuenta las siguientes configuraciones:

- Asignar la dirección MAC de un determinado equipo al puerto del switch donde este va a estar conectado.
- Permitir que el puerto del switch acepte solamente una dirección MAC.
- En cuanto ocurra una violación a cualquiera de los puntos mencionados anteriormente el puerto del switch debe desactivarse.

Los comandos para activar el puerto seguro se muestran en la Figura 116 y deben ser configurados dentro de cada interfaz del switch.

```
switchport mode access (el puerto debe estar en modo acceso)
switchport port-security (activa el puerto seguro)
switchport port-security mac-address sticky (el puerto aprende La MAC al momento de conectar el equipo en el puerto)
switchport port-security maximum 1 (solo admite una MAC a la vez)
switchport port-security violation shutdown (el Puerto se desactiva al incumplir la seguridad configurada)
```

Figura 116. Comandos para la configuración de los puertos del switch.

2.9.3.5. Configuración de NAT y acceso a internet

En la conexión a internet es importante traducir las IP privadas a direcciones públicas asignadas por el ISP. Las direcciones IP's a ser traducidas para el acceso a internet son los hosts pertenecientes a las jefaturas, líderes, coordinadores y médico.

Para este caso, se realizará un PAT (Port Address Translation) con sobrecarga en donde varias direcciones privadas son traducidas a una dirección pública usando diferentes puertos para su conexión. Los comandos para activar esta opción se muestran en la Figura 117 y deben ser realizadas en la configuración global del router de borde (Lumbaqui).

```
ip nat pool nombre del pool rango de IP públicas netmask máscara de red
access-list número de ACL estándar (1-99) permit dirección IP internas
que serán traducidas wildcard
ip nat inside source list número de ACL pool nombre del pool overload
```

Identificar la interfaz interna → ip nat inside

Identificar la interfaz externa → ip nat outside

Figura 117. Comandos para configurar PAT con sobrecarga en el router LBQ.

2.9.3.6. Configuración de QoS

La configuración de QoS se basará en el modelo *Diffserv* marcando paquetes y brindándoles prioridad dependiendo de su criticidad. En la Tabla 44 se puede observar la clasificación del tráfico de la red de SE.

Tabla 44.

Clasificación del tráfico de cada aplicación en la red.

Aplicación	Prioridad	Puertos Principales
Sistema de voz MOTOTRBO	Critica	50001- UDP
aplicaciones Web	Alta	80, 8080, varios puertos
Base de datos TRBOnet	Alta	UDP
DHCP	Media	53, 67, 68
FTP	Media	20, 21
Correo	Baja	995, 80, 563, 110

Primero es importante definir el ancho de banda para cada prioridad mediante técnica de encolamiento CBWFQ que evita la congestión mediante el tratamiento diferencial de cada tráfico. Cada prioridad tendrá la siguiente distribución del ancho de banda:

- Critica de 40%
- Alta de 30 %
- Media de 20%
- Baja de 10 %

A continuación, en la Figura 118 se muestra la configuración para categorizar las aplicaciones acuerdo a su prioridad y cuyos comandos deben ser ingresados en el modo de configuración global del CLI del router.

```
Access-list número de ACL estándar (1-99) host ip de host

class-map match-all CRITICA (nombre de prioridad)
match access-group número de ACL estándar (IP's de repetidoras)
class-map match-all ALTA (nombre de prioridad)
match protocol http
match protocol udp
class-map match-all MEDIA (nombre de prioridad)
match protocol dhcp
match protocol ftp
class-map match-all BAJA (nombre de prioridad)
match protocol smtp
```

Figura 118. Categorización de las aplicaciones acorde a las prioridades.

El ACL estándar de la figura anterior es utilizada para agregar varias direcciones IP's correspondientes a los equipos de voz MOTOTRBO (Repetidoras VHF) a la clase denominada como CRITICA.

En la Figura 119 se muestra la configuración para la creación de la política de mapeo en donde se asigna el ancho de banda a cada una de las prioridades definidas en la Tabla 44.

```
policy-map nombre de la política de mapeo
class CRITICA
bandwidth percent 40
class ALTA
bandwidth percent 30
class MEDIA
bandwidth percent 20
class BAJA
bandwidth percent 10
```

Figura 119. Designación del ancho de banda acorde a la prioridad.

Finalmente, la política de mapeo debe ser aplicada a la interfaz de salida hacia la red de backbone y en la Figura 120 se muestran los comandos para su configuración.

```
interface número de la interface
service-policy output nombre de la política de mapeo
```

Figura 120. Aplicación de la política de mapeo en la salida del router.

3. CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Factibilidad de los radios enlaces

La factibilidad de los radios enlaces se ha determinado en función de la existencia de los siguientes parámetros:

- Línea de vista (LOS) existente entre los puntos del radio enlace
- Disponibilidad del radio enlace mayor o igual a 99.99 %

Los resultados de los cálculos realizados con el software Link Planner determinaron la existencia de los parámetros antes mencionados y el documento completo se puede consultar en el Anexo 5.

3.1.1. Factibilidad del radio enlace Lumbaqui – Estación Auca Central

El reporte generado por el software ha determinado el perfil radioeléctrico mostrado en la Figura 121.

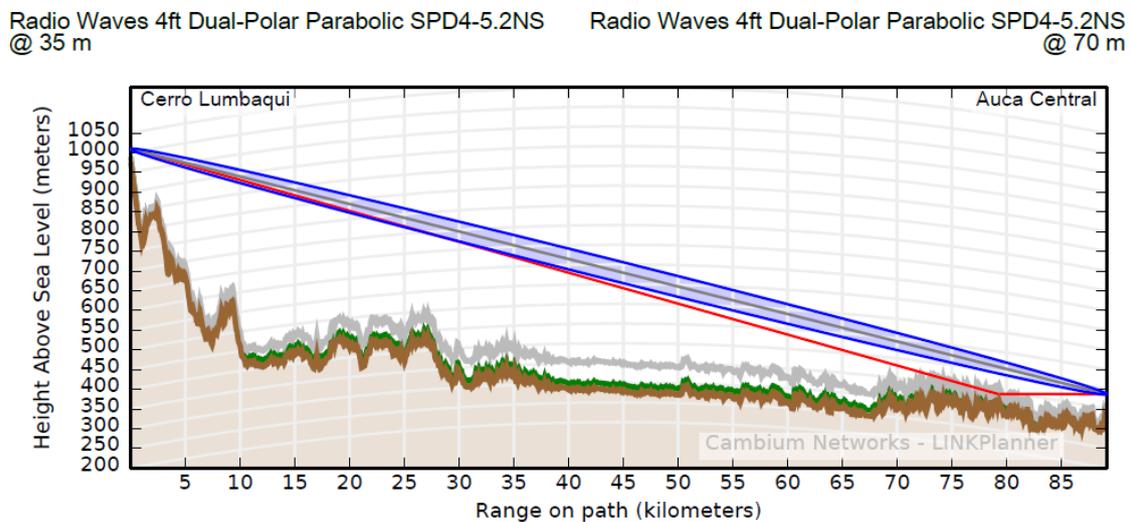


Figura 121. Perfil topográfico entre Lumbaqui y Auca Central.

En la figura anterior se puede observar la existencia de LOS, el perfil topográfico y observar que la primera zona de Fresnel esta despejada considerando las siguientes condiciones detalladas en la Tabla 45.

Tabla 45.

Condiciones para lograr LOS entre los puntos del radio enlace.

Parámetro \ Sitio	Lumbaqui	Auca Central
Altura de antena [m]	35	70
Tamaño antenas [ft]	4	4

Otro parámetro importante es la disponibilidad del radio enlace ya que permite determinar cuánto tiempo al año el enlace estará fuera de servicio. En la Figura 122 se muestra el resumen de varios de los parámetros del enlace, entre ellos la disponibilidad.

Link Summary			
Link Length	89.118 km	System Gain	174.88 dB
Band	5.8 GHz	System Gain Margin	27.28 dB
Regulation	Ecuador	Mean Aggregate Data Rate	95.2 Mbps
Modulation	Adaptive	Annual Link Availability	99.9955 %
Bandwidth	45 MHz	Annual Link Unavailability	23.7 mins/year
Total Path Loss	147.60 dB	Prediction Model	ITU-R

Figura 122. Link Summary del radio enlace entre Lumbaqui y Auca Central.

En la figura anterior se puede observar una disponibilidad mayor a 99.99 % y con una cantidad de tiempo que el enlace estará fuera de 23.7 minutos al año utilizando una frecuencia no licenciada de 5.8 GHz y con un *data rate* agregado de 95.2 Mbps.

Otro dato interesante que se puede obtener del software son los valores de azimuth y tilt que las antenas deben poseer al momento de su instalación (Figuras 123 y 124).

Physical Installation Notes for Auca Central	
Link Name	Cerro Lumbaqui to Auca Central
Latitude	00.64457S
Longitude	076.88109W
Site Elevation	388 meters AMSL
Platform Variant	Connectorized
Antenna Type	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS
Antenna Beamwidth	3.0°
Antenna Gain	34.8 dBi
Antenna Height	70.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	0.1° (uptilt)
Bearing to Cerro Lumbaqui	326.85° from True North 331.19° from Magnetic North
Magnetic Declination	4.34° W ±0.31° changing by 0.16° W per year

Figura 123. Notas para la instalación física en el Auca Central.

Physical Installation Notes for Cerro Lumbaqui	
Link Name	Cerro Lumbaqui to Auca Central
Latitude	00.03022N
Longitude	077.31886W
Site Elevation	1010 meters AMSL
Platform Variant	Connectorized
Antenna Type	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS
Antenna Beamwidth	3.0°
Antenna Gain	34.8 dBi
Antenna Height	35.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	-0.7° (downtilt)
Bearing to Auca Central	146.85° from True North 151.01° from Magnetic North
Magnetic Declination	4.15° W ±0.31° changing by 0.16° W per year
Cable Loss	1.0 dB

Figura 124. Notas para la instalación física en el cerro Lumbaqui.

Conclusión: El radio enlace de 89.118 km entre LBQ-AUC es factible siempre que los parámetros de LOS y la disponibilidad calculados por el software se logren al instalar el enlace. Finalmente, se consideró los espacios físicos para las antenas en la torre de telecomunicaciones a las alturas establecidas en la Tabla 45 comprobando los diagramas de las Figuras 67 y 75.

3.1.2. Factibilidad del radio enlace Estación Auca Central - Cononaco

El reporte generado por el software ha determinado el perfil radioeléctrico mostrado en la Figura 125.

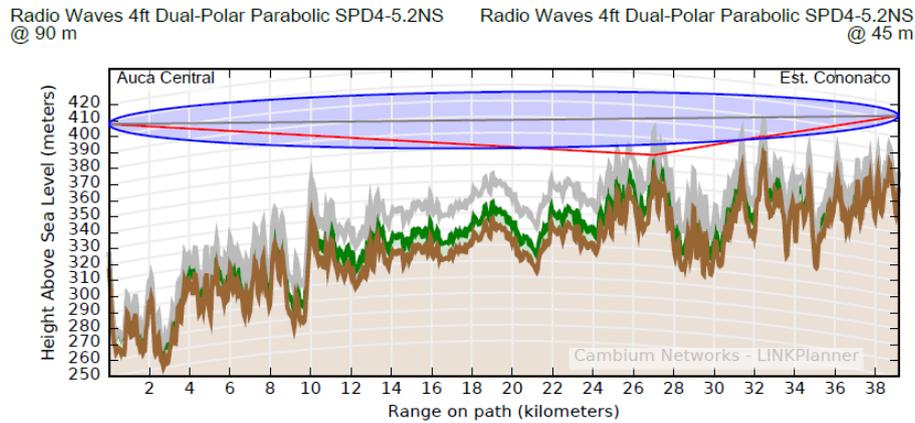


Figura 125. Perfil topográfico entre Auca Central y la estación Cononaco.

En la figura anterior se puede observar la existencia de LOS, el perfil topográfico y una primera zona de Fresnel despejada en un 60 % con las condiciones en altura y tamaño de antenas mostrado en la Tabla 46.

Tabla 46.

Condiciones para lograr LOS entre los puntos del radio enlace.

Parámetro \ Sitio	Auca Central	Cononaco
Altura de antena [m]	90	45
Tamaño antenas [ft]	4	4

Con respecto al valor de disponibilidad del radio enlace se muestran en la Figura 126 junto con otros varios de los parámetros.

Link Summary			
Link Length	39.148 km	System Gain	174.88 dB
Band	5.8 GHz	System Gain Margin	33.11 dB
Regulation	Ecuador	Mean Aggregate Data Rate	117.6 Mbps
Modulation	Adaptive	Annual Link Availability	99.9988 %
Bandwidth	45 MHz	Annual Link Unavailability	6.2 mins/year
Total Path Loss	141.77 dB	Prediction Model	ITU-R

Figura 126. Link Summary del radio enlace entre Auca Central y Cononaco.

En la figura anterior se observa que la disponibilidad es de 99.998 % y con una cantidad de tiempo que el enlace estará fuera de 6.2 minutos al año, utilizando una frecuencia no licenciada de 5.8 GHz y con un *data rate* agregado de 117.6 Mbps.

Los valores de azimuth y tilt que deben tener las antenas en cada sitio al momento de la alineación se muestran en las Figuras 127 y 128.

Physical Installation Notes for Auca Central	
Link Name	Auca Central to Est. Cononaco
Latitude	00.64457S
Longitude	076.88109W
Site Elevation	408 meters AMSL
Platform Variant	Connectorized
Antenna Type	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS
Antenna Beamwidth	3.0°
Antenna Gain	34.8 dBi
Antenna Height	90.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	-0.1° (downtilt)
Bearing to Est. Cononaco	188.50° from True North 192.83° from Magnetic North
Magnetic Declination	4.34° W ±0.31° changing by 0.16° W per year
Cable Loss	1.0 dB

Figura 127. Notas para la instalación física en Auca Central.

Physical Installation Notes for Est. Cononaco	
Link Name	Auca Central to Est. Cononaco
Latitude	00.99472S
Longitude	076.93306W
Site Elevation	413 meters AMSL
Platform Variant	Connectorized
Antenna Type	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS
Antenna Beamwidth	3.0°
Antenna Gain	34.8 dBi
Antenna Height	45.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	-0.1° (downtilt)
Bearing to Auca Central	8.50° from True North 12.73° from Magnetic North
Magnetic Declination	4.24° W ±0.31° changing by 0.16° W per year

Figura 128. Notas para la instalación física en Cononaco.

Conclusión: El radio enlace entre AUC-CNCO con una distancia de 39.148 km es factible siempre que los parámetros de LOS y la disponibilidad calculados por el software se logren al instalar el enlace. Se consideró también los espacios

para las antenas a las alturas establecidas en la torre de telecomunicaciones en la Tabla 46 verificando los diagramas de las Figuras 63 y 67.

3.1.3. Factibilidad del radio enlace Estación Auca Central – Yuca Central

El perfil del enlace radioeléctrico entre AUC-YUC se puede observar en la Figura 125 mostrada a continuación.

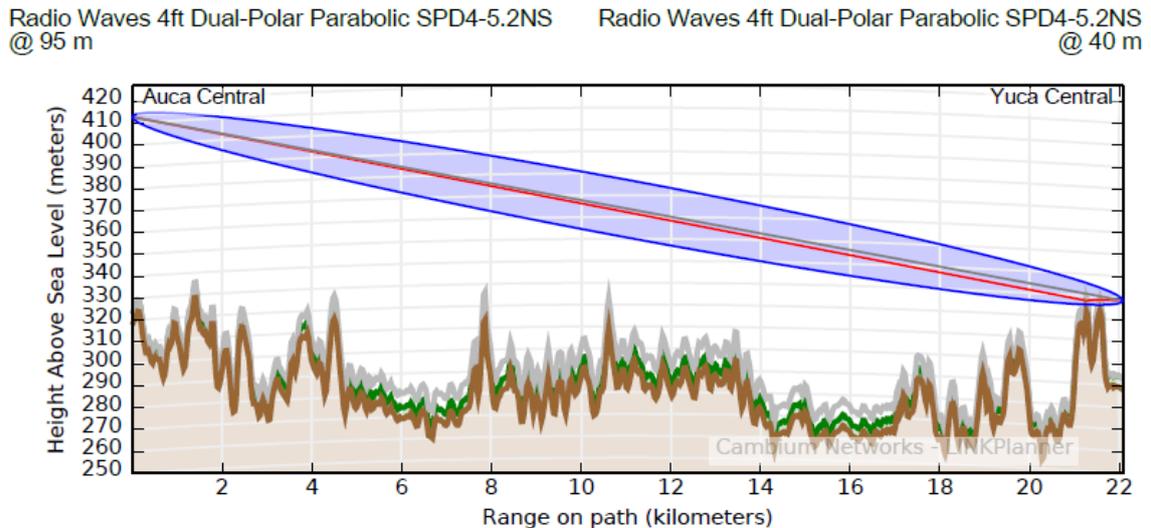


Figura 129. Perfil topográfico entre Auca Central y Yuca Central.

En la figura anterior se puede observar la existencia de LOS con la primera zona de Fresnel despejada en un 90 % con las alturas y tamaños de antenas detalladas en la Tabla 47.

Tabla 47.

Condiciones para lograr LOS entre los puntos del radio enlace

Parámetro \ Sitio	Auca Central	Yuca Central
Altura de antena [m]	95	40
Tamaño antenas [ft]	4	4

La disponibilidad del radio enlace se muestra en la Figura 130 junto con otros parámetros.

Link Summary			
Link Length	22.077 km	System Gain	174.88 dB
Band	5.8 GHz	System Gain Margin	30.79 dB
Regulation	Ecuador	Mean Aggregate Data Rate	119.4 Mbps
Modulation	Adaptive	Annual Link Availability	99.9999 %
Bandwidth	45 MHz	Annual Link Unavailability	21 secs/year
Total Path Loss	144.09 dB	Prediction Model	ITU-R

Figura 130. Link Summary del radio enlace entre Auca y Yuca Central.

En la figura anterior se observa el valor de la disponibilidad alta de 99.999 % y con una indisponibilidad de 21 segundos al año, utilizando una frecuencia no licenciada de 5.8 GHz y con un *data rate* agregado de 119.4 Mbps.

Los valores de azimuth y tilt que deben ser ajustadas las antenas al momento de la instalación se muestran en las Figuras 131 y 132.

Physical Installation Notes for Auca Central	
Link Name	Auca Central to Yuca Central
Latitude	00.64457S
Longitude	076.88109W
Site Elevation	413 meters AMSL
Platform Variant	Connectorized
Antenna Type	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS
Antenna Beamwidth	3.0°
Antenna Gain	34.8 dBi
Antenna Height	95.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	-0.3° (downtilt)
Bearing to Yuca Central	28.70° from True North 33.04° from Magnetic North
Magnetic Declination	4.34° W ±0.31° changing by 0.16° W per year
Cable Loss	1.0 dB

Figura 131. Notas para la instalación física en Auca Central.

Physical Installation Notes for Yuca Central	
Link Name	Auca Central to Yuca Central
Latitude	00.46944S
Longitude	076.78583W
Site Elevation	329 meters AMSL
Platform Variant	Connectorized
Antenna Type	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS
Antenna Beamwidth	3.0°
Antenna Gain	34.8 dBi
Antenna Height	40.0 meters AGL
Antenna Tilt angle	0.1° (uptilt)
Bearing to Auca Central	208.70° from True North 213.14° from Magnetic North
Magnetic Declination	4.44° W ±0.31° changing by 0.16° W per year

Figura 132. Notas para la instalación física en Yuca Central.

Conclusión: El radio enlace entre AUC-YUC de 22.07 km de distancia es factible siempre que los parámetros de LOS y la disponibilidad calculados por el software se logren al instalar el enlace. Los espacios para las antenas en la torre de telecomunicaciones a las alturas establecidas en la Tabla 47 se verificaron en los diagramas de las Figuras 67 y 71.

3.1.4. Selección de la frecuencia de operación

La elección de la frecuencia de operación para los radios enlaces se determinó bajo las siguientes consideraciones:

- En el software de simulación se puede elegir entre frecuencias licenciadas y no licenciadas. Al realizar los perfiles radioeléctricos los valores de disponibilidad no eran mayores a 99.99 % utilizando frecuencias de 5.4 GHz por lo que se optó a realizar las simulaciones en la frecuencia de 5.8 GHz en donde se obtuvieron valores de disponibilidad aceptables.
- Verificar a través de una inspección de campo utilizando un analizador de espectros que sea capaz de monitorear la banda de frecuencias de 5.4 a 5.8 GHz.

Este último punto fue realizado con anterioridad en las infraestructuras del Bloque 61 a inicios de año, en la verificación se utilizó un equipo microonda

marca Cambium Network en la banda de 5.8 GHz y utilizando la función de *Spectrum Analyzer*, se obtuvieron los siguientes resultados:

En la estación Auca Central se puede observar que no hay sistemas en la banda de 5.8 GHz que puedan causar interferencia, es decir señales mayores a -80 dBm tal como se puede observar en la Figura 133.

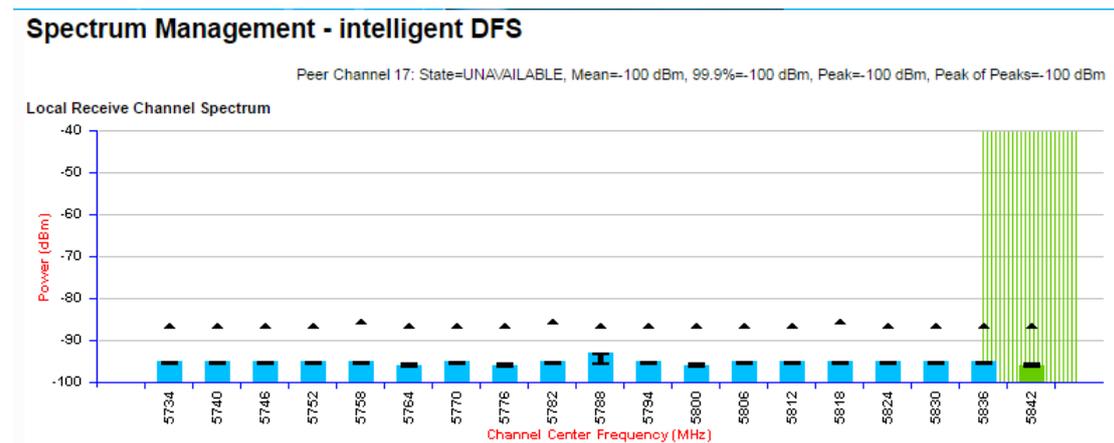


Figura 133. Espectro en la banda de 5.8 GHz en el Auca Central.

Por otro lado, se realizó el mismo procedimiento en las estaciones Yuca Central, Cononaco y Lumbaqui donde se puede observar en la Figura 134 que tampoco existen señales de RF que interfieran.

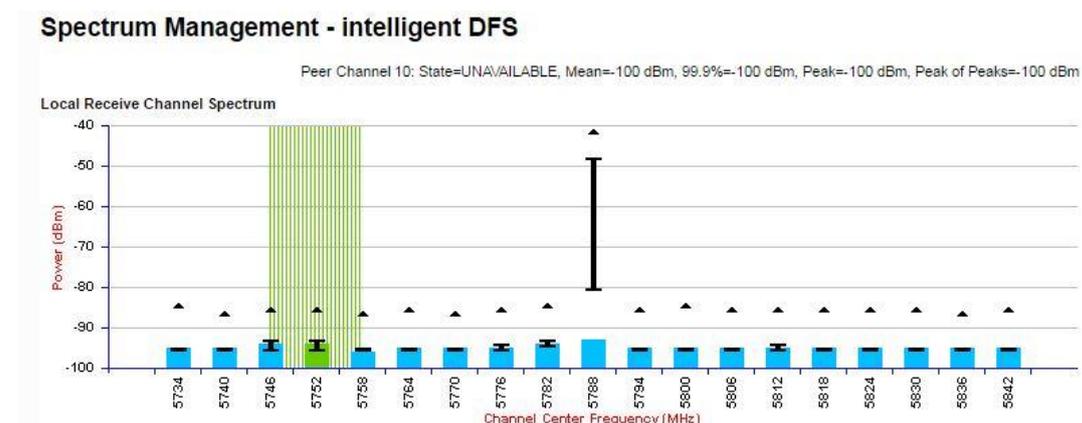


Figura 134. Espectro en la banda de 5.8 GHz en YUC, CNCO y LBQ.

3.1.5. Selección de los equipos para los enlaces radioeléctricos

Para seleccionar los equipos que conformarán los radio enlaces se consideró varios parámetros que se mencionan a continuación:

- La frecuencia de operación utilizando la banda libre de 5.8 GHz.
- Permitir un *data rate* de hasta 50 Mbps por canal o 100 Mbps agregados.
- Poseer una antena tipo conectorizada de dos polaridades (vertical / horizontal) debido a que los puntos a enlazar tienen distancias mayores a 10 km.
- Permitir una potencia de transmisión de hasta 25 dBm.
- Poseer un ancho de canal configurable hasta 45 MHz.
- Rango de alcance mayor a 100 km.

3.1.5.1. Selección de radio microonda

Acorde a los requisitos de la sección 3.1.5, se han seleccionado uno de los modelos más recientes que presenta la marca Cambium Network, los equipos PTP 650. A continuación, en la Tabla 48 se realiza una comparación de los requisitos mencionados en la sección anterior con las características del PTP 650

Tabla 48.

Comparativa de las características del equipo PTP 650.

Parámetro	Requeridos	PTP 650	Cumple
Frecuencia de operación	5.8 GHz	5.725 - 5.850 GHz	SI
<i>Data rate</i> agregado	100 Mbps	versión Lite > 125 Mbps	SI
Conectorizado	SI	Si, la ganancia dependerá del tipo de antena	SI
Potencia de transmisión	25 dBm	27 dBm	SI
Ancho de canal	45 MHz	5,10 ,15, 20, 30, 40 y 45 MHz	SI
Rango de alcance	> 100 km	200 km	SI

Adaptado de Cambium Network. 2013, pp. 2.

Como se puede observar en la tabla anterior el equipo PTP 650 cumple con todos los parámetros requeridos y por lo que serán tomados en cuenta propuesta

económica que será desarrollada en el próximo capítulo. El equipo outdoor PTP 650 se puede observar en la Figura 135 y más detalles en el Anexo 6.



Figura 135. Equipo outdoor Cambium Network modelo PTP 650.

Tomado de Cambium Network, 2013, pp. 1.

En la figura anterior se puede observar que el equipo presenta dos conectores del tipo N-Hembra para conectar una antena en polarización vertical y horizontal (dual).

Con respecto al equipo *Power Injector AC + DC* mostrada en la Figura 136 consta de dos secciones, la una donde se suministra 48 VDC / 1.8 A mediante PoE proveyendo energía al radio y la otra posee una interfaz LAN 100 BASET para integrar el equipo a la red de datos.

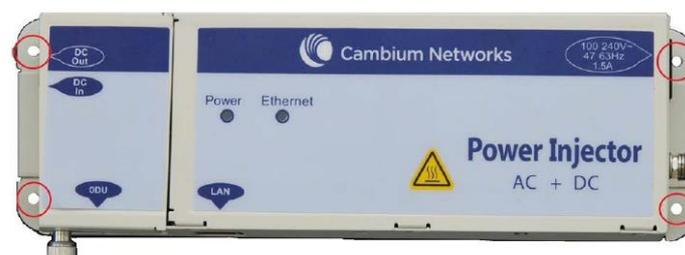


Figura 136. Power Injector del equipo outdoor PTP 650.

Tomado de Cambium Network, 2015, pp. 27.

Para proteger de sobrecargas que puedan darse en el cable de datos es necesario incluir *protectores de transientes* y que deben estar conectados a algún punto de tierra. Los modelos LPU (*Lightning Protection Unit*) a utilizar son de la marca Cambium Network y siguiendo las recomendaciones de la Guía de Instalación de Cambium Network (2015, pp. 6) se necesita de 2 LPU's por sitio (Figura 137).

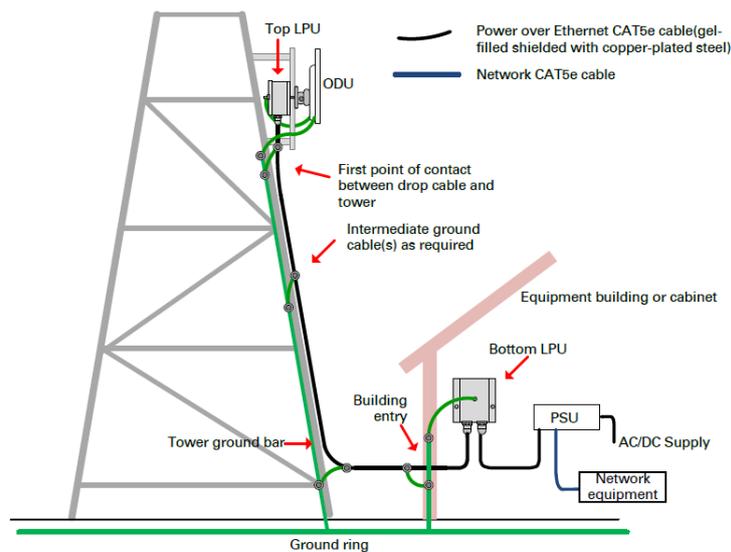


Figura 137. Instalación de LPU's en la torre de telecomunicaciones.

Tomado de Cambium Network, 2015, pp. 6.

Y con respecto al cableado desde el Power Injector hasta el equipo PTP 650, se utilizará cable ScTP cat. 6 ideal para instalaciones en la intemperie y ayuda a aislar el ruido externo. Para el dimensionamiento del cable se considerará la altura de la antena en la torre más 10 metros adicionales para el ingreso a la caseta de telecomunicaciones y llegar hasta el gabinete.

3.1.5.2. Selección de antenas parabólicas

En la selección de las antenas parabólicas se consideró los parámetros calculados para los radios enlaces y que se mencionan a continuación:

- Antenas de alto rendimiento con polarización dual.

Que trabajen con frecuencias entre 5.725 - 5.850 GHz.

- Sus tamaños deben ser de 4 ft (diámetro de 120 m).
- Poseer una ganancia mayor o igual a 34.8 dBi.

En base a parámetros mencionados anteriormente se eligió antenas de marca Radiowaves modelo HPD4-5.2 luego de realizar una comparativa (Tabla 49) con las especificaciones de la antena seleccionada, en donde se observa que se cumple con cada una de las características. Para más información se puede consultar el Anexo 7.

Tabla 49.

Comparativa de las características de la antena HPD4-5.2.

Parámetros	Requeridos	Radiowaves HPD4-5.2.	Cumple
Antena de alto performance	SI	SI	SI
Polarización dual	Vertical / Horizontal	Dual , Vertical / Horizontal	SI
Banda de operación	5.725 - 5.850 GHz	5.25 - 5.85 GHz	SI
Tamaño de antena	4 ft	4 ft (1.2 m)	SI
Ganancia	34.8 dBi	34.8 dBi	SI

Adaptado de Radiowaves, 2016, pp. 1.

En la Figura 138 se puede observar las dimensiones de la antena en pulgadas, que ayudarán a dimensionar el espacio en la torre de telecomunicaciones.

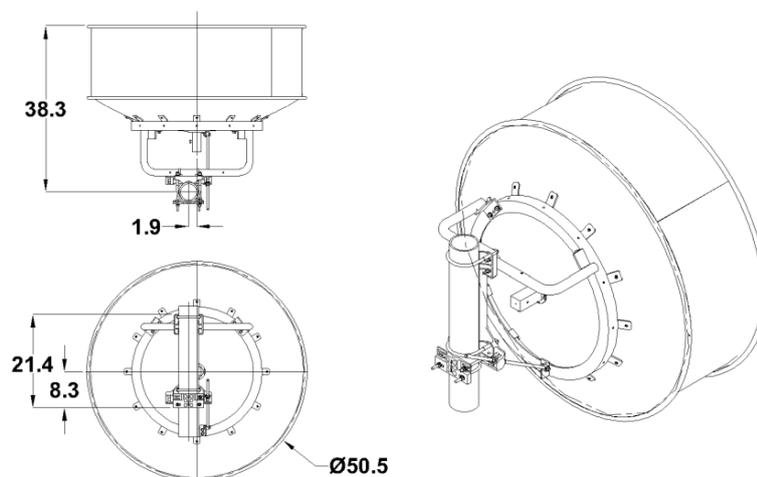


Figura 138. Dimensiones de la antena Radiowaves HPD4-5.2. de 4 ft.

Tomado de Radiowaves, 2016, pp. 3.

3.1.5.3. Resumen de equipos de radio enlaces por sitio

El resumen de los equipos necesarios para implementar un radio enlace se muestra a continuación en la Tabla 50:

Tabla 50.

Equipos necesarios implementar un radio enlace.

Equipo	Cantidad
Radio PTP 650 5.8 GHz Lite Conectorizado	1
Power Injector AC + DC 48 VDC / 1.8 A	1
Antena Radiowaves 4 ft	1
LPU Protector de transientes	2

Los equipos de la tabla anterior deben ser considerados por cada uno de los sitios en la zona oriental y en la Tabla 51 se muestra la cantidad de radio enlaces acorde a la topología detallada en la Figura 101.

Tabla 51.

Cantidad de radio enlaces por sitio en la zona oriental.

Sitio	LBQ	AUC	YUC	CNCO
Radio enlaces	1	3	1	1

3.2. Selección de los equipos de Networking

En el análisis de selección de los equipos de networking basado en equipos de marca Cisco se ha dividido en dos secciones: equipos para la red de core y de acceso.

3.2.1. Equipos para la red de core

La red de core corresponden a los routers localizados sitio de la red y para seleccionar el modelo a utilizar se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Número de interfaces: Para determinar el número de interfaces físicas del router hay que basarse en la Figura 111, en donde se puede observar la cantidad de radio enlaces conectados y hacia la parte LAN. En la Tabla 52 se muestra un resumen de la cantidad de interfaces para cada router.

Tabla 52.

Cantidad de interfaces en el router por sitio

Cantidad de interfaces	Sitio	Observaciones
3	Lumbaqui	Una interfaz hacia la red del ISP, una hacia switch y otra para el radio enlace
2	Yuca Central	Una interfaz para el radio enlace y otro al switch
4	Auca Central	tres interfaces para los radio enlace y otra para el switch
2	Estación Cononaco	Una interfaz para el radio enlace y otro al switch
2	Oficinas Quito	Una interfaz hacia la red del ISP, una hacia switch

- Velocidad de las interfaces: La velocidad nominal que deben manejar cada interfaz es de 100 Mbps, la cual es suficiente soportar sin complicaciones el tráfico conjunto de todas las aplicaciones considerado en el análisis previo realizado en la sección 2.8. En la Tabla 53 se muestra los tráficos totales que tendrá la red.

Tabla 53.

Resumen de la cantidad de tráfico por aplicación en la red

Aplicación	AUC [Mbps]	YUC [Mbps]	CNCO [Mbps]	LBQ [Mbps]	UIO [Mbps]
Internet	2.50	1.20	1.20	4.90	-
FTP	0.17	0.10	0.10	0.37	0.11
Sistema MOTOTRBO	0.08	0.08	0.08	0.24	0.08
Aplicación TRBOnet	0.08	0.08	0.08	0.24	0.08
TOTAL POR SITIO	2.83	1.46	1.46	5.75	0.27

- Tipo de licencia: En equipos Cisco el tipo de licencia determinará las capacidades en software y entre las cuales debe permitir principalmente el enrutar paquetes mediante protocolos EIGRP, OSPF, RIP, DHCP y QoS.

En la Figura 139 se puede observar las características de la licencia IP Base, la cual cumple con los requisitos de diseño analizados en la sección 2.9.3.

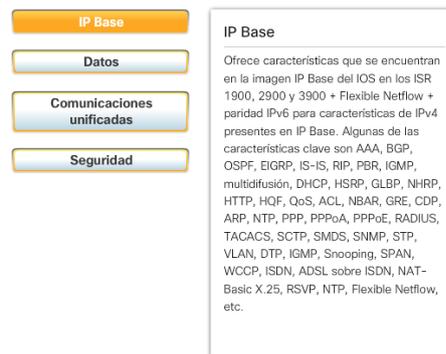


Figura 139. Características de la licencia IP Base del IOS de Cisco.

Tomado de Cisco Networking Academy 3 v5.1., 2016, cap. 9, pp. 9.2.1.1.

La licencia IP Base viene de manera predeterminada cargada en los equipos Cisco, por lo que no es necesario una adquisición extra.

Conclusión: Luego del análisis realizado, se seleccionó el router de marca Cisco modelo 1941 (Figura 140) que presenta un diseño simple, incluyendo dos interfaces Giga Ethernet, rackeable (1 RU) y además permite la instalación de tarjetas de red adicionales EHWIC para agregar más interfaces.



Figura 140. Router Cisco 1941.

Tomado de Cisco Systems, 2014, pp. 1.

La instalación de tarjetas EHWIC extras es necesario para los routers de Lumbaqui y Auca Central debido al número de interfaces que necesitan (3 y 4 respectivamente). El módulo a utilizar es el modelo EHWIC-4ESG de 4 puertos como el mostrado en la Figura 141.



Figura 141. Módulo con 4 interfaces de red para router Cisco 1941.

Tomado de Newegg, s.f., 2016.

Las características más importantes del router Cisco 1941 se muestran a continuación en la Tabla 54. Para más detalles consultar el Anexo 8.

Tabla 54.

Especificaciones técnicas del router Cisco 1941.

Características	
Software	IP BASE
Throughput	60 Mbps
Puertos WAN	2 x 10/100/1000 Mbps
EHWMIC Slots	2
Memoria	512 MB
Flash	256 MB
Voltaje de entrada	100/240 VAC
Consumo típico	60 W
Altura en rack	1 RU
Ventilación	Laterales posteriores

Adaptado de Cisco Systems, 2014, pp. 9.

3.2.2. Equipos para la red de acceso

Los switches corresponden a los equipos de la red de acceso y para seleccionar el modelo adecuado se ha considerado los siguientes parámetros:

- Cantidad de puertos: El número de puertos requeridos está basado en la cantidad de personal en cada sitio y se detalla a continuación en la Tabla 55.

Tabla 55.

Cantidad total de personal de SE por sitio.

Sitio	AUC	YUC	CNCO	UIO
Cantidad de personal	20	12	12	13

De acuerdo a la tabla anterior se puede determinar que la cantidad de puertos en el switch, tomando en cuenta un puerto adicional para la conexión troncal (*Trunk*) y considerando el crecimiento de personal hasta los 3 años analizado en la sección 2.9.2, se debe considerar un switch de 48 puertos.

- Velocidad de los puertos: Como se verifico en la sección 3.2.1. la velocidad de los puertos que puede abastecer el tráfico total de la red en cada sitio son del tipo Fast Ethernet de 100 Mbps y por lo que también el switch debe manejar interfaces con estas velocidades.
- Administrable: El equipo debe permitir su configuración a nivel de CLI para la creación de VLAN's, configuración de puertos, brindando así flexibilidad, confiabilidad y seguridad.
- Tipo de licencia: El tipo de licencia que el switch debe poseer es la licencia IP Base para manejar VLAN's, Snooping, etc. y tampoco se requiere la adquisición de una licencia adicional a la que viene originalmente cargada en los equipos Cisco.
- Conmutación en capa 2: El switch solamente va a permitir procesos de switching y filtrado en base a direcciones MAC, por lo que una conmutación de capa 2 debe ser necesaria.

Conclusión: Luego del análisis se determinó que se utilizará un equipo Cisco modelo Catalyst 2960X, de diseño simple, rackeable (1 RU) y que cumple con todos los parámetros mencionados anteriormente (Figura 142).



Figura 142. Switch Cisco Catalyst 2960X Lite de 48 puertos.

Tomado de Cisco Systems, 2016.

Las características principales del switch Cisco 2960X se muestran a continuación en la Tabla 56 y para más detalles consultar el Anexo 9.

Tabla 56.

Características del switch Cisco Catalyst 2960X.

Características	
Software	LAN LITE
Switching	50 Gbps
Puertos	48 x 10/100/1000 Base - TX (RJ45)
EHWMIC Slots	2
Memoria DRAM	256 MB
Flash	64 MB
VLAN	64
Aprendizaje ARP	2K
Direcciones MAC	16K
Voltaje de entrada	100/240 VAC
Consumo típico	30 W
Altura en rack	1 RU
Ventilación	Laterales posteriores
Uplinks	2x1 GE SFP SLOTS

Adaptado de Cisco Systems, 2014, pp. 13.

3.3. Equipos para la autonomía de energía

Para brindar una alta disponibilidad a la red, es indispensable contar con un sistema que brinde autonomía energética en caso de cortes eléctricos de la línea eléctrica pública. Los equipos que pueden brindar una autonomía energética constan de baterías estacionarias, cargadores e inversores.

3.3.1. Análisis de carga eléctrica generada

Este dimensionamiento de carga eléctrica permitirá determinar la cantidad de amperios hora (Ah) para mantener un tiempo de autonomía de 24 horas, suficiente para brindar el soporte técnico en caso de alguna falla eléctrica. Para este efecto es necesario tener en cuenta el consumo dado en vatios de los equipos mostrados en la Tabla 57.

Tabla 57.

Consumo eléctrico de los equipos de red y radio enlaces.

Equipo	Consumo [W]
Router Cisco 1941	50
Switch Cisco 2960X - 48P	30
Radio PTP 650 5.8 GHz	30

Para obtener el valor de Ah se debe utilizar la Ecuación 9 (Cavanassi, s.f.) basada en la Ley de Ohm mostrada a continuación:

$$Ah = \frac{P_T}{V_B}$$

(Ecuación 9)

En donde:

Ah	Amperios consumidos por cada hora
P_T	Consumo total de equipos [W]
V_B	Voltaje nominal de la batería [V]

Reemplazando los valores correspondientes en la Ecuación 9 con los datos de consumo de la Tabla 57 y considerando un voltaje de la batería de 12 VDC se tiene:

$$Ah = \frac{P_{router} + P_{switch} + P_{radioenlace}}{V_B}$$

$$Ah = \frac{50 W + 30 W + 30 W}{12 V}$$

$$Ah = \frac{110 W}{12 V}$$

$$\mathbf{Ah = 9.16 Amperios/hora}$$

Por lo que en 24 horas se tendría un consumo de:

$$Ah/día = 9.16 Ah \times 24 horas$$

$$Ah/día = 9.16 Ah \times 24 horas$$

$$\mathbf{Ah/día = 219.84 Ah}$$

Hay que considerar que no es recomendable descargar una batería hasta que se agote por completo, por lo que tomando en cuenta un factor de profundidad de descarga de 80 % y dividirlo por el Ah/día obtenido anteriormente (TECNOCE, 2011), se obtiene lo siguiente:

$$Ah/día = \frac{219.84 Ah}{0.80}$$

$$\mathbf{Ah/día = 274.80 Ah}$$

Este último resultado permitirá dimensionar el número de baterías dependiendo su capacidad para mantener 24 horas de autonomía en los sitios de Quito, Lumbaqui, Yuca Central y estación Cononaco. En el valor para Auca Central será mayor debido a que utilizará 3 radio enlaces, teniendo 340 Ah.

3.3.2. Equipos para el respaldo de energía

Los equipos que se van a determinar en esta sección son los siguientes:

- Banco de baterías
 - Cargador de baterías
 - Inversor 12 VDC a 120 VAC
1. Para seleccionar el tipo de baterías se ha elegido entre las mejores marcas que hay en el mercado, la marca Bosch y el modelo P5 S2000 (Figura 143) que comúnmente es usado en instalaciones de telecomunicaciones con una capacidad de 105 Ah y de 12 VDC.



Figura 143. Batería estacionaria Bosch P5 S2000 de 12 VDC.

Tomado de Casoli, 2016.

Para determinar la cantidad de baterías nos basaremos en las capacidades es calculadas en la sección anterior. La primera es de 274.8 Ah y teniendo en cuenta la capacidad de la batería Bosch de 105 Ah se requerirá de 3 baterías y para la segunda de 340 Ah se requerirán 4.

También es importante instalar un protector de baterías el cual evita la descarga completa de las mismas volviéndolas inservibles. La marca Samlex America posee el modelo BG-40 que permite trabajar con 12 o 24 VDC y la configuración del voltaje de conexión /desconexión de la carga. En la Figura 144 se puede ver este accesorio.



Figura 144. Protector de batería Samlex America BG-40.

Tomado de Samlex America, 2016, pp. 1.

2. En la selección del cargador de baterías se debe considerar el amperaje de salida que este suministrará, mientras más alto el amperaje las baterías se cargarán en un tiempo menor. Los cargadores de la marca Samlex America ofrecen un modelo SEC-1230UL con 30 A y 13.5 de voltaje de salida. En la Figura 145 se puede ver el equipo de mejor manera, para más detalles consultar el Anexo 10.



Figura 145. Cargador de 12 VDC a 30 A marca Samlex America SEC-1230UL.

Tomado de Samlex America, 2016, pp.1.

3. El inversor de voltaje a utilizar debe poseer 12 VDC de entrada y 120 VAC de salida, con la capacidad de proveer la potencia necesaria para los equipos que en este se conecten (Tabla 57). La cantidad de equipos es igual en todos los sitios de la red, con excepción del Auca Central y las oficinas en Quito.

En la Tabla 58 se detalla la cantidad de equipos y el consumo en vatios por sitio.

Tabla 58.

Consumo de equipos por sitio de la red de SE.

Sitio	Cantidad	Equipo	Consumo [W]	Consumo Total [W]
YUC	1	Router Cisco 1941	50	50
	1	Switch Cisco 2960X - 48P	30	30
	1	Radio PTP 650 5.8 GHz	30	30
	Total consumo YUC [W]			110
AUC	1	Router Cisco 1941	50	50
	1	Switch Cisco 2960X - 48P	30	30
	3	Radio PTP 650 5.8 GHz	30	90
	Total consumo AUC [W]			170
CNCO	1	Router Cisco 1941	50	50
	1	Switch Cisco 2960X - 48P	30	30
	1	Radio PTP 650 5.8 GHz	30	30
	Total consumo CNCO [W]			110
UIO	1	Router Cisco 1941	50	50
	1	Switch Cisco 2960X - 48P	30	30
	Total consumo UIO [W]			80

Con el consumo total por sitio definido se puede determinar el uso de equipos Samlex America de modelo SAM-450-12 (Figura 146) de 450 W en su salida suficientes para abastecer los valores de la tabla anterior. Para más detalles del equipo consultar el Anexo 11.



Figura 146. Inversor DC-AC marca Samlex America modelo SAM-450-12.

Tomado de Samlex America, 2016, pp.1.

Tabla 59.

Detalle de equipos por sitio para ser instalados en el gabinete.

Sitio	Cantidad	Equipo	RU
YUC	1	Router Cisco 1941	2
	1	Switch Cisco 2960X - 48P	1
	1	Power Injector PTP 650	NA
	1	Inversor Samlex SAM-450-12	NA
	1	Cargador de baterías SAMLEX SEC-1230UL	NA
	1	Multitoma rackeable	1
	1	Organizador de cables	1
	1	Patch panel 24 puertos	1
AUC	1	Router Cisco 1941	2
	1	Switch Cisco 2960X - 48P	1
	3	Power Injector PTP 650	NA
	1	Inversor Samlex SAM-450-12	NA
	1	Cargador de baterías SAMLEX SEC-1230UL	NA
	1	Multitoma rackeable	1
	1	Organizador de cables	1
	1	Patch panel 24 puertos	1
CNCO	1	Router Cisco 1941	2
	1	Switch Cisco 2960X - 48P	1
	1	Power Injector PTP 650	NA
	1	Inversor Samlex SAM-450-12	NA
	1	Cargador de baterías SAMLEX SEC-1230UL	NA
	1	Multitoma rackeable	1
	1	Organizador de cables	1
	1	Patch panel 24 puertos	1
UIO	1	Router Cisco 1941	2
	1	Switch Cisco 2960X - 48P	1
	1	Inversor Samlex SAM-450-12	NA
	1	Cargador de baterías SAMLEX SEC-1230UL	NA
	1	Multitoma rackeable	1
	1	Organizador de cables	1
	1	Patch panel 24 puertos	1

En la Tabla 59 se puede observar la cantidad de equipos y su medida en RU (Unidad de Rack), los equipos que no se aplica esta medida (NA) requieren de una bandeja para su instalación.

Realizando la distribución de los equipos en el gabinete se obtendría el espacio físico necesario, en la Figura 148, 149 y 150 se muestra más detallado lo antes mencionado.

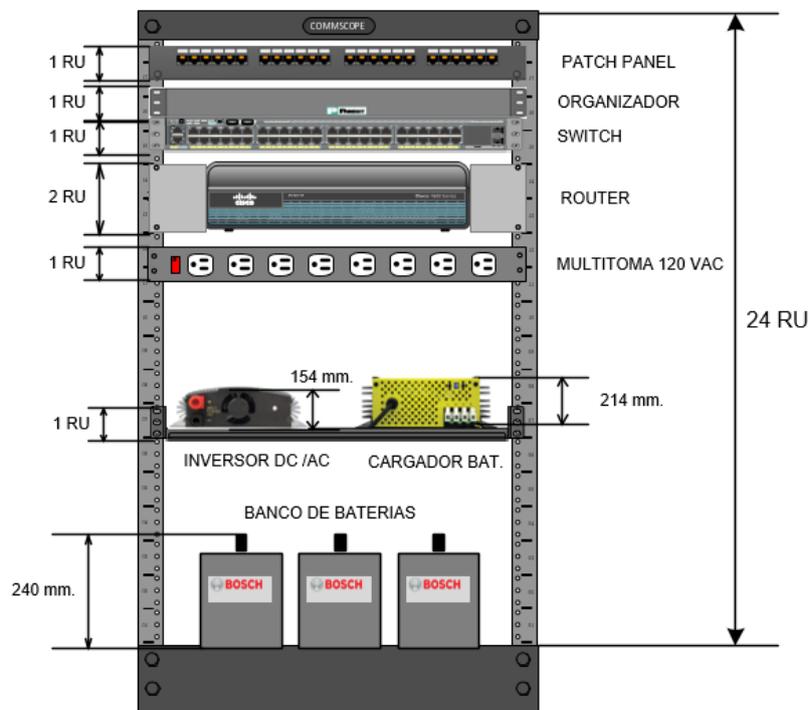


Figura 148. Distribución de los equipos en el gabinete de Quito.

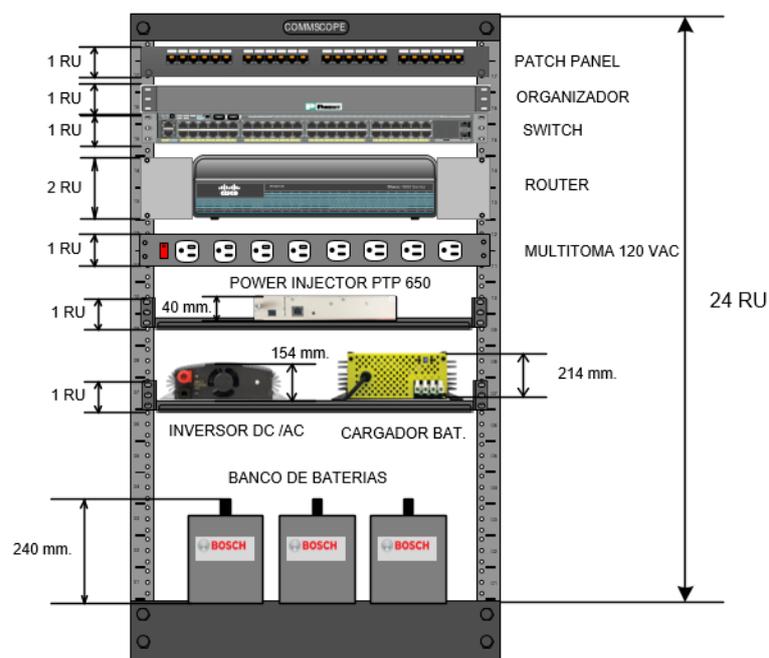


Figura 149. Distribución de equipos en el gabinete de YUC, CNCO y LBQ.

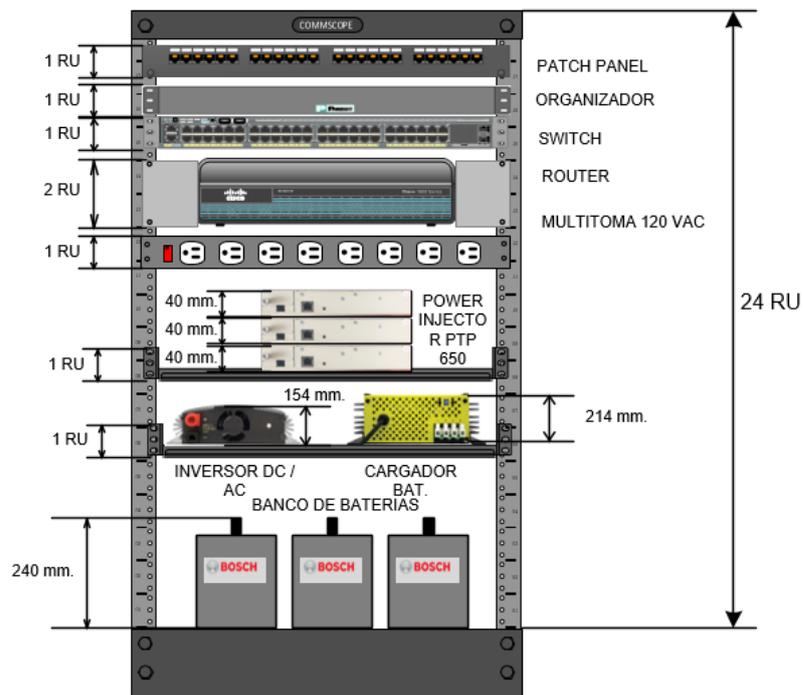


Figura 150. Distribución de equipos en el gabinete para Auca Central.

Como se pudo observar en las figuras anteriores se requiere un gabinete de 24 RU para garantizar así la instalación de todos los equipos y con espacio adicional para agregar más equipos si fuere necesario.

2. Para que los equipos no sean manipulados por terceros, se requiere de un gabinete cerrado y que debe contar con ventiladores incorporados para la extracción de aire caliente.

Conclusión: El gabinete que posee las características antes mencionadas es de marca Panduit modelo E6412B2 de 24 RU de espacio, montaje de piso, peso de 45.8 kg, ventilación, puertas trasera y delantera. En la Figura 151 se muestra el gabinete y para más detalles consultar el Anexo 12.

24 RU cabinet dimensions

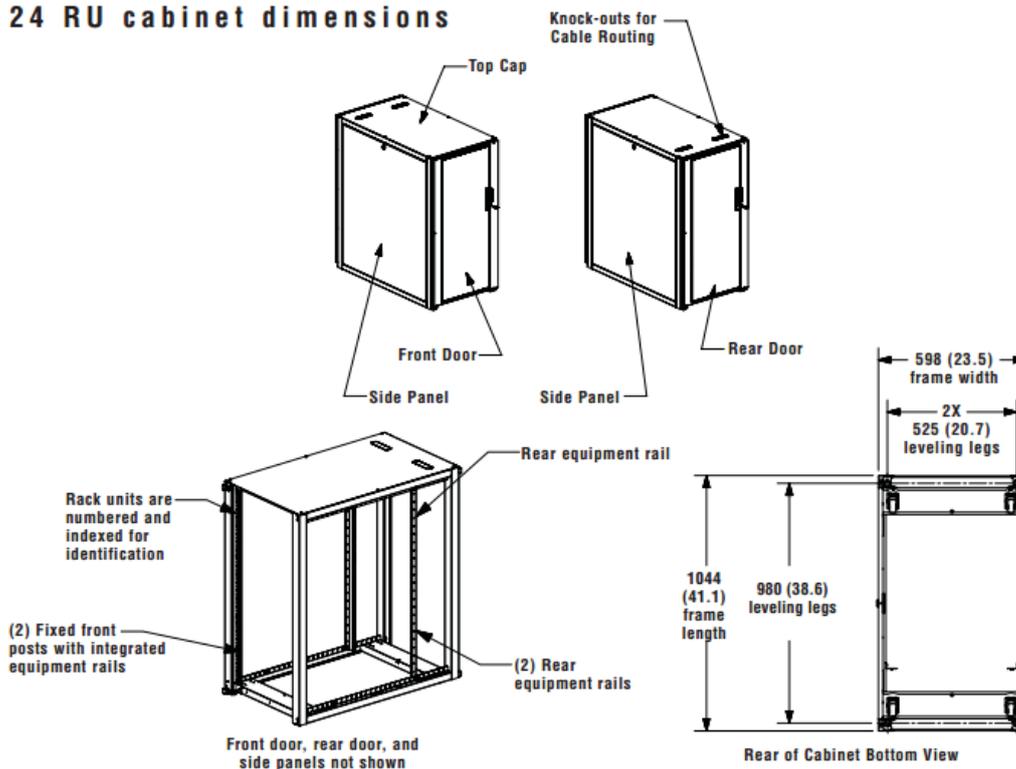


Figura 151. Gabinete Panduit E6412B2 de 24 RU.

Tomado de Panduit, 2013, pp. 2.

Finalmente, se debe considerar la conexión a tierra de todos los equipos de red a través de la instalación de una TGB en la parte posterior del gabinete utilizando cable AWG # 12 color verde. La conexión entre el gabinete y el TMGB de la caseta de telecomunicaciones debe ser con cable AWG # 6 según la norma EIA/TIA 607 considerando una distancia en todos los sitios de 7 m.

4. CAPÍTULO IV. PROPUESTA ECONÓMICA

En este capítulo se detallan los equipos y accesorios para una futura implementación de la red para Shaya Ecuador S.A. con el objetivo brindar una estimación aproximada del presupuesto económico necesario.

En una sección del listado se consideran los modelos y marcas analizados en la sección anterior, incluyendo los elementos de cableado (cable ScTP, conectores,

patch cord, patch panel, etc.), las conexiones del sistema de tierra y los respaldos de energía. En la otra sección constan los costos del software del sistema de geolocalización TRBOnet y la opción de digitalización de las repetidoras VHF mediante IP Site Connect.

Para definir los precios se realizó consultas a proveedores y empresas del Ecuador que comercializan las diferentes marcas como:

- Cisco para los equipos de red como el router y switch.
- Cambium Network para los equipos de radio enlaces.
- Radiowaves para las antenas parabólicas de los radios enlaces.
- Motorola para el software de monitoreo TRBOnet y la integración de repetidoras VHF mediante IP Site.
- Samlex america para los equipos de respaldos de energía como inversor y cargador.
- Siemons para los elementos de cableado de datos y sus accesorios.
- Panduit para el gabinete de equipos.
- Bosch para las baterías estacionarias.

También se considera los valores de mano de obra especializada para la instalación y mantenimiento de la futura red.

4.1. Resumen de equipos y accesorios por sitio

En la Tabla 60 se puede observar los equipos y accesorios necesarios para la instalación en la estación de Yuca Central.

Tabla 60.

Listado de equipos y materiales para Yuca Central.

Sitio	Cantidad	Equipo
	1	Router Cisco 1941
	1	Switch Cisco 2960X - 48P
	1	Equipo Cambium Network PTP 650 Lite 5.8 GHz
	1	Power Injector PTP 650
	2	Protector de transientes Cambium Network LPU
	1	Antena Radiowaves 4 ft 5.8 GHz modelo HPD4-5.2.
	2	Cables RF de 7 ft para interconexión PTP 650 - Antena
	1	Inversor Samlex SAM-450-12
	1	Cargador de baterías SAMLEX SEC-1230UL
	1	Barra de cobre 6 mm x 50 mm para rack de 19"
	1	Multitoma 120 VAC rackeable
YUC	1	Patch panel Panduit de 24 puertos
	1	Organizador Panduit de 1 RU
	3	Baterías BOSCH P5 S2000 105 Ah
	1	Protector de batería Samlex america BG 60
	50 m	Cable ScTP Belden Cat. 6
	3 m	Cable AWG # 8 color negro
	3 m	Cable AWG # 8 color rojo
	5 m	Cable AWG # 12 color verde
	7 m	Cable AWG # 6 color verde
	2	Conectores RJ 45 blindados Cat. 6
	2	Patch cord Panduit 3 ft Cat. 6
	1	Gabinete Panduit modelo E6412B2

En la Tabla 61 se puede observar los equipos y accesorios necesarios para la instalación de la red en la estación Cononaco.

Tabla 61.

Listado de equipos y materiales para estación Cononaco.

Sitio	Cantidad	Equipo
CNCO	1	Router Cisco 1941
	1	Switch Cisco 2960X - 48P
	1	Equipo Cambium Network PTP 650 Lite 5.8 GHz
	1	Power Injector PTP 650
	2	Protector de transientes Cambium Network LPU
	1	Antena Radiowaves 4 ft 5.8 GHz modelo HPD4-5.2.
	2	Cables RF de 7 ft para interconexión PTP 650 - Antena
	1	Inversor Samlex SAM-450-12
	1	Cargador de baterías SAMLEX SEC-1230UL
	1	Barra de cobre 6 mm x 50 mm para rack de 19"
	1	Multitoma 120 VAC rackeable
	1	Patch panel Panduit de 24 puertos
	1	Organizador Panduit de 1 RU
	3	Baterías BOSCH P5 S2000 105 Ah
	1	Protector de batería Samlex america BG 60
	55 m	Cable ScTP Belden Cat. 6
	3 m	Cable AWG # 8 color negro
	3 m	Cable AWG # 8 color rojo
	5 m	Cable AWG # 12 color verde
	7 m	Cable AWG # 6 color verde
	2	Conectores RJ 45 blindados Cat. 6
	2	Patch cord Panduit 3 ft Cat. 6
	1	Gabinete Panduit modelo E6412B2

En la Tabla 62 se puede observar los equipos y accesorios necesarios para la instalación de la estación Auca Central, se puede apreciar una mayor cantidad de elementos debido a que en este punto existen tres radios enlaces.

Tabla 62.

Listado de equipos y materiales para estación Auca Central.

Sitio	Cantidad	Equipo
AUC	1	Router Cisco 1941
	1	Tarjeta HWIC-2FE Port Fast Ethernet High Speed
	1	Switch Cisco 2960X - 48P
	3	Equipo Cambium Network PTP 650 Lite 5.8 GHz
	3	Power Injector PTP 650
	6	Protector de transientes Cambium Network LPU
	3	Antena Radiowaves 4 ft 5.8 GHz modelo HPD4-5.2.
	6	Cables RF de 7 ft para interconexión PTP 650 - Antena
	1	Inversor Samlex SAM-450-12
	1	Cargador de baterías SAMLEX SEC-1230UL
	1	Barra de cobre 6 mm x 50 mm para rack de 19"
	1	Multitoma 120 VAC rackeable
	1	Patch panel Panduit de 24 puertos
	1	Organizador Panduit de 1 RU
	3	Baterías BOSCH P5 S2000 105 Ah
	1	Protector de batería Samlex america BG 60
	285 m	Cable ScTP Belden Cat. 6
	3 m	Cable AWG # 8 color negro
	3 m	Cable AWG # 8 color rojo
	10 m	Cable AWG # 12 color verde
	7 m	Cable AWG # 6 color verde
	6	Conectores RJ 45 blindados Cat. 6
	6	Patch cord Panduit 3 ft Cat. 6
	1	Gabinete Panduit modelo E6412B2

Finalmente, en la Tabla 63 se puede observar el listado de equipos y accesorios necesarios para la instalación en las oficinas de Quito, como se puede apreciar en este lugar no existen radio enlaces.

Tabla 63.

Listado de equipos y materiales para las oficinas en Quito

Sitio	Cantidad	Equipo
	1	Router Cisco 1941
	1	Switch Cisco 2960X - 48P
	1	Inversor Samlex SAM-450-12
	1	Cargador de baterías SAMLEX SEC-1230UL
	1	Barra de cobre 6 mm x 50 mm para rack de 19"
	1	Multitoma 120 VAC rackeable
	1	Patch panel Panduit de 24 puertos
	1	Organizador Panduit de 1 RU
UIO	3	Baterías BOSCH P5 S2000 105 Ah
	1	Protector de batería Samlex america BG 60
	3 m	Cable AWG # 8 color negro
	3 m	Cable AWG # 8 color rojo
	5 m	Cable AWG # 12 color verde
	7 m	Cable AWG # 6 color verde
	2	Conectores RJ 45 blindados Cat. 6
	2	Patch cord Panduit 3 ft Cat 6
	1	Gabinete Panduit modelo E6412B2

4.2. Listado de precios de los equipos, software y servicios

En las siguientes Tablas mostradas a continuación se puede visualizar el listado de equipos y accesorios divididos en cuatro categorías:

- Equipos de red y radio enlaces.
- Respaldo de energía y conexión a tierra.
- Elementos de cableado de datos y sus accesorios.
- Software MOTOTRBO e IP Site Connect.

Tabla 64.

Presupuesto de equipos de red y radio enlaces

Equipos de red y radio enlaces					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant	Valor unitario	Valor total
1	Router Cisco 1941	u	4	\$ 1,320.06	\$ 5,280.24
2	Switch Cisco Catalyst 2960X-48P	u	4	\$ 4,108.85	\$ 16,435.40
3	Radio Cambium Network PTP 650 Lite 5.8 GHz	par	3	\$ 7,113.40	\$ 21,340.20
4	Tarjeta HWIC-2FE Ethernet	u	1	\$ 542.91	\$ 542.91
5	Power Injector PTP 650	u	6	\$ 350.45	\$ 2,102.70
6	Protector de transientes Cambium Network LPU	u	6	\$ 544.44	\$ 3,266.64
7	Antena Radiowaves 4 ft 5.8 GHz modelo HPD4-5.2.	u	6	\$ 3,043.33	\$ 18,259.98
8	Jumpers RF de 7 ft	par	6	\$ 57.78	\$ 346.68
Subtotal de equipos de red y radio enlaces					\$ 67,574.75

Tabla 65.

Presupuesto de respaldo de energía y conexión a tierra

Respaldo de energía y aterrizamiento					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant	Valor unitario	Valor total
1	Inversor Samlex SAM-450-12	u	4	\$ 146.63	\$ 586.52
2	Cargador de baterías SAMLEX SEC-1230UL	u	4	\$ 308.89	\$ 1,235.56
3	Multitoma para rack horizontal 120 VAC 10 tomas	u	4	\$ 81.22	\$ 324.88
4	Baterías BOSCH P5 S2000 105 Ah	u	12	\$ 223.33	\$ 2,679.96
5	Cable AWG # 8 color negro	m	12	\$ 1.30	\$ 15.60
6	Cable AWG # 8 color rojo	m	12	\$ 1.30	\$ 15.60
7	Cable AWG # 12 color verde	m	20	\$ 0.56	\$ 11.20
8	Cable AWG # 6 color verde	m	28	\$ 2.04	\$ 57.12
9	Barra de cobre 6 x 50 mm.	u	4	\$ 97.71	\$ 390.84
Subtotal del respaldo de energía y aterrizamiento					\$ 5,317.28

Tabla 66.

Presupuesto para elementos y accesorios de cableado.

Cableado de datos y sus accesorios					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant	Valor unitario	Valor total
1	Patch panel Siemons de 24 puertos MX-PNL-24	u	4	\$ 58.52	\$ 234.08
2	Organizador Siemons de 1 UR S110-RWM-01	u	4	\$ 98.36	\$ 393.44
3	Cable ScTP Belden Cat. 6	m	390	\$ 1.11	\$ 432.90
4	Conectores RJ 45 blindados Cat. 6	u	12	\$ 2.22	\$ 26.64
5	Patch cord Siemons 3 ft Cat. 6 MC6-03-06B	u	6	\$ 9.18	\$ 55.08
6	Gabinete Panduit modelo E6412B2	u	4	\$ 2,430.14	\$ 9,720.56
Subtotal cableado y accesorios \$					\$ 10,862.70

Tabla 67.

Presupuesto para el software TRBOnet e IP Site.

Software					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant	Valor unitario	Valor total
1	1 licencia servidor TRBOnet, 1 despachador, 1 conexión IP al repetidor, 15 radios suscriptores. FUNCIONES: despacho de voz, grabación de voz, GPS, Geo cercas, texto, registro de eventos, reportes, trabajador solitario.	u	1	\$ 58.52	\$ 58.52
2	Licencia de radio suscriptor adicional para TRBOnet (considerado para 15 radios restantes)	u	15	\$ 98.36	\$ 1,475.40
3	Licencia IP Site para repetidoras (Auca Central, Yuca Central, Cononaco y Quito)	u	4	\$ 350.00	\$ 1,400.00
Subtotal cableado y accesorios					\$ 2,933.92

El valor total entre equipos, accesorios y software es de **\$ 86,688.65**.

Por otro lado, el costo mensual por la renta del canal de datos que interconectará las oficinas de Quito con la zona Oriental y del servicio de internet para el Bloque 61 se muestran a continuación en la Tabla 68.

Tabla 68.

Costos mensuales de renta del canal de datos e internet.

Servicios de datos				
Descripción	Unidad	Cant	Valor unitario	Valor total
Renta mensual del canal de datos de 2.5 Mbps para interconectar Quito-Oriente	u	1	\$ 325.00	\$ 325.00
Renta mensual del servicio de internet de 7 Mbps para el Bloque 61	u	1	\$ 400.00	\$ 400.00
Valor total de renta mensual en servicios de datos				\$ 725.00

4.3. Presupuesto para el servicio técnico

Es importante también considerar los valores de la mano de obra especializada para la instalación y para el mantenimiento de la futura red.

A continuación, en la Tabla 69 se muestra un cronograma tentativo indicando la cantidad de días y grupo de personas en cada sitio cuando se realice la instalación de la red. En el sector del oriente se considera 1 día adicional debido a que las condiciones del clima pueden afectar las actividades de trabajo en altura.

Tabla 69.

Duración tentativa de las tareas de instalación de la red de SE.

Tarea	Días	Observaciones
Elaboración de permisos de trabajo requeridos para las actividades en el Bloque 61	2	Dos grupos de trabajo de 3 personas cada uno
YUCA CENTRAL: Instalación de un radio enlace en torre de telecomunicaciones, instalación de equipos en cuarto de telecomunicaciones		Grupo 1
AUCA CENTRAL: Instalación de tres radio enlaces en torre de telecomunicaciones, instalación de equipos en cuarto de telecomunicaciones	3	Grupo 2
Alineación de radio enlaces entre Yuca Central y Auca Central	1	Grupo 1 y 2
ESTACIÓN CONONACO: Instalación de radio enlace en torre de telecomunicaciones, instalación de equipos en cuarto de telecomunicaciones	2	Grupo 1 y 2
Alineación de radio enlaces entre Auca Central y Cononaco	1	Grupo 1 y 2
CERRO LUMBAQUI: Instalación de radio enlace en torre de telecomunicaciones, instalación de equipos en cuarto de telecomunicaciones	2	Grupo 1 y 2
Alineación de radio enlaces entre Auca Central y cerro Lumbaqui	1	Grupo 1 y 2
Pruebas de conectividad de la red del Bloque 61	1	Grupo 1 y 2
OFICINAS QUITO: Instalación de equipos de red en el cuarto de telecomunicaciones	3	Grupo 1
Configuración de equipos y pruebas de comunicación en Quito	4	Grupo 1
Configuración de equipos y pruebas de comunicación en Oriente	4	Grupo 2
TOTAL DÍAS	24	

El número de días tentativo para la configuración, instalación, puesta en marcha y elaboración de la documentación es de 24 días, de los cuales 17 son en el oriente y 7 en Quito.

El servicio técnico especializado está conformado por el grupo 1 y 2 que están compuestos por un técnico senior y dos técnicos asistentes, considerando tarifas diarias por cada uno de ellos. Los costos están de acuerdo al estándar que maneja SE y dentro de estos gastos se incluye el transporte, la alimentación y el hospedaje. En la Tabla 70 se muestra las tarifas diarias para el servicio técnico para trabajos en la región amazónica.

Tabla 70.

Detalle de tarifas para el servicio técnico en campo (zona oriente).

Detalle	Cant	Precio Unitario	Precio Total
Mano de obra Técnico Senior	2	\$ 150.00	\$ 300.00
Mano de obra Técnico Asistente	4	\$ 50.00	\$ 200.00
Vehículo	1	\$ 110.00	\$ 110.00
Alimentación	6	\$ 25.00	\$ 150.00
Hospedaje	6	\$ 30.00	\$ 180.00
Tarifa diaria servicio técnico en zona oriente			\$ 940.00

En la Tabla 71 se muestran las tarifas diarias de personal para los trabajos en la ciudad de Quito, en donde, no se incluye el hospedaje.

Tabla 71.

Detalle de tarifas para el servicio técnico en Quito.

Detalle	Cant	Precio Unitario	Precio Total
Mano de obra Técnico Senior	1	\$ 150.00	\$ 150.00
Mano de obra Técnico Asistente	2	\$ 50.00	\$ 100.00
Vehículo	1	\$ 110.00	\$ 110.00
Alimentación	3	\$ 5.00	\$ 15.00
Tarifa diaria servicio técnico en Quito			\$ 375.00

Es importante considerar un costo por mantenimiento correctivo de la red, contemplando dos personas (un técnico senior y un asistente) y en caso de ser necesario más personal se manejaría los costos de la Tabla 70. A continuación se muestra en la Tabla 72 con más detalle los costos del mantenimiento preventivo por cada ingreso.

Tabla 72.

Detalle de tarifas para el servicio técnico de mantenimiento.

Detalle	Cant	Precio Unitario	Precio Total
Mano de obra Técnico Senior	1	\$ 150.00	\$ 150.00
Mano de obra Técnico Asistente	1	\$ 50.00	\$ 100.00
Vehículo	1	\$ 110.00	\$ 110.00
Alimentación	2	\$ 25.00	\$ 50.00
Tarifa diaria para mantenimiento			\$ 410.00

En la Tabla 73 se muestran los costos generales del servicio técnico en la zona oriental y en la ciudad de Quito, adicional se consideran los costos de mantenimiento indicados anteriormente.

Tabla 73.

Tarifas del servicio técnico para la implementación de la red

Servicio técnico para instalación y mantenimiento					
Ítem	Descripción	Unidad	Cant	Valor unitario	Valor total
1	Servicio técnico especializado para la instalación-configuración de equipos en la zona oriente	u	17	\$ 940.00	\$ 15,980.00
2	Servicio técnico especializado para la instalación-configuración de equipos en la ciudad de Quito	u	7	\$ 375.00	\$ 2,625.00
Total servicio técnico para instalación de la red					\$ 18,605.00
Tarifa diaria de mantenimiento					
3	Tarifa diaria del servicio técnico para mantenimiento de la red (preventivo o correctivo)	u	1	\$ 410.00	\$ 410.00

Finalmente, sumando los valores de equipos, accesorios, software y mano de obra se obtiene el costo total necesario para la implementación de la red de Shaya Ecuador y se muestra en la Tabla 74. Los costos de mantenimiento correctivo y los valores de renta mensual de los servicios de datos se consideran

a parte del presupuesto de implementación, por lo que no constan en la mencionada tabla.

Tabla 74.

Costo total para la implementación de la red de SE.

Descripción	Valor
Total equipos, accesorios y software de la red	\$ 86,688.65
Total servicio técnico para instalación de la red	\$ 18,605.00
PRESUPUESTO TOTAL	\$ 105,293.65

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Realizar el diseño de una red convergente permitirá a la empresa Shaya Ecuador transportar toda la información generada en los campos petroleros del Bloque 61 a través de una sola infraestructura de telecomunicaciones, optimizando así costos en implementación y gestión.

El análisis de los parámetros de ancho de banda, velocidad de transmisión, densidad de usuarios, disponibilidad y seguridad de los datos permitió definir las capacidades tanto en hardware como en software de los equipos que formarán parte de la red y determinando así el tipo de gama a utilizar (Enterprise).

El análisis de tráfico de red permitió determinar el costo del plan a contratar para el canal de datos entre Quito-Oriente y el internet, además también de verificar que capacidad de ancho de banda abastecerá sin problemas al tráfico de voz y datos que generarán los usuarios.

El análisis generado al tráfico de datos evito un sobredimensionamiento innecesario en lo que se refiere a características de software y/o hardware de los equipos de red, traduciéndose esto en ahorro de costos.

El software Link Planner permitió definir de una manera óptima la factibilidad para interconectar inalámbricamente las locaciones del Bloque 61 con el cerro Lumbaqui, al proveer un ambiente de simulación bastante cercano a la realidad al considerar factores como el perfil del terreno, factores ambientales, línea de vista, bandas de frecuencia, ancho de canal y la disponibilidad del enlace.

Las alturas que se definan para el montaje de las antenas deben ser igual o mayor al valor calculado por el software y utilizando los diagramas de cada torre de telecomunicaciones se verificó la disponibilidad del espacio físico necesario para el montaje de las mismas.

La utilización de radio enlaces para interconectar lugares distantes permite minimizar el impacto ambiental en las áreas protegidas alrededor del Bloque 61,

debido a que no se realiza ninguna apertura de derechos de vía u otro tipo de obras civiles dentro de la selva amazónica y aprovechando la existencia de las torres de telecomunicaciones que cuentan con la documentación legal correspondiente, evitar la tramitación de permisos adicionales.

Con los diseños físico & lógico de la red se pudo especificar la topología y el patrón de configuración de los equipos, lo que permitirá optimizar la gestión del tiempo en una futura implementación.

El documentar todos los resultados obtenidos del análisis de los perfiles radioeléctricos y parámetros de red permitirá dar un respaldo técnico a la documentación que exige Petroamazonas EP para hacer uso de su infraestructura de telecomunicaciones.

Los costos de los equipos de red definidos en la propuesta económica son relativamente elevados en comparación a otros equipos existentes en el mercado, esto se debe a que son productos pertenecientes a marcas reconocidas mundialmente y cuya fabricación se rige bajo estándares que la industria petrolera exige, ofreciendo una disponibilidad elevada, mayor tiempo de garantía contra defectos de fábrica y la capacidad de mejorar sus características mediante la carga de licencias brindando así una escalabilidad a nivel de hardware.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda el diseño e implementación de un sistema de monitoreo de red que permita determinar de manera rápida y objetiva cualquier daño que pueda existir centrando su gestión en las oficinas de Quito.

Al implementar los enlaces radioeléctricos con frecuencia no licenciadas, se recomienda realizar documentación necesaria para el registro del enlace que exige la entidad reguladora, en este caso la ARCOTEL. Todos los formularios requeridos para el registro se encuentran en la página oficial de la entidad.

Cuando todos los enlaces radioeléctricos estén operando se recomienda realizar un test de RFC2544 para obtener los valores de throughput, estadísticas de pérdidas de paquetes y parámetros de delay de cada enlace. Los resultados de estas pruebas pueden ser comparadas con los resultados calculados en la simulación de Link Planner, con el fin de observar que tanto se asemejan los valores reales a los calculados.

Se recomienda la instalación de otro sistema de radio enlaces que sea paralelo al diseñado con el fin de para brindar mayor disponibilidad y redundancia a la red. Su funcionamiento debe estar basado en tener un equipo principal activo y otro equipo de backup en modo pasivo.

Cuando la red esté funcionando en su totalidad se recomienda establecer una línea base con el fin de realizar comparaciones futuras y determinar si existe degradación en los anchos de banda y de rendimiento de cada servicio que transportará la red.

También se recomienda el realizar un programa de mantenimiento preventivo cada tres meses de toda la red y en caso de averías que se susciten, inmediatamente realizar los mantenimientos correctivos que sean necesarios.

REFERENCIAS

- Arago, P. (2013). *Cable de par trenzado FTP*. Recuperada el 20 de octubre del 2016 de <http://smrpabloredeslocales.blogspot.com/2013/01/cables-trenzados.html>
- ARCOTEL. (2012). *Plan Nacional de Frecuencias*. Recuperado el 18 de septiembre del 2016 de http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf
- ARCOTEL. (2015). *Espectro radioeléctrico*. Recuperado el 21 de septiembre del 2016 de <http://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>
- Atlacom. (2016). *Rack de telecomunicaciones abierto y cerrados*. Recuperada el 16 de noviembre del 2016 de <http://www.atlacom.com.mx/>
- Belden. (2016). *Cable RG8*. Recuperada el 20 de octubre del 2016 de <http://www.belden.com/techdatas/metric/9913.pdf>
- Cabrera, F. (s.f.). *Descripción grafica de la atenuación que presenta una onda electromagnética*. Recuperada el 25 de octubre del 2016 de <http://propagaciondeondascom1.blogspot.com/2012/11/atenuacion-y-absorcion-de-ondas.html>
- Cambium Network. (2013). Comparativa de las características del equipo PTP650 de Cambium Network. Recuperada el 10 de octubre del 2016 de <https://support.cambiumnetworks.com/files/ptp650/>
- Cambium Network. (2013). *Equipo outdoor marca Cambium Network modelo PTP650*. Recuperada el 20 10 de octubre del 2016 de <http://www.systel.com.eg/en/home/downloadBrouchure/9>
- Cambium Network. (2013). *PTP650 Specification Sheet*. Recuperado el 13 de octubre del 2016 de <http://www.motcom.ch/dl.php?f=../downloads/prospekt/de/PTP650-Datenblatt.pdf>

- Cambium Network. (2015). *Instalación de LPU's en la torre de telecomunicaciones*. Recuperada de <https://support.cambiumnetworks.com/files/ptp650/>
- Cambium Network. (2015). *Power Injector del equipo outdoor PTP650*. Recuperada el 25 de octubre del 2016 de <https://support.cambiumnetworks.com/files/ptp650/>
- Cambium Network. (2016). *Equipos Cambium Network indoor con antena integrada y conectorizado*. Recuperada el 25 de octubre del 2016 de <http://www.cambiumnetworks.com/products/discontinued/ptp-200/>
- Cambium Network. (2016). *Software Tools: Link Planner*. Recuperado el 21 de septiembre del 2016 de <http://www.cambiumnetworks.com/products/software-tools/linkplanner/>
- Casoli. (2016). *Batería P5 S2000*. Recuperada el 22 de octubre del 2016 de <http://www.casoli.com.pe/bateria-20-p5-s2000>
- Cavanassi, J. (s.f.). *¿Cómo calcular la capacidad necesaria de batería para almacenar energía?* Recuperado el 15 de octubre del 2016 de <http://www.cavadevices.com/archivos/FOLLETOS/calculo%20de%20bateria.pdf>
- CCNA 1 v5.1. (2016). *4 capas del modelo TCP/IP*. Recuperada el 25 de septiembre del 2016 de <http://static-course-assets.s3.amazonaws.com/ITN50ES/module3/index.html#3.2.4.3>
- CCNA 1 v5.1. (2016). *Segmentación de la red en porciones más pequeñas*. Recuperada el 22 de noviembre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/ITN503/es/index.html#8.0.1.1>
- CCNA 1 v5.1. (2016). *Subdivisión de subredes VLSM*. Recuperada el 22 de noviembre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/ITN503/es/index.html#9.1.5.3>
- CCNA 2 v5.1. (2016). *Características de OSPF*. Recuperada el 30 de octubre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/es/index.html#8.0.1.1>

- CCNA 2 v5.1. (2016). *Configuración mediante CLI de SSH*. Recuperada el 22 de octubre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/ITN503/es/index.html#2.2.1.2>
- CCNA 2 v5.1. (2016). *Configuración mediante CLI de SSH*. Recuperada el 30 de octubre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/ITN503/es/index.html#2.2.1.2>
- CCNA 2 v5.1. (2016). *Descripción grafica de una red convergente*. Recuperada el 25 de octubre del 2016 de <http://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE50ES/module3/index.html#3.1.1.1>
- CCNA 2 v5.1. (2016). *Distintas VLAN dentro de un entorno LAN*. Recuperada el 20 de septiembre del 2016 de <http://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE50ES/module3/index.html#3.1.1.1>
- CCNA 2 v5.1. (2016). *Diversos modelos de switches marca Cisco*. Recuperada el 14 de septiembre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/es/index.html#1.1.2.2>
- CCNA 2 v5.1. (2016). *El router y sus distintos elementos de hardware*. Recuperada el 01 de octubre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/es/index.html#4.1.1.3>
- CCNA 2 v5.1. (2016). *NAT implementado en el router de borde*. Recuperada el 15 de octubre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/ITN503/es/index.html#11.1.1.2>
- CCNA 2 v5.1. (2016). *Operación de la Tabla de enrutamiento*. Recuperada el 15 de octubre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/es/index.html#4.1.1.5>
- CCNA 2 v5.1. (2016). *Switches Cisco de configuración apilable*. Recuperada el 01 de octubre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/es/index.html#1.1.2.2>
- CCNA 2 v5.1. (2016). *Switches Cisco de configuración modular*. Recuperada el 01 de octubre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/es/index.html#1.1.2.2>

- CCNA 2 v5.1. (2016). *Tabla de direcciones MAC que genera un switch*. Recuperada el 01 de octubre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/es/index.html#1.1.2.2>
- CCNA 3 v5.1. (2016). *Configuración de EIGRP en router Cisco*. Recuperada el 03 de octubre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/ScaN503/es/index.html#7.2.1.7>
- CCNA 3 v5.1. (2016). *Distintas capas de una red jerárquica*. Recuperada el 20 de septiembre del 2016 de <http://static-course-assets.s3.amazonaws.com/ScaN50ES/course/module1/index.html#1.1.1.3>
- CCNA 3 v5.1. (2016). *Red jerárquica de núcleo contraído*. Recuperada el 20 de septiembre del 2016 de <http://static-course-assets.s3.amazonaws.com/ScaN50ES/course/module1/index.html#1.1.1.3>
- CCNA 3 v5.1. (2016). *Resumen del funcionamiento del enrutamiento estático*. Recuperada el 30 de octubre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/es/index.html#6.1.1.1>
- CCNA 3 v5.1. (2016). *Resumen del funcionamiento del enrutamiento estático*. Recuperada el 14 de octubre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/es/index.html#7.3.1.1>
- CCNA 4 v5.0. (2012). *Interconexión de redes LAN a través de una red WAN*. Recuperada el 29 de septiembre del 2016 de <http://static-course-assets.s3.amazonaws.com/CN50ES/course/module2/index.html#2.1.1.1>
- CCNA v3.1. (2003). *Suplemento de cableado estructurado*. Recuperado el 18 de septiembre del 2016 de http://oldwww.esepoch.edu.ec/Descargas/noticias/dacee2_CCNA1_CS_Structured_Cabling_es.pdf
- Cisco Networking Academy 1 v5.1. (2016). *Switching y routing CCNA: Introducción a redes*. Recuperado el 17 de septiembre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/ITN503/es/index.html>

- Cisco Networking Academy 2 v5.1. (2016). *Switching y routing CCNA: Principios básicos de routing y switching*. Recuperado el 17 de septiembre del 2016 de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/es/index.html>
- Cisco Networking Academy 3 v5.1. (2016). *Switching y routing CCNA: Conexión de redes*. Recuperado el 17 de septiembre del 2016 de <http://static-course-assets.s3.amazonaws.com/CN50ES/index.html>
- Cisco Networking Academy 3 v5.1. (2016). *Características de la licencia IP Base del IOS de Cisco*. Recuperada el 20 de octubre del 2016 de <http://static-course-assets.s3.amazonaws.com/CN50ES/index.html>
- Cisco Networking Academy 4 v5.0. (2012). *Introducción a redes*. Recuperado el 17 de septiembre del 2016 de <http://static-course-assets.s3.amazonaws.com/CN50ES/index.html>
- Cisco Systems. (2012). *Lo que usted necesita saber sobre routers y switches*. Recuperado el 19 de septiembre del 2016 de http://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/assets/ofertas/desconectadosanonimos/routing/pdfs/brochure_redes.pdf
- Cisco Systems. (2014). Características técnicas de Switch Cisco Catalyst 2960X Lite de 48 puertos. Recuperada el 20 de octubre del 2016 de http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-2960-x-series-switches/data_sheet_c78-728232.html
- Cisco Systems. (2014). Especificaciones técnicas del router Cisco 1941. Recuperada el 20 de octubre del 2016 de http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/1900-series-integrated-services-routers-isr/data_sheet_c78_556319.pdf
- Cisco Systems. (2014). *Router Cisco 1941*. Recuperada el 01 de noviembre del 2016 de http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/1900-series-integrated-services-routers-isr/data_sheet_c78_556319.pdf
- Cisco Systems. (2016). *Switch Cisco Catalyst 2960X Lite de 48 puertos*. Recuperada el 01 de noviembre del 2016 de

<http://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/catalyst-2960x-48ts-l-switch/model.html>

Cisco Systems. (2016). *Switch de configuración fija Cisco Catalyst 2960-CX Series*. Recuperada el 01 de noviembre del 2016 de <http://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/catalyst-2960-cx-series-switches/index.html#>

Commscope. (2016). *Cable heliax de 1/2"*. Recuperada el 15 de octubre del 2016 de

http://www.signalcontrol.com/products/andrew/Andrew_LDF450A_Half_Inch_Coax_Cable.pdf

Ebay. (2016). *Equipo indoor rackeable MDS LEDR 900S*. Recuperada el 20 de noviembre del 2016 de http://www.ebay.com/itm/Ledr-900-mds-Lote-De-Seis-6-de-estos-Radio-Microondas-Radio-900-MHz-48-voltios-/121859441417?_ul=AR

Ecured. (2016). *Rango de frecuencias del espectro radioeléctrico*. Recuperada 17 de septiembre del 2016 de https://www.ecured.cu/Espectro_infrarrojo

Energy Control System. (2009). *Protección contra Transientes*. Recuperado el 18 de septiembre del 2016 de <http://www.ecsintl.com/Websites/ecsintl/images/proteccion-contra-transientes-js.pdf>

Esparcia, J. (s.f.). *7 capas del modelo OSI*. Recuperada el 20 de septiembre del 2016 de <http://detallesderedes.blogspot.com/2015/11/las-7-capas-del-modelo-osi.html>

Felici, S. (s.f.). Evaluación de mecanismos de calidad de servicio en los routers para servicios multimedia. Recuperado el 21 de septiembre del 2016 de <http://informatica.uv.es/doctorado/SST/docto-2-qos.ppt>.

Felici, S. (s.f.). *Evaluación de mecanismos de calidad de servicio en los routers para los servicios de multimedia*. Recuperado el 21 de septiembre del 2016 de <http://informatica.uv.es/doctorado/SST/docto-2-qos.ppt>.

Gitto, G., Silva, M. (1999). *Proyecto de Red Global & Sistema de Cableado Estructurado*. Recuperado el 05 de octubre del 2016 de

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10027/1/Proyecto%20de%20Red%20Global%20de%20Cableado%20Estructurado.pdf>

Gobierno del Estado de Tabasco: Dirección General del TICs, (s.f.). *Manual de cableado estructurado*. Recuperado el 18 de septiembre del 2016 de <http://dgtic.tabasco.gob.mx/sites/all/files/vol/dgtic.tabasco.gob.mx/fi/Cableado%20Estructurado.pdf>

González, R. (s.f.). *Cable ScTP cat. 5e*. Recuperada el 20 de septiembre del 2016 de <http://ldc.usb.ve/~rgonzalez/Cursos/ci5832/CableadoEstructurado.pdf>

González, R. (s.f.). *Cableado estructurado*. Recuperada el 01 de octubre del 2016 de <http://ldc.usb.ve/~rgonzalez/Cursos/ci5832/CableadoEstructurado.pdf>

IEEE. (2016). 802.1Q-2014 Bridges and Bridged Network. Recuperado el 19 de septiembre del 2016 de <http://www.ieee802.org/1/pages/802.1Q-2014.html>

Ippolito, L. (2008). *Satellite Communications Systems Engineering*. United Kingdom: John Wiley & Sons.

ITU. (2012). *Calidad de servicio en las comunicaciones: Marco y definiciones*. Recuperado el 21 de septiembre del 2016 de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.1000-200111-l/es>

Joskowicz, J. (2013). *Barra TMGB instalada en un cuarto de telecomunicaciones*. Recuperado el 18 de septiembre del 2016 de <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf>, pp. 21.

Joskowicz, J. (2013). *Cableado estructurado*. Recuperado el 18 de septiembre del 2016 de <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf>

- Khrisier. (2013). *Radio enlace Punto a Multipunto*. Recuperada el 20 de octubre del 2016 de <https://khrisier.wordpress.com/2013/07/05/creando-un-enlace-ntp-o-ppp/>
- Khrisier. (2013). *Radio enlace Punto a Punto*. Recuperada 20 de octubre del 2016 de <https://khrisier.wordpress.com/2013/07/05/creando-un-enlace-ntp-o-ppp/>
- Link Planner. (2016). *Sección de configuración de cada punto geográfico en Link Planner*. Recuperado el 03 de noviembre del 2016 de <http://www.cambiumnetworks.com/resources/ntp-overview-brochure/>
- Link Planner. (2016). *Sección de la configuración de los parámetros del equipo*. Recuperado el 03 de noviembre del 2016 de <http://www.cambiumnetworks.com/resources/ntp-overview-brochure/>
- Link Planner. (2016). *Sección de la configuración de parámetros de rendimiento*. Recuperado el 03 de noviembre del 2016 de <http://www.cambiumnetworks.com/resources/ntp-overview-brochure/>
- Linktechs. (2016). *Protector de transientes Cambium Network*. Recuperada 03 de noviembre del 2016 de <http://www.linktechs.net/productcart/pc/viewPrd.asp?idproduct=2219>
- Ludeña, P. (s.f.). *Planificación de Radio enlaces con Base en Topografía Digital*. Recuperado el 02 de julio del 2016 de <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/staftpro/sig/radioenlace.PDF>
- Ludeña. (s.f.). *Niveles de factor climático*. Recuperada el 14 de noviembre del 2016 de <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/staftpro/sig/radioenlace.PDF>
- Ludeña. (s.f.). *Niveles de factor de rugosidad*. Recuperada 20 de septiembre del 2016 de <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/staftpro/sig/radioenlace.PDF>
- Luque, J. (s.f.). *Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico*. Recuperado el 17 de septiembre de 2016 de http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf
- Medios Públicos. (2015). *Schlumberger invertirá USD 4900 millones en el Ecuador en 20 años*. Recuperado el 25 de septiembre del 2016 de

<http://www.mediospublicos.ec/noticias/actualidad/schlumberger-invertira-usd-4900-millones-en-el-ecuador-en-20-anos>

- Melo, P. (2015). *Conceptos de alta disponibilidad: Disponibilidad ¿qué es y cómo se puede medir?*. Recuperado el 18 de septiembre del 2016 de <http://www.altadisponibilidadlogitek.com/conceptos-de-alta-disponibilidad-disponibilidad-que-es-y-como-se-puede-medir/>
- Miranda, P. (2012). *Diferentes categorías del cable*. Recuperada el 20 de septiembre del 2016 de <https://es.slideshare.net/pmiranda21/16-hardware-de-red-cables>
- Motorola Solutions. (2012). *Cálculo del ancho de banda para el sistema de voz IP Site Connect*. Recuperada el 01 de octubre del 2016 de <http://www.qsl.net/kb9mwr/projects/dv/mototrbo/MOTOTRBO%20System%20Planner03.pdf>
- Motorola Solutions. (2012). *MOTOTRBO System Planner*. Recuperado el 02 de octubre del 2016 de <http://www.qsl.net/kb9mwr/projects/dv/mototrbo/MOTOTRBO%20System%20Planner03.pdf>
- Motorola Solutions. (2012). *Topología de Sistema MOTOTRBO con IP Site Connect*. Recuperada el 15 de noviembre del 2016 de <http://www.qsl.net/kb9mwr/projects/dv/mototrbo/MOTOTRBO%20System%20Planner03.pdf>
- Motorola Solutions. (2016). *Radio portátil DGP8550 y Radio móvil DGM8500*. Recuperada el 14 de septiembre del 2016 de http://www.motorolasolutions.com/es_xl/productos/radios-de-dos-vias-para-empresas/radios-portatiles/grandes-empresas/dgp8000e-dgp5000e.html#tabproductinfo
- Nettbee. (s.f.). *Conductor 6 AWG para TBB*. Recuperada 10 de octubre del 2016 de <http://www.nettbee.com/cable-thhw-ls-14-awg-color-verde-voltech.html>
- Newegg. (2016). *Módulo con 4 interfaces de red para router Cisco 1941*. Recuperada el 15 de septiembre del 2016 de

<http://www.newegg.com/Product/Product.aspx?Item=9SIA64M1ZU5294F142>

- Nexxt Solutions. (2016). *Cable UTP Cat. 6*. Recuperada el 20 de octubre del 2016 de <http://www.nexxtsolutions.com/ec/cable-utp-cat6-en-bobina>
- Panduit. (2013). *Gabinete Panduit E6412B2 de 24 RU*. Recuperada 20 de octubre del 2016 de <http://www.panduit.com/heiler/SpecificationSheets/D-RKSP134--WW-ENG-NetAcesEntprisCab24RU-W.pdf>
- Pérez, E. (2011). Direccionamiento IP clásico ("classful") (IPv4 Tercera parte). Recuperada el 07 de octubre del 2016 de <http://www.tecnodelinglesalcastellano.com/2011/04/ip3.html>
- Petroamazonas TI. (2016). *Diagrama de la torre de telecomunicaciones de la estación de Cononaco*. Recuperado el 25 de octubre del 2016 de Documentos TI PAM Bloque 61.
- Petroamazonas TI. (2016). *Diagrama de torre de telecomunicaciones en Yuca Central*. Recuperado el 25 de octubre del 2016 de Documentos TI PAM Bloque 61.
- Petroamazonas TI. (2016). *Diagrama de torre de telecomunicaciones en Auca Central*. Recuperado el 25 de octubre del 2016 de Documentos TI PAM Bloque 61.
- Radiansa. (2012). *Componentes de una onda electromagnética*. Recuperado el 21 de octubre del 2016 de <http://antroporama.net/campos-electromagneticos-neuronales-sirven-para-algo/>
- Radiowave. (2016). *Antena parabólica de 6 ft*. Recuperada el 21 de octubre del 2016 de <http://www.radiowaves.com/en/product/spd6-5-2>
- Radiowaves. (2016). *1.2 m | 4 ft High Performance Parabolic Reflector Antenna Dual-Polarized 5.25-5.85 GHz*. Recuperado el 13 de octubre del 2016 de <http://www.radiowaves.com/en/product/hpd4-5-2>
- Radiowaves. (2016). Comparativa de las características de la antena Radio Wave HPD4-5.2. Recuperada el 03 de octubre del 2016 de <http://www.radiowaves.com/en/product/hpd4-5-2>

- Radiowaves. (2016). Dimensiones de la antena parabólica Radiowaves HPD4-5.2. de 4 ft. Recuperada el 21 de octubre del 2016 de <http://www.radiowaves.com/en/product/hpd4-5-2>
- Ramírez, F. (s.f.). *Cableado horizontal*. Recuperada el 23 de octubre del 2016 de <http://www.monografias.com/trabajos5/ponchado/ponchado.shtml>
- Reyes, F. (2013). *Cableado vertical o de backbone*. Recuperada el 24 de octubre del 2016 de <http://rincondetires.blogspot.com/>
- RF Parts. (2016). Valores de atenuación para el cable RG8 marca BELDEN. Recuperado el 28 de septiembre del 2016 de <https://www.rfparts.com/coax/helioxcoax/heliox-12inch/fsj4-50b.html>
- Salas, G. (2013). *¿Qué ancho de banda necesito?*. Recuperado el 30 de septiembre del 2016 de <https://elevatulimite.wordpress.com/2013/04/08/que-ancho-de-banda-necesito-por-gabriel-salas/>
- Samlex America. (2016). *Cargador SEC-1230UL*. Recuperada el 21 de octubre del 2016 de http://www.samlexamerica.com/documents/product-specs/SEC-1230UL_Samlex_Specifications.pdf
- Samlex America. (2016). *Inversor SAM-450-12*. Recuperada el 24 de octubre del 2016 de <http://www.samlexamerica.com/documents/product-specs/12002-SAM-450-12-1113%20ES%20Lrez.pdf>
- Samlex America. (2016). *Protector de batería Samlex America BG-40*. Recuperada el 21 de octubre del 2016 de <http://www.samlexamerica.com/products/ProductDetail.aspx?pid=183>
- Sanchez, J. (s.f.). *Difracción de una onda de radio*. Recuperada el 24 de octubre del 2016 de <http://denewtonaheisemberg.blogspot.com/2013/12/optica-v.html>
- SinCables.com. (s.f.). Primera zona de Fresnel despejada. Recuperada el 21 de octubre del 2016 de http://sincables.com.ve/blog/imagenes/antenas_inalambricas/
- Tanenbaum, A y Wetherall, D. (2012). *Redes LAN inalámbricas y alámbricas*. (5ta. ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN. pp. 17.

- Tanenbaum, A. y Wetherall, D. (2012). *Redes de computadoras*. (5ta. ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Teviasa. (2016). *Diagrama de la torre ubicada en el cerro Lumbaqui*. Tomado el 30 de octubre del 2016 de Archivos Teviasa Telecomunicaciones.
- TRBOnet Plus. (2012). *Especificaciones técnicas de TRBOnet*. Recuperada el 01 de octubre del 2016 de http://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/XL-ES/TRBOnet_PLUS_DS_ES.pdf
- TRBOnet Plus. (2012). *TRBOnet Plus para MOTOTRBO*. Recuperado el 02 de octubre del 2016 de https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/XL-ES/TRBOnet_PLUS_DS_ES.pdf
- TRBOnet. (2012). *Arquitectura de TRBOnet*. Recuperada el 29 de octubre del 2016 de https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/XL-ES/TRBOnet_PLUS_DS_ES.pdf
- TRBOnet. (2012). *Guía de administrador de despachador de TRBOnet*. Recuperado el 02 de octubre del 2016 de http://es.trbonet.com/phocadownload/TRBOnet_Dispatch_Software_Administration_Guide_v4.4_es.pdf
- UNAD. (s.f.). *Radio enlace microonda*. Recuperado el 18 de septiembre del 2016 de <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208018/208018-AVA/RADIO-ENLACE%20DE%20MICROONDAS.pdf>
- Universidad del Azuay. (s.f.). *Par trenzado*. Recuperado el 18 de septiembre del 2016 de https://www.uazuay.edu.ec/estudios/sistemas/teleproceso/apuntes_1/partren.html
- Valero, S. (2010). *Redes Convergentes Antología*. Recuperado el 19 de septiembre del 2016 de <http://www.utim.edu.mx/~svalero/docs/Antologia%20Redes%20Convergentes.pdf>

- Villamarín, G. (2010). *Análisis de los requerimientos funcionales y de operación para la implementación de la data center de la universidad nacional de Loja*. (Tesis de maestría). Universidad de Cuenca.
- Wayne, T. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. (4ta. Ed.). México: Prentice Hall.

ANEXOS

ANEXO 1
BROCHURE LINK PLANNER



Cambium Networks™

Cambium LINKPlanner

EASY, ACCURATE LINK-PLANNING TOOL



Wireless network operators are constantly looking at how to reduce the total cost of ownership of the network in order to increase their return on investment. Keeping costs down starts with selecting the right equipment with the correct configuration for the desired performance and reliability. Cambium has developed the LINKPlanner tool to simplify the design of these networks whether they are point-to-point or point-to-multipoint. By designing the network with predictable performance up-front the cost of procurement, installation, configuration and on-going support can be minimized.

Predictable performance. Shorter Installation time.

OPTIMIZE FOR YOUR NEEDS

Designed for use with our point-to-point and point-to-multipoint solutions, LINKPlanner allows you to easily and quickly design networks for optimal deployment and cost effectiveness. With versions for Microsoft® Windows® and Intel®-based Mac® systems, LINKPlanner is a free, easy to use link-design tool that can be downloaded from our web site.

LINKPLANNER LETS YOU:

- Engineer a highly reliable wireless link even in challenging environments
- Plan and optimize a single link or multiple links simultaneously
- Plan an entire project including PTP and PMP products
- Perform calculations for both licensed and unlicensed products
- Automatically load path terrain profiles and environmental factors such as rain fade
- Display a comprehensive overview of your entire point-to-point wireless network via Google™ Earth
- Conduct "what if" scenarios based on geography, distance, antenna height and transmit power and instantly see the effects on performance
- Generate reports that validate projected performance and serve as time-saving deployment guidelines
- Create a bill of materials for PMP and PTP networks including accessories
- Plan multi-sector towers and multi tower networks assigning SM's to the best AP
- Export list of SM's and associated modulation modes to the Cambium Capacity planning tool

SUPPORTED PRODUCTS:

Sub-6GHz Point to Point

PTP 650 / 650S / 650L

PTP 600

PTP 500

PTP 450*

PTP 250

Licensed Point to Point

PTP 800

PTP 810

Point to Multipoint

PMP 450*

ePMP 1000*

*Coming Soon (Note: PMP 450 3.65 GHz, ePMP 1000 5.8 GHz)

ANEXO 2
ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS DE RADIO DE DOS VIAS
MOTOROLA DGP8550, DGM8500 Y DGR6175

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO
RÁDIOS PORTÁTILES SERIE DGP™8000 / DGP™5000 MOTOTRBO™



INCOMPARABLES CAPACIDADES DE DATOS TRANSFORMAN
EL RADIO DE DOS VÍAS MÁS ALLÁ DE LA VOZ.

RÁDIOS PORTÁTILES DIGITALES DE DOS VÍAS SERIE DGP™8000 / DGP™5000 MOTOTRBO™



Desde el operario de una fábrica hasta el equipo a cargo de la reparación de rutas y caminos, MOTOTRBO transforma su empresa, haciendo más inteligente y segura la interacción de sus empleados. Nuestras incomparables funcionalidades de datos y la mejor calidad de audio de la industria lo ayudan a potenciar a su personal como nunca antes.

Versátil y potente, MOTOTRBO combina lo mejor de la funcionalidad de radio de dos vías con los últimos avances en tecnología digital. Los radios Serie DGP™8000 / DGP™5000 integran voz y datos sin limitación; ofrecen funciones optimizadas fáciles de usar, y aportan beneficios de operaciones empresariales críticas, como Bluetooth® integrado y Audio Inteligente.

La Serie DGP™8000 / DGP™5000 viene a reinventar su lugar de trabajo y la manera en la que la gente colabora para ayudarlo a incrementar la eficiencia de su organización.

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO

RADIOS PORTÁTILES SERIE DGP™8000 / DGP™5000 MOTOTRBO™

CALIDAD DE AUDIO SUPERIOR A LA ESPERADA

En lo que a claridad de audio respecta, la calidad de la tecnología digital es indiscutible. Los radios portátiles Serie DGP™8000 / DGP™5000 le ofrecen rendimiento de audio digital en toda su área de cobertura, además de exclusivas funcionalidades que ayudarán a sus empleados a escuchar y ser escuchados más claramente, independientemente del entorno en el que se encuentren.

La función de Audio Inteligente automáticamente ajusta el volumen del radio según el ruido de fondo, de modo tal que el trabajador no tenga que estar constantemente ajustando el volumen de su radio para evitar perder llamadas en entornos altamente ruidosos o molestar a los demás al ingresar en áreas silenciosas. La función optimizada de supresión de ruido de fondo ayuda a filtrar el ruido externo no deseado, incluso el ruido de maquinaria pesada y motores en marcha.

La función de audio Bluetooth® viene integrada al radio, de modo que no se requiere adaptador alguno para el uso de accesorios inalámbricos. Además, los accesorios de audio IMPRES™ optimizan la función de supresión de ruido y mejoran la inteligibilidad de la voz, experimentando así los accesorios más inteligentes de su clase.

FUNCIONALIDAD DE DATOS LÍDER EN LA INDUSTRIA

Integrada a la serie DGP™8000 y ofrecida como función premium para DGP™5000, la funcionalidad de datos Bluetooth integrados permite que los equipos de trabajo abocados a su tarea envíen información a la oficina en tiempo real, en vez de tener que esperar hasta el final del turno, ayudando así a ahorrar valiosísimas horas y a optimizar el proceso de toma de decisiones. Además, la función GPS integrada a los dispositivos de Serie DGP™8000 le permiten localizar a su fuerza de trabajo móvil y enviarle mensajes de texto en los casos en los que no se pueden establecer comunicaciones de voz. Y su completa pantalla color de 5 líneas y grandes dimensiones opera en modo día/noche, facilitando la visualización de listas de contactos, mensajes de texto y tickets de órdenes de trabajo, incluso con luz solar directa.

El Programa de Desarrolladores de Aplicaciones de MOTOTRBO ofrece aplicaciones de datos personalizadas que le permiten adaptar sus radios según las necesidades de su empresa. Con el Programa de Desarrolladores más importante de la industria, las aplicaciones de datos lo ayudan a alcanzar sus objetivos, desde administración de tickets de órdenes de trabajo hasta integración de telefonía y mucho más.

RENDIMIENTO DE ALTA POTENCIA

MOTOTRBO emplea tecnología digital TDMA. Es por ello que usted obtiene voz y datos integrados, el doble de capacidad de llamada y comunicaciones de voz más claras. Y en lo que respecta a rendimiento de batería, los radios MOTOTRBO ofrecen hasta un 40% más de autonomía entre carga y carga, en comparación con los radios de tecnología analógica.

COMPLETAS FUNCIONALIDADES

Los radios Serie DGP™8000 / DGP™5000 ofrecen muchas de las funciones que su empresa necesita, incluidas señalización de llamada optimizada, encriptación básica y mejorada para mayor privacidad, expandibilidad de placa opcional

y suite de interrupción de transmisión para priorización de comunicaciones críticas cuando más lo necesita. También ofrecen visualización en pantalla de las funciones del botón programable, pudiendo acceder a ellas más fácil y rápidamente. Y para los casos en los que no se puede distraer al trabajador, la función personalizable de anuncio por voz ofrece una confirmación audible para cambios de zona o canal y funciones de botón programable, eliminando la necesidad de tener que mirar la pantalla.

COBERTURA Y CAPACIDAD EXTENDIDAS

Su fuerza de trabajo está permanentemente abocada a su tarea todos los días, levantando cargas, reparando rutas y caminos, proporcionando seguridad, atendiendo solicitudes de huéspedes o restableciendo el suministro de energía eléctrica después de una tormenta.

Como función integrada a la Serie DGP™8000 y opción premium para DGP™5000, IP Site Connect ayuda a mejorar considerablemente el servicio de atención al cliente y su productividad utilizando Internet para ampliar la cobertura y crear así una red de área extendida, extender la cobertura en un solo sitio o unir áreas geográficamente dispersas. Usted puede actualizar el DGP 8000 o el DGP 5000 con Capacity Plus que agrega funcionalidad trunking de un solo sitio para extender la capacidad del sistema sin la necesidad de incluir nuevas frecuencias. Puede agregar también Linked Capacity Plus que combina la capacidad de extensión de Capacity Plus con la cobertura de área amplia IP Site Connect, proporcionando una solución de trunking de área amplia de sitios múltiples de alta capacidad y costo eficaz. Ya sea que desee cobertura en un solo sitio o en sitios múltiples, MOTOTRBO puede ser escalado para satisfacer las necesidades de su negocio y de su presupuesto.

MIGRE SU SISTEMA A SU PROPIO RITMO

Mantener sus operaciones en perfecto funcionamiento ante un cambio en los sistemas de comunicaciones es vital para su empresa. Con nuestros radios Serie DGP™8000 / DGP™5000, es muy fácil migrar a digital, ya que funcionan tanto en modo analógico como digital. Y para facilitar aún más este proceso de transición, la funcionalidad de repetidor de modo combinado dinámico optimiza la conmutación automática entre llamadas analógicas y digitales. De modo que usted puede comenzar a utilizar radios y repetidores MOTOTRBO en su sistema analógico actual e ir migrando el sistema a su propio ritmo cuando el tiempo y el presupuesto se lo permitan.

DURABILIDAD SIN LÍMITES

Los radios Serie DGP™8000 / DGP™5000 cumplen con las especificaciones más exigentes, incluidas IP57 sobre inmersión en agua y los Estándares Militares de los EE.UU. 810 C, D, E, F y G, obteniendo un nivel de durabilidad excepcional. La opción para que el radio sea FM certificado, debe ser solicitada a la fábrica, junto con todos los accesorios relevantes en el momento de hacer la compra.



MANTENGA LA CONTINUIDAD OPERATIVA DE SU NEGOCIO CON APLICACIONES DE NIVEL EMPRESARIAL:

 **Localización:** Localice a sus trabajadores móviles de modo que puedan responder inmediatamente; ante una emergencia, usted puede localizar a su personal de seguridad con total precisión y enviar al lugar del incidente a los oficiales que más cerca se encuentren del área en cuestión

 **Bluetooth® integrado** para compartir datos de manera inalámbrica e instantánea entre distintos dispositivos

 **Consolas de despacho** para comunicación centralizada

 **Gateways de correo electrónico** para acceder a sus casillas de correo desde su radio

 **Monitoreo de red** para maximizar la capacidad de utilización del sistema

 **Aplicaciones de hombre herido** para que el radio mismo pida ayuda cuando el usuario no pueda hacerlo

 **Telefonía** para comunicación entre radios y teléfonos de línea fija o celulares

 **Mensajería de texto** para comunicaciones rápidas y discretas

 **Tickets de órdenes de trabajo** para agilizar la respuesta al cliente



ESPECIFICACIONES DE LA SERIE DGP™8000 / DGP™5000

ESPECIFICACIONES GENERALES						
DGP 8550 Y DGP 5550 CON PANTALLA Y TECLADO				DGP 8050 Y DGP 5050 SIN PANTALLA O TECLADO		
	VHF	UHF	800/900	VHF	UHF	800/900
Capacidad de canal	1000			32		
Frecuencia	136-174 MHz	350-400 MHz 403-527 MHz	806-825 MHz 851-870 MHz 896-902 MHz 935-941 MHz	136-174 MHz	350-400 MHz 403-527 MHz	806-825 MHz 851-870 MHz 896-902 MHz 935-941 MHz
Batería de ion de litio IMPRES de alta capacidad de 2150 mAh (PMNN4409)	(A X A X L)	130,3 mm / 55,2 mm / 41,1 mm 5,13" / 2,17" / 1,62"		130,3 mm / 55,2 mm / 39,6 mm 5,13" / 2,17" / 1,56"		
Peso	355,5 g (12,54 oz)		350 g (12,35 oz)	323 g (11,39 oz)		318 g (11,20 oz)
Batería de ion de litio IMPRES delgada de 1500 mAh (PMNN4407)	(A X A X L)	130,3 mm / 55,2 mm / 35,8 mm 5,13" / 2,17" / 1,41"		130,3 mm / 55,2 mm / 34,3 mm 5,13" / 2,17" / 1,35"		
Peso	335,5 g (11,83 oz)		330 g (11,64 oz)	303 g (10,69 oz)		298 g (10,49 oz)
Batería de ion de litio IMPRES FM de alta capacidad de 2300 mAh (NNTN8129)	(A X A X L)	130,3 mm / 55,2 mm / 41,1 mm 5,13" / 2,17" / 1,62"		130,3 mm / 55,2 mm / 39,6 mm 5,13" / 2,17" / 1,56"		
Peso	365,5 g (12,89 oz)		360 g (12,70 oz)	333 g (11,75 oz)		328 g (11,55 oz)
Fuente de alimentación	7,5 V (Nominal)					
Temperatura de funcionamiento	-30 ~ +60°C					
Código FCC	ABZ99FT3085	ABZ99FT4086	ABZ99FT5014	ABZ99FT3085	ABZ99FT4086	ABZ99FT5014
Código IC	109AB-99FT3085	109AB-99FT4086	109AB-99FT5014	109AB-99FT3085	109AB-99FT4086	109AB-99FT5014

BATERÍA					
Vida útil promedio de batería	Ciclo de operación 5/5/90 con supresión de ruido del portador y transmisor en alta potencia*				
Batería de ion de litio Core delgada de 1500mAh	Analogico: 7,7 hs/ Digital: 11,3 hs.	9,5 hrs / 12,0 hrs	Analogico: 8 hs/ Digital: 11,8 hs.	9,7 hrs / 12,5 hrs	
Batería de ion de litio IMPRES delgada de 1500 mAh	Analogico: 7,7 hs/ Digital: 11,3 hs.	9,5 hrs / 12,0 hrs	Analogico: 8 hs/ Digital: 11,8 hs.	9,7 hrs / 12,5 hrs	
Batería de ion de litio IMPRES de alta capacidad de 2150 mAh	Analogico: 11,1 hs/ Digital: 16,2 hs.	13,5 hrs / 17,0 hrs	Analogico: 11,5 hs/ Digital: 17 hs.	14,0 hrs / 17,8 hrs	
Batería de ion de litio IMPRES FM de alta capacidad de 2300 mAh	Analogico: 11,9 hs/ Digital: 17,3 hs.	14,5 hrs / 18,2 hrs	Analogico: 12,3 hs/ Digital: 18,1 hs.	15,0 hrs / 19,0 hrs	

RECEPTOR				TRANSMISOR			
	VHF	UHF	800/900		VHF	UHF	800/900
Frecuencias	136-174 MHz	350-400 MHz 403-527 MHz	806-941 MHz	Frecuencias	136-174 MHz	350-400 MHz 403-527 MHz	806-941 MHz
Espaciamiento de canal	12,5/25kHz			Espaciamiento de canal	12,5/25 kHz		
Estabilidad de frecuencia (Ref. -30°C, +60°C, +25°C)	± 0,5 ppm			Estabilidad de frecuencia	± 0,5 ppm		
Baja potencia de salida	1W			Baja potencia de salida	1W	1W	1W
Alta potencia de salida	0,3uV 0,22uV (típica)			Alta potencia de salida	5W	4W	2,5W
Sensibilidad analógica (12dB SINAD)	0,25 uV (0,19 uV típica)			Restricción de modulación	± 2,5kHz @ 12,5 kHz / ± 5,0kHz @ 25 kHz		
Sensibilidad digital	70 dB			Interferencia y ruido en FM	-40dB @ 12,5 kHz / -45dB @ 25 kHz		
Intermodulación (TIA603D)	60dB @ 12,5 kHz / 70dB @ 25 kHz			Emisión conducida/radiada	-36 dBm < 1GHz / -30 dBm > 1GHz		
Selectividad de canal adyacente (TIA603A) - 1T	45dB @ 12,5 kHz / 70dB @ 25 kHz			Potencia de canal adyacente	60dB @ 12,5 kHz / 70dB @ 25 kHz		
Selectividad de canal adyacente (TIA603D) - 2T	70 dB			Respuesta acústica	TIA603D		
Rechazo espúreo (TIA603D)	0,5W			Distorsión de audio	3%		
Audio nominal	5% (3% típica)			Modulación FM	12,5 kHz: 11K0F3E 25 kHz: 16K0F3E		
Distorsión de audio en audio nominal	-40dB @ 12,5 kHz / -45dB @ 25 kHz			Modulación digital 4FSK	12,5 kHz – Datos: 7K60F1D & 7K60FXD 12,5 kHz – Voz: 7K60F1E & 7K60FXE Combinación de voz y datos (12,5 kHz): 7K60F1W		
Interferencia y ruido	TIA603D			Tipo de vocodificador digital	AMBE+2™		
Respuesta acústica	-57dBm			Protocolo digital	ETSI TS 102 361-1, -2, -3		
Emisión espúrea conducida (TIA603D)							

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO
RADIOS PORTÁTILES SERIE DGP™8000 / DGP™5000 MOTOTRBO™

GPS (SOLAMENTE PARA LA SERIE DGP™8000)

Especificaciones sobre precisión para seguimiento a largo plazo (95° valor percentil >5 satélites visibles con una intensidad de señal nominal de -130 dBm).

TTFF (Tiempo para el primer punto fijo) - Arranque en frío	< 60 segundos
TTFF (Tiempo para el primer punto fijo) - Arranque en caliente	< 10 segundos
Precisión horizontal	< 5 metros

BLUETOOTH

Versión	Admite Bluetooth® 2.1 + Especificación EDR
Alcance	Clase 2; 10 metros

APROBACIONES FACTORY MUTUAL

Los radios portátiles Serie DGP™8000 / DGP™5000 MOTOTRBO pueden ser ordenados con la certificación FM según los Códigos de los Estados Unidos como intrínsecamente seguros para uso en Clase I, II, III, División 1, Grupos C, D, E, F, G. Para recibir esta certificación el nuevo radio debe ser usados con las baterías Motorola con la debida certificación FM. También han sido certificados para uso en Clase I, División 2, Grupos A, B, C, D.

ESPECIFICACIONES AMBIENTALES

Temperatura de funcionamiento	-30°C/+60°C
Temperatura de almacenamiento	-40°C/+85°C
Choque térmico	Según MIL-STD
Humedad	Según MIL-STD
ESD	IEC 61000-4-2 Nivel 3
Ingreso de agua y polvo	IEC 60529 - IP57
Prueba de embalaje	MIL-STD 810D y E

Las pruebas se ejecutaron sobre radio portátil con batería y antena.

* Solo radio - batería de ion de litio -10C.

** El tiempo de duración real de la batería depende del uso de ciertas funcionalidades tales como GPS, Bluetooth y aplicaciones basadas en tarjeta de expansión.

Para más detalles sobre el tiempo de duración de batería esperado según los parámetros de configuración de su radio, contáctese con un representante de ventas de Motorola local.

ESTÁNDARES MILITARES

MIL-STD APLICABLE	810C		810D		810E		810F		810G	
	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS	MÉTODO	PROCEDIMIENTOS
Baja presión	500.1	I	500.2	II	500.3	II	500.4	II	500.5	II
Alta temperatura	501.1	I, II	501.2	I/A1, II/A1	501.3	I/A1, II/A1	501.4	I/Hot, II/Hot	501.5	I-A1, II
Baja temperatura	502.1	I	502.2	I/C3, II/C1	502.3	I/C3, II/C1	502.4	I-C3, II/C1	502.5	I, II
Choque térmico	503.1	-	503.2	I/A1/C3	503.3	I/A1/C3	503.4	I	503.5	I-C
Radiación solar	505.1	II	505.2	I	505.3	I	505.4	I	505.5	I-A1
Lluvia	506.1	I, II	506.2	I, II	506.3	I, II	506.4	I, III	506.5	I, III
Humedad	507.1	II	507.2	II	507.3	II	507.4	-	507.5	II
Niebla salina	509.1	-	509.2	-	509.3	-	509.4	-	509.5	-
Polvo	510.1	I	510.2	I	510.3	I	510.4	I	510.5	I
Vibración	514.2	VIII/F, Curve-W	514.3	I/10, II/3	514.4	I/10, II/3	514.5	I/24	514.6	II/5
Golpes	516.2	I, II	516.3	I, IV	516.4	I, IV	516.5	I, IV	516.6	I, IV, VI

Para más información acerca de cómo fortalecer sus operaciones de voz móvil, visite www.motorolasolutions.com/americalatina/mototrbo

Especificaciones sujetas a cambios sin notificación previa. Todas las especificaciones incluidas en este documento son especificaciones típicas.

El radio cumple con todos los requerimientos reglamentarios vigentes.

MOTOROLA, MOTO, MOTOROLA SOLUTIONS y el logotipo de la M estilizada son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Motorola Trademark Holdings, LLC y son utilizadas bajo licencia. Todas las demás marcas comerciales pertenecen a sus respectivos propietarios. © 2014 Motorola Solutions, Inc. Todos los derechos reservados.

MOTOTRBO
REINVENTANDO
DIGITAL



MOTOTRBO™ SERIES DGM™ 8000e Y DGM™ 5000e

CONEXIÓN TOTAL



Esta evolución dinámica de los radios digitales de dos vías MOTOTRBO lo ayuda a mejorar su conectividad, seguridad y productividad. Las Series DGM™ 8000e y DGM™ 5000e han sido diseñadas para el profesional especializado que se niega a ceder. Con voz y datos integrados de alto desempeño y funciones avanzadas para operación eficiente, estos radios de próxima generación ofrecen conectividad total para su organización.

CONECTIVIDAD

Los radios MOTOTRBO Series DGM™ 8000e y DGM™ 5000e pertenecen a una familia de radios digitales estándar DMR que ofrece voz y datos de operación crítica. La funcionalidad de audio Bluetooth® le permite hablar sin cables, la función Wi-Fi integrada posibilita la administración remota y las capacidades de ubicación y seguimiento tanto para interiores como para exteriores le proporcionan un inmejorable nivel de visibilidad de sus recursos. Su compatibilidad con soluciones de troncalización y tecnología analógica existente le permite mantener a su organización conectada a medida que se expande.

SEGURIDAD

Proteja a su personal con tecnología PTT receptiva. El botón de emergencia saliente de los radios de las Series MOTOTRBO DGM™ 8000e y DGM™ 5000e permite pedir ayuda con solo un toque; emplea Transmit Interrupt para

interrumpir la comunicación de otros trabajadores si fuese necesario. Además, cuenta con un acelerómetro integrado que puede detectar si usted se cae y pedir ayuda automáticamente. El radio es sometido a pruebas de conformidad con los estándares militares y cuenta con certificación de impermeabilidad IP68... no le fallará nunca.

PRODUCTIVIDAD

La mensajería de texto y la administración de órdenes de trabajo simplifican las comunicaciones más complejas, y las capacidades de datos admiten aplicaciones avanzadas. Con amplificador de audio rediseñado, estos radios permiten oír la voz más fuerte y con mayor claridad, con cancelación de ruido industrial que mejora la inteligibilidad. Además, lo último en tecnología de administración de energía ofrece hasta 27 horas de autonomía de batería para tres turnos de trabajo completos, y el receptor mejorado extiende el alcance en hasta un 8%.

¿QUÉ TIENEN DE NUEVO ESTOS RADIOS DE PRÓXIMA GENERACIÓN?

MÁS SEGUROS

- Bluetooth® 4.0 con capacidad de ubicación y seguimiento para interiores
- GPS de constelaciones múltiples para mayor precisión en ubicación

MÁS EFICIENTES

- Wi-Fi integrado con capacidad de actualización de firmware por aire
- Capacidad de ampliación mejorada para funciones futuras

HOJA DE DATOS DE PRODUCTO
RADIOS DIGITALES DE DOS VÍAS MOTOTRBO™
SERIES DGM™ 8000e Y DGM™ 5000e



Número de modelo	Modelo alfanumérico					Modelo numérico				
	DGM 8500e*, DGM 5500e				DGM™ 8500e	DGM 8000e*, DGM 5000e				DGM™ 8000e
Banda	VHF	350	UHF Banda 1	UHF Banda 2	800/900	VHF	350	UHF Banda 1	UHF Banda 2	800/900
ESPECIFICACIONES GENERALES										
Frecuencia	136-174 MHz	350-400 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz	806-825 MHz, 851-870 MHz 896-902 MHz 935-941 MHz	136-174 MHz	350-400 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz	806-825 MHz, 851-870 MHz 896-902 MHz 935-941 MHz
Baja potencia de salida	1-25 W	-	1-25 W	-	-	1-25 W	-	1-25 W	-	-
Alta potencia de salida	25-45 W	1-40 W	25-40 W	1-40 W	10-35 W (800) 10-30 W (900)	25-45 W	1-40 W	25-40 W	1-40 W	10-35 W (800) 10-30 W (900)
Espaciamiento de canal	12.5, 20, 25 kHz									
Capacidad de canal	1.000					32				
Dimensiones (Al x An x P)	53 mm x 175 mm x 206 mm (2,1" x 6,9" x 8,1")									
Peso	1,8 kg (3,9 lb)									
Fuente de alimentación (nominal)	12 V									
Consumo de energía máx., en standby	0,8 A									
Consumo de energía máx., en recepción	2 A									
Consumo de energía en transmisión, baja potencia	11 A		-			11 A		-		
Consumo de energía en transmisión, alta potencia	14,5 A			12 A	12 A	14,5 A			12 A	12 A
Código FCC (Baja potencia)	ABZ99FT3086	ABZ99FT4087	-	-	-	ABZ99FT3086	ABZ99FT4087	-	-	-
Código FCC (Alta potencia)	ABZ99FT3087	ABZ99FT4088	ABZ99FT4085	AZ492FT5862	AZ492FT5083	ABZ99FT3087	ABZ99FT4088	ABZ99FT4085	AZ492FT5862	AZ492FT5862
Estabilidad de frecuencia	± 0,5 ppm									



HOJA DE DATOS DE PRODUCTO
RADIOS DIGITALES DE DOS VÍAS MOTOTRBO™
SERIES DGM™ 8000e Y DGM™ 5000e

TODOS LOS MODELOS

ESPECIFICACIONES DE TRANSMISOR	
Zumbido y ruido	-40 dB (canal de 12.5 kHz), -45 dB (canal de 25 kHz ¹)
Emisión espúrea conducida (TIA603D)	-57 dBm
Modulación digital 4FSK	12.5 kHz; Datos: 7K60F1D y 7K60FXD 12.5 kHz; Voz: 7K60F1E y 7K60FXE Combinación de 12.5 kHz Voz y datos: 7K60F1W
Protocolo digital	ETSI TS 102 361-1, -2, -3
Emisiones conducidas/radiadas (TIA603D)	-36 dBm < 1GHz, -30 dBm > 1GHz
Potencia de canal adyacente	60 dB (canal de 12.5 kHz), 70 dB (canal de 25 kHz)

ESPECIFICACIONES DE RECEPTOR	
Zumbido y ruido	-40 dB (canal de 12.5 kHz), -45 dB (canal de 25 kHz ¹)
Emisión espúrea conducida (TIA603D)	-57 dBm
Sensibilidad analógica (12 dB SINAD)	0.3 uV (0.22 uV típico)
Sensibilidad digital (BER 5%)	0.25 uV (0.19 uV típico)
Intermodulación (TIA603D)	VHF: 78dB UHF1, UHF2, 350, 800/900: 75dB
Selectividad de canal adyacente, (TIA603A)-1T	VHF: 65 dB (canal de 12.5 kHz), 80 dB (canal de 25 kHz) UHF1, UHF2, 350, 800/900: 65 dB (canal de 12.5 kHz), 75 dB (canal de 25 kHz)
Selectividad de canal adyacente, (TIA603D)-2T y (TIA603C)-2T	VHF: 50 dB (canal de 12.5 kHz), 80 dB (canal de 25 kHz) UHF1, UHF2, 350, 800/900: 50 dB (canal de 12.5 kHz), 75 dB (canal de 25 kHz)
Rechazo espúreo (TIA603D)	VHF: 80 dB UHF1, UHF2, 350, 800/900: 75 dB

NOTAS
 1: Consulte la disponibilidad en su país para canales de 25kHz.
 Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.
 Todas las especificaciones incluidas en este documento son especificaciones típicas.

ESPECIFICACIONES DE AUDIO	
Tipo de vocodificador digital	AMBE+2™
Respuesta de audio	TIA603D
Audio nominal	3 W (altavoz interno), 7.5 W (altavoz externo de 8 ohms), 13 W (altavoz externo de 4 ohms)
Distorsión del audio en audio nominal	3%

ESPECIFICACIONES BLUETOOTH	
Versión	4.0
Alcance	Clase 2; 10 m (33')
Perfiles admitidos	Perfil de Diademas Bluetooth (HSP), Perfil de Puerto Serie (SPP), PTT rápido Motorola.
Conexiones simultáneas	1 accesorio de audio y 1 dispositivo de datos
Modo detectable permanente	Opcional

ESPECIFICACIONES GPS	
Soporte de constelación	GPS
Tiempo para el primer punto fijo; arranque en frío	< 60 s
Tiempo para el primer punto fijo; arranque en caliente	< 10 s
Precisión horizontal	< 5 m (< 16.5')

ESPECIFICACIONES WI-FI	
Estándares admitidos	IEEE 802.11b, 802.11g, 802.11n
Protocolo de seguridad admitido	WPA, WPA-2, WEP
Cantidad máxima de SSID	128 (64 para los modelos numéricos)

ESPECIFICACIONES AMBIENTALES	
Temperatura de operación	-30° C a +60° C (-22° F a 140° F)
Temperatura de almacenamiento	-40° C a +85° C (-40° F a 185° F)
Descarga electrostática	IEC 61000-4-2 Nivel 3
Ingreso de agua y polvo	IEC 60529 - IP54
Prueba de embalaje	MIL-STD 810C, D, E, F y G

*Placa opcional y habilitado para GPS en DGM 8500e y DGM 8000e únicamente

CONEXIÓN

- Banda VHF, 45 W
- Banda UHF, 40 W
- Banda 800/900, 30 W
- Potencia de transmisión 45, 40, 30 W
- Modelo alfanumérico: Pantalla color, 1.000 canales
- Modelo numérico: Pantalla numérica, 32 canales
- Analógico y digital
- Voz y datos
- Wi-Fi integrado
- Mensajería de texto predefinida
- Mensajería de texto de formato libre (requiere micrófono con teclado)
- Administración de órdenes de trabajo
- Ubicación/seguimiento en interiores
- Actualización de ubicación por evento
- Audio Bluetooth
- Datos Bluetooth
- Anuncio de voz
- Texto a voz
- Placa opcional
- Recordatorio de canal principal

AUDIO

- Audio inteligente
- Audio IMPRES
- Supresor de realimentación acústica
- Control de distorsión de micrófono
- Perfiles de audio seleccionables por usuario
- Mejora de trino
- Cancelación de ruido SINCS+

PERSONALIZACIÓN

- Amplia gama de accesorios
- PTT multibotón
- 4 botones programables

ADMINISTRACIÓN

- Administración de radio
- Actualización de software por aire

SEGURIDAD

- Operador Solitario
- Privacidad básica
- Privacidad optimizada
- Transmit Interrupt
- Emergencia digital
- Tono de búsqueda de emergencia
- Monitor remoto
- Activación/desactivación de radio
- Certificación de impermeabilidad IP54
- Nivel de resistencia de conformidad con MIL-STD 810

SISTEMAS

- Modo directo de capacidad dual
- Convencional
- IP Site Connect
- Capacity Plus
- Capacity Max
- Connect Plus

	MIL-STD 810C		MIL-STD 810D		MIL-STD 810E		MIL-STD 810F		MIL-STD 810G	
	MÉTODO	PROCEDIM.	MÉTODO	PROCEDIM.	MÉTODO	PROCEDIM.	MÉTODO	PROCEDIM.	MÉTODO	PROCEDIM.
Baja presión	500.1	I	500.2	II	500.3	II	500.4	II	500.5	II
Alta temp.	501.1	I, II	501.2	I/A1, II/A1	501.3	I/A1, II/A1	501.4	I/Hot, II/Hot	501.5	I/A1, II/A1
Baja temp.	502.1	I	502.2	I/C3, II/C1	502.3	I/C3, II/C1	502.4	I/C3, II/C1	502.5	I/C3, II/C1
Choque térmico	503.1	I	503.2	A1/C3	503.3	A1/C3	503.4	I	503.5	I-C
Radiación solar	505.1	II	505.2	I/Hot-Dry	505.3	I/Hot-Dry	505.4	I/Hot-Dry	505.5	I/A1
Lluvia	506.1	I, II	506.2	I, II	506.3	I, II	506.4	I, III	506.5	I, III
Humedad	507.1	II	507.2	II/Hot-Humid	507.3	II/Hot-Humid	507.4	-	507.5	I/Hot-Humid
Niebla salina	509.1	I	509.2	I	509.3	I	509.4	-	509.5	-
Polvos	510.1	I, II	510.2	I, II	510.3	I, II	510.4	I, II	510.5	I, II
Vibración	514.2	VIII/CatF/ CurveW	514.3	I/Cat10, II/Cat3	514.4	I/Cat10, II/Cat3	514.5	I/Cat24, II/Cat5	514.6	I/Cat24, II/Cat5
Golpes	516.2	I, II	516.3	I, IV	516.4	I, IV	516.5	I, IV	516.6	I, V, VI

HOJA DE DATOS DE PRODUCTO
RADIO DIGITAL DE DOS VÍAS MOTOTRBO™
SERIES DGM™ 8000e Y DGM™ 5000e

MICRÓFONO MÓVIL INALÁMBRICO DE LARGO ALCANCE

Diseñado para clientes que dependen de su radio móvil de alta potencia, pero que deben trabajar fuera del vehículo, el micrófono móvil inalámbrico de largo alcance lo mantiene conectado y operativo a una distancia de hasta 100 m (330') de su vehículo. El emparejamiento de toque instantáneo y bases de carga montadas en vehículo le permiten mantener sus comunicaciones críticas aun en sitios de trabajo remotos.



CABEZAL DE CONTROL DE MANO

En áreas con poco espacio, y en las que deba contar con la flexibilidad suficiente para operar con su radio desde cualquier parte del vehículo, elija el cabezal de control de mano. Su pantalla color, teclado completo y cable extensible le proporcionan un máximo nivel de control a una distancia de hasta 8 m (26') del radio.



AUDIO BLUETOOTH

Mejore el nivel de movilidad de sus equipos de trabajo sin enredo de cables. El chofer de repartos puede revisar los paquetes cargados en el camión, el chofer de un autobús escolar puede controlar los alumnos que transporta, y el chofer de una limusina puede abrir la puerta a sus pasajeros a la vez que se mantiene conectado.



CONÉCTESE Y COORDINE TAREAS SIN ESFUERZO

Los accesorios de Audio Inteligente IMPRES™ se comunican con el radio para eliminar el ruido ambiente, mejorar la inteligibilidad de la voz y amplificar los niveles de volumen. Elija de entre una gama de micrófonos ultrarresistentes y estándares, con o sin teclados y botones de navegación.



INTERACTÚE DE MANERA SEGURA SIN DISTRACCIONES

Para ayudar a sus choferes a mantener su vista en el camino, puede personalizar su instalación con PTT remoto y micrófono de visera IMPRES.



Para conectarse con MOTOTRBO, póngase en contacto con su representante local de Motorola o visite motorolasolutions.com/mototrbo

MOTOROLA, MOTO, MOTOROLA SOLUTIONS y el logotipo de la M estilizada son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Motorola Trademark Holdings, LLC y son utilizadas bajo licencia. Todas las demás marcas comerciales pertenecen a sus respectivos propietarios. ©2016 Motorola Solutions, Inc. Todos los derechos reservados. 09-2016



MOTOTRBO
REINVENTANDO
DIGITAL



MOTOTRBO™

Repetidor DGR™ 6175



Cambie a digital.

Ya está disponible la siguiente generación de soluciones de comunicación de radios profesionales de dos vías que ofrece mejor rendimiento, mayor productividad y valor superior, gracias a la tecnología digital que ofrece mayor capacidad, mejor eficiencia del espectro, comunicaciones integradas de datos y mejores comunicaciones de voz.

El portafolio MOTOTRBO le ofrece una solución privada, rentable y basada en estándares que puede ser adaptada para satisfacer sus necesidades específicas de funcionalidad y cobertura.

Este versátil portafolio proporciona un sistema completo de radios portátiles, radios móviles, repetidores, accesorios y aplicaciones de datos. Es decir, es una solución completa.

Funciones principales

Permite dos vías simultáneas de voz o datos en modo digital de Acceso múltiple por división de Tiempo (TDMA).

Duplica el número de usuarios que pueden recibir servicio con un solo canal de 12.5 kHz con licencia.

Integra voz y datos para aumentar la eficiencia operativa.

Ciclo de servicio total continuo de 100% hasta 45W en VHF y 40W en UHF

Fuente de alimentación integrada.

Los LEDs indican claramente los modos de transmisión y recepción en ambos segmentos de canal, así como la operación en modo analógico y digital.

Instalación estándar en bastidor. Kit para montaje en pared también disponible.

Las manijas robustas hacen más fácil la instalación y el manejo del repetidor.

Respaldo automatizado de batería disponible (la batería se vende por separado)

Permite aplicaciones incluyendo Servicios de mensajes de texto MOTOTRBO y Servicios de localización MOTOTRBO (Localización y rastreo mediante GPS).

La solución MOTOTRBO es un sistema completo de radio de dos vías que incluye radios portátiles y móviles, repetidores, accesorios y aplicaciones.

ESPECIFICACIONES DEL REPETIDOR **MOTOTRBO DGR 6175**

GENERAL	VHF	UHF	
		BAND I	BAND II
Número de Canales		1,000	
Salida RF típica	1-25 W 25-45 W	1-25 W 25-40 W	1-40 W (1-25 W above 512 MHz)
Frecuencia	136-174 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz
Dimensiones (AlxAnxProf)	132,6 x 482,6 x 296,5 mm (5,22 x 19 x 11,67 in)		
Peso	14 kg (31 lbs.)		
Consumo de Corriente: En espera	1 A (1 A DC típica)		
Transmisión	3,8 A (11 A DC típica)		
Rango Operativo de temperatura	-30°C a +60°C		
Ciclo Máximo de trabajo I	100%		
Aprobación FCC	AB299FT3026 AB299FT3025		AB299FT4026 AB299FT4025

RECEPTOR	VHF	UHF	
		BAND I	BAND II
Frecuencias	136-174 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz
Espaciamiento de canal		6,25 kHz / 12,5 kHz	
Estabilidad de frecuencia		±0,5 ppm	
(-30° C, +60° C, +25° C)			
Sensibilidad analógica (12dB SINAD)		0,3 uV	
		0,22 uV (típica)	
Sensibilidad digital		5% BER: 0,3 uV	
Intermodulación (TIA603C)	78 dB		75 dB
Selectividad de canal adyacente			
TIA603		65 dB a 12,5 kHz, 80 dB a 25 kHz	
TIA603C		50 dB a 12,5 kHz, 80 dB a 25 kHz	
Rechazo de espurias (TIA603C)	80 dB		75 dB
Distorsión de audio a audio nominal		3% (típica)	
Zumbido y ruido		-40 dB a 12,5 kHz -45 dB a 25 kHz	
Respuesta de audio		TIA603C	
Emisión de espurias conducidas		-57 dBm	

TRANSMISOR	VHF	UHF	
		BAND I	BAND II
Frecuencias	136-174 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz
Espaciamiento de canal		6,25 kHz / 12,5 kHz	
Estabilidad de frecuencia		±0,5 ppm	
(-30° C, +60° C, +25° C)			
Potencia de salida	1-25 W 25-45 W	1-25 W 25-40 W	1-40 W (1-25 W above 512 MHz)
Limitación de modulación		±0,5 ppm	
		±2,5 kHz a 12,5 kHz ±5,0 kHz a 25 kHz	
Zumbido y ruido FM		40 dB a 12,5 kHz -45 dB a 25 kHz	
Emissiones conducidas / irradiadas		-36 dBm < 1 GHz -30 dBm > 1 GHz	
Potencia de canal adyacente (TIA603C)		60 dB a 12,5 kHz 70 dB a 25 kHz	
Respuesta de audio		TIA603C	
Distorsión de audio		3%	
Modulación FM		12,5 kHz: 11K0F3E 25 kHz: 16K0FE	
Modulación digital 4FSK		12,5 kHz solo datos: 7K60FXD 12,5 kHz voz y datos: 7K60FXE	
Tipo de vococoder digital		AMBE+	
Protocolo digital		ETSI-TS102 361-1	

Calidad y confiabilidad

 Respaldo por una garantía estándar de dos años



motorola.com/radiosolutions

MOTOROLA y el logo M estilizado están registrados en la Oficina de Patentes y Marcas de los EE.UU. Todos los demás nombres de productos o servicios pertenecen a sus respectivos propietarios. © 2008 Motorola, Inc. Todos los derechos reservados. LS-MTRBO-6175-PS-8-08

Todas las especificaciones mostradas son típicas y están sujetas a cambios sin previo aviso.

ANEXO 3

MOTOTRBO IP SITE CONNECT



MOTOTRBO™ IP Site Connect

Amplía su alcance y mejora su rendimiento.



Sitios geográficamente dispersos



Conecte a los usuarios de MOTOTRBO™ en cualquier parte del mundo.

IP Site Connect puede ampliar el alcance de sus sistemas MOTOTRBO hasta alcanzar sitios en casi cualquier parte del mundo. Por ejemplo, los usuarios de MOTOTRBO de una planta de fabricación en Estados Unidos pueden comunicarse en tiempo real con los trabajadores de hasta otros 14 depósitos, centros de distribución o sitios satelitales ubicados en diferentes ciudades, estados, países o continentes. También puede eliminar problemas causados por la interferencia y las barreras físicas como equipos, edificios, montañas u otras estructuras. Todo lo que necesita son los radios MOTOTRBO y un repetidor conectado a la red en cada sitio.

- Red de hasta 15 repetidores en sitios de cualquier parte del mundo.
- Conexión cruzada con diferentes frecuencias.
- Transita automáticamente desde un área de cobertura hasta otra sin intervención o interrupción manual.
- Utilice las nuevas radios MOTOTRBO, los repetidores y las aplicaciones de datos, o el equipo MOTOTRBO existente por medio de una actualización de software.
- Controla y maneja su sistema por medio del software de control y diagnósticos del repetidor (RDAC).



IP Site Connect:

Conexión cruzada en todo el mundo.

Una característica clave del IP Site Connect es la habilidad de conectar automáticamente a los usuarios de MOTOTRBO utilizando diferentes bandas de frecuencia, ampliando el alcance de sus capacidades de comunicación bidireccional. De esta manera, si residen en VHF o UHF, o en otra ciudad, estado o continente, MOTOTRBO les permite a los usuarios que se encuentran en sitios geográficos dispersos comunicarse simplemente presionando un botón.

- Le permite compartir aplicaciones de voz y datos, como mensajes de texto o rastreo GPS a través de áreas geográficas ilimitadas.
- **Amplia la cobertura** para usuarios convencionales al permitirle conectarse a múltiples repetidores en un sitio único o sitios dispersos.
- Les ofrece a los administradores de sistemas la capacidad de **controlar y manejar** los repetidores dentro de su sistema análogo o digital.
- **Soporta todas las radios** en un canal de área amplia y les permite a los usuarios escuchar las comunicaciones desde sitios remotos en su red.
- Les permite a los usuarios **transitar ininterrumpidamente** entre sitios de un sistema de área amplia sin tener que cambiar físicamente los canales.
- **Utiliza las nuevas radios MOTOTRBO, los repetidores y las aplicaciones de datos, o el equipo MOTOTRBO existente por medio de una actualización de software.**
- Mejora las comunicaciones de negocios y la visibilidad en general al **permitirle rastrear o enviar un mensaje** a cualquier dispositivo en un área amplia desde un único servidor.

ANEXO 4

TRBONET PLUS DE MOTOROLA



SOLUCIÓN DE SALA DE CONTROL TRBONET PLUS PARA MOTOTRBO™

La coordinación centralizada es la clave para una fuerza de trabajo eficiente. Es por ello que es tan importante contar con una solución de sala de control en su sistema de radios de dos vías. Usted necesita una solución basada en la funcionalidad de despacho tradicional con herramientas empresariales críticas como ubicación y seguimiento, grabación de voz y monitoreo de sistemas. TRBOnet PLUS es una solución personalizable y flexible que le ofrece exactamente lo que necesita para administrar su organización de manera confiable y eficiente, a un costo mínimo.

Versátil y potente, MOTOTRBO combina lo mejor de la funcionalidad de radio de dos vías con lo último en tecnología digital para proporcionarle comunicaciones instantáneas en toda su organización. Con un portafolio integral de radios, accesorios, sistemas y aplicaciones, MOTOTRBO le ofrece niveles hasta ahora totalmente desconocidos de seguridad, productividad y eficiencia.

TRBOnet PLUS es una solución de sala de control estrechamente integrada a la infraestructura de sistemas MOTOTRBO para una funcionalidad de consola flexible y escalable. Basada en una red IP, le ofrece escalabilidad sin complicaciones, de modo tal que su sistema puede ir ampliándose a medida que se incrementan las necesidades de su organización.

La conectividad IP de la solución también le permite implementar TRBOnet PLUS como sistema distribuido, con consolas ubicadas donde las necesite. Una interfaz de usuario altamente personalizable le permite administrar su organización de la manera que más le convenga. Se trata de una solución modular, de modo que solo adquiere la funcionalidad que necesita.

TRBOnet PLUS funciona en el centro mismo de su sistema de comunicaciones empresariales, y ha sido diseñada para un máximo nivel de confiabilidad. La arquitectura no cuenta con punto único de falla, y brinda opciones de redundancia y almacenamiento de datos de voz y eventos distribuidos.



SOLD AND SUPPORTED

CARACTERÍSTICAS

CENTRALES



ADMINISTRACIÓN DE FLOTA

Administre de manera eficiente las operaciones de su flota y controle sus radios de manera remota. Obtenga actualizaciones de estado en tiempo real y configure el radio para el envío de informes al servidor con/sin conexión.



REGISTRO DE EVENTOS

Registre todos los eventos del sistema, incluidas las llamadas de voz, mensajes de texto y cambios de estado. Personalice reglas, filtros y eventos grupales o genere informes de ubicación y estado de radios.



ALARMA Y OPERADOR SOLITARIO

Optimice la seguridad del personal con alarmas automáticas y protección de operador solitario. La alarma también puede ser enviada como mensaje, correo electrónico o SMS automático.



DESPACHO DE VOZ

Posibilite el establecimiento de comunicaciones entre el despachador y radios remotos. Agilice las llamadas para todos los usuarios, grupales, privadas, de monitoraio remoto o de emergencia con accesos directos programables.



ÓRDENES DE TRABAJO**

Cree, asigne y monitoree órdenes de trabajo vía la red de radio para ofrecer tareas de rutina de manera más eficiente. Los usuarios de radio pueden aceptar o rechazar la orden de trabajo con solo presionar un botón.



TELEMETRÍA*

Monitoree y administre equipos remotos desde la sala de control. El sistema admite telemetría MOTOTRBO nativa con múltiples perfiles aptos para distintos dispositivos.



MENSAJES DE TEXTO Y CORREO ELECTRÓNICO

En situaciones en las que necesite establecer comunicaciones silenciosas u obtener instrucciones referenciales, puede enviar mensajes de texto para todos los usuarios, grupales o privados. Los usuarios de radio pueden responderle también por mensaje de texto al despachador.



ENCRIPCIÓN AES

Proteja sus comunicaciones con el plan de encriptación de 256 bits estándar en la industria.



POSICIONAMIENTO EN INTERIORES*

Rastree personal y activos empresariales en sus instalaciones con un sistema de ubicación en interiores.



MONITOREO DEL SISTEMA**

Monitoree el desempeño y la utilización de su sistema: Actividad en tiempo real, diagnóstico y control, registro y notificaciones de alarmas, mapa de cobertura RF, estudio analítico e informes.



GRABACIÓN DE VOZ

Grabación continua de todas las llamadas de voz con reproducción para análisis, generación de informes o capacitación. Los archivos de audio son almacenados en formato MP3 en el Servidor de Radio y en el Despachador.



CLIENTE DE DATOS WEB

Permita a despachadores acceder al sistema de manera remota vía interfaz Web.



4 CABLES

Conéctese fácilmente con sistemas analógicos existentes utilizando la interfaz de voz de 4 cables. El sistema enlaza llamadas analógicas con llamadas grupales MOTOTRBO.



ENLACE DE SISTEMAS IP**

Establezca comunicaciones entre radios de distintas redes. Interconecte sistemas geográficamente dispersos y establezca enlaces permanentes y dinámicos para llamadas de voz y datos.



MONITOREO DE COBERTURA RF*

Maximice el desempeño del sistema y asegúrese de que todos estén conectados con mapas de cobertura RF. Proporcionan una representación gráfica de la cobertura de red en base al nivel RSSI de las señales recibidas de radios MOTOTRBO habilitados para GPS.



SEGUIMIENTO BASADO EN GPS

Monitoree trabajadores, vehículos y activos empresariales en tiempo real para garantizar máximos niveles de seguridad y productividad. Visualice rutas, defina perímetros virtuales y registre los movimientos del radio utilizando una serie de reglas configurables.



INTERCONEXIÓN TELEFÓNICA*

Posibilite la transmisión/recepción de llamadas entre teléfonos y radios MOTOTRBO. Haga que su despachador pueda realizar y recibir llamadas telefónicas a través de la consola de despachador.

OPCIONALES

*No disponible para sistemas Connect Plus

**No disponible para sistemas Capacity Max

ESPECIFICACIONES

ESPECIFICACIONES DE PC DE SERVIDOR DE RADIO	ESPECIFICACIONES DE PC DE DESPACHADOR	ANCHO DE BANDA IP	HARDWARE MOTOTRBO
<ul style="list-style-type: none"> Procesador Intel Core i5 Windows 7/8/Server 2008 (32 o 64 bits) 3 GB de RAM Disco rígido de 180 GB MS SQL Server 2008 Express Edition o versión superior 	<ul style="list-style-type: none"> Procesador Intel Core i3 Windows 7/8 Professional (32 o 64 bits) 3 GB de RAM Disco rígido de 180 GB Placa de sonido Micrófono y altavoces o auriculares comunes para PC 	<ul style="list-style-type: none"> Entre servidor y repetidor: 64 kbps por repetidor Entre servidor y cliente: 64 kbps por cliente por canal de voz 	<ul style="list-style-type: none"> Versión de firmware de radio: R01.12.02 o versión superior Versión de firmware de repetidor: R02.30.02 o versión superior

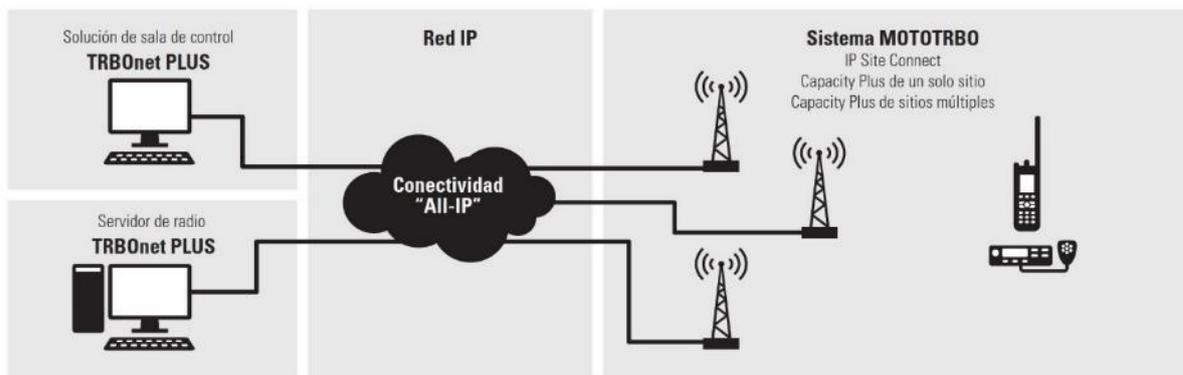
Nota: Las especificaciones finales del sistema dependerán del tamaño y la configuración reales del sistema MOTOTRBO.

IDIOMAS ADMITIDOS

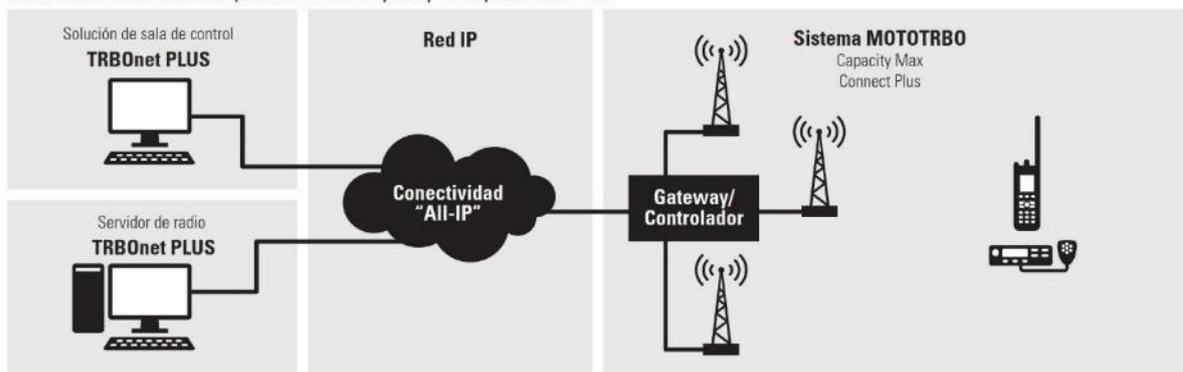
Inglés, alemán, italiano, ruso y español.

ARQUITECTURA

1: Conexión directa a repetidores para sistemas IP Site Connect y Capacity Plus



2: Conexión a controlador para sistemas Capacity Max y Connect Plus



www.motorolasolutions.com

MOTOROLA, MOTO, MOTOROLA SOLUTIONS y el logotipo de la M estilizada son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Motorola Trademark Holdings, LLC y son utilizadas bajo licencia. Todas las demás marcas comerciales pertenecen a sus respectivos propietarios. © 2016 Motorola Solutions, Inc.

Todos los derechos reservados. Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso. Todas las especificaciones incluidas en este documento son especificaciones típicas. 06-2016

MOTOTRBO
REINVENTANDO
DIGITAL

ANEXO 5
CÁLCULO DE RADIO ENLACES EN LINK PLANNER

Project Radioenlaces Bloque 61 - Proyecto de Titulación

LINKPlanner PTP Proposal Report

10 October 2016

Xavier Quinga
Organization: TEVIASA TELECOMUNICACIONES S.C.C.
Phone: +593995834873
Email: xavier-quina@tevasa.com.ec

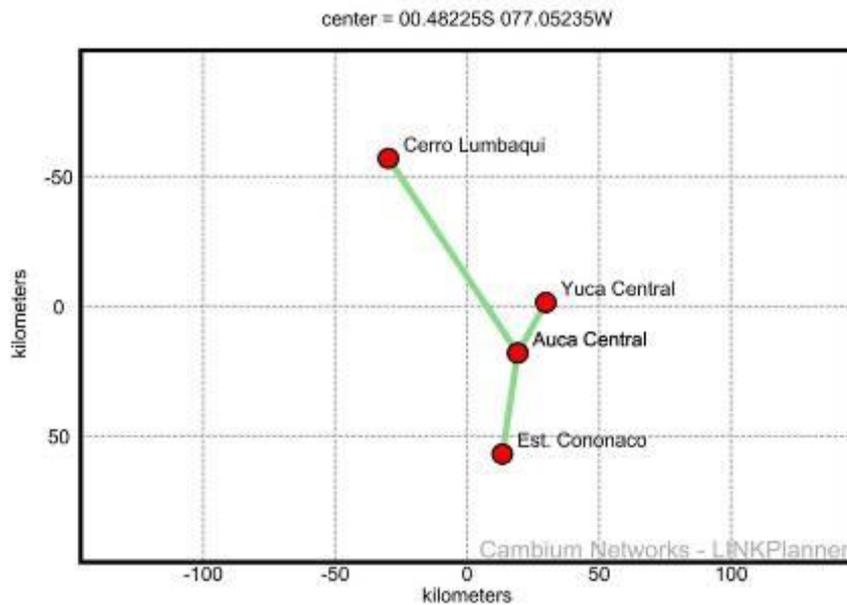
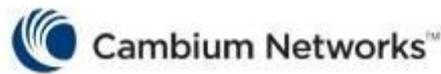


Table of Contents

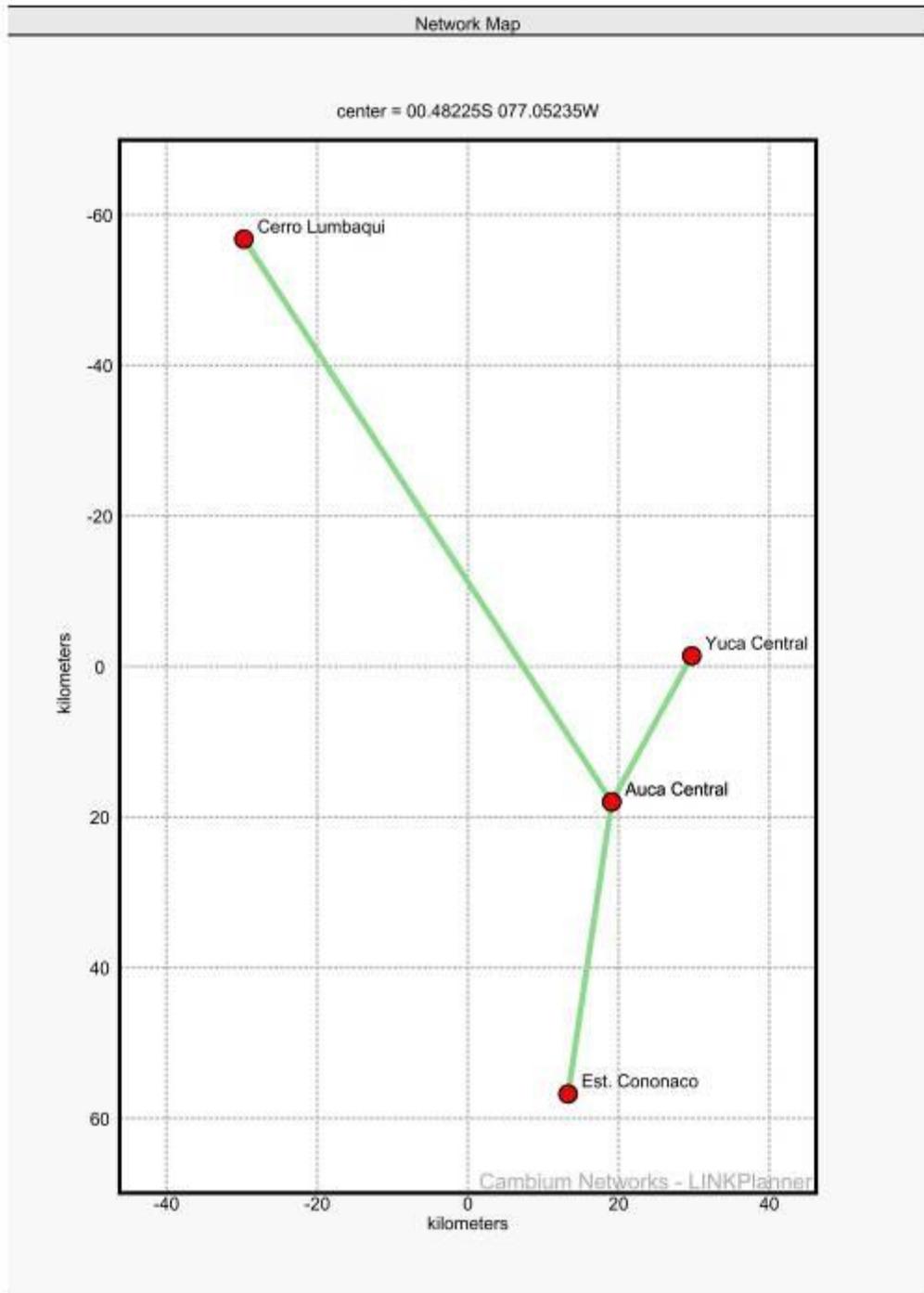
1. Project Summary	3
2. Auca Central to Est. Cononaco	6
3. Auca Central to Yuca Central	8
4. Cerro Lumbaqui to Auca Central	10
Disclaimer	12

1. Project Summary

Project: Radioenlaces Bloque 61 - Proyecto de Titulación

Description: Este proyecto contiene los estudios radioelectricos para el diseño de los enlaces microonda para el Bloque 61.

General Information	
Customer Name	SHAYA DEL ECUADOR S.A.
Company Name	TEVIASA TELECOMUNICACIONES S.C.C.
Address	Calle Jose Puerta N39-80 y Av. Eloy Alfaro
Phone	+59322265726
Cell Phone	+593995834873
Email	xavier-quina@tevasa.com.ec / xquina@udianeLec

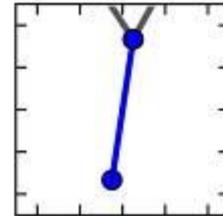


Link name	Product	Local antenna	Remote antenna	<function label at 0x092348B0>
Cerro Lumbaqui to Auca Central	PTP650	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS	95.17
Auca Central to Est. Cononaco	PTP650	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS	117.62
Auca Central to Yuca Central	PTP650	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS	119.43

Bill of Materials : PTP Network		
Part Number	Qty	Description
(no part number)	6	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS
01010419001	37	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	6	LPU and Grounding Kit (1 kit per END)
C050065H031	6	PTP 650 Connectorized END with AC+DC Enhanced Supply (RoW - U.S. Line Cord). Kit includes ODU, power supply, mounting bracket and US line cord
WB3175	1	1000 ft Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)
WB3176	2	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)

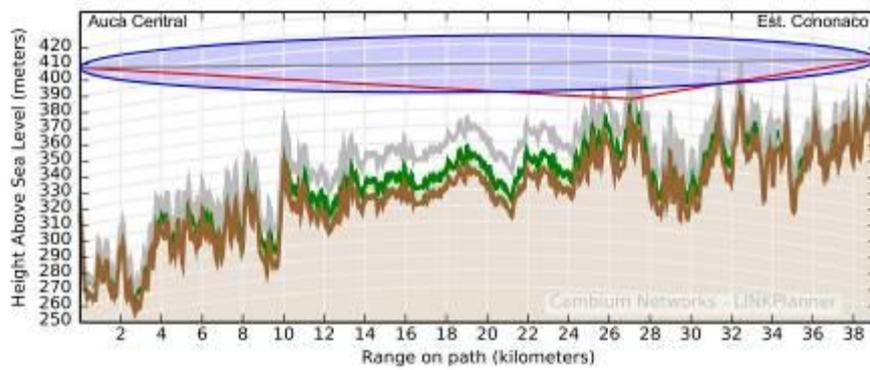


Auca Central to Est. Cononaco



Equipment: Cambium Networks PTP650 Lite Connectorized

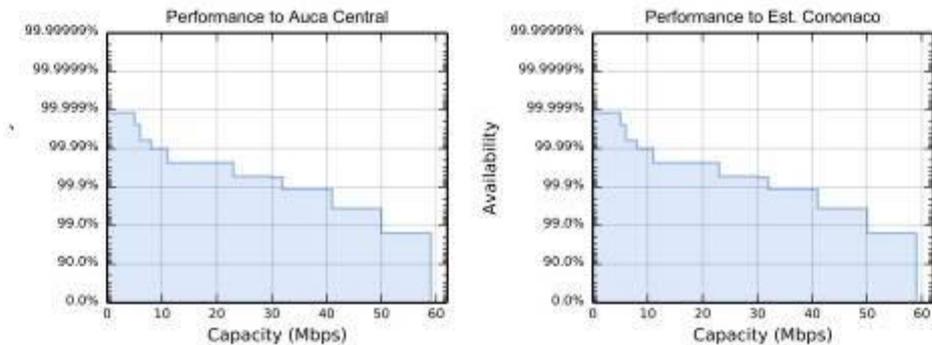
Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS @ 90 m Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS @ 45 m



	Performance to Auca Central	Performance to Est. Cononaco
Mean IP	58.8 Mbps	58.8 Mbps
IP Availability	99.9988 % for Mbps 1.0	99.9988 % for Mbps 1.0

Link Summary			
Link Length	39.148 km	System Gain	174.88 dB
Band	5.8 GHz	System Gain Margin	33.11 dB
Regulation	Ecuador	Mean Aggregate Data Rate	117.6 Mbps
Modulation	Adaptive	Annual Link Availability	99.9988 %
Bandwidth	45 MHz	Annual Link Unavailability	6.2 mins/year
Total Path Loss	141.77 dB	Prediction Model	ITU-R

Performance Charts



Climatic Factors, Losses and Standards

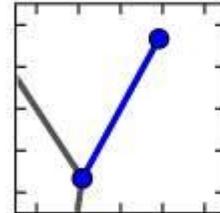
dN/dH not exceeded for 1% of time	-240.22 N units/km	Gaseous Absorption Loss	0.43 dB
Area roughness 110x110km	117.59 metre	Link Type	Near Line-of-Sight
Geoclimatic factor	8.94e-05	Excess Path Loss	1.78 dB
Fade Occurrence Factor (P0)	6.83e-02	Atmospheric Gasses	ITU-R P.676-7, ITU-R P.835-4
Path inclination	0.13 mr	Diffraction Loss	ITU-R P.526-10
Value of K Exceeded for 99.99% (ke)	0.75	Propagation	ITU-R P.530-12
Excess Path Loss at ke	15.04 dB	Rain Rate	ITU-R P.837-5
0.01% Rain rate	72.53 mm/hr	Refractivity Index	ITU-R P.453-9
Free Space Path Loss	139.55 dB		

Bill of Materials

Part Number	Qty	Description
(no part number)	2	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS
01010419001	12	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	2	LPU and Grounding Kit (1 kit per END)
C050065H031	2	PTP 650 Connectorized END with AC+DC Enhanced Supply (RoW - U.S. Line Cord). Kit includes ODU, power supply, mounting bracket and US line cord
WB3176	2	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)



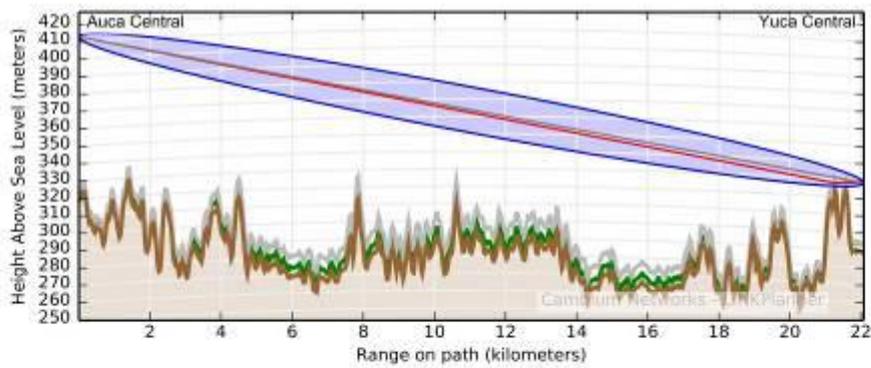
Auca Central to Yuca Central



Equipment: Cambium Networks PTP650 Lite Connectorized

Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS
@ 95 m

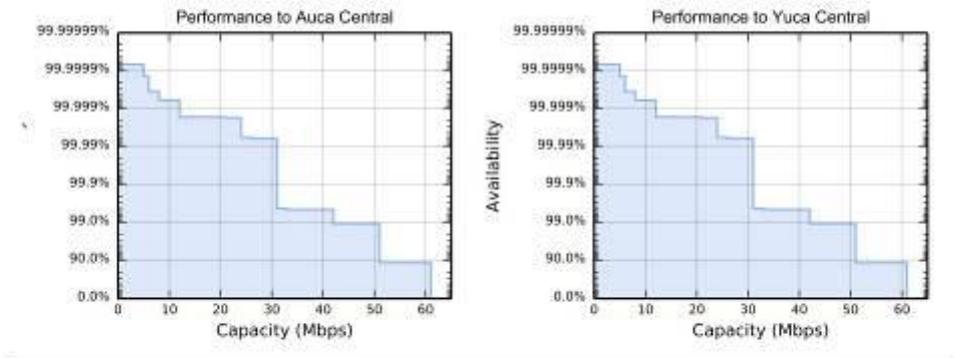
Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS
@ 40 m



	Performance to Auca Central	Performance to Yuca Central
Mean IP	59.7 Mbps	59.7 Mbps
IP Availability	99.9999 % for Mbps 1.0	99.9999 % for Mbps 1.0

Link Summary			
Link Length	22.077 km	System Gain	174.88 dB
Band	5.8 GHz	System Gain Margin	30.79 dB
Regulation	Ecuador	Mean Aggregate Data Rate	119.4 Mbps
Modulation	Adaptive	Annual Link Availability	99.9999 %
Bandwidth	45 MHz	Annual Link Unavailability	21 secs/year
Total Path Loss	144.09 dB	Prediction Model	ITU-R

Performance Charts



Climatic Factors, Losses and Standards

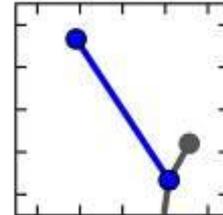
dN/dH not exceeded for 1% of time	-241.45 N units/km	Gaseous Absorption Loss	0.25 dB
Area roughness 110x110km	99.55 metre	Link Type	Near Line-of-Sight
Geoclimatic factor	9.66e-05	Excess Path Loss	9.26 dB
Fade Occurrence Factor (P0)	3.39e-03	Atmospheric Gasses	ITU-R P.676-7, ITU-R P.835-4
Path inclination	3.80 mr	Diffraction Loss	ITU-R P.526-10
Value of K Exceeded for 99.99% (ke)	0.61	Propagation	ITU-R P.530-12
Excess Path Loss at ke	12.40 dB	Rain Rate	ITU-R P.837-5
0.01% Rain rate	70.40 mm/hr	Refractivity Index	ITU-R P.453-9
Free Space Path Loss	134.58 dB		

Bill of Materials

Part Number	Qty	Description
(no part number)	2	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS
01010419001	13	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	2	LPU and Grounding Kit (1 kit per END)
C050065H031	2	PTP 650 Connectorized END with AC+DC Enhanced Supply (RoW - U.S. Line Cord). Kit includes ODU, power supply, mounting bracket and US line cord
WB3175	1	1000 ft Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)

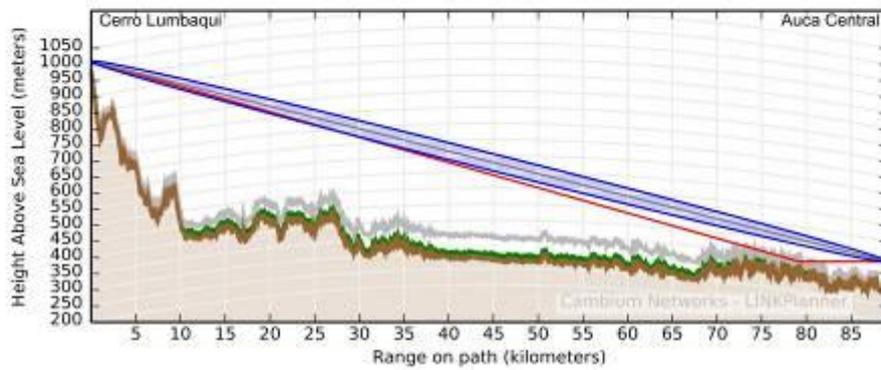


Cerro Lumbaqui to Auca Central



Equipment: Cambium Networks PTP650 Lite Connectorized

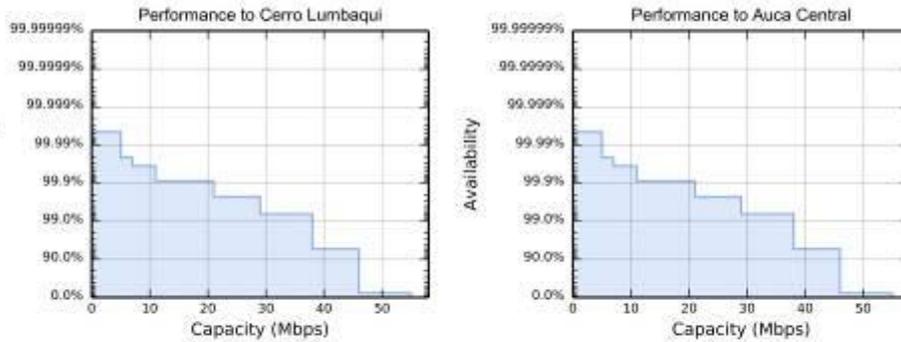
Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS @ 35 m Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS @ 70 m



	Performance to Cerro Lumbaqui	Performance to Auca Central
Mean IP	47.6 Mbps	47.6 Mbps
IP Availability	99.9955 % for Mbps 0.0	99.9955 % for Mbps 0.0

Link Summary			
Link Length	89.118 km	System Gain	174.88 dB
Band	5.8 GHz	System Gain Margin	27.28 dB
Regulation	Ecuador	Mean Aggregate Data Rate	95.2 Mbps
Modulation	Adaptive	Annual Link Availability	99.9955 %
Bandwidth	45 MHz	Annual Link Unavailability	23.7 mins/year
Total Path Loss	147.60 dB	Prediction Model	ITU-R

Performance Charts

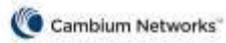


Climatic Factors, Losses and Standards

dN/dH not exceeded for 1% of time	-218.21 N units/km	Gaseous Absorption Loss	0.90 dB
Area roughness 110x110km	409.31 metre	Link Type	Line-of-Sight
Geoclimatic factor	4.55e-05	Excess Path Loss	0.00 dB
Fade Occurrence Factor (P0)	7.56e-02	Atmospheric Gasses	ITU-R P.676-7, ITU-R P.835-4
Path inclination	6.98 mr	Diffraction Loss	ITU-R P.526-10
Value of K Exceeded for 99.99% (ke)	0.90	Propagation	ITU-R P.530-12
Excess Path Loss at ke	0.00 dB	Rain Rate	ITU-R P.837-5
0.01% Rain rate	73.43 mm/hr	Refractivity Index	ITU-R P.453-9
Free Space Path Loss	146.70 dB		

Bill of Materials

Part Number	Qty	Description
(no part number)	2	Radio Waves 4ft Dual-Polar Parabolic SPD4-5.2NS
01010419001	12	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065L007	2	LPU and Grounding Kit (1 kit per END)
C050065H031	2	PTP 650 Connectorized END with AC+DC Enhanced Supply (RoW - U.S. Line Cord). Kit includes ODU, power supply, mounting bracket and US line cord
WB3176	2	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)



Disclaimer

Cambium Networks assumes no responsibility for the accuracy of the information produced by the Cambium LINKPlanner. Reference to products or services which are not provided by Cambium Networks is for information purposes only and constitutes neither an endorsement nor a recommendation. All information provided by the Cambium LINKPlanner is provided without warranty of any kind, either expressed or implied.

All product or service names are the property of their respective owners. © Cambium Networks. 2016

ANEXO 6

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO CAMBIUM NETWORK PTP 650



PTP 650 SERIES

**RELIABLE, HIGH-CAPACITY POINT-TO-POINT WIRELESS BROADBAND
DESIGNED FOR YOUR MULTI-SERVICE NETWORK**

Service providers, government public safety agencies, and critical infrastructure operators such as utilities and energy companies have experienced massive growth in data, voice, and video traffic over the past few years. This growth has imposed large bandwidth demands for reliable and secure broadband connectivity and backhaul worldwide.

Cambium Networks disrupts the performance-reliability continuum with the Cambium Point-to-Point (PTP) 650 Series solution. With up to 450 Mbps aggregate throughput, PTP 650 systems let you reliably and securely handle today's needs with scalability to meet future requirements.

FLEXIBLE, SPECTRALLY-EFFICIENT, SELF-OPTIMIZING SUB-6GHZ SOLUTION

Based on our widely-deployed, field-proven non-line-of-sight (NLOS) technology, PTP 650 wireless Ethernet bridges offer an ideal array of features that give you more capacity, greater operational flexibility, and the highest spectral efficiency in the industry. PTP 650 systems provide 4.9 to 6.05 GHz, multi-band flexibility in a single radio and operate in channel sizes from 5 to 45 MHz.

With Dynamic Spectrum Optimization (DSO), PTP 650 systems are constantly optimizing the channel of operation to maximize link reliability and performance. The systems

can provide up to 99.999% availability in virtually any environment, including non-line-of-sight, long-distance line-of-sight, high interference, over water and desert, and through extreme weather conditions. As a result, you can deliver more throughput with less spectrum and less investment in even the most challenging environments.

DESIGNED WITH YOU IN MIND

Whether your organization is an enterprise, government agency, or service provider, PTP 650 systems are ideal solutions for a wide array of applications such as T1/E1 and fiber replacements or extensions; video surveillance backhaul; LTE, macro-cell, and small-cell backhaul; last-mile access; disaster recovery; network redundancy; and building-to-building campus connectivity.

FIELD TESTED AND INDUSTRY CERTIFIED

PTP 650 radios meet industry standards with proven compliance to assure you of interoperability, security, and ruggedization.

- FIPS 197 128/256-bit AES encryption
- IEEE 1588v2 and Synchronous Ethernet (SyncE)
- IPv6/IPv4 dual-stack management support
- Ingress Protection rated (IP66/67) protective aluminum radio enclosures
- MEF9 certification

RADIO TECHNOLOGY

RF bands ¹	Wide-band operation 4.9 to 6.05 GHz (Allowable frequencies and bands are dictated by individual country regulations. The most common bands are listed here.) 4.940 – 4.990 GHz (Public Safety) 5.15 – 5.25 GHz 5.25 – 5.35 GHz 5.470 – 5.725 GHz ² 5.725 – 5.850 GHz 5.825 – 6.050 GHz
Channel sizes ³	5, 10, 15, 20, 30, 40, and 45 MHz channels Channel sizes depend on individual country regulations
Spectral efficiency	10 bps/Hz maximum
Channel selection	By Dynamic Spectrum Optimization or manual intervention; automatic selection on start-up and continual self-optimization to avoid interference
Maximum transmit power ⁴	Up to 27 dBm at BPSK; up to 23 dBm at 256 QAM
System gain ⁴	Integrated: Up to 164 dB with 20 MHz channel and integrated 23 dBi antenna; varies with modulation mode, channel size and spectrum Connectorized: Varies with modulation mode and antenna type
Receiver sensitivity	-98 dBm with 5 MHz channel
Modulation / error correction	Fast Preemptive Adaptive Modulation featuring 13 modulation / FEC coding levels ranging from BPSK to 256 QAM dual payload MIMO
Duplex scheme	Synchronized Time Division Duplex (TDD) and Half Duplex Frequency Division Duplex (HD-FDD); dynamic or fixed transmit/receive ratio; each TDD-synchronized link requires a Cambium TDD-SYNC synchronization unit ⁵ to provide an accurate timing reference signal
Antenna	Integrated: Flat panel – 23 dBi Connectorized: Can operate with a selection of separately-purchased single- and dual-polarity antennas through 2 x N-type female connectors (local regulations should be checked prior to purchase)
Range	Up to 124 miles (200 km)
Security	FIPS-197 compliant 128/256-bit AES Encryption (optional) HTTPS and SNMPv3 Identity-based user accounts Configurable password rules User authentication and RADIUS support Event logging and management; optional logging via syslog Disaster recovery and vulnerability management

ETHERNET BRIDGING

Protocol	IEEE 802.3
User data throughput	Dynamically variable up to 450 Mbps Maximum conditions – 2x2, 45 MHz channel ¹ , 256 QAM Flexible capacity licensing model: Lite Capacity: Up to 125 Mbps Mid Capacity: Up to 250 Mbps Full Capacity: Up to 450 Mbps

Latency	1 – 3 ms one-direction latency
QoS	8 Queues
Packet classification	Layer 2 and Layer 3 IEEE 802.1p, MPLS, Ethernet priority
Packet performance	Line rate (>850K packets per second)
Timing transport	Synchronous Ethernet; IEEE 1588v2 ³
Frame support	Jumbo frame up to 9600 bytes
Flexible I/O	2 x Gigabit Ethernet copper ports: Gigabit Port 1: Data + PoE power input Gigabit Port 2: 802.3at PoE output port SFP port (single-mode fiber, multi-mode fiber, and copper Gigabit Ethernet options available)
T1/E1 TDM support	8 x T1/E1 TDM module (optional indoor unit) ² G.823-compliant timing DC power input (compatible with AC+DC Power Injector output)
T1/E1 latency (one way)	1 to 3 ms typical depending on range, bandwidth, modulation mode and number of T1/E1 ports; accurate T1/E1 latency figures can be determined for any given configuration using the Cambium PTP LINKPlanner

MANAGEMENT & INSTALLATION

LED indicators	Power status, Ethernet link status, and activity on Extended Range PoE supply
Network management	In-band and out-of-band management (OOBM) ³
System management	IPv6/IPv4 dual-stack management support Web access via browser using HTTP or HTTPS/TLS ³ SNMP v1, v2c and v3, MIB-II and proprietary PTP MIB Cambium Wireless Manager, WM 4.0/SP4 or higher Online spectrum analyzer (no impact on payload traffic or network operation)
Installation	Built-in audio and graphical assistance for link optimization
Connection	Distance between outdoor unit and primary network connection: up to 330 feet (100 meters) using Power-over-Gigabit Ethernet; longer distances up to 984 feet (300 meters) can be achieved using fiber interface

PHYSICAL

Dimensions	Integrated Outdoor Unit (ODU): Width 371mm (14.6"), Height 371mm (14.6"), Depth 81mm (3.2") Connectorized ODU: Width 204mm (8.0"), Height 318mm (12.5"), Depth 90mm (3.5")
Weight	Integrated ODU: 4.1 kg (8.95 lbs) including bracket Connectorized ODU: 3.1 kg (6.8 lbs) including bracket
Operating temperature	-40° to +140° F (-40° to +60° C), including solar radiation
Dust-water intrusion protection	IP66 and IP67
Wind speed survival	200 mph (322 kph)
Power supply	Two options: AC power injector: 32° to 104° F (0° to +40° C); 35 W; 90-240 VAC, 50/60 Hz Dimensions: Width 5.2" (132mm), Height 1.4" (36mm), Depth 2" (51mm) AC + DC power injector: -40° to 140° F (-40° to +60° C); 70 W; 90-240 VAC, 50/60 Hz Dimensions: Width 9.75" (250 mm), Height 1.5" (40 mm), Depth 3" (80 mm)
Power consumption	30 W maximum (up to 70 W with 802.3at device on auxiliary port)

ENVIRONMENTAL & REGULATORY

Protection and safety	UL60950-1; IEC60950-1; EN60950-1; CSA-C22.2 No. 60950-1; CB approval for Global
Radio	4.9 GHz: FCC Part 90Y, RSS-111 5.x GHz: FCC Part 15, sub-parts 15C and 15E; RSS 210 Issue 8; EN 302 502; EN 301 893 Eire ComReg 02/71R1, UK Approval to IR2007
EMC	Europe – EN 301 489-1 and -4

¹ Regulatory conditions for RF bands should be confirmed prior to system purchase. All bands use the same hardware. Individual bands and channel widths are available pending local regulatory approvals and region code licenses.

² Pending FCC authorization in North America.

³ 5, 15, and 30 MHz channel widths will be available in a future release.

⁴ Gain, maximum transmit power and effective radiated power may vary based on regulatory domain and region code license.

⁵ Available in a future release.

⁶ Web access via HTTPS/TLS is available on AES-enabled radios.

ANEXO 7
ESPECIFICACIONES DE LA ANTENA
RADIOWAVE MODELO HPD4-5.2 DE 4 ft

HPD45.2

1.2 M | 4 FT HIGH PERFORMANCE PARABOLIC REFLECTOR ANTENNA, DUAL-POLARIZED, 5.25-5.85GHZ

The HP High Performance Series by RadioWaves offers a full line of high performance parabolic antennas engineered to provide ETSI class 2/3 radiation pattern performance as well as excellent gain. RadioWaves field-proven pre-assembled antennas and robust pole-mounts ensure "set and forget" installation with minimal post-installation maintenance. The included radome ensures robust and reliable performance under the most challenging conditions. If it's rugged, it must be RadioWaves!

FEATURES AND BENEFITS

- High Performance ETSI Class 2/3* Parabolic Antennas – Excellent performance for a wide range of applications
- Fully Preassembled at the Factory – Simplifies installation on site and guarantees "factory-tested" quality
- Warranty – Industry leading 7-year warranty

*ETSI Class depends on frequency band

SPECIFICATIONS

General

Antenna Type	High Performance Parabolic Reflector Antenna	Standard RF Connector Type	N-Female
Size, nominal	4 ft 1.2 m	Standard RF Connector Suffix	NS (append suffix to model number)
Polarization	Dual		

Electrical

Operating Frequency Band	5.25 - 5.85 GHz	Gain, Low Frequency	34.2 dBi
Half Power Beamwidth, Horizontal	3 degrees	Gain, Mid Frequency	34.7 dBi
Half Power Beamwidth, Vertical	3 degrees	Gain, High Frequency	34.7 dBi
Cross-Polarization Discrimination	30 dB	VSWR	1.5:1
Front to Back Ratio (F/B)	49 dB	Return Loss	-14 dB

Mechanical

Fine Azimuth Adjustment	+/- 10 degrees	Mechanical Configuration	HP4-LoFreq
Fine Elevation Adjustment	+/- 25 degrees	Axial Force (FA)	737 lbs 3278 N
Mounting Pipe Diameter, Min	4.5 inch 11.4 cm	Side Force (FS)	365 lbs 1623 N
Mounting Pipe Diameter, Max	4.5 inch 11.4 cm	Twisting Moment (MT)	784 ft-lbs 1063 Nm
Net Weight	85 lbs 38.3 kg	Operating Temperature Range	-40 to +60 C
Wind Velocity Operational	90 mph 145 km/h	Max Pressure, PSIG, (if waveguide interface)	5
Wind Velocity Survival Rating	125 mph 201 km/h		

Regulatory Compliance

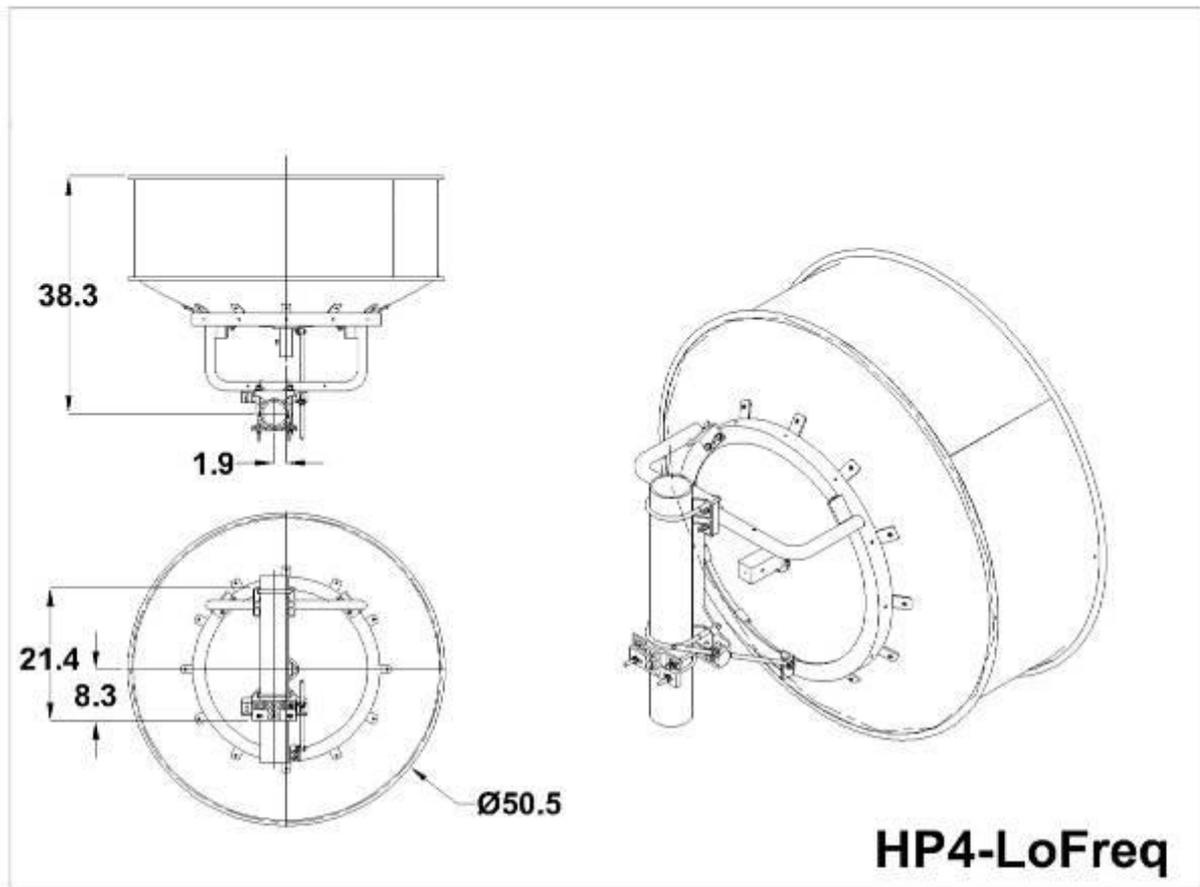
FCC	undeclared	ETSI	undeclared
Industry Canada Compliance	undeclared	RoHS-compliant	Yes

Shipping Information

Package Type	Wood Crate	Dimensions, L x W x H	59 x 35 x 60in 180 x 89 x 152 cm
Gross Weight	196 lbs 88.9 kg	Shipping Volume	71.7 cu ft 2.03 cu m

Note that all 5.2 models will operate 4.9-6.0 GHz with slightly degraded specifications.
 Contact RadioWaves Sales for alternate RF interface options. RadioWaves specializes in direct connect solutions for microwave radios.

TECHNICAL DRAWINGS



ANEXO 8

ESPECIFICACIONES DEL ROUTER CISCO 1941

Cisco 1941 Series Integrated Services Routers

Product Names: CISCO1941/K9, CISCO1941W-A/K9, CISCO1941W-P/K9, CISCO1941W-N/K9, CISCO1941W-C/K9, CISCO1941W-I/K9, and CISCO 1941W-T/K9

Cisco® 1900 Series Integrated Services Routers build on 25 years of Cisco innovation and product leadership. The new platforms are architected to enable the next phase of branch-office evolution, providing rich media collaboration and virtualization to the branch while maximizing operational cost savings. The Integrated Services Routers Generation 2 platforms are future-enabled with multi-core CPUs, Gigabit Ethernet switching with enhanced POE, and new energy monitoring and control capabilities while enhancing overall system performance. Additionally, a new Cisco IOS® Software Universal Image and Services Ready Engine module enable you to decouple the deployment of hardware and software, providing a stable technology foundation which can quickly adapt to evolving network requirements. Overall, the Cisco 1900 Series offer unparalleled total cost of ownership savings and network agility through the intelligent integration of market leading security, unified communications, wireless, and application services.

Product Overview

Cisco® 1941 builds on the best-in-class offering of the existing Cisco 1841 Integrated Services Routers by offering 2 models - Cisco 1941 and Cisco 1941W. In addition to the support of a wide range of wireless and wired connectivity options supported on Cisco 1941 Series, Cisco 1941W offers integration of IEEE 802.11n access point which is backwards compatible with IEEE 802.11a/b/g access points.

All Cisco 1900 Series Integrated Services Routers offer embedded hardware encryption acceleration, optional firewall, intrusion prevention, and application services. In addition, the platforms support the industries widest range of wired and wireless connectivity options such as T1/E1, xDSL, 3G, 4G LTE, and GE.

Figure 1. Cisco 1941 Integrated Services Router



Key Business Benefits

The Integrated Services Routers Generation 2 (ISR G2) routers provide superior services integration and agility. Designed for scalability, the modular architecture of these platforms enables you to grow and adapt with your business needs.

Table 1 lists the business benefits of the Cisco 1900.

Table 1. Key Features and Benefits of the Cisco 1941 Integrated Services Router Series

Benefits	Description
Service Integration	<ul style="list-style-type: none"> The Cisco 1941 Series offer increased levels of services integration with data, security, wireless, and mobility services enabling greater efficiencies cost savings.
Services on Demand	<ul style="list-style-type: none"> A single Cisco IOS® Software Universal image is installed on each ISR G2. The Universal image contains all of the Cisco IOS technology sets which can be activated with a software license. This allows your business to quickly deploy advanced features without downloading a new IOS image. Additionally, larger default memory is included to support the new capabilities. The Cisco Services Ready Engine (SRE) enables a new operational model which allows you to reduce capital expenditures (CapEx) and deploy a variety of application services as needed on a single integrated compute services module.
High Performance with Integrated Services	<ul style="list-style-type: none"> The Cisco 1900 Series enables deployment in high speed WAN environments with concurrent services enabled up to 25 Mbps. Multi-Gigabit Fabric enables high bandwidth module to module communication without compromising routing performance.
Network Agility	<ul style="list-style-type: none"> Designed to address customer business requirements, Cisco 1941 Series with the modular architecture, offers performance range of modular interfaces and services as your network needs grow. Modular interfaces offer increased bandwidth, a diversity of connection options, and network resiliency.
Energy Efficiency	<ul style="list-style-type: none"> The Cisco 1941 Series architecture provides energy savings features that include the following: <ul style="list-style-type: none"> The Cisco 1900 Series offers intelligent power management and allows the customer to control power to the modules based on the time of day. Cisco EnergyWise technology will be supported in the future. Services integration and modularity on a single platform performing multiple functions, optimizes raw materials consumption and energy usage. Platform flexibility and ongoing development of both hardware and software capabilities lead to a longer product lifecycle, lowering all aspects of the total cost of ownership, including materials and energy use. High efficiency power supplies are provided with each platform.
Investment Protection	<ul style="list-style-type: none"> The Cisco 1941 Series maximizes investment protection by supporting: <ul style="list-style-type: none"> Reuse of a broad array of existing modules supported on the original Integrated Services Routers provides a lower cost of ownership. Rich set of Cisco IOS Software features carried forward from the original Integrated Services Routers and delivered in the universal image. Flexibility to grow as your business needs evolve.

Architecture and Modularity

The Cisco 1941 Series is architected to meet the application demands of today's branch offices with design flexibility for future applications. The modular architecture is designed to support expanding customer requirements, increased bandwidth, and fully integrated power distribution to modules supporting 802.3af Power over Ethernet (PoE) and Cisco Enhanced PoE (ePoE). Table 2 lists the architectural features and benefits of the Cisco 1941 Series.

Table 2. Architectural Features and Benefits

Architectural Feature	Benefits
Modular Platform	<ul style="list-style-type: none"> The Cisco 1941 Series ISR are highly modular platforms with multiple module slots to provide connectivity and services for varied branch network requirements. The ISRs offer an industry-leading breadth of LAN and WAN connectivity options through modules to accommodate field upgrades to future technologies without requiring replacement of the platform.
Processors	<ul style="list-style-type: none"> The Cisco 1941 Series is powered by high-performance multi-core processors that support growing demands of branch office networks by supporting high throughput WAN requirements.
MultiGigabit Fabric	<ul style="list-style-type: none"> The Cisco 1941 introduces an innovative MultiGigabit Fabric (MGF) which allows for efficient module to module communication, enabling direct services interactions across modules while reducing the overhead on the router processor.
Embedded IPSec VPN Hardware Acceleration	<ul style="list-style-type: none"> Embedded hardware encryption acceleration is enhanced to provide higher scalability, which, combined with an optional Cisco IOS Security license, enables WAN link security and VPN services (IPSec acceleration). The onboard encryption hardware out-performs the Advanced Integration Modules of previous generations.

Summary and Conclusion

As businesses strive to lower the total cost of ownership in running their network and increase their overall employee productivity with more centralized and collaborative network applications, more intelligent branch office solutions are required. The Cisco 1941 Series offers these solutions by providing enhanced performance and increased modular density to support multiple services. The Cisco 1941 Series is designed to consolidate the functions of separate devices into a single, compact system that can be remotely managed.

Product Specifications

Table 7. Product Specifications of Cisco 1941 Integrated Services Router

	Cisco1941, Cisco1941W
Services and Slot Density	
Embedded hardware-based crypto acceleration (IPSec)	Yes
Total Onboard Gigabit Ethernet 10/100/1000 WAN ports	2
RJ-45-Based Ports	2
SFP-Based Ports	0
SM Slots	0
Double-Wide SM Slots	0
EHWIC Slots	2
Double-wide EHWIC slots (use of a double-wide EHWIC slot will consume two EHWIC slots)	1
ISM Slots	1 (0 on the Cisco 1941W)
Memory (DDR2 Error Correction Code [ECC] ECC DRAM) - Default	512 MB
Memory (DDR2 ECC DRAM) - Maximum	2.0 GB
Compact Flash (external) - Default	slot 0: 256 MB slot 1: none
Compact Flash (external) - Maximum	slot 0: 4 GB slot 1: 4 GB
External USB flash memory slots (Type A)	2
USB Console Port (Type B) (up to 115.2 kbps)	1
Serial Console Port (up to 115.2 kbps)	1
Serial Auxiliary Port (up to 115.2 kbps)	1
Power Supply Options	AC, POE
Redundant Power Supply Support	No
Power Specifications	
AC Input Voltage	100-240 V ~
AC Input Frequency	47-63 Hz
AC Input Current range AC Power Supply (Max) (Amps)	1.5-0.8
AC Input Surge Current	<50 A
Typical Power (No Modules)	35 W
Maximum Power capacity with AC power supply	110 W
Maximum Power capacity with PoE power supply (platform only)	110 W
Maximum PoE device power capacity with PoE power supply	80 W

	Cisco1941, Cisco1941W
Physical Specifications	
Dimensions (H x W x D)	3.5 in x 13.5 in x 11.5 in
Rack Height	2 RU
Rack-mount 19in. (48.3 cm) EIA	Included
Wall-mount (refer to installation guide for approved orientation)	Yes
Weight - with AC power supply (no modules)	12 lbs
Weight - with POE power supply (no modules)	12.8 lbs
Maximum Weight - Fully Configured	14 lbs
Airflow	Front to Side
Environmental Specifications	
Operating Condition	
Temperature - 5906 feet (1800 m) max. altitude	0-40 C (32-104 F)
Temperature - 9843 feet (3000 m) max. altitude	0-25 C (32-77 F)
Altitude	3000 m (10000 ft)
Humidity	10 to 85% RH
Acoustic: Sound Pressure (Typ/Max)	26/46 dBA
Acoustic: Sound Power (Typ/Max)	38/55 dBA
Transportation/Storage Condition	
Temperature	-40-70°C (-40-158 F)
Humidity	5 to 95%RH
Altitude	4570m (15000 ft)
Regulatory Compliance	
Safety	UL 60950-1 CAN/CSA C22.2 No. 60950-1 EN 60950-1 AS/NZS 60950-1 IEC 60950-1
EMC	47 CFR, Part 15 ICES-003 Class A EN55022 Class A CISPR22 Class A AS/NZS 3548 Class A VCCI V-3 CNS 13438 EN 300-386 EN 61000 (Immunity) EN 55024, CISPR 24 EN50082-1
Telecom	TIA/EIA/IS-968 CS-03 ANSI T1.101 ITU-T G.823, G.824 IEEE 802.3 RTTE Directive

WLAN Specifications

Table 8. WLAN Specifications of the Cisco 1941W

Feature	Description
WLAN hardware	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.11n draft 2.0 standards-based access point with 802.11a/b/g compatibility • Automatic rate selection for 802.11g/n • Dual Radios for 802.11b/g/n and 802.11a/n modes • RP-TNC connectors for field-replaceable external antennas • 2-dBi default antenna gain • 2 x 3 multiple input, multiple output (MIMO) radio operation • Wi-Fi 802.11n Draft v2.0 certified
WLAN software features	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomous or unified access point • Cisco WCS support for monitoring of autonomous-mode access points • Option to maximize throughput or maximize range • Software-configurable transmit power • Radio roles, including access point, root bridge, non-root bridge, and workgroup bridge • Wi-Fi Multimedia (WMM) certification • Traffic specifications (TSPEC) Call Admission Control (CAC) to ensure voice quality is maintained • Unscheduled Automatic Power Save Delivery (U-PSD) to reduce latency
Unified WLAN management	<ul style="list-style-type: none"> • Unified access point features • Supported by wireless LAN controller and Cisco WCS • Configurable local or central switching for H-REAP mode • Radio management through Cisco WCS • Transparent roaming with mobility groups
WLAN security features	<ul style="list-style-type: none"> • Standard 802.11i • Wi-Fi Protected Access (WPA) and AES (WPA2) • EAP authentication: Cisco LEAP, PEAP, Extensible Authentication Protocol Transport Layer Security (EAP-TLS), Extensible Authentication Protocol-Flexible Authentication via Secure Tunneling (EAP-FAST), Extensible Authentication Protocol-Subscriber Information Module (EAP-SIM), Extensible Authentication Protocol-Message Digest Algorithm 5 (EAP-MD5), and Extensible Authentication Protocol-Tunneled TLS (EAP-TTLS) • Static and dynamic Wired Equivalent Privacy (WEP) • Temporal Key Integrity Protocol/Simple Security Network (TKIP/SSN) encryption • MAC authentication and filter • User database for survivable local authentication using LEAP and EAP-FAST • Configurable limit to the number of wireless clients • Configurable RADIUS accounting for wireless clients • Pre-Shared Keys (PSKs) (WPA-small office or home office (WPA-SHOH))
Certifications	
Service Set Identifiers (SSIDs)	16
Wireless VLANs	16
Encrypted wireless VLANs	16
Multiple Broadcast Service Set Identifiers (MBSSIDs)	16

Supported Modules

Cisco 1941 Series support a wide range of modules that span industry leading breadth of services at the branch. Please refer to the link below for the list of modules supported on the Cisco 1900.

http://www.cisco.com/en/US/products/ps10538/products_relevant_interfaces_and_modules.html.

Cisco SMARTnet[®] technical support for the Cisco 1900 Series is available on a one-time or annual contract basis. Support options range from help-desk assistance to proactive, onsite consultation. All support contracts include:

- Major Cisco IOS Software updates in protocol, security, bandwidth, and feature improvements
- Full access rights to Cisco.com technical libraries for technical assistance, electronic commerce, and product information
- 24-hour access to the industry's largest dedicated technical support staff

For More Information

For more information about the Cisco 1900 Series, visit <http://www.cisco.com/go/1900> or contact your local Cisco account representative.



Americas Headquarters
Cisco Systems, Inc.
San Jose, CA

Asia Pacific Headquarters
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.
Singapore

Europe Headquarters
Cisco Systems International BV
Amsterdam, The Netherlands

Cisco has more than 200 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at www.cisco.com/go/offices.

Cisco and the Cisco logo are trademarks or registered trademarks of Cisco and/or its affiliates in the U.S. and other countries. To view a list of Cisco trademarks, go to this URL: www.cisco.com/go/trademarks. Third party trademarks mentioned are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (1110R)

Printed in USA

C76-55319-08 06/14

ANEXO 9
ESPECIFICACIONES DEL SWITCH
CISCO CATALYST 2960X

Cisco Catalyst 2960-X Series Switches

Product Overview

Cisco® Catalyst® 2960-X Series Switches are fixed-configuration, stackable Gigabit Ethernet switches that provide enterprise-class access for campus and branch applications (Figure 1). Designed for operational simplicity to lower total cost of ownership, they enable scalable, secure and energy-efficient business operations with intelligent services and a range of advanced Cisco IOS® Software features.

Figure 1. A Cisco Catalyst 2960-X Series Switch Family



Product Highlights

Cisco Catalyst 2960-X switches feature:

- 24 or 48 Gigabit Ethernet ports with line-rate forwarding performance
- Gigabit Small Form-Factor Pluggable (SFP) or 10G SFP+ uplinks
- FlexStack Plus for stacking of up to 8 switches with 80 Gbps of stack throughput (optional)
- Power over Ethernet Plus (PoE+) support with up to 740W of PoE budget
- 24-port PoE fanless switch for deployment outside the wiring closet
- Reduced power consumption and advanced energy management features
- USB and Ethernet management interfaces for simplified operations
- Application visibility and capacity planning with integrated NetFlow-Lite
- LAN Base or LAN Lite Cisco IOS software features
- Enhanced limited lifetime warranty (E-LLW) offering next-business-day hardware replacement

Cisco Catalyst 2960-XR models also offer:

- Power resiliency with optional dual field-replaceable power supplies
- IP Lite Cisco IOS software with dynamic routing and Layer 3 features

- Higher MTBF rates due to no moving mechanical parts, no fans help ensure that 2960X cool switch is convenient to be used for collocated applications
- Easy to deploy using smart-install, configure with auto-smart-ports and device sensors and manage using Cisco Prime or CNA

2960-X Cool Switch Use Cases

Retail

Major retailers are increasingly moving customer-facing IP-based applications and services to the middle of the sales floor or POS that is far away from their access router that connects the retail outlets to the outside network. A typical retail outlet needs to serve customers at multiple sales points, each with a POS machine, phone, printer, or video display with network and some PoE powering. Because of their quiet operation and ability to cater to up to 24 ports with flexible mounting options, these switches are ideally suited for mounting in confined spaces on the floor.

Education

The 2960X cool switch extends access to labs, classrooms, and other training rooms from the central/floor distribution rooms, reducing cost of cabling and providing superior quality of service with enhanced security and enterprise network features. Quiet operation and shallow depth make them ideally suited for classrooms or confined areas nearby.

Defense

Defense establishments often look to an access switch that is portable in mobile units. These units require multiple network access devices, some of them residing in inconvenient locations in the mobile unit that requires being powered by the switch, reducing number of cables to that location and reducing possible failure sources. The switch is expected to be very quiet and have longer MTBF rates, which is served by the 2960X cool switch.

Technical Specifications

Table 10. Cisco Catalyst 2960-X Series Hardware

Hardware Specifications	
Flash memory	128 MB for LAN Base & IP Lite SKUs, 64 MB for LAN Lite SKUs
DRAM	512 MB for LAN Base and 256 MB for LAN Lite
CPU	APM86392 600MHz dual core
Console Ports	USB (Type-B), Ethernet (RJ-45)
Storage Interface	USB (Type-A) for external flash storage
Network Management Interface	10/100 Mbps Ethernet (RJ-45)

Table 11. Cisco Catalyst 2960-X Series Performance

Performance and Scalability			
	2960-X LAN Lite	2960-X LAN Base	2960-XR IP Lite
Forwarding bandwidth	50 Gbps	108 Gbps	108 Gbps
Switching bandwidth*	100 Gbps	216 Gbps	216 Gbps
Maximum active VLANs	84	1023	1023
VLAN IDs available	4096	4096	4096
Maximum transmission unit (MTU)-L3 packet	9198 bytes	9198 bytes	9198 bytes
Jumbo frame - Ethernet frame	9216 bytes	9216 bytes	9216 bytes

* Switching bandwidth is full-duplex capacity.

Table 12. Cisco Catalyst 2960-X Series Forwarding Performance

Forwarding Rate: 64-Byte L3 Packets	
Catalyst 2960-X Family	
Cisco Catalyst 2960X-48FPD-L	130.9 Mpps
Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L	130.9 Mpps
Cisco Catalyst 2960X-24PD-L	95.2 Mpps
Cisco Catalyst 2960X-48TD-L	130.9 Mpps
Cisco Catalyst 2960X-24TD-L	95.2 Mpps
Cisco Catalyst 2960X-48FPS-L	107.1 Mpps
Cisco Catalyst 2960X-48LPS-L	107.1 Mpps
Cisco Catalyst 2960X-24PS-L	71.4 Mpps
Cisco Catalyst 2960X-24PSQ-L	71.4 Mpps
Cisco Catalyst 2960X-48TS-L	107.1 Mpps
Cisco Catalyst 2960X-24TS-L	71.4 Mpps
Cisco Catalyst 2960X-48TS-LL	104.2 Mpps
Cisco Catalyst 2960X-24TS-LL	68.5 Mpps
Catalyst 2960-XR Family	
Cisco Catalyst 2960XR-48FPD-I	130.9 Mpps
Cisco Catalyst 2960XR-48LPD-I	130.9 Mpps
Cisco Catalyst 2960XR-24PD-I	95.2 Mpps
Cisco Catalyst 2960XR-48TD-I	130.9 Mpps
Cisco Catalyst 2960XR-24TD-I	95.2 Mpps
Cisco Catalyst 2960XR-48FPS-I	107.1 Mpps
Cisco Catalyst 2960XR-48LPS-I	107.1 Mpps
Cisco Catalyst 2960XR-24PS-I	71.4 Mpps
Cisco Catalyst 2960XR-48TS-I	107.1 Mpps
Cisco Catalyst 2960XR-24TS-I	71.4 Mpps

Table 13. Cisco Catalyst 2960-X Series Mechanical Specifications

Models	Inches (H x D x W)	Centimeters (H x D x W)
WS-C2960X-48FPD-L	1.75 x 14.5 x 17.5	4.5 x 36.8 x 44.5
WS-C2960X-48LPD-L	1.75 x 14.5 x 17.5	4.5 x 36.8 x 44.5
WS-C2960X-48TD-L	1.75 x 11.0 x 17.5	4.5 x 27.9 x 44.5
WS-C2960X-24PD-L	1.75 x 14.5 x 17.5	4.5 x 36.8 x 44.5
WS-C2960X-24TD-L	1.75 x 11.0 x 17.5	4.5 x 27.9 x 44.5
WS-C2960X-48FPS-L	1.75 x 14.5 x 17.5	4.5 x 36.8 x 44.5
WS-C2960X-48LPS-L	1.75 x 14.5 x 17.5	4.5 x 36.8 x 44.5
WS-C2960X-48TS-L	1.75 x 11.0 x 17.5	4.5 x 27.9 x 44.5
WS-C2960X-24PS-L	1.75 x 14.5 x 17.5	4.5 x 36.8 x 44.5
WS-C2960X-24PSQ-L	1.73 x 11.03 x 17.5	4.45 x 28.0 x 44.5
WS-C2960X-24TS-L	1.75 x 11.0 x 17.5	4.5 x 27.9 x 44.5
WS-C2960X-48TS-LL	1.75 x 11.0 x 17.5	4.5 x 27.9 x 44.5
WS-C2960X-24TS-LL	1.75 x 11.0 x 17.5	4.5 x 27.9 x 44.5

Connectors and Interfaces
Stacking Interfaces Cisco Catalyst 2960-XFlexStack-Plus stacking cables: <ul style="list-style-type: none"> • CAB-STK-E-0.5M FlexStack-Plus stacking cable with a 0.5 m length • CAB-STK-E-1M FlexStack-Plus stacking cable with a 1.0 m length • CAB-STK-E-3M FlexStack-Plus stacking cable with a 3.0 m length
Console Cisco Catalyst 2960-X console cables: <ul style="list-style-type: none"> • CAB-CONSOLE-RJ45 Console cable 6 ft. with RJ-45 • CAB-CONSOLE-USB Console cable 6 ft. with USB Type A and mini-B connectors
Power <ul style="list-style-type: none"> • The internal power supply is an auto-ranging unit and supports input voltages between 100 and 240V AC. • Use the supplied AC power cord to connect the AC power connector to an AC power outlet. • The Cisco RPS connector offers connection for an optional Cisco RPS 2300 that uses AC input and supplies DC output to the switch. • Only the Cisco RPS 2300 (model PWR-RPS2300) should be attached to the redundant-power-system receptacle.

Table 17. Management and Standards Support

Category	Specification
Management	<ul style="list-style-type: none"> • BRIDGE-MIB • CISCO-CABLE-DIAG-MIB • CISCO-CDP-MIB • CISCO-CLUSTER-MIB • CISCO-CONFIG-COPY-MIB • CISCO-CONFIG-MAN-MIB • CISCO-DHCP-SNOOPING-MIB • CISCO-ENTITY-VENDORTYPE-OID-MIB • CISCO-ENVMON-MIB • CISCO-ERR-DISABLE-MIB • CISCO-FLASH-MIB • CISCO-FTP-CLIENT-MIB • CISCO-IGMP-FILTER-MIB • CISCO-IMAGE-MIB • CISCO-IP-STAT-MIB • CISCO-LAG-MIB • CISCO-MAC-NOTIFICATION-MIB • CISCO-MEMORY-POOL-MIB • CISCO-PAGP-MIB • CISCO-PING-MIB • CISCO-POE-EXTENSIONS-MIB • CISCO-PORT-QOS-MIB • CISCO-PORT-SECURITY-MIB • CISCO-PORT-STORM-CONTROL-MIB • CISCO-PRODUCTS-MIB • CISCO-PROCESS-MIB • CISCO-RTTMON-MIB • CISCO-SMI-MIB • CISCO-STP-EXTENSIONS-MIB • CISCO-SYSLOG-MIB • CISCO-TC-MIB • CISCO-TCP-MIB • CISCO-UDLDP-MIB • CISCO-VLAN-IFTABLE • RELATIONSHIP-MIB • CISCO-VLAN-MEMBERSHIP-MIB • CISCO-VTP-MIB • ENTITY-MIB • ETHERLIKE-MIB • IEEE8021-PAE-MIB • IEEE8023-LAG-MIB • IF-MIB • INET-ADDRESS-MIB • OLD-CISCO-CHASSIS-MIB • OLD-CISCO-FLASH-MIB • OLD-CISCO-INTERFACES-MIB • OLD-CISCO-IP-MIB • OLD-CISCO-SYS-MIB • OLD-CISCO-TCP-MIB • OLD-CISCO-TS-MIB • RFC1213-MIB • RMON-MIB • RMON2-MIB • SNMP-FRAMEWORK-MIB • SNMP-MPD-MIB • SNMP-NOTIFICATION-MIB • SNMP-TARGET-MIB • SNMPv2-MIB • TCP-MIB • UDP-MIB • ePM MIB • CISCO-FLEXSTACK-PLUS-MIB (2960-X)
	For an updated list of supported MIBs, refer to the MIB Locator at cisco.com/go/mibs .



Americas Headquarters
Cisco Systems, Inc.
San Jose, CA

Asia Pacific Headquarters
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.
Singapore

Europe Headquarters
Cisco Systems International BV Amsterdam,
The Netherlands

Cisco has more than 200 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at www.cisco.com/go/offices.

 Cisco and the Cisco logo are trademarks or registered trademarks of Cisco and/or its affiliates in the U.S. and other countries. To view a list of Cisco trademarks, go to this URL: www.cisco.com/go/trademarks. Third party trademarks mentioned are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (1110R)

Printed in USA

C78-728232-05 01/16

© 2016 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. This document is Cisco Public Information.

Page 27 of 27

ANEXO 10

ESPECIFICACIONES DEL CARGADOR DE BATERIAS

SAMLEX AMERICA SEC1230UL



**Automatic
Switch Mode
Battery Charger**

Model
SEC-1230UL
30 Amps
12 VDC

Design Features

- Switch mode technology for high efficiency, lightweight and quiet operation
- Automatic operation for ALL Lead Acid Batteries Flooded, AGM or Gel Cell
- Can charge 3 banks of batteries simultaneously, no isolator necessary
- Can be used as a power supply or DC UPS when used in conjunction with a battery
- User Configurable AC Input voltage 120 or 230 VAC, 50 / 60 Hz
- User Selectable (by DIP Switch) Selectable for 2 or 3 stage, rapid and safe charging of stand-alone and loaded Lead Acid Batteries
- Ammeter & LED power status indicator
- Protections: Short circuit, overload, reverse battery polarity
- Fan cooled based on output current
- Safety certified and listed to UL Standard UL-1564
- EMI Compliant to FCC Part 15(B), Class B

2 YEAR WARRANTY



MODEL NO.	SEC-1230UL
NOMINAL INPUT VOLTAGE (PRE-SET)	120 VAC, 60 Hz, 6.5A
INTERNAL JUMPER CHANGE	230 VAC, 50 Hz
INPUT FREQUENCY	50 / 60 Hz
OUTPUT VOLTAGE, BOOST ^{1,2}	14 VDC, or 14.4 VDC or disabled
OUTPUT VOLTAGE, FLOAT ¹	13.5 VDC
OUTPUT AMPS	30A
OPERATING TEMPERATURE RANGE	0 - 40°C / 32°F - 104°F
WEIGHT, LB	6.4
WEIGHT, KG	2.9
DIMENSIONS (L x W x H), INCHES	10.8 x 8.4 x 3.3
DIMENSIONS (L x W x H), MM	280 x 214 x 83
PROTECTIONS	Short Circuit, Over Current, Over Temperature, Reverse Battery Polarity
OUTPUT BANKS	3
SAFETY COMPLIANCE	i) Conforms to ANSI/UL STD 1564 ii) Certified to CAN/CSA STD C22.2 No. 107.2
EMI COMPLIANCE	FCC Part 15(B), Class B

1. Voltages based on battery temperature of 80°F / 26.6°C
2. Based on selection by DIP SWITCH

NOTE: Specifications are subject to change without notice

12001-SEC-1230UL-1112

To view a full selection of Samlex products visit our website at www.samlexamerica.com or contact us: 1(800) 561-5885 or sales@samlexamerica.com

ANEXO 11
ESPECIFICACIONES DEL INVERSOR DE VOLTAJE
SAMLEX AMERICA SAM-450



samlexamerica®

450W



Inversor de Onda Sinusoidal Modificada CD-CA

Modelo SAM-450-12
12 VCD
115 VCA

Características del diseño:

- Puerto de Carga USB: 5 VCD, 2.1A
- Compacto diseño con enchufe tipo encendedor de cigarrillos incluido
- Ventilador controlado por carga
- Alarma indicadora de baja batería
- Circuito de protección universal: Batería, térmica, cortocircuito, sobrecarga, falla de tierra.
- Tecnología de encendido suave
- Tecnología de superficie fresca
- Modo de ahorro de energía
- Tecnología de baja interferencia

GARANTÍA



MODELO NO. SAM-450-12		
ENTRADA	VOLTAJE DE LA BATERIA DEL SISTEMA	12 VCD
	VOLTAJE NOMINAL DE ENTRADA	12.5 VCD
	RANGO DEL VOLTAJE DE ENTRADA	10.5 a 15.0 (+/- 0.5) VCD
	CORRIENTE DE ENTRADA EN ENERGIA CONTINUA	41.3A a 43.3A
SALIDA	CORRIENTE DE ENTRADA SIN ENERGIA	0.25A a 0.35A
	SALIDA DEL VOLTAJE EN FORMA DE ONDA	Onda Sinusoidal Modificada
	VOLTAJE DE SALIDA	115 VCA
	REGULACION DE VOLTAJE DE SALIDA	+10% / - 2%
	FRECUENCIA DE SALIDA	60 Hz +/- 5%
	SALIDA DE CORRIENTE CONTINUA (CARGA RESISTIVA)	450W
PROTECCIONES	SALIDA DE CORRIENTE PARA PICOS (< 1 SEG, CARGA RESISTIVA)	900W
	PUNTO MAS ALTO DE EFICIENCIA (A 50% DE ENERGIA CONTINUA)	90%
	PUERTO DE CARGA USB	5 VCD, 2.1 Amp
	ALARMA DE BAJA ENTRADA DE VOLTAJE	Si (10.8 +/- 0.3 VCD)
	APAGADO DE BAJA ENTRADA DE VOLTAJE	10.5 +/- 0.3 VCD
	APAGADO DE ALTA ENTRADA DE VOLTAJE	Si. (> 15.5 VCD)
	APAGADO DE SOBRECARGA	Se cierra en condiciones de apagado. Reinicio manual al presionar el botón de ON/OFF (ENCENDIDO/APAGADO)
	APAGADO DE ALTA TEMPERATURA	Si (Auto-reinicio)
	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO, CARGA CONTROLADA, ENCENDIDO A	8 a 12W
	PROTECCION DE FUGA	Si (Apagado)
CONEXIONES	FUSIBLE DE ENTRADA INTERNA, 32V	70A
	CONEXION DE ENTRADA	Tuerca y Tornillo
	CONEXIÓN DE SALIDA – NO DE RECIPIENTES NEMA5-15R	2
	PUERTO DE CONTROL REMOTO	No
GENERAL	RANGO DE TEMPERATURA DE OPERACION	0°C a 25°C a 100% de carga; 26°C a 35°C a 80% de carga 32°F a 77°F a 100% de carga; 78.8°F a 95°F a 80% de carga
	HUMEDAD DE OPERACION	< 80%
	UNION DEL CHASIS NEUTRAL	No. El neutral es flotante
	DIMENSIONES, MM (L X Anch X Alt)	151 x 154 x 56.5
	DIMENSIONES, PULGADAS (L X Anch X Alt)	6.0 x 6.1 x 2.2
	PESO, KGS	.6
PESO, LB	1.3	

NOTA: Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.

12002-SAM-450-12-1113 ES

Para ver una selección completa de los Productos Samlex, visite nuestra página de internet: www.samlexamerica.com o envíenos su correo electrónico a: sales@samlexamerica.com

ANEXO 12

ESPECIFICACIONES DEL GABINETE

PANDUIT NET-ACCESS ENTERPRISE CABINET 24 RU

Net-Access™ Enterprise Cabinet – 24 RU

PANDUIT®
SPECIFICATION SHEET

specifications

The Net-Access™ Enterprise Cabinet shall consist of a metal frame available in 600mm (23.5") width, 1070mm (42.0") depth and 1187mm (46.7") height. The top of cabinet shall include two 1.5" x 5.0" breakouts for cable entry openings to prevent air leakage. Cabinets shall include front and rear single hinge doors with 69% open perforation with keyed swing handles, and solid single piece steel side panels with ¼ turn locks. The design shall accept 19" patch panels, servers, and network equipment. Cabinet shall come assembled or in a flat packaged carton ready for customer assembly. Cabinets shall have a 567kg (1250 lbs.) load rating and 227kg (500 lbs.) rolling load rating.



Net-Access™ Enterprise Cabinets
600mm x 24 RU X 1070mm

24 RU, single hinge perforated front and rear doors with keyed swing handles, (2) solid single piece side panels with ¼ turn locks, with casters, black.

Fully assembled: E6412B2
Flat packaged: E6412B2FP
Flat packaged
five per pallet: E6412B2FP5

technical information

Dimensions:	24 RU – 600mm W (23.5") x 1070mm D (42.0) x 1187mm H (46.7")
Material:	Steel with durable black polyester epoxy powder coat finish
Compliance:	EIA-310-D TIA/EIA-942
Packaging fully assembled:	Cabinet ships assembled, one per pallet
Packaging flat packed:	One per pallet and five per pallet
Weight:	45.8kg (101 lbs.)

Accessories

Cabinet top cable protection bezel for 1.5" x 5.0" cabinet top opening: CTCN1X5

Cool Boot® Cabinet Top Air Sealing Fitting for 1.5" x 5.0" cabinet top opening: CTGN1X5

key features and benefits

Versatility	Adjustable rear rail and fixed front rail for switch, server, or patching
Single hinge perforated front and rear doors	Secured with keyed swing handles; easy to remove door when door is in open position
Security	Solid single piece steel side panels with ¼ turn locks
Rapid deployment	Assembled with heavy duty casters for easy rolling with equipment; leveling legs enable proper leveling at permanent location
Modularity	Flat pack version takes up less space for storage and assists in getting past stairs or tight locations
Top plate	Two 1.5" x 5" breakouts for cable entry; openings accept CTCN1X5 bezel and blank to protect edges from damaging cable and a blank cover to seal off when not in use (sold as accessory)

applications

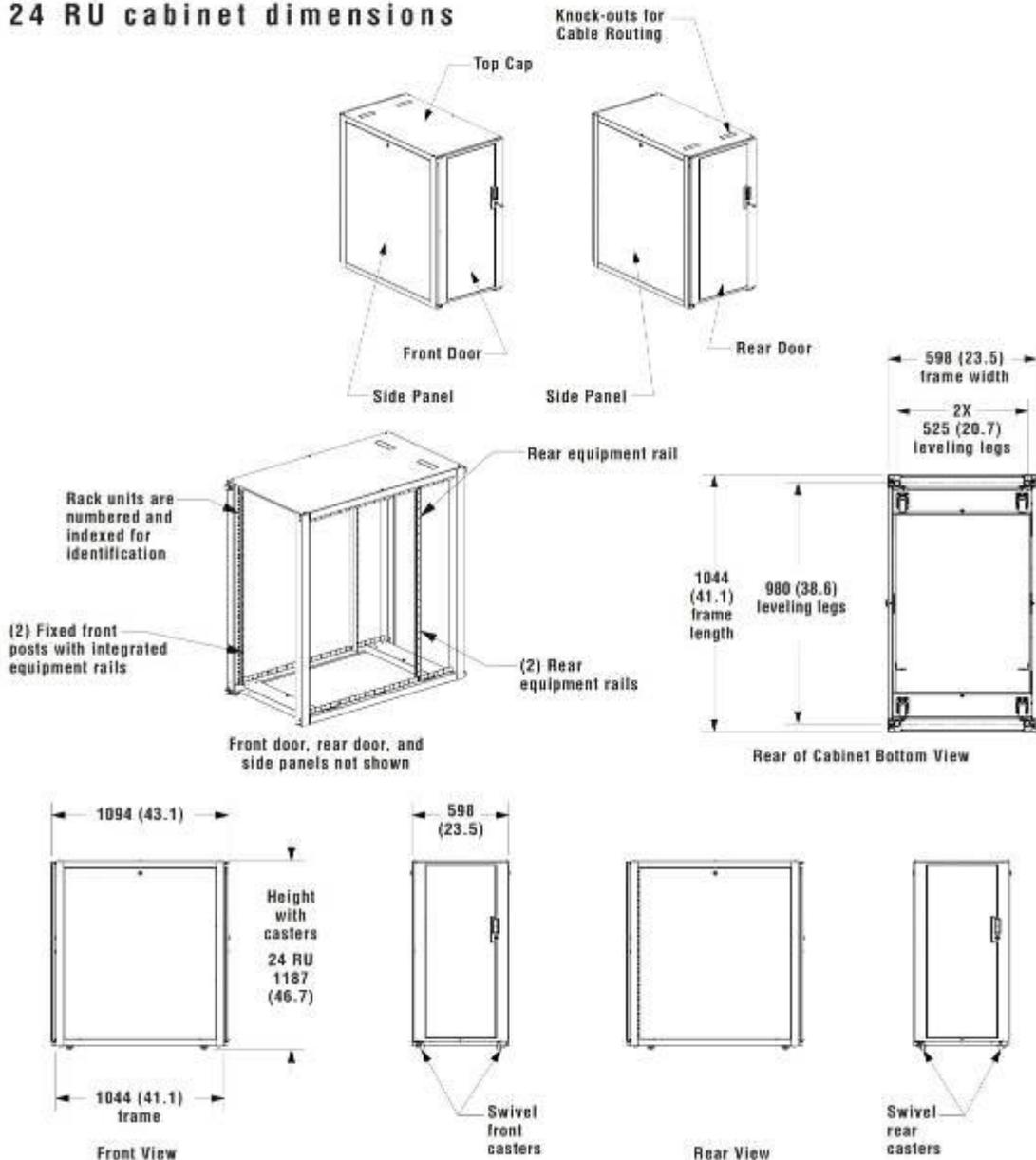
The 24 RU Net-Access™ Enterprise Cabinet stores switches, patching, and servers used in office and small business areas. They are easy to roll away under a desk or in a closet. The ability of the cabinet to easily move where needed, enables fast setups and quick changes

of network capabilities. Perforated doors encourage air flow to help cool equipment in tight spaces. The 24 RU Net-Access™ Enterprise Cabinet is engineered to provide a best in class solution for your enterprise.

www.panduit.com

Net-Access™ Enterprise Cabinet – 24 RU

24 RU cabinet dimensions



Dimensions are in metric. (Dimensions in parenthesis are in inches).

WORLDWIDE SUBSIDIARIES AND SALES OFFICES

PANDUIT CANADA
Markham, Ontario
cs-cdn@panduit.com
Phone: 800.777.3300

PANDUIT EUROPE LTD.
London, UK
cs-emea@panduit.com
Phone: 44.20.8801.7200

PANDUIT SINGAPORE PTE. LTD.
Republic of Singapore
cs-ap@panduit.com
Phone: 65.6305.7575

PANDUIT JAPAN
Tokyo, Japan
cs-japan@panduit.com
Phone: 81.3.8853.6000

PANDUIT LATIN AMERICA
Guadalajara, Mexico
cs-la@panduit.com
Phone: 52.33.3777.8000

PANDUIT AUSTRALIA PTY. LTD.
Victoria, Australia
cs-aus@panduit.com
Phone: 61.3.9794.9020

For a copy of Panduit product warranties, log on to www.panduit.com/warranty

For more information

Visit us at www.panduit.com

Contact Customer Service by email: cs@panduit.com
or by phone: 800.777.3300

PANDUIT®

©2013 Panduit Corp.
ALL RIGHTS RESERVED.
RKSP134-WW-ENG
8/2013

