

## CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b> .....	1
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	9
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	12
 <b>CAPITULO I</b> .....	 15
<b>ESTÁNDAR IEEE 802.16 WIMAX Y REDES INALÁMBRICAS</b> .....	15
1.1. GENERALIDADES.....	15
1.2. INTRODUCCIÓN A LAS REDES INALÁMBRICAS.....	15
1.3. ORIGEN DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS.....	16
1.4. EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE BANDA ANCHA INALÁMBRICAS .....	17
1.5. RED DE BACKHAUL .....	18
1.6. ESTÁNDARES INALÁMBRICOS DE BANDA ANCHA.....	19
1.7. REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL (WLAN) .....	20
1.8. REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA METROPOLITANA (WMAN).....	21
1.8.1. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN LOCAL MULTIPUNTO (LMDS) .....	22
1.8.2. SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN MULTIPUNTO MULTICANAL (MMDS) .....	22
1.9. REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA EXTENSA (WWAN) .....	22
1.9.1. SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES (GSM).....	23
1.9.2. SERVICIO GENERAL DE RADIO POR PAQUETES (GPRS).....	23
1.9.3. SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES (UMTS).....	24
1.10. ESTÁNDAR IEEE 802.16 (WIMAX) .....	24
1.10.1. INTRODUCCIÓN .....	25
1.10.2. CONSIDERACIONES GENERALES .....	25
1.10.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	27
1.10.3.1. Arquitectura de Red .....	27
1.10.3.2. Bandas de frecuencia y Anchos de banda .....	28
1.10.3.3. Calidad de servicio (QoS) .....	29
1.10.3.4. Seguridad (AAA) .....	30
1.10.3.5. Resumen de las especificaciones de WiMAX.....	31
1.10.4. VARIANTES DEL ESTÁNDAR IEEE 802.16 .....	31
1.10.5. APLICACIONES DE LAS REDES WIMAX .....	32

<b>CAPITULO II</b> .....	34
<b>PROVEEDORES DE SERVICIOS DE INTERNET</b> .....	34
2.1. INTRODUCCIÓN .....	34
2.2. BACKHAUL INALÁMBRICO .....	34
2.2.1. VENTAJAS.....	35
2.2.2. APLICACIONES .....	35
2.3. PROVEEDOR DE SERVICIOS INTERNET (ISP) .....	35
2.3.1. CONEXIONES DE USUARIO.....	36
2.3.1.1. Bajo demanda .....	36
2.3.1.2. Enlace dedicado .....	36
2.3.2. SERVICIOS QUE OFRECE UN ISP.....	36
2.4. PROVEEDOR DE SERVICIOS INTERNET INALAMBRICO (WISP) .....	37
2.4.1. SERVICIOS Y BENEFICIOS WISP.....	38
2.5. COMPARATIVA ENTRE UN ISP TRADICIONAL Y UN WISP .....	38
2.5.1. REDES CABLEADAS VS. INALÁMBRICAS. ....	39
2.5.2. WISP VS. ISP .....	39
2.6. ORGANISMOS DE REGULACIÓN .....	40
2.6.1. CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES .....	40
2.6.2. SECRETARÍA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.....	41
2.6.3. SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES .....	41
2.7. REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE VALOR AGREGADO .....	41
2.7.1. TÍTULOS HABILITANTES .....	41
2.7.1.1. Tipos .....	42
2.7.1.2. Duración.....	42
2.7.1.3. Área de Cobertura .....	42
2.7.1.4. Contenido.....	42
2.7.1.5. Anteproyecto Técnico.....	43
2.7.2. TRAMITE DE LOS TÍTULOS HABILITANTES Y SUS AMPLIACIONES.....	43
2.7.3. INFRAESTRUCTURA DE TRANSMISIÓN .....	44
2.7.4. MODALIDADES DE ACCESO .....	44
2.7.5. TARIFAS Y LOS DERECHOS.....	44
2.7.6. DERECHOS Y OBLIGACIONES DE LOS PERMISIONARIOS.....	45
2.7.7. DERECHOS Y DEBERES DE LOS USUARIOS.....	45
2.8. NORMA TÉCNICA SERVICIO DE VALOR AGREGADO DE ACCESO A INTERNET .....	46

2.8.1. CONSIDERACIONES TÉCNICAS.....	46
2.8.1.1. Prestación del servicio de Internet .....	46
2.8.1.2. Contrato de Servicios .....	47
2.8.2. INDICADORES DE CALIDAD.....	47
2.8.2.1. Capacidad mínima requerida .....	47
2.8.2.2. Tasa de pérdida de paquetes .....	48
2.8.2.3. Utilización de los Enlaces .....	48
2.8.3. MEDICIONES, EJECUCIÓN Y CONTROL.....	49
2.8.4. INTERRUPCIÓN, REPARACIÓN Y RESTITUCIÓN DEL SERVICIO.....	49
2.9. NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA .....	50
2.9.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA....	50
2.9.1.1. Bandas de Frecuencias.....	51
2.9.1.2. Configuración de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha .....	51
2.9.1.3. Solicitud y Registro .....	51
2.9.1.4. Certificados de Registro .....	51
2.9.1.5. Vigencia del Registro.....	52
2.9.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL USUARIO .....	52
2.9.2.1. Respetto de los Sistemas de Explotación .....	52
2.9.2.2. Respetto de los Sistemas Privados.....	52
2.9.2.3. Interferencia.....	52
2.9.2.4. Modificaciones .....	52
2.9.2.5. Responsabilidad.....	53
2.10. REGLAMENTO DE DERECHOS POR CONCESIÓN Y TARIFAS POR USO DE FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO .....	53
2.10.1. FACTORES DE CÁLCULO .....	53
2.10.1.1. Factor $Ka$ .....	53
2.10.1.2. Factor $an$ .....	53
2.10.1.3. Factor $\beta n$ .....	54
2.10.2. TARIFAS EN SERVICIO FIJO Y MÓVIL (MULTIACCESO) .....	54
2.10.2.1. Tarifa A.....	54
2.10.2.2. Tarifa C.....	54
2.10.3. TARIFAS EN SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA ) .....	55

<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>56</b>
<b>DISEÑO DE LA RED BACKHAUL Y ACCESO .....</b>	<b>56</b>
3.1. INTRODUCCIÓN.....	56
3.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS RADIOCOMUNICACIONES EN IBARRA .....	56
3.3. POTENCIALIDAD DE WIMAX .....	59
3.4. COMPONENTES DE UNA RED WiMAX .....	61
3.4.1. ESTACIÓN BASE .....	62
3.4.2. ESTACIÓN SUSCRIPTORA .....	62
3.4.3. ANTENAS.....	62
3.4.3.1. Diagrama de radiación o Patrón de radiación.....	63
3.5. SELECCIÓN DE EQUIPOS .....	64
3.6. ANÁLISIS TOPOGRÁFICO.....	67
3.6.1. UBICACIÓN DE NODOS .....	67
3.6.2. CÁLCULO SISTEMAS DE ENLACE - RED BACKHAUL.....	68
3.6.3. DEFINICIÓN DE ENLACES BACKHAUL.....	68
3.6.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENLACES BACKHAUL.....	70
3.6.4.1. Enlace Previsora-Azaya .....	70
3.6.4.2. Enlace Previsora Caranqui .....	72
3.6.4.3. Enlace Previsora Florida.....	73
3.6.5. ÁREA DE COBERTURA – RED DE ACCESO .....	75
3.6.5.1. Parámetros de Estaciones Base y Suscriptor .....	75
3.6.5.2. Nodo Principal Previsora.....	77
3.6.5.3. Nodo Azaya .....	79
3.6.5.4. Nodo Florida.....	80
3.6.5.5. Nodo Caranqui .....	81
3.7. DISEÑO DE RED.....	82
3.7.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE RED .....	83
3.7.1.1. Equipos de Enrutamiento de Tráfico Backhaul .....	83
3.7.1.2. Equipos de Enrutamiento de Borde .....	85
3.7.1.3. Servidor para el Sistema de Gestión Netspan.....	86
3.7.1.4. Servidor para servicios.....	87
3.7.2. DIAGRAMA GENERAL DE RED BACKHAUL .....	88
3.7.3. DIAGRAMA GENERAL DE RED ACCESO .....	89
3.8. REPORTES DE CALIDAD .....	90

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>91</b>
<b>SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE DATOS .....</b>	<b>91</b>
4.1. INTRODUCCIÓN .....	91
4.2. DESCRIPCIÓN Y REFERENCIA DEL SITIO DE SIMULACIÓN .....	91
4.2.1. GOBIERNO MUNICIPAL DE SAN PEDRO DE PELILEO .....	91
4.2.2. SIDEPRO CIA. LTDA. ....	92
4.3. OBJETO, UTILIDAD Y BENEFICIO DE LA RED .....	92
4.4. ESTRATEGIAS PARA EFECTO DE SIMULACIÓN.....	92
4.4.1. OBJETIVOS .....	93
4.4.2. ETAPAS.....	93
4.5. PARAMETROS Y CONSIDERACIONES .....	94
4.5.1. PARAMETROS.....	94
4.5.2. CONSIDERACIONES.....	95
4.6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA RED PELILEO DIGITAL .....	95
4.6.1. DESCRIPCIÓN DE LA RED .....	95
4.6.2. ASPECTOS TÉCNICOS .....	96
4.6.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS INSTITUCIONES.....	96
4.6.4. TOPOLOGÍA DE LA RED .....	97
4.6.5. INFRAESTRUCTURA DE RED.....	98
4.6.5.1. Estación Base .....	99
4.6.5.2. Estación Suscriptora .....	103
4.6.5.3. Software de Gestión (Netspan) .....	106
4.7. PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN .....	107
4.7.1. SELECCIÓN DE ESTACIONES SUSCRIPTORAS Y NODOS .....	108
4.7.2. ESQUEMA DE SIMULACIÓN.....	108
4.7.3. ELECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA Y/O EQUIPOS .....	110
4.7.3.1. Estaciones Base .....	110
4.7.3.2. Puntos de Acceso CPE .....	110
4.7.3.3. Adaptador de Datos SDA.....	111
4.7.3.4. Nodo de Servicio y Gestión .....	111
4.7.4. ANÁLISIS DE ENLACES .....	112
4.7.4.1. Enlace Angamarquillo – Juan León Mera .....	112
4.7.4.2. Enlace San Fernando – Jervasio Artigas.....	116
4.7.4.3. Enlace Angamarquillo – Dr. Jaime Roldos.....	119

4.7.4.4. Enlace 4 de Febrero – Isidro Ayora.....	122
4.7.4.5. Enlace Angamarquillo – Intiñan.....	125
4.7.4.6. Enlace Niton – UE Tungurahua.....	128
4.7.5. ANÁLISIS DEL NODO DE GESTIÓN Y SERVICIO .....	131
4.7.5.1. Comunidades SNMP .....	131
4.7.5.2. Calidad de Servicio.....	133
4.7.5.3. Soporte VLAN .....	135
4.7.5.4. Seguridad .....	137
4.7.5.5. Control de Errores .....	141
4.7.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	142
4.7.6.1. Características de los enlaces.....	142
4.7.6.2. Características del Nodo de Gestión .....	145
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>147</b>
<b>ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....</b>	<b>147</b>
5.1. INTRODUCCIÓN .....	147
5.2. FLUJO DE EFECTIVO .....	147
5.3. VARIABLES FINANCIERAS .....	148
5.3.1. VAN (VALOR ACTUAL NETO) .....	148
5.3.2. TIR (TASA INTERNA DE RETORNO) .....	149
5.3.4. B/C (RELACIÓN BENEFICIO COSTO) .....	150
5.3.5. PRI (PERÍODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN).....	150
5.3.6. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN .....	151
5.4. PLANES DE SERVICIO.....	151
5.4.1. PLANES RESIDENCIALES .....	152
5.4.2. PLANES CORPORATIVOS .....	152
5.5. DEMANDA PROYECTADA .....	153
5.6. COSTOS DE LA RED .....	154
5.6.1. COSTOS DE LA RED DE BACKHAUL .....	154
5.6.2. COSTOS DE LA RED DE ACCESO.....	155
5.6.3. COSTOS DEL NODO DE GESTIÓN .....	155
5.6.4. COSTOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO .....	156
5.6.5. COSTOS DEL VEHICULO.....	157
5.6.6. SUELDOS PERSONAL.....	157

5.7.	COSTOS POR NORMATIVA DE TELECOMUNICACIONES.....	158
5.7.1.	COSTO DE REGISTRO DE LA RED DE TRANSPORTE .....	158
5.7.2.	COSTO TITULO HABILITANTE CONCESIÓN SERVICIOS PORTADORES .....	158
5.7.3.	COSTO TITULO HABILITANTE PERMISO SERVICIOS DE VALOR AGREGADO .....	158
5.7.4.	COSTOS POR USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO .....	158
5.7.4.1.	Costo del Uso de Radiofrecuencias – Red de Acceso .....	159
5.7.4.2.	Costo del Uso de Radiofrecuencias – Red de Backhaul .....	159
5.7.5.	APORTE 1% FODETEL .....	160
5.8.	INVERSIÓN INICIAL .....	160
5.8.1.	DEPRECIACIONES.....	161
5.8.2.	AMORTIZACIONES .....	161
5.9.	FLUJO DE EFECTIVO POR PLANES DE SERVICIO .....	162
5.10.	CÁLCULO DEL FLUJO DE EFECTIVO .....	164
5.11.	ANÁLISIS DE VARIABLES FINANCIERAS .....	165
	<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>167</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>167</b>
6.1.	CONCLUSIONES .....	167
6.2.	RECOMENDACIONES.....	169
	<b>GLOSARIO.....</b>	<b>170</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>175</b>
	<b>ANEXO A</b>	
	<b>PARÁMETROS CARÁCTERÍSTICOS ANTENAS .....</b>	<b>179</b>
	<b>ANEXO B</b>	
	<b>CÁLCULO DE TARIFAS POR USO DE FRECUENCIAS .....</b>	<b>182</b>
	<b>ANEXO C</b>	
	<b>PARÁMETROS RADIOENLACES .....</b>	<b>185</b>
	<b>ANEXO D</b>	
	<b>ZONA DE FRESNEL .....</b>	<b>188</b>

**ANEXO E**

**UBICACIÓN GEOGRÁFICA INSTITUCIONES EDUCATIVAS PELILEO ..... 190**

**ANEXO F**

**SERVIDOR WEB EQUIPOS AIRSPAN ..... 192**

**ANEXO G**

**CONFIGURACIÓN VLAN – NETSPAN ..... 198**

**ANEXO H**

**CERTIFICADO DE SIMULACIÓN RED PELIELO DIGITAL ..... 203**



## INDICE DE FIGURAS

<b>CAPITULO I</b> .....	15
FIGURA 1.1. EJEMPLO DE RED BACKHAUL METROPOLITANA .....	18
FIGURA 1.2. UBICACIÓN DE LOS ESTÁNDARES INALÁMBRICOS SEGÚN ALCANCE.....	19
FIGURA 1.3. SOLUCIÓN DE ACCESO WIMAX Y WIFI PARA ÁREA METROPOLITANA. ....	26
FIGURA 1.4. APLICACIONES WIMAX .....	33
<b>CAPITULO II</b> .....	34
<b>CAPÍTULO III</b> .....	56
FIGURA 3.1. DIAGRAMA DE CONEXIÓN ESTACIONES BASE Y SUSCRIPTORAS .....	59
FIGURA 3.2. ELEMENTOS RED WIMAX. ....	61
FIGURA 3.3. DIAGRAMA DE RADIACIÓN DE ANTENA SECTORIAL.....	64
FIGURA 3.4. ZONIFICACIÓN CIUDAD DE IBARRA .....	67
FIGURA 3.5. INTERFAZ RADIO MOBILE DE INGRESO DE LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN.....	69
FIGURA 3.6. INTERFAZ RADIO MOBILE INGRESO CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS FLEXNET..	69
FIGURA 3.7. RESULTADOS ENLACE PREVISORA-AZAYA.....	70
FIGURA 3.8. PERFIL TOPOGRÁFICO ENLACE PREVISORA-AZAYA .....	71
FIGURA 3.9. RESULTADOS ENLACE PREVISORA- CARANQUI .....	72
FIGURA 3.10. PERFIL TOPOGRÁFICO ENLACE PREVISORA-CARANQUI .....	72
FIGURA 3.11. RESULTADOS ENLACE PREVISORA- FLORIDA.....	73
FIGURA 3.12. PERFIL TOPOGRÁFICO ENLACE PREVISORA-FLORIDA.....	74
FIGURA 3.13. RESULTADOS COBERTURA NODO PREVISORA SECTOR ESTE .....	77
FIGURA 3.14. RESULTADOS COBERTURA NODO PREVISORA SECTOR OESTE.....	78
FIGURA 3.16: RESULTADOS COBERTURA NODO FLORIDA .....	80
FIGURA 3.17: RESULTADOS COBERTURA NODO CARANQUI.....	81
FIGURA 3.18: DIAGRAMA DE BLOQUES .....	82
FIGURA 3.19: DIAGRAMA GENERAL RED DE ACCESO .....	89
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	91
FIGURA 4.1. INSTALACIONES SIDEPRO .....	94
FIGURA 4.2. DIAGRAMA DE LA RED EDUCATIVA. ....	95
FIGURA 4.3. TOPOLOGÍA DE LA RED PELILEO DIGITAL.....	98
FIGURA 4.4. ESQUEMÁTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED .....	98
FIGURA 4.5. MICROMAX BASE STATION RADIO (BSR) .....	100

FIGURA 4.6. PARTE FRONTAL DE UN BSDU .....	100
FIGURA 4.7. SDA-4S .....	101
FIGURA 4.8. ARQUITECTURA DE UNA INSTALACIÓN TÍPICA DEL EQUIPO PROST-WIFI. ....	104
FIGURA 4.9. UBICACIÓN DE LOS PUERTOS DEL PROST-WIFI.....	104
FIGURA 4.10. INTERFAZ NETSPAN .....	107
FIGURA 4.12. ESQUEMA DE SIMULACIÓN B.....	109
FIGURA 4.13. NODOS INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES .....	110
FIGURA 4.14. EQUIPOS DE COMUNICACIONES EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS .....	110
FIGURA 4.15. UNIDAD INDOOR SDA.....	111
FIGURA 4.16. RACK DE COMUNICACIONES UBICADO EN EL NODO CENTRAL MUNICIPIO. ....	111
FIGURA 4.17 ANÁLISIS DEL ENLACE ANGAMARQUILLO – JUAN LEÓN MERA .....	113
FIGURA 4.18 ANÁLISIS DEL PERFIL TOPOGRÁFICO ANGAMARQUILLO – JUAN LEÓN MERA.....	114
FIGURA 4.19 DIRECCIONAMIENTO IP SUSCRIPTOR JUAN LEÓN MERA .....	114
FIGURA 4.20 PARÁMETROS DE SEÑAL DEL SUSCRIPTOR JUAN LEÓN MERA .....	115
FIGURA 4.21 TEST PING Y ANCHO DE BANDA DEL SUSCRIPTOR JUAN LEÓN MERA .....	115
FIGURA 4.22 ANÁLISIS DEL ENLACE SAN FERNANDO – JERVASIO ARTIGAS.....	116
FIGURA 4.23 ANÁLISIS DEL PERFIL TOPOGRÁFICO SAN FERNANDO – JERVASIO ARTIGAS..	117
FIGURA 4.24 DIRECCIONAMIENTO IP SUSCRIPTOR JERVASIO ARTIGAS .....	117
FIGURA 4.25 PARÁMETROS DE SEÑAL DEL SUSCRIPTOR JERVASIO ARTIGAS .....	118
FIGURA 4.26 TEST PING Y ANCHO DE BANDA DEL SUSCRIPTOR JERVASIO ARTIGAS .....	118
FIGURA 4.27 ANÁLISIS DEL ENLACE ANGAMARQUILLO – DR. JAIME ROLDOS.....	119
FIGURA 4.28 ANÁLISIS DEL PERFIL TOPOGRÁFICO ANGAMARQUILLO – JAIME ROLDOS ....	120
FIGURA 4.29 DIRECCIONAMIENTO IP SUSCRIPTOR DR. JAIME ROLDOS.....	120
FIGURA 4.30 PARÁMETROS DE SEÑAL DEL SUSCRIPTOR DR. JAIME ROLDOS.....	121
FIGURA 4.31. TEST PING Y ANCHO DE BANDA DEL SUSCRIPTOR DR. JAIME ROLDOS .....	121
FIGURA 4.32. ANÁLISIS DEL ENLACE 4 DE FEBRERO – ISIDRO AYORA .....	122
FIGURA 4.33. ANÁLISIS DEL PERFIL TOPOGRÁFICO 4 DE FEBRERO – ISIDRO AYORA .....	123
FIGURA 4.34. DIRECCIONAMIENTO IP SUSCRIPTOR ISIDRO AYORA .....	123
FIGURA 4.35 PARÁMETROS DE SEÑAL DEL SUSCRIPTOR ISIDRO AYORA.....	124
FIGURA 4.36. TEST PING Y ANCHO DE BANDA DEL SUSCRIPTOR ISIDRO AYORA.....	124
FIGURA 4.37. ANÁLISIS DEL ENLACE ANGAMARQUILLO – INTIÑAN.....	125
FIGURA 4.38. ANÁLISIS DEL PERFIL TOPOGRÁFICO ANGAMARQUILLO – INTIÑAN.....	126
FIGURA 4.39. DIRECCIONAMIENTO IP SUSCRIPTOR INTIÑAN.....	126
FIGURA 4.40 PARÁMETROS DE SEÑAL DEL SUSCRIPTOR INTIÑAN.....	127

FIGURA 4.41 TEST PING Y ANCHO DE BANDA DEL SUSCRIPTOR INTIÑAN .....	127
FIGURA 4.42. ANÁLISIS DEL ENLACE NITON – UE TUNGURAHUA .....	128
FIGURA 4.43. ANÁLISIS DEL PERFIL TOPOGRÁFICO NITON – UE TUNGURAHUA.....	129
FIGURA 4.44. DIRECCIONAMIENTO IP SUSCRIPTOR UE TUNGURAHUA .....	129
FIGURA 4.45 PARÁMETROS DE SEÑAL DEL SUSCRIPTOR UE TUNGURAHUA .....	130
FIGURA 4.46. TEST PING Y ANCHO DE BANDA DEL SUSCRIPTOR UE TUNGURAHUA .....	130
FIGURA 4.47. PÁGINA COMUNIDADES SNMP .....	132
FIGURA 4.48. VENTANA DE CONFIGURACIÓN SNMP EN EL NETSPAN.....	132
FIGURA 4.49. VENTANA DE CONFIGURACIÓN CLASES DE SERVICIO EN EL NETSPAN .....	134
FIGURA 4.50. ESQUEMA DE SOPORTE MICROMAX VLAN .....	136
FIGURA 4.51. PERFILES DE VLAN CONFIGURADAS.....	136
FIGURA 4.52. CARACTERÍSTICAS ASWIPLL DE SEGURIDAD PARA LAS CAPAS OSI .....	137
FIGURA 4.53. INTERFAZ DE CONFIGURACIÓN NIVELES DE USUARIOS NETSPAN .....	138
FIGURA 4.54. INTERFAZ DE CONFIGURACIÓN CLASIFICADOR DE PAQUETES .....	138
FIGURA 4.55. INTERFAZ DE CONFIGURACIÓN REGLAS L2 .....	139
FIGURA 4.56. INTERFAZ DE CONFIGURACIÓN DIRECCIONES MAC .....	139
FIGURA 4.57. INTERFAZ DE CONFIGURACIÓN DE PERFIL BSR. ....	140
FIGURA 4.58. SEGURIDADES WIFI.....	141
<b>CAPÍTULO V</b> .....	147
<b>ANEXO D</b> .....	188
FIGURA D.1. ZONA DE FRESNEL .....	188
<b>ANEXO F</b> .....	192
FIGURA F.1. ARQUITECTURA INTERFAZ WEB .....	192
FIGURA F.2. PÁGINA PRINCIPAL ADMINISTRACIÓN WEB .....	196
<b>ANEXO G</b> .....	198
FIGURA G.1. INTERFAZ DE ADICIÓN DE UNA VLAN.....	199
FIGURA G.2. INTERFAZ DE CONFIGURACIÓN DE LA BS .....	200
FIGURA G.3. INTERFAZ DE ADICIÓN DE PERFIL DE SUSCRIPTOR .....	201
FIGURA G.4. ASIGNACIÓN DE PERFIL SS.....	201
FIGURA G.5. PERFILES DE VLAN CONFIGURADAS .....	202

## INDICE DE TABLAS

<b>CAPITULO I</b> .....	15
TABLA 1.1. ESPECIFICACIONES DE LAS VERSIONES IEEE 802.16 WIMAX. ....	31
TABLA 1.2. VARIANTES DEL ESTÁNDAR IEEE 802.16 .....	32
<b>CAPITULO II</b> .....	34
TABLA 2.1. TIPOS DE TÍTULOS HABILITANTES. ....	42
TABLA 2.2 BANDAS DE FRECUENCIA.....	51
<b>CAPÍTULO III</b> .....	56
TABLA 3.1: EMPRESAS DE SERVICIOS PORTADORES.....	57
TABLA 3.2: PROVEEDORES DE SERVICIOS DE INTERNET .....	59
TABLA 3.3. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS 3G .....	60
TABLA 3.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	65
TABLA 3.5. CARACTERÍSTICAS EQUIPOS BACKHAUL.....	66
TABLA 3.6: UBICACIÓN GEOGRÁFICA NODOS .....	68
TABLA 3.7: PARÁMETROS ENLACES BACKHAUL .....	70
TABLA 3.8. RESULTADOS ENLACE PREVISORA-AZAYA .....	71
TABLA 3.9. RESULTADOS ENLACE PREVISORA-CARANQUI.....	73
TABLA 3.10. RESULTADOS ENLACE PREVISORA-FLORIDA .....	74
TABLA 3.11. DIRECCIONAMIENTO DEL HAZ DE SEÑAL DEL NODO PREVISORA.....	77
TABLA 3.12. COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTN Y GUAYABILLAS.....	78
TABLA 3.13. COORDENADAS GEOGRÁFICAS BARRIO LOS SOLES. ....	78
TABLA 3.14. DIRECCIONAMIENTO DEL HAZ DE SEÑAL DEL NODO AZAYA.....	79
TABLA 3.15. COORDENADAS GEOGRÁFICAS SALINAS, YURACRUCITO, ALOBURO.....	80
TABLA 3.16. DIRECCIONAMIENTO DEL HAZ DE SEÑAL DEL NODO FLORIDA.....	80
TABLA 3.17. COORDENADAS GEOGRÁFICA BELLAVISTA, CHORLAVÍ, SAN ANTONIO.....	81
TABLA 3.18. DIRECCIONAMIENTO DEL HAZ DE SEÑAL DEL NODO CARANQUI .....	81
TABLA 3.19. COORDENADAS GEOGRÁFICA PUNTOS REFERENCIALES.....	82
TABLA 3.20. CARACTERÍSTICAS CONMUTADORES CAPA 3 .....	84
TABLA 3.21. CARACTERÍSTICAS EQUIPOS DE ENRUTAMIENTO .....	85
TABLA 3.22. CARACTERÍSTICAS SERVIDORES PARA SISTEMA DE GESTIÓN.....	86
TABLA 3.23. CARACTERÍSTICAS SERVIDORES DE SERVICIOS .....	88

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	91
TABLA 4.1. PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN RED WIMAX.....	93
TABLA 4.2. VARIANTES DE FRECUENCIA .....	101
TABLA 4.3. NIVEL DE TRANSMISIÓN MICROMAX .....	102
TABLA 4.4 MECANISMOS DE CALIDAD DE SERVICIO (QOS).....	102
TABLA 4.5 ESPECIFICACIONES FÍSICO-MECÁNICAS MICROMAX.....	103
TABLA 4.6: RANGOS DE FRECUENCIA EN LOS QUE OPERA PROST-WIFI.....	105
TABLA 4.7. DIMENSIONES FÍSICAS DEL PROST-WIFI .....	106
TABLA 4.8 POSICIÓN GEOGRÁFICA INSTITUCIÓN JUAN LEÓN MERA .....	112
TABLA 4.9 DETALLE DEL ENLACE ANGAMARQUILLO – JUAN LEÓN MERA.....	113
TABLA 4.10 POSICIÓN GEOGRÁFICA INSTITUCIÓN GRAL. JERVASIO ARTIGAS.....	116
TABLA 4.11 DETALLE DEL ENLACE SAN FERNANDO – JERVASIO ARTIGAS .....	116
TABLA 4.12 POSICIÓN GEOGRÁFICA INSTITUCIÓN DR. JAIME ROLDOS.....	119
TABLA 4.13 DETALLE DEL ENLACE ANGAMARQUILLO – DR. JAIME ROLDOS .....	119
TABLA 4.14 POSICIÓN GEOGRÁFICA INSTITUCIÓN ISIDRO AYORA.....	122
TABLA 4.15 DETALLE DEL ENLACE 4 DE FEBRERO – ISIDRO AYORA.....	122
TABLA 4.16 POSICIÓN GEOGRÁFICA INSTITUCIÓN INTIÑAN .....	125
TABLA 4.17 DETALLE DEL ENLACE ANGAMARQUILLO – INTIÑAN .....	125
TABLA 4.18 POSICIÓN GEOGRÁFICA INSTITUCIÓN UE TUNGURAHUA .....	128
TABLA 4.19 DETALLE DEL ENLACE NITON – UE TUNGURAHUA.....	128
TABLA 4.20. LISTADO DE CONFIGURACIONES DE CLASES DE SERVICIO EN EL NETSPAN.....	135
TABLA 4.21. RESUMEN DE PERFILES VLAN .....	137
TABLA 4.22. RESUMEN DE PERFILES VLAN .....	140
TABLA 4.23. TÉCNICAS DE MODULACIÓN Y CORRECCIÓN DE ERRORES.....	142
TABLA 4.24. RESUMEN NIVELES DE POTENCIA DE RECEPCIÓN SUSCRIPTORES.....	143
TABLA 4.25. RESUMEN DESPEJES MÍNIMOS Y RADIO PRIMERA ZONA FRESNEL .....	143
TABLA 4.26. RESUMEN SNR ESTACIONES SUSCRIPTORAS. ....	144
TABLA 4.27. DIRECTRICES ESTIMADAS PARA GARANTIZAR QOS.....	144
TABLA 4.28. SOPORTE A SERVICIOS FRENTE A TIEMPOS DE RETARDO .....	145
TABLA 4.29. RESUMEN CARACTERÍSTICAS NODO DE GESTIÓN.....	146
<b>CAPÍTULO V</b> .....	147
TABLA 5.1 TARIFAS PLANES RESIDENCIALES .....	152
TABLA 5.2 TARIFAS PLANES CORPORATIVOS.....	152
TABLA 5.3 USUARIOS CON ACCESO A INTERNET EN IMBABURA.....	153

TABLA 5.4 TAMAÑO DE LA POBLACIÓN IBARRA E IMBABURA.....	153
TABLA 5.5 POSICIONAMIENTO PROYECTADO .....	154
TABLA 5.6 COSTOS RED DE BACKHAUL.....	154
TABLA 5.7 COSTOS ESTACIONES BASE Y COMPONENTES.....	155
TABLA 5.8 COSTOS ESTACIONES SUSCRIPTORA Y COMPONENTES .....	155
TABLA 5.9 COSTOS NODO DE GESTIÓN.....	156
TABLA 5.10 COSTOS SISTEMA ELÉCTRICO.....	156
TABLA 5.11 COSTOS VEHÍCULO .....	157
TABLA 5.12 SUELDOS PERSONAL OPERATIVO.....	157
TABLA 5.13 COSTO UNITARIO ESTACIONES BASE – TARIFA A.....	159
TABLA 5.14 COSTO TOTAL ESTACIONES BASE – TARIFA A .....	159
TABLA 5.15 COSTO POR USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO – TARIFA C.....	159
TABLA 5.16 TARIFAS POR SISTEMAS PUNTO-PUNTO .....	159
TABLA 5.17 RESUMEN DE INVERSIONES .....	160
TABLA 5.18 RESUMEN CAPITAL DE TRABAJO .....	161
TABLA 5.19 DEPRECIACIONES ACTIVOS TANGIBLES .....	161
TABLA 5.20 AMORTIZACIONES ACTIVOS INTANGIBLES .....	162
TABLA 5.21 INGRESOS DEL PRIMER AÑO.....	162
TABLA 5.22 INGRESOS DEL SEGUNDO AÑO. ....	163
TABLA 5.23 INGRESOS DEL TERCER AÑO. ....	163
TABLA 5.24 INGRESOS DEL CUARTO AÑO.....	163
TABLA 5.25 FLUJO DE EFECTIVO PROYECTADO A CUATRO AÑOS.....	165
TABLA 5.26 INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	166
<b>ANEXO B.....</b>	<b>182</b>
TABLA B.1. FACTOR DE CAPACIDAD PARA SISTEMAS WLL.....	183
<b>ANEXO C.....</b>	<b>185</b>
TABLA C.1. FACTOR DE RIGUROSIDAD DE TERRENO. ....	187
TABLA C.2. FACTOR DE ANÁLISIS CLIMÁTICO ANUAL.....	187
<b>ANEXO E.....</b>	<b>190</b>
TABLA E.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES SUSCRIPTORAS.....	191
TABLA F.1. MENÚS PÁGINA PRINCIPAL ADMINISTRACIÓN WEB.....	197
TABLA G.1. REQUERIMIENTOS DE CONFIGURACIÓN.....	198
TABLA G.2. RESUMEN DE PERFILES VLAN .....	202

# CAPITULO I

## ESTÁNDAR IEEE 802.16 WiMAX Y REDES INALÁMBRICAS

### 1.1. GENERALIDADES

En este capítulo se realiza un breve estudio de las redes inalámbricas: Redes de Área Local, Redes de Área Metropolitana y las Redes de Área Amplia inalámbricas (WLAN<sup>1</sup>, WMAN<sup>2</sup>, WWAN<sup>3</sup>, por sus siglas en Inglés) para luego realizar un estudio más profundo del estándar IEEE 802.16 WiMAX (acrónimo de Worldwide Interoperability for Microwave Access), mismo que fundamenta al presente proyecto de grado.

### 1.2. INTRODUCCIÓN A LAS REDES INALÁMBRICAS [1] [2]

Se entiende por redes inalámbricas al conjunto de tecnologías que permiten una comunicación entre dos o más dispositivos sin la utilización de soporte físico, mediante la transmisión de ondas electromagnéticas en el espectro radioeléctrico.

Los productos relacionados a comunicaciones han proliferado de una manera asombrosa especialmente para redes LAN, MAN, WAN remotas e inalámbricas, así como los medios de transmisión de datos; de aquí la importancia de realizar estudios que abarquen estas tecnologías.

Por otra parte, una forma de permitir el desarrollo de nuevas redes de telecomunicaciones de forma rápida y con un coste muy inferior a los de redes cableadas promovió la estandarización internacional favoreciendo la oferta de servicios de banda ancha, en especial en zonas rurales y suburbanas que carecían de otro tipo de infraestructuras, incluso con la reducción del coste en los equipos.

---

<sup>1</sup> **WLAN.-** Wireless Local Area Network. Definido como un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible utilizado como alternativa a una red LAN cableada

<sup>2</sup> **WMAN.-** Wireless Metropolitan Area Network. Sistema de comunicación inalámbrico que abarca zonas geográficas distantes (decenas de kilómetros)

<sup>3</sup> **WWAN.-** Wireless Wide Area Network. Red inalámbrica que por lo general hace uso de tecnologías de red celular de comunicaciones móviles.

### **1.3.ORIGEN DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS [3]**

El teórico James Clerk Maxwell fue el primer científico que lanzó la noción de las ondas electromagnéticas en 1864, al mencionar que éstas provienen de un cambio de dirección en la energía eléctrica.

*“Un dispositivo diseñado para producir ondas electromagnéticas mediante el cambio de la dirección de una corriente eléctrica, un proceso que se conoce como oscilación, es en esencia un transmisor”.* [5]

En base a este postulado Heinrich Hertz, en 1880 desarrolló un equipo que envió y luego recibió ondas electromagnéticas a través del aire.

Un hito trascendental para las comunicaciones inalámbricas es el sistema de espectro extendido, su desarrollo se debe a Hedy Lamarr; cuya invención fue un sistema para emitir comunicaciones de radio de banda angosta a través de una banda ancha en el espectro de frecuencia, cuyo aplicativo era guiar torpedos hacia sus blancos de una manera que fuera invulnerable a las técnicas de obstrucción de frecuencias o al espionaje.

En 1985, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) asignó por primera vez porciones de frecuencias de radio para que entidades industriales, científicas y médicas las usen sin necesidad de una licencia. Este tipo de bandas se las conoce como bandas ISM (Industrial, Scientific, and Medical; por sus siglas en inglés).

Poco después de un año, una compañía llamada Telesystems SLW empleó una variante del sistema de espectro extendido llamado sistema de secuencia directa, donde una señal de banda angosta se la extiende a través de un ancho de banda determinado, al multiplicar el ancho de la señal a través de un conjunto de frecuencias más grande.

En 1988 fue introducido al mercado el primer sistema comercial basado en la tecnología de Secuencia Directa en el espectro extendido, llamándolo Sistema DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum, por sus siglas en inglés); este sistema operaba en una banda no licenciada establecida por la FCC, alrededor de 902 y 928 MHz.



## **1.4. EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE BANDA ANCHA INALÁMBRICAS [6] [7]**

Los enlaces de radio son una de las alternativas que se puede emplear en una interconexión entre puntos de acceso, ya que pueden proporcionar soluciones muy competitivas en entornos donde resulte inviable técnica y económicamente una conexión de cobre o fibra óptica.

Una red de acceso de banda ancha inalámbrica *BWA* (Broadband Wireless Access, por sus siglas en inglés), es el conjunto de tecnologías que permiten una comunicación entre dos o más dispositivos sin la utilización de soporte físico cableado, mediante la transmisión de ondas electromagnéticas en el espacio radioeléctrico [8].

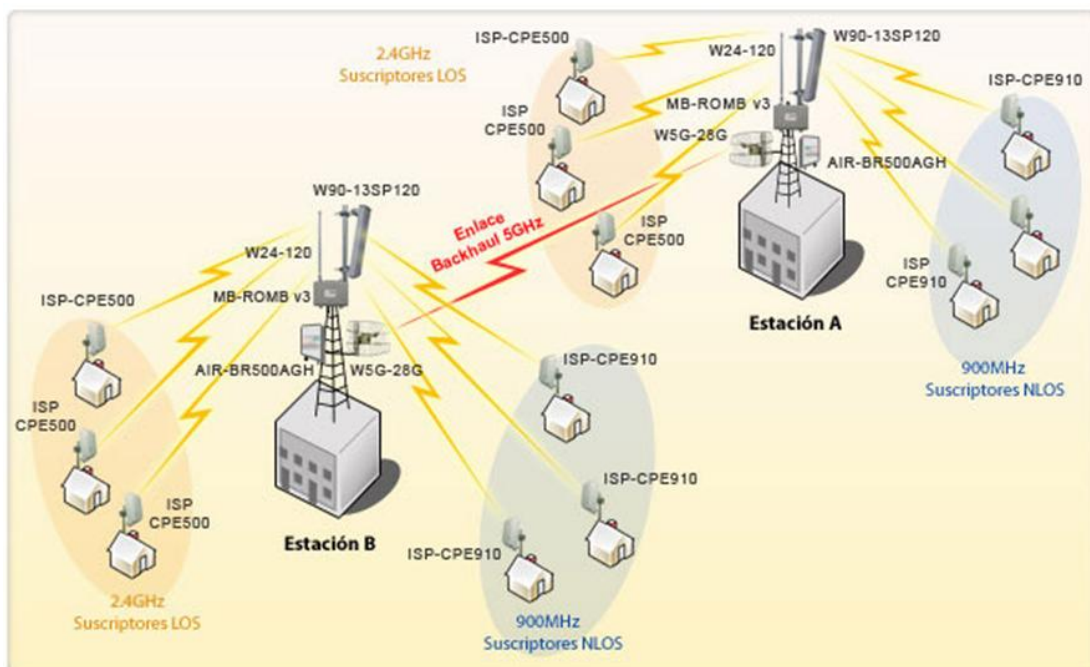
La representación de la operación de las redes de acceso inalámbrico es similar al de las comunicaciones celulares, con la diferencia de que el terminal del usuario no es un dispositivo móvil, estando la antena receptora en una ubicación fija.

Entre las posibilidades tecnológicas cabe destacar, sistemas relativamente poco conocidos, referenciados como sistemas de banda ancha inalámbricos *BWA*. Entre ellos el Servicio de Distribución Multipunto Multicanal *MMDS* (Multichannel Multipoint Distribution Service, por sus siglas en inglés) o el Sistema de Distribución Local Multipunto *LMDS* (Local Multipoint Distribution Services, por sus siglas en inglés). Ambos sistemas se basan en el uso de frecuencias microondas, por lo que se requiere que no exista ningún tipo de obstáculo físico entre la antena emisora y la receptora. La transmisión es punto-multipunto, por lo que una única antena transmite la señal a varias antenas receptoras dentro de una zona geográfica determinada.

## 1.5. RED DE BACKHAUL [1] [9]

Una Red Backhaul es también conocida como una Red de Retorno, la cual permite la conexión de redes de datos a través de medios de transmisión y equipos de telecomunicaciones encargados de hacer transmitir la información.

Los backhaul justifican su importancia debido a que constituyen una estructura fundamental de las redes de comunicación para interconectar redes entre sí utilizando diferentes tipos de tecnologías inalámbricas y/o alámbricas.



**Figura 1.1. Ejemplo de Red Backhaul Metropolitana [10]**

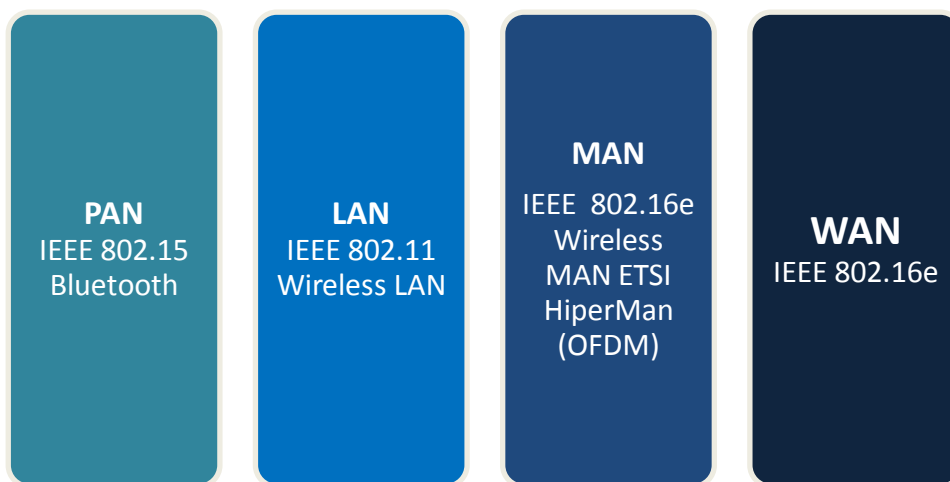
**Fuente:** [www.netkrom.com/es](http://www.netkrom.com/es)

En la Figura 1.1 se muestra una solución que incluye la creación de enlaces de Backhaul y Backbone para llegar a más lugares con el fin de proveer servicio de Internet inalámbrico a áreas geográficamente remotas.

En este punto es considerable mencionar la diferencia de que un Backbone se refiere al enlace troncal o subsistema vertical en una Red de Área Local, en cambio el Backhaul, es la interconexión de redes LAN en una red Metropolitana.

## 1.6. ESTÁNDARES INALÁMBRICOS DE BANDA ANCHA [11] [12]

En cualquier tipo de tecnología de comunicaciones los estándares son clave para promover grandes volúmenes de producción y, de este modo, reducir costes y viabilizar un crecimiento del mercado permitiendo el acceso de gran número de usuarios a dicha tecnología. Adicionalmente, la estandarización simplifica los procesos de prueba y evaluación de productos, a la vez que reduce los tiempos de desarrollo y de implantación. [13]



*Figura 1.2. Ubicación de los estándares inalámbricos según alcance*

En tal virtud, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos - IEEE ha establecido una serie de estándares inalámbricos complementarios entre ellos, por ejemplo: el estándar IEEE 802.15 para Redes de Área Personal (PAN), IEEE 802.11 para Redes de Área Local (LAN) e IEEE 802.16 para Redes de Área Metropolitana (MAN). Además, la variante IEEE 802.16e se define para operaciones móviles y para las Redes de Área Amplia (WAN), el cual también es ocupado por las tecnologías de telefonía celular de segunda y tercera generación como el Sistema Global para Comunicaciones Móviles o el Sistema Universal de Telecomunicaciones móviles (GSM<sup>4</sup> y UMTS<sup>5</sup> respectivamente, por sus siglas en inglés).

<sup>4</sup> **GSM.**- Global System for Mobile Communications. Es un sistema de comunicación global mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital

<sup>5</sup> **UMTS.**- Universal Mobile Telecommunications System. Tecnología empleada por los móviles de tercera generación, sucesora de GSM

## **1.7. REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL (WLAN) [14]**

Las WLAN permiten cubrir una área con un alcance aproximado de 100 metros, permitiendo que los terminales que se encuentren dentro del área de cobertura puedan comunicarse entre sí. Este tipo de redes proveen la flexibilidad y libertad de operar dentro de edificios y entre ellos.

El IEEE 802.11 o WI-FI es un estándar de protocolo de comunicaciones que define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI, capas física y de enlace de datos, especificando sus normas de funcionamiento en una Red de Área Local Inalámbrica.

El estándar original de este protocolo data de 1997, era el IEEE 802.11, tenía velocidades de 1 hasta 2 Mbps y trabajaba en la banda de frecuencia de 2,4 GHz pero en la actualidad no se fabrican productos sobre este estándar.

La siguiente modificación apareció en 1999 y es designada como IEEE 802.11b, esta especificación tenía velocidades de 5 hasta 11 Mbps, también trabajaba en la frecuencia de 2,4 GHz.

Adicionalmente, se realizó una especificación para operar a una frecuencia de 5 GHz que alcanzaba los 54 Mbps, era la 802.11a y resultaba incompatible con los productos de la b y por motivos técnicos casi no se desarrollaron productos.

Posteriormente se incorporó un estándar a esa velocidad y compatible con el estándar 802.11b que recibiría el nombre de 802.11g.

En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación b y de la g, Pero una propuesta de modificación al estándar IEEE 802.11-2007 para mejorar significativamente el rendimiento de la red más allá de los estándares anteriores es el estándar 802.11n con una tasa de transmisión de hasta 600 Mbps. El mismo fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009.

La revisión 802.11i, es una mejora a la seguridad del protocolo. En cambio, estándares de esta familia como: c–f, h–j, n, son mejoras de servicio y extensiones o correcciones a especificaciones anteriores.

Finalmente, con el estándar 802.11e, Wi-Fi soporta tráfico en tiempo real por las garantías de Calidad de Servicio (QoS). El objetivo del nuevo estándar 802.11e es introducir nuevos mecanismos a nivel de capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de Calidad de Servicio. [15]

Por otra parte, la adopción masiva de este tipo de redes fue estimulado por el uso del espectro libre, ya que reduce las barreras de adopción aumentando el número de usuarios conectados en red y por incrementa aun más su valor.

## **1.8. REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA METROPOLITANA (WMAN) [16] [17]**

La misión del grupo de trabajo IEEE 802.16 es desarrollar sistemas Inalámbricos de Área Metropolitana. A este tipo de redes también se les conoce como bucle local inalámbrico (WLL<sup>6</sup>, por sus siglas en inglés). Los bucles locales inalámbricos ofrecen una velocidad total efectiva de 1 a 10 Mbps, con un alcance de 4 a 10 kilómetros. Existen dos topologías básicas: punto a punto entre dos lugares fijos a alta velocidad y punto-multipunto entre lugares fijos. [18]

La tecnología WMAN permiten a los usuarios establecer conexiones inalámbricas entre varias ubicaciones dentro de un área metropolitana, por ejemplo: en un campus universitario o entre varios edificios de una ciudad evitando el alto costo de instalación de cables de cobre o fibra.

Las redes de acceso inalámbrico de banda ancha presentan una mayor demanda debido a la alta velocidad de acceso a Internet. WMAN utiliza ondas de radio para transmitir los datos, aunque se están utilizando diferentes tecnologías, como los servicios de distribución multipunto locales

---

<sup>6</sup> **WLL.-** Wireless Local Loop. Bucle local inalámbrico que usa enlaces de comunicaciones inalámbricas para ofrecer servicios de telefonía e Internet de banda ancha.

y el servicio de distribución multipunto de canal múltiple (LMDS<sup>7</sup> y MMDS<sup>8</sup> respectivamente, por sus siglas en inglés).

### **1.8.1. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN LOCAL MULTIPUNTO (LMDS) [19]**

Es una tecnología de conexión vía radio inalámbrica que permite gracias a su ancho de banda el despliegue de servicios fijos de voz, acceso a internet, comunicaciones de datos en redes privadas y video bajo demanda.

### **1.8.2. SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN MULTIPUNTO MULTICANAL (MMDS) [20]**

Este servicio identifica a una tecnología inalámbrica de telecomunicaciones empleada para el establecimiento de una red de banda ancha de uso general o más usualmente, como método alternativo de recepción de programación de televisión por cable.

## **1.9. REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA EXTENSA (WWAN) [16] [17]**

La tecnología WWAN permite a los usuarios establecer conexiones inalámbricas a través de redes remotas públicas o privadas. Estas conexiones pueden mantenerse a través de áreas geográficas extensas, como ciudades o países, mediante el uso de antenas en varias ubicaciones o sistemas satélite que mantienen los proveedores de servicios inalámbricos.

Este tipo de redes tienen un alcance más amplio que todas las redes inalámbricas antes mencionadas, por esta razón, todos los teléfonos móviles están conectados a una red inalámbrica de área extensa.

---

<sup>7</sup> **LMDS.-** Local Multipoint Distribution Service. Tecnología de conexión vía radio inalámbrica que permite el despliegue de servicios fijos de voz, acceso a Internet, comunicaciones de datos en redes privadas, y video bajo demanda.

<sup>8</sup> **MMDS.-** Multichannel Multipoint Distribution Service. Tecnología inalámbrica de telecomunicaciones, usada para el establecimiento de redes de banda ancha, por lo general como método alternativo para recepción de programación de televisión por cable.

### **1.9.1. SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES (GSM) [21]**

Es un sistema que define la comunicación mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital, en la que GSM se considera por su velocidad de transmisión y otras características, un estándar de segunda generación (2G).

Su mayor seguridad es el acceso por tarjeta inteligente y cifrada de todas las conversaciones, evitando escuchas en la red. Entre algunas de las ventajas de GSM se puede mencionar lo siguiente: Permite la integración de voz y datos debido a la digitalización de las transmisiones de radio, compatibilidad con la RDSI<sup>9</sup>, utilización del espectro de forma más eficiente, uso de células más pequeñas y un menor consumo de energía que permite terminales más pequeños.

### **1.9.2. SERVICIO GENERAL DE RADIO POR PAQUETES (GPRS) [22]**

El estándar GPRS es un conjunto de datos basados en paquetes de portador de servicios de comunicación inalámbrica que se entrega como una superposición de las redes GSM, CDMA y TDMA.

GPRS aplica un principio de paquetes por radio para transferir paquetes de datos de usuario de una manera eficiente entre las estaciones móviles GSM y redes externas de paquetes de datos.

GPRS es una evolución del estándar GSM y se clasifica como 2.5G, debido a que se enfoca a la telefonía de segunda generación que admite una transición hacia la tercera generación (3G).

El Servicio General de Radio por Paquetes extiende la arquitectura del estándar GSM para permitir la transferencia de datos del paquete con una tasa de datos teóricos de alrededor de 171,2 Kbits/s, hasta 114 Kbits/s en la práctica. Debido al modo de transferencia en paquetes, la transmisión de

---

<sup>9</sup> **RDSI.-** Red Digital de Servicios Integrados. Es una red que procede de la evolución de la red telefónica tradicional, que al ofrecer conexiones digitales de extremo a extremo permite la integración de multitud de servicios en un único acceso.

datos únicamente utiliza la red cuando es necesario. En tal virtud, GPRS permite al usuario recibir facturas por volumen de datos en lugar de la duración de la conexión, lo que significa especialmente que el usuario puede permanecer conectado sin costo adicional. [23]

Para el transporte de voz, el estándar GPRS emplea la arquitectura de red GSM y provee acceso a la red de datos, especialmente Internet por medio del Protocolo de Internet (IP) o del protocolo X.25<sup>10</sup>.

### **1.9.3. SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES (UMTS) [24]**

Es una tecnología sucesora de GSM usada por los dispositivos móviles de tercera generación (3G), debido a que la tecnología GSM ya no podía seguir un camino evolutivo para llegar a brindar servicios considerados de tercera generación. En síntesis, UMTS es una tecnología de comunicaciones por radio que brinda un ancho de banda mayor para ofrecer acceso móvil a servicios basados en internet.

Entre algunas características se puede mencionar que facilita una variedad de servicios, capacidad multimedia, elevada velocidad de acceso a Internet, la cual también le permite transmitir audio y video en tiempo real; y una transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas.

### **1.10. ESTÁNDAR IEEE 802.16 (WIMAX) [16] [25]**

La tecnología de Interoperabilidad mundial para acceso por microondas (WiMAX) es un estándar de transmisión inalámbrica de área metropolitana que se basa en el estándar americano IEEE 802.16 y en europeo HiperMAN del Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI<sup>11</sup>, por sus siglas en inglés) la cual permite a los usuarios tener acceso de banda ancha de manera inalámbrica.

---

<sup>10</sup> X.25.- Es un protocolo utilizado únicamente entre el equipo terminal de datos (DTE) y la Red.

<sup>11</sup> ETSI.- European Telecommunications Standards Institute. Organización dedicada a la estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa.



### **1.10.1. INTRODUCCIÓN**

Uno de los principales elementos de la tecnología WiMAX es la interoperabilidad de los equipos WiMAX, certificados por el WiMAX Forum, lo que ha provocado un enorme crecimiento y confianza de los proveedores de servicios para comprar equipos de más de una empresa. El WiMAX Forum ha reunido a los líderes en la comunicación y la industria informática para impulsar una plataforma común para el despliegue mundial de servicios basados en IP de banda ancha inalámbrica. [26]

WiMAX es una excelente alternativa para los usuarios finales, operadores de redes y proveedores de servicios, ya que permite una nueva economía, así como nuevos niveles de rendimiento, la transformación del modelo de negocio para el despliegue del acceso inalámbrico de banda ancha. A diferencia de la mayoría, WiMAX ha sido optimizada para dar una cobertura excelente en condiciones sin línea de vista, siendo apropiada para aplicaciones de última milla donde obstáculos como árboles y edificios están presentes.

Crea un entorno de alta calidad, servicios multi-megabit que se entregarán a los usuarios finales de la manera más económica mediante la creación de un mercado global y un marco para la innovación. WiMAX está orientado tanto a proveedores de servicio de Internet (ISP) como a suscriptores finales, es una tecnología que transforma las señales de voz y datos en ondas de radio, que se transmiten hasta una antena receptora.

### **1.10.2. CONSIDERACIONES GENERALES**

WiMAX gracias a su avanzada tecnología permite grandes distancias de cobertura de hasta 80 Km para condiciones de línea de vista y un tamaño de celda de hasta 8 Km en condiciones sin línea de vista.

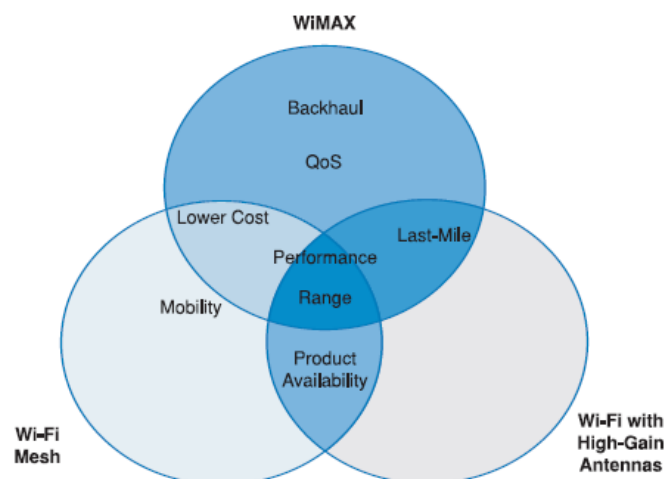
El presente estándar nace con la idea de proporcionar conectividad entre Hotspots<sup>12</sup> 802.11 y para soluciones a problemas de las redes cableadas de

---

<sup>12</sup> **Hotspots.**- Zona de cobertura Wi-Fi

última milla, ya que la presente tecnología alcanza velocidades de transmisión de más de 100 Mbps. en un canal con ancho de banda de 28 MHz, en la banda de 10 a 66 GHz, mientras que puede llegar a los 70 Mbps, operando en el rango de frecuencias más bajos de 2 a 11 GHz; velocidades que se consiguen gracias a la utilización de la modulación OFDM<sup>13</sup> con 256 sub-portadoras.

Las redes Wi-Fi de malla están promoviendo la demanda de WiMAX aumentando la proliferación de acceso inalámbrico, extendiendo la necesidad de soluciones de backhaul y un rendimiento más rápido de última milla. A continuación en la figura se muestra que cada solución inalámbrica de metro-acceso presenta sus únicos y comunes beneficios.



**Figura 1.3. Solución de acceso WiMAX y Wifi para área metropolitana. [27]**

**Fuente:** <http://www.rclient.com/PDFs/IntelPaper.pdf>

Una red Wi-Fi de malla de la red ofrece movilidad, mientras que WiMAX ofrece un backhaul de larga distancia y solución de última milla.

WiMAX proporciona un gran ancho de banda con el fin de soportar cientos de usuarios por canal y es una tecnología adecuada tanto para tráfico continuo como ráfagas, siendo independiente del protocolo. Además se contempla la posibilidad de formar redes en malla, con el fin de no requerir una visión directa para comunicar a los usuarios entre sí.

<sup>13</sup> **OFDM.-** Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales. Su principio de funcionamiento es el de distribuir un dato sobre un largo número de portadores que son espaciados en precisas frecuencias. Este espaciado provee la ortogonalidad que permite al demodulador evitar frecuencias que no son las suyas.

### 1.10.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El estándar 802.16 manifiesta dentro de las especificaciones se incluyen funciones de seguridad robusta y Calidad de Servicio - QoS, las cuales son necesarias para soportar servicios que requieren baja latencia como video y voz.

Entre otras características se puede mencionar que mantiene equipos robustos y confiables, combinación de arreglo de antenas con una unidad de procesamiento de señales, mayor capacidad de transmisión, mejor uso del espectro de frecuencia y menores costos de infraestructura. El servicio de voz en el estándar 802.16 puede ser por el tradicional Multiplexado por División de Tiempo (TDM) o Voz Sobre IP (VoIP).

#### 1.10.3.1. Arquitectura de Red

La arquitectura de red está definida por el WiMAX Forum según el Grupo de Trabajo de Red, el cual se encarga de suministrar una movilidad eficiente ofreciendo técnicas de intercambio de localización como Roaming<sup>14</sup> y Handover<sup>15</sup>, mediante el uso de interfaces estándar. [28]

Una red WiMAX consta de un emisor, denominado estación base (BS o BTS), que distribuye u ofrece cobertura WiMAX a una serie de receptores como los Equipos Locales de Cliente (CPE).

La arquitectura de WiMAX tiene como principales objetivos proporcionar un mecanismo para garantizar la interoperabilidad y conseguir la integración de los nuevos servicios de voz, video y datos constituye, en conclusión, su arquitectura representa una evolución de la infraestructura de las redes de acceso telefónico y telecomunicaciones.

Este tipo de redes mantienen una plataforma basada en el protocolo de internet "todo-IP", cuyo fin se fundamenta en el transporte de paquetes encapsulados de información a través de Internet.

---

<sup>14</sup> **Roaming.**- Capacidad de cambiar de un área de cobertura a otra sin interrupción en el servicio o pérdida en conectividad.

<sup>15</sup> **Handover.**- Consiste en la transición que se produce cuando pasamos del rango de acción de una célula al rango de acción de otra.

Entre las características que han permitido el desarrollo de la arquitectura WiMAX se puede mencionar las siguientes: permite la modularidad y flexibilidad en su implementación en áreas urbanas y rurales, empleo de bandas licenciadas y no licenciadas, empleo de una topología jerárquica y Mesh<sup>16</sup> y finalmente que se basa en la conmutación de paquetes.

#### **1.10.3.2. Bandas de frecuencia y Anchos de banda**

A continuación se presenta un breve manifestación respecto a cuáles son las bandas de frecuencia utilizables por el estándar WiMAX en sus diferentes modalidades. Además, se identifica el uso del espectro libre y la utilización de bandas de frecuencia licenciadas. [29]

- **Banda licenciada 10 - 66 GHz.-** En esta banda de frecuencia la línea de vista es requerida y el fenómeno multitrayectoria es insignificante. El Ancho de banda de los canales es de 20, 25 hasta 28 MHz con 120 Mbps.
- **Banda licenciada debajo de 11 GHz.-** El estándar puede trabajar con línea de vista (LOS) o sin ella (NLOS), para esta última se requieren funcionalidades en la capa física como el manejo de potencia y múltiples antenas. La banda de 2.5 GHz se ha asignado en muchos lugares del mundo como América del Norte, América Latina, parte de Asia, Europa Occidental y Oriental como una banda licenciada. Cada uno de los países asigna una banda diferentemente, así el espectro asignado en las diferentes regiones puede ir de 2.5 a 2.7 GHz. La banda de 3.5 GHz en algunos países necesita licencia, la banda asignada puede ir de 3.4 a 3.7 GHz. El ancho de banda es seleccionable entre 1,25 y 20 MHz.
- **Bandas libre de licencias debajo de 11 GHz .-** Por ejemplo de 5 a 6 GHz, tienen las mismas especificaciones que las licenciadas debajo de 11 GHz, pero tienen en cuenta las interferencias y coexistencias con otros operadores. En la banda de 5.725 a 5.85 GHz, muchos

---

<sup>16</sup> **Mesh.-** Topología de red en la que cada nodo está conectado a todos los nodos.

países permiten una potencia de salida de 1Watt, con lo cual se puede mejorar la cobertura. De igual forma, el ancho de banda es seleccionable entre 1,25 y 20 MHz.

### 1.10.3.3. Calidad de servicio (QoS) [30]

La implementación QoS en WiMAX, a nivel MAC<sup>17</sup>, asocia cada transmisión a un flujo de servicio para obtener un nivel de acceso a red orientado a conexión.

El estándar tiene definidos cinco métodos de reserva de ancho de banda para los tipos de flujos de servicios diferentes y se mencionan a continuación:

- **Servicio garantizado no solicitado.-** la estación base asigna periódicamente espacio disponible en el enlace ascendente para cada conexión de este tipo, por ejemplo VoIP.
- **Servicio con sondeo en tiempo real.-** diseñado para el soporte de conexiones en tiempo real que generen paquetes de tamaño variable según intervalos de tiempo constantes, por ejemplo MPEG<sup>18</sup>.
- **Servicio de sondeo en tiempo diferido.-** diseñado para el soporte de conexiones que no presentan requisitos de tiempo real, por ejemplo FTP<sup>19</sup>.
- **Servicio best effort.-** pensado en el tráfico que no requiere QoS de este tipo, por ejemplo acceso a la Web.
- **Servicio de tiempo real con tasa variable.-** soporta aplicaciones de tiempo real que presentan tasas de datos variables, pero que requieren tasas de retardo máximo y velocidad de transferencia mínima, por ejemplo VoIP con cancelación de eco.

---

<sup>17</sup> **MAC.-** Dirección MAC (media access control; en español control de acceso al medio) es un identificador de 48 bits (3 bloques hexadecimales) que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red.

<sup>18</sup> **MPEG.-** Nombre de un grupo de estándares de codificación de audio y vídeo normalizados.

<sup>19</sup> **FTP.-** Protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados bajo una arquitectura cliente servidor.

Además, WiMAX provee la activación de estos flujos de servicio de manera dinámica mediante funciones de señalización de QoS.

#### **1.10.3.4. Seguridad (AAA<sup>20</sup>) [30]**

Por tratarse de un estándar de comunicaciones inalámbricas de banda ancha, WiMAX aborda los problemas de las tecnologías inalámbricas ante la seguridad. Las limitaciones de seguridad presentes en WiFi han enfocado a WiMAX hacia un esquema de comunicaciones seguras a nivel de interfaz aire en cuanto a intercambio de datos.

Las técnicas de seguridad se implementan a múltiples niveles de red, presentando un panorama seguro para las aplicaciones distribuidas sobre WiMAX.

El subnivel de seguridad específico del 802.16e trata el tema de seguridad a nivel de la capa de Enlace de Datos. Se implementan técnicas de autenticación y autorización, que aseguran el acceso exclusivo a la red por usuarios admitidos. Además, la encriptación de datos a nivel de enlace asegura privacidad y protege al tráfico de datos de accesos indebidos e interceptación de los mismos.

La seguridad de WiMAX a nivel de la Capa de Red protege a la red de ataques mediante el uso de firewalls o servidores de seguridad AAA. El ejemplo más común de protocolo para interacción de AAA es RADIUS<sup>21</sup>.

La arquitectura de una red WiMAX utiliza todas estas técnicas proporcionando seguridad mediante un modelo de autenticación y migración AAA. Para los niveles de Transporte y Aplicación, las técnicas de seguridad introducidas en una red WiMAX son responsabilidad del propio operador.

---

<sup>20</sup> **AAA.-** Autenticación, Autorización y Contabilidad, por sus siglas en inglés.

<sup>21</sup> **RADIUS.-** Acrónimo en inglés de Remote Authentication Dial-In User Server. Es un protocolo de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a la red o movilidad IP.

### 1.10.3.5. Resumen de las especificaciones de WiMAX

En la tabla que se muestra a continuación se identifica las especificaciones principales de la tecnología WiMAX.

ESPECIFICACIONES ESTANDAR IEEE 802.16			
Estándar	802.16,802.16a, 802.16c	802.16d 2004	802.16e
Banda de frecuencias	10 - 66 GHz	2 - 11 GHz (3,5 y 5,8 GHz.)	2 - 6 GHz (2,3 y 2,5 GHz)
Velocidad de transmisión	32 -134 Mbit/s	hasta 75 Mbit/s	Hasta 35 Mbit/s
Ancho de Banda	20, 25 y 28 MHz.	Entre 1,25 y 20 MHz.	Entre 1,25 y 20 MHz.
Cobertura	2 a 5 Km aprox.	Alcance Max. de 50 Km.	10 Km aprox.
Modulación	QPSK, 16QAM y 64QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM y 64QAM.	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM y 64QAM.

**Tabla 1.1. Especificaciones de las versiones IEEE 802.16 WiMAX.**

*Fuente:* <http://standards.ieee.org/getieee802>

### 1.10.4. VARIANTES DEL ESTÁNDAR IEEE 802.16

Las especificaciones más relevantes del presente estándar IEEE 802.16 son las siguientes:

ESPECIFICACIÓN	AÑO DE RATIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
802.16	2001	MAC y capa física para acceso inalámbrico de banda ancha fijo en la banda de 10 a 66 GHz.
802.16a	2002	Corrección de la especificación original: nuevas especificaciones para la capa física con rango de frecuencias de 2 a 11 GHz. También se incluye modo de operación para redes malladas.
802.16b	2003 (Obsoleta)	Delimita redes de área metropolitana inalámbricas en bandas de frecuencia desde 10 a 60 GHz.
802.16c	2003	Perfil del sistema para la banda de 10 a 66 GHz.
802.16d	2004	Mejoras de la capa MAC. Conocido como 802.16-2004. Se considera como la especificación base del acceso fijo de banda ancha inalámbrico.

ESPECIFICACIÓN	AÑO DE RATIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
802.16e	2005	Provee soporte específico para la movilidad. Conocido como 802.16-2005. Se considera como la especificación de referencia del acceso móvil de banda ancha inalámbrico.
802.16f	2006	Base de administración de la información.
802.16g	2007 (Sustituida)	Administración de red (plano de procedimientos de gestión y servicios).
802.16h	2010	Coexistencia con bandas de frecuencia sin licencia
802.16i	2009	Base de administración móvil de la información.
802.16j	2009	Especificación para la red de transmisión multi-salto.
802.16k	2007	Capa MAC como puente.
WiBRO	2005	Estándar coreano de banda ancha inalámbrico incorporado en la especificación 802.16e.
802.16m	En progreso	Extensión del 802.16 que entrega datos a velocidad de 1 Gbps en reposo y 100 Mbps en movimiento.

**Tabla 1.2. Variantes del estándar IEEE 802.16 [31]**

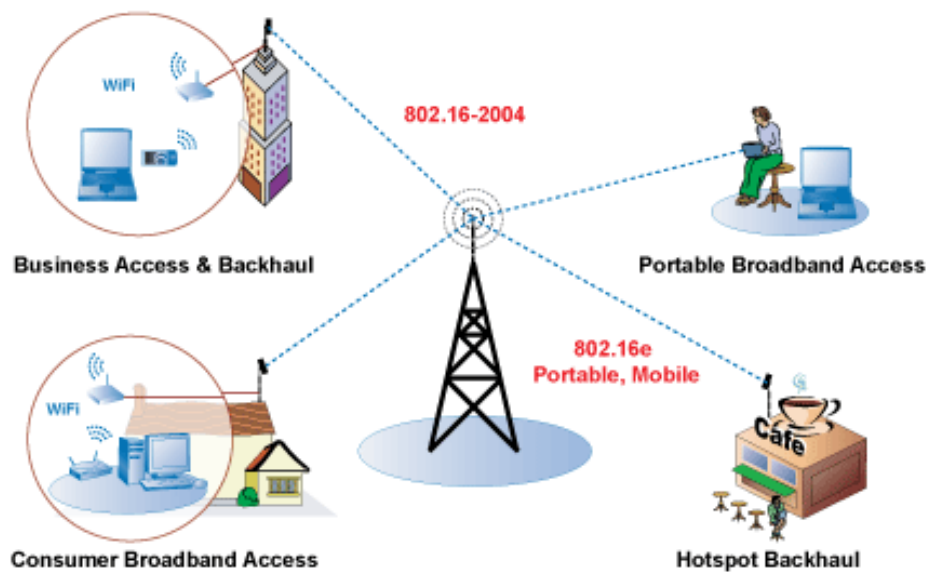
**Fuente:** <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.16.html>

### 1.10.5. APLICACIONES DE LAS REDES WIMAX

Las aplicaciones para WiMAX se basan en el gran ancho de banda y la alta cobertura incluyendo zonas de difícil acceso para el cableado como zonas rurales, conexiones de voz sobre IP (VoIP). Entre otras cosas, las aplicaciones pueden satisfacer varias necesidades de acceso por lo que se pueden unir con tecnologías alámbricas para llenar vacíos dentro de la red, o se pueden usar como Backhuls de redes celulares o Hotspots dando a los proveedores mayor independencia para acercar sus redes a los clientes.

La tecnología WiMAX se desplegó para proporcionar acceso de banda ancha en la última milla en una red de área metropolitana (MAN) con prestaciones significativas ante otras tecnologías con soporte físico. En la siguiente figura se ilustra a algunas de las aplicaciones de los sistemas WiMAX.





**Figura 1.4. Aplicaciones WiMAX [32]**  
**Fuente:** <http://www.wificlub.org/tag/wimax>

Entre los segmentos de mercado donde el desarrollo de WiMAX se puede destacar los siguientes:

- Acceso de banda ancha residencial y SOHO<sup>22</sup> (Pequeña Oficina, Oficina en Casa, por sus siglas en inglés).
- Acceso de internet de alta velocidad, en la que se pueden incluir servicios multimedia como videoconferencia, video bajo demanda o televisión.
- Creación de redes *backhaul*, donde es posible interconectar Hotspots WLAN y redes de corto alcance para establecer amplias redes de telecomunicaciones.
- Servicios de telecomunicaciones para PyMES<sup>23</sup>, donde se brinda un acceso de banda ancha dedicada donde no es posible dar acceso por medios cableados.
- Finalmente, resulta interesante como alternativa *backhaul* en aplicaciones de redes celulares donde se utilizan líneas dedicadas o enlaces de microondas para arribar a las estaciones base.

<sup>22</sup> **SOHO.-** Small Office Home Office. Oficina pequeña u oficina montada en casa. En general, podría considerarse con esta denominación a cualquier conformación de oficina o grupo de profesionales independientes con una capacidad de hasta 10 trabajadores.

<sup>23</sup> **PyMES.-** Pequeñas y medianas empresas. Entidades independientes, con una alta predominancia en el mercado de comercio.

## **CAPITULO II**

### **PROVEEDORES DE SERVICIOS DE INTERNET**

#### **2.1. INTRODUCCIÓN**

El presente capítulo abarca un análisis comparativo entre un Proveedor de Servicios de Internet tradicional (ISP) y un Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico de nueva generación (WISP<sup>24</sup>). En segunda instancia, se considera un breve estudio del reglamento para la prestación de servicios de valor agregado y las normativas vigentes en el Ecuador, en lo referente a este tipo de proyectos de comunicación inalámbrica.

#### **2.2. BACKHAUL INALÁMBRICO**

El backhaul es un enlace de interconexión entre redes de datos o redes de telefonía móvil que permite la conectividad inalámbrica de banda ancha con el fin de suministrar flexibilidad, alternativas de bajo costo para backhaul de puntos de acceso WiFi.

Una de las principales aplicaciones se presenta en los backhaul de puntos de acceso WiFi, debido al impresionante crecimiento y requerimiento de transmisión de datos confiables y a bajo costo, y de igual manera los Carriers<sup>25</sup> celulares están también incrementando el uso de banda ancha inalámbrica para transmitir voz y datos en un área metropolitana. [1]

La aplicación de backhaul inalámbrico mantiene conexiones punto a punto de banda ancha entre edificios con separación geográfica alrededor de 25 Km de distancia con velocidades de transmisión de 70 Mbps y hasta superiores.

---

<sup>24</sup> **WISP.**- Wireless Internet Service Provider.

<sup>25</sup> **Carriers.**- Operadores de telecomunicaciones propietarios de las redes troncales de Internet y responsables del transporte de los datos.

### **2.2.1. VENTAJAS**

Entre algunas de las ventajas del backhaul inalámbrico o enlace troncal se puede destacar lo siguiente:

- Posibilita transmitir una gran cantidad de datos a menor costo en relación a las tecnologías cableadas.
- Presenta la flexibilidad de operar con equipos y dispositivos en frecuencias con licencia y sin licencia.
- Debido al crecimiento de fabricantes y desarrollo tecnológico de los equipos se propiciado escenarios de estandarización y regulación.
- Se presentan como una alternativa de red de redundancia y respaldo para redes existentes.

### **2.2.2. APLICACIONES**

En igual forma las principales aplicaciones se describen a continuación:

- Soluciones convergentes con la integración de WiMAX y WiFi
- Comunicación entre puntos de acceso WiFi.
- Interconexión de redes de telefonía móvil.
- Transmisión de voz y datos en redes y telefonía móvil hacia redes conmutadas.
- Soporte troncal a Proveedores de Servicios de Internet.

### **2.3. PROVEEDOR DE SERVICIOS INTERNET (ISP)**

Un proveedor de servicios de Internet o ISP es una organización dedicada a brindar conexión a Internet y acceso a servicios relacionados tanto a los usuarios como a las distintas redes que ellos dispongan.

Los ISP's tradicionales se encuentran relacionados a la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), los cuales permiten a los usuarios comunicarse utilizando una transmisión de datos con la tecnología apropiada, como por ejemplo: acceso telefónico, DSL, módem por cable.

### **2.3.1. CONEXIONES DE USUARIO**

Las tipos de servicio y modos de conexión que un ISP brinda, desde el punto de vista del usuario son las siguientes:

#### **2.3.1.1. Bajo demanda**

Es aquella que consiste en una conexión no permanente o conmutada, entre la que se puede mencionar una conexión vía telefónica, misma que requiere marcar el número telefónico del ISP.

#### **2.3.1.2. Enlace dedicado**

Se refiere a una conexión permanente, en las que se destacan los servicios dedicados de banda ancha como son los enlaces a la RDSI, ADSL<sup>26</sup>, cable módem, enlace satelital, entre otros.

Finalmente, es importante considerar que el ISP autentifica al usuario a través de un ID y una contraseña para autorizar el acceso a la red, para lo cual se asignan direcciones IP públicas principalmente porque el protocolo utilizado en Internet es el protocolo TCP/IP<sup>27</sup> que permite que un gran número de ordenadores se comuniquen por medio de éstas direcciones.

### **2.3.2. SERVICIOS QUE OFRECE UN ISP**

Los distintos servicios que brinda un Proveedor de Servicios de Internet pueden caracterizar la calidad, seguridad y confiabilidad de la empresa en donde se manifiestan las estrategias de libre mercado. A continuación se presentan los servicios que puede ofertar un ISP:

- Servidor de Nombre de Dominios (DNS)
- Protocolo de Configuración Dinámica de Host (DHCP)
- Correo electrónico

---

<sup>26</sup> **ADSL.-** Línea de Abonado Digital Asimétrica. Consiste en una transmisión analógica de datos digitales apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional.

<sup>27</sup> **TCP/IP.-** Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet. Conjunto de protocolos de red en los que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre computadoras

- Autenticación, Contabilidad y Accesibilidad (AAA)
- Software de Gestión (NMS)
- Hospedaje de sitios Web y base de datos
- Protocolo de Transferencia de HiperTexto (HTTP)
- Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP)
- Cortafuegos o firewall
- Servicios de video streaming [9].
- Entre otros.

## **2.4. PROVEEDOR DE SERVICIOS INTERNET INALAMBRICO (WISP)**

El Proveedor de Servicios de Internet inalámbrico (WISP) es un sistema de red de área metropolitana (MAN) integrado para conectar inalámbricamente clientes al Internet (última milla<sup>28</sup>). Las conexiones inalámbricas de alta velocidad se usan para proveer acceso a Internet punto a punto ó punto multipunto en compañías, organizaciones gubernamentales, colegios, universidades y otras instituciones que tienen Redes del Área Locales (LAN).

Los WISPs presentan conexiones punto multipunto de banda ancha desde una ubicación central hacia un número de estaciones remotas con distancias de separación alrededor de 25 Km. y velocidades de transmisión de hasta 70 Mbps e inclusive superiores.

Entre las ventajas de ISP's inalámbricos se puede destacar una rápida implementación con mínimo impacto ambiental con habilidad para proporcionar servicio de última milla, así como también permite una escalabilidad para redes en crecimiento principalmente como una alternativa ante tecnologías costosa como T1<sup>29</sup>, RDSI, DSL y cable.

Las redes inalámbricas punto multipunto manifiestan alternativas de bajo costo para ultima milla en áreas de difícil acceso, donde podría ser muy caro

---

<sup>28</sup> **Última milla.-** Tramo final de una línea de comunicación, ya sea cableada o inalámbrica, que da el servicio al usuario.

<sup>29</sup> **T1.-** Línea dedicada que posibilita la transmisión de datos a velocidades considerables (1,544 Mbps)

implementar redes cableadas. El equipo usualmente consiste de una estación base central y varios equipos terminales.

Las Redes de los WISPs manifiestan su aplicación en muchas áreas incluyendo servicios de Internet Inalámbrico en sitios como parques industriales, campos empresariales, municipalidades con una conectividad de banda ancha para eventos temporales, educación y salud.

#### **2.4.1. SERVICIOS Y BENEFICIOS WISP**

A continuación se manifiestan ciertos beneficios y servicios de los ISP inalámbricos de nueva generación:

- Hotspots.
- Alta velocidad en enlace de datos.
- Acceso a internet fiable e instantáneo las 24 horas.
- Aplicaciones digitales sobre la plataforma IP.
- Voz sobre IP.
- Televisión sobre IP.
- Sistemas de telecontrol y telemetría.
- Sistemas de seguridad

#### **2.5. COMPARATIVA ENTRE UN ISP TRADICIONAL Y UN WISP**

Como un punto esencial del presente capítulo se consideran ciertos aspectos que permitan realizar la comparación entre un ISP alámbrico y un ISP inalámbrico.

La ventaja radical de un ISP inalámbrico respecto al alámbrico, está en el hecho de no depender de un cableado con el fin de brindar conexión al cliente. Antes de enfocarnos en la comparación directa, se presenta unas breves diferencias entre las redes cableadas y las inalámbricas.

### 2.5.1. REDES CABLEADAS VS. INALÁMBRICAS.

Las redes inalámbricas a diferencia de las cableadas, requieren mayor atención a la hora de configurar, administrar y depurar.

En las redes inalámbricas se debe asignar la banda de frecuencia de operación acorde a las regulaciones de cada estado, generalmente pueden ser 2.4 GHz o 5.8 GHz.

En lo que se refiere a la seguridad, ambos tipos de redes son vulnerables a los hackers<sup>30</sup>, sin embargo, las redes inalámbricas son más vulnerables por lo que se requiere normas más estrictas que en una red alámbrica.

Además las redes inalámbricas al no tener un cableado manifiestan una optimización de costos, mayor flexibilidad de expansión de la red, movilidad del usuario,

La red alámbrica tradicional no facilita llegar a lugares remotos, los cuales si son accesibles con las redes inalámbricas. [8]

### 2.5.2. WISP VS. ISP

Con la finalidad de mostrar un breve análisis entre un Proveedor de Servicios de Internet tradicional y uno de nueva generación, a continuación se manifiestan una comparativa haciendo hincapié en las ventajas, desventajas, características y prestaciones.

- Los WISP optimizan el tiempo en la instalación de las estaciones base y estaciones remotas, en cambio, los ISP conllevan mucho más tiempo debido a la instalación de sistemas de internet cableados.
- Tanto los WISP como los ISP al manifestarse como soluciones de banda ancha proveen acceso a Internet de alta velocidad a través de conexiones conmutadas, fijas y dedicadas.
- Los WISP debido a su conexión inalámbrica facilita una rápida expansión de redes y usuarios, además, permiten proveer acceso a

---

<sup>30</sup> **Hackers.**- Persona con grandes conocimientos en seguridad informática.

internet con enlaces punto-punto o punto-multipunto a menor costo y mayor velocidad de implementación.

- Los WISP son una alternativa más económica tanto para el usuario como para el proveedor, debido a que en ambos casos no se tiene que invertir en infraestructura de cableado, sino más bien en antenas, equipos y de ser necesario torres de telecomunicaciones.
- Es importante considerar que los ISP requieren un estudio exhaustivo de la topología y requerimientos de la red, distribución e instalación de la infraestructura, entre otros; en cambio los WISP requieren un estudio de cobertura o línea de vista, así como también analizar las normativas vigentes y frecuencias a utilizar.

En tal virtud, como se puede observar un proveedor de servicios de Internet inalámbrico posee capacidades equiparables y dependiendo la aplicación superiores a las de un tradicional ISP cableado.

## **2.6. ORGANISMOS DE REGULACIÓN [33]**

En el Ecuador existen tres entes encargados de regular, controlar y normar el sector de las Telecomunicaciones. Inmersos en este sector se encuentran los proveedores de servicios de Internet cableados e inalámbricos, por tal motivo, estos se describen a continuación.

### **2.6.1. CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones - CONATEL es el organismo encargado de la regulación y administración de las telecomunicaciones en el Ecuador ante la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT); el cual está integrado por diferentes representantes, cuya competencia principal es la de dictar las políticas de Estado con relación a las telecomunicaciones, incluyendo el espectro radioeléctrico, y establecer un marco jurídico que permita un adecuado desarrollo del mercado de las telecomunicaciones en el país.



### **2.6.2. SECRETARÍA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**

La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones – SENATEL es el organismo encargado de la ejecución e implementación de las políticas y regulación de las telecomunicaciones en el país.

### **2.6.3. SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES**

La Superintendencia de Telecomunicaciones – SUPERTEL es el organismo de control y monitoreo del espectro radioeléctrico, así como de supervisión y control de operadores y concesionarios (incluido ISPs y WISPs).

## **2.7. REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE VALOR AGREGADO [34]**

El mencionado reglamento tiene como finalidad satisfacer las necesidades del mercado regularizando la prestación de servicios que se soporten sobre cualquier red de transporte, fija o móvil y de banda estrecha o de banda ancha.

En primer lugar se debe tener claro que los servicios de valor agregado son aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida.

### **2.7.1. TÍTULOS HABILITANTES**

Para la prestación de cualquier Servicio de Telecomunicaciones, incluyendo el uso del espectro radioeléctrico, se requiere un título habilitante que especifique la actividad a realizar. Dicho título habilitante lo autoriza el CONATEL a personas naturales o jurídicas domiciliadas en el Ecuador que tengan capacidad técnica y jurídica.

*“Instrumento otorgado por el Estado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, uso del espectro radioeléctrico e instalación de redes privadas.”*

### 2.7.1.1. Tipos

Los títulos habilitantes se otorgan en forma de Concesiones y Permisos, estos se detallan a continuación:

CONCESIONES	PERMISOS
Prestación de servicios finales.	Prestación de servicios de valor agregado.
Prestación de servicios portadores.	Instalación y operación de redes privadas.
La asignación del espectro radioeléctrico	

**Tabla 2.1. Tipos de títulos habilitantes.**

### 2.7.1.2. Duración

Los presentes títulos de Servicio de Valor Agregado tienen un plazo de diez años, prorrogables por igual período de tiempo.

### 2.7.1.3. Área de Cobertura

Es a nivel nacional, pudiéndose autorizar títulos habilitantes con infraestructura inicial para un área local o regional. Cabe mencionar que las ampliaciones y modificaciones únicamente deben registrarse en la SENATEL.

### 2.7.1.4. Contenido

El título habilitante debe especificar por lo menos lo que se describe a continuación:

- Objeto
- Descripción técnica del sistema, infraestructura de transmisión y forma de acceso de conexión
- Descripción de los servicios autorizados, duración y alcance
- Características específicas relativas a la operación
- Causales de extinción del permiso.

#### **2.7.1.5. Anteproyecto Técnico**

Es elaborado y suscrito por un Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones debidamente colegiado, para el cual se requiere lo siguiente:

- Diagrama esquemático
- Descripción técnica detallada del sistema
- Descripción de los enlaces requeridos para el transporte de información
- Identificación de los requerimientos del espectro radioeléctrico.
- Ubicación geográfica inicial del sistema, especificando la dirección de cada nodo.
- Para permisos de servicios de audiotexto; se debe presentar la descripción de los equipos que permitan registrar las llamadas recibidas, detallar la temática y contenidos a los que podrán acceder los usuarios.

#### **2.7.2. TRAMITE DE LOS TÍTULOS HABILITANTES Y SUS AMPLIACIONES**

Todos los trámites deben estar acorde a lo establecido en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

Para los procedimientos pertinentes para ampliar o modificar la situación inicial del sistema se requiere realizar la solicitud correspondiente a la SENATEL adjuntando la descripción técnica de su infraestructura, en cambio, las modificaciones de las características o modalidades de operación únicamente deben ser notificadas.

Para la prestación de más un servicio, así como también, el uso de espectro radioeléctrico se requiere trámites por separado para la solicitar el título habilitante.

### **2.7.3. INFRAESTRUCTURA DE TRANSMISIÓN**

Para el transporte de la información necesaria los permisionarios tienen el derecho a una conexión internacional, sea esta bajo contratación de servicios portadores o bajo una infraestructura propia.

Conjuntamente, gozan del derecho de acceso a cualquier red pública de telecomunicaciones autorizada; para lo cual se requiere suscribir los acuerdos de conexión respectivos.

### **2.7.4. MODALIDADES DE ACCESO**

Para el acceso a usuarios finales, los permisionarios con infraestructura propia requieren de un título habilitante para la prestación de servicios finales o portadores de acuerdo con el tipo de servicio de valor agregado a prestar.

Los permisionarios Proveedores de Servicios de Internet pueden acceder a sus usuarios finales, bajo las siguientes modalidades:

- Mediante servicios portadores y/o finales.
- A través del uso de infraestructura propia, mediante el título habilitante para la prestación de servicios portadores y/o finales.

### **2.7.5. TARIFAS Y LOS DERECHOS**

Las tarifas entre los permisionarios y los usuarios son libremente acordadas entre ellos. Únicamente en el caso de existir distorsiones de libre competencia el CONATEL podrá regular dichas tarifas.

El pago por concepto de derechos de permiso se lo hace previamente a la SENATEL, acorde al valor determinado por el CONATEL a cada tipo de servicio.

Los costos de administración, registro, control y gestión de contratos son fijados anualmente por el CONATEL con la finalidad de financiar las tareas de los organismos de telecomunicaciones.

### **2.7.6. DERECHOS Y OBLIGACIONES DE LOS PERMISIONARIOS**

Los permisionarios están obligados a permitir la conexión de equipos y terminales de propiedad de los clientes y no exigir el uso exclusivo de un determinado equipo.

Tanto los permisionarios como los concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones que soporten servicios de valor agregado no tienen la facultad de exigir la ubicación de los equipos y sistemas dentro de sus instalaciones o fuera de ellas.

Se debe garantizar la privacidad y confidencialidad del contenido de la información cursada.

Finalmente, se obligación de los concesionarios de servicios de telecomunicaciones portadores o finales informar con un plazo no inferior a tres meses sobre la modificación de sus redes de manera que no afecte la prestación de los servicios de valor agregado a los permisionarios ante sus usuarios.

### **2.7.7. DERECHOS Y DEBERES DE LOS USUARIOS**

Entre algunos de los derechos y obligaciones del usuario se reconocen los mencionados a continuación:

- Recibir el servicio de acuerdo a los términos estipulados en el contrato de suscripción de servicio.
- El contrato está basado en un modelo previamente registrado en la SENATEL.
- De igual manera los usuarios corporativos deben suscribir un contrato para la respectiva red de acceso con operadores finales y/o portadores debidamente autorizados.
- Cancelar puntualmente los valores facturados por el servicio en el lugar que el operador establezca
- Reembolso económico correspondiente al tiempo sin servicio, cuando la causa fuese imputable al prestador del servicio

- Reclamar por la calidad del servicio, por los cobros no contratados y por elevadas tarifas.

A continuación se presenta la normativa vigente en el Ecuador, la cual tiene por objeto regular los parámetros técnicos de los Permisarios<sup>31</sup> de Servicios de Valor Agregado de Acceso a Internet con la finalidad de garantizar al usuario un nivel de calidad mínima en la prestación del servicio mencionado.

## **2.8. NORMA TÉCNICA DEL SERVICIO DE VALOR AGREGADO DE ACCESO A INTERNET [35]**

En este punto es conveniente hacer mención que la presente norma vigente de la resolución del Conatel 2006, es más directamente aplicable para el acceso de internet por dial up y no en gran parte para el internet de banda ancha; por lo que destaca, una falencia considerable ya que la mayoría de los indicadores de calidad vigentes no son aplicados para banda ancha.

### **2.8.1. CONSIDERACIONES TÉCNICAS**

Las especificaciones técnicas y los requerimientos para la prestación del servicio de Internet se mencionan a continuación:

#### **2.8.1.1. Prestación del servicio de Internet**

Los permisionarios facultados para prestar este tipo de servicios tienen como responsabilidades las siguientes:

- Operar bajo las condiciones legales el sistema
- Establecer, mantener un sistema de medición y control de la calidad del servicio
- Asignar a cada usuario al menos una Dirección IP pública.
- Reparar y solucionar las interferencias que la operación de su sistema pueda provocar a los sistemas de telecomunicaciones.

---

<sup>31</sup> **Permisario.**- Persona natural o jurídica que se encuentra legalmente facultada por el Estado Ecuatoriano para brindar el servicio de valor agregado de internet, previa autorización del Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

El ISP está prohibido de bloquear o limitar el uso de cualquier aplicación incluyéndose todo el tráfico saliente y entrante, nacional e internacional, en el tramo Usuario-ISP/ISP-Usuario.

#### **2.8.1.2. Contrato de Servicios**

El contrato de provisión de servicio describe la relación comercial entre las partes, el mismo que es aprobado previamente por la SENATEL inscritos en el Registro Público de Telecomunicaciones a su cargo. Como mínimo el contrato debe contener los parámetros mencionados a continuación, además de las cláusulas establecidas en las normas jurídicas:

- Condiciones generales de la prestación del servicio
- Deberes y derechos tanto de los usuarios como del ISP
- Índices de calidad
- Soporte técnico, especificando métodos de atención al cliente así como los horarios.
- Parámetros para la instalación, operación y mantenimiento del servicio.

#### **2.8.2. INDICADORES DE CALIDAD**

Los indicadores de calidad para la prestación del servicio por parte del ISP deben ser fácilmente accedidos ante la SUPERTEL, ya que el permisionario debe mantener un sistema de medición para fines de control y verificación de los indicadores.

##### **2.8.2.1. Capacidad mínima requerida**

Es la capacidad necesaria del ISP para atender a todos sus usuarios, tanto en conexiones conmutadas como en conexiones no conmutadas, sea esta monousuario o multiusuario, en la conexión de salida hacia el Internet. Este indicador se basa en los siguientes parámetros:

- **Capacidad del canal:** La capacidad de canal mínima para un enlace dial-up es de 33 kbps.

- **Número mínimo de líneas telefónicas:** Corresponde al número mínimo de líneas telefónicas que tendrá un ISP con relación al número de usuarios dial-up, con el fin de evitar congestión y problemas de conexión. (1 línea por cada 20 usuarios).

#### **2.8.2.2. Tasa de pérdida de paquetes**

La tasa de pérdida de paquetes es la variable que evalúa el comportamiento del enlace para detectar congestión.

Para evaluar la tasa de pérdida de paquetes se utiliza paquetes ICMP (comando PING) de solicitud y respuesta de eco. El ISP garantizará una tasa de pérdida de paquetes menor al dos por ciento (2%) de los paquetes en promedio en las horas pico de utilización del servicio. Un paquete ICMP de eco se considerará perdido cuando no haya regresado dentro de los 1000 ms (1 segundo) posteriores a su envío.

#### **2.8.2.3. Utilización de los Enlaces**

La utilización de los enlaces del ISP hasta el backbone de Internet debe supervisarse utilizando herramientas de monitoreo de tráfico mediante el uso de una aplicación en software.

Las estadísticas obtenidas usando estas herramientas deben publicarse en el sitio Web del ISP y remitidos a la SENATEL y a la SUPERTEL, conteniendo como mínimo lo siguiente:

- Gráfico de la capacidad usada durante las veinticuatro (24) horas anteriores a la publicación.
- Gráfico de la capacidad usada durante los treinta días calendario anteriores a la publicación, en el que se verifique los datos de capacidad medidos cada día en el periodo de medición.



### **2.8.3. MEDICIONES, EJECUCIÓN Y CONTROL**

Por obligación los permisionarios tienen que remitir trimestralmente a la SUPERTEL los reportes de la medición de los parámetros de calidad, correspondientes a los siguientes períodos:

- 1 de enero a 31 de marzo.
- 1 de abril a 30 de junio.
- 1 de julio a 30 de septiembre.
- 1 de octubre a 31 de diciembre.

Después de la finalización de cada trimestre los permisionarios tendrán un plazo máximo de quince (15) días calendario para la entrega de dicha información a la SUPERTEL.

De existir algún error en los reportes o en la medición de los parámetros, la SUPERTEL puede solicitar al permisionario el servicio de información de respaldo; dicho requerimiento debe cumplirse por parte del permisionario en un término máximo de 15 días.

La información que es utilizada para el cálculo de los parámetros debe ser conservada por al menos seis meses posteriores a partir de la fecha en la cual se entregaron los reportes.

### **2.8.4. INTERRUPCIÓN, REPARACIÓN Y RESTITUCIÓN DEL SERVICIO**

El ISP tiene la obligación de informar a todos sus usuarios por lo menos con cuarenta y ocho horas de anticipación de cualquier interrupción planificada en la prestación de sus servicios.

En el caso de la interrupción del servicio por causas imputables directamente al ISP o por daños en su red, los usuarios tienen derecho a la reposición gratuita del servicio y reembolso por posibles daños y perjuicios que ocasione la falta de servicio o la mala calidad del mismo, en un lapso no mayor a treinta días calendario.

El ISP que sufiere pérdidas por deficiencias técnicas u otras causas que le sean atribuibles, debidamente comprobadas por la SUPERTEL, serán asumidas en su totalidad por el ISP y por ningún concepto podrán trasladar a los usuarios los valores, originados en las pérdidas.

## **2.9. NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA [36]**

*“La presente Norma tiene por objeto regular la instalación y operación de Sistemas de Radiocomunicaciones que utilizan técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha en los rangos de frecuencias que determine el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL. “*

### **2.9.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA**

Los parámetros que definen a un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha son los siguientes:

- Ancho de banda mayor que lo convencional para la distribución de la energía media de la señal a transmitir bajo un nivel bajo de potencia.
- Resistencia a la interferencia mediante el uso de técnicas de modulación.
- Uso simultáneo de la misma banda de frecuencias por varios usuarios.
- Incremento de la Eficiencia en el Uso del Espectro Radioeléctrico por facilitar la coexistencia con Sistemas de Banda Angosta.
- Operar en Bandas de frecuencias inscritas en el cuadro de Atribución de bandas de frecuencias.
- Operar en Bandas de frecuencias inscritas en el cuadro de Atribución de bandas de frecuencias.

### 2.9.1.1. Bandas de Frecuencias

Las bandas de frecuencia permitidas para la operación de Sistemas de Radiocomunicaciones son las siguientes:

BANDA (MHz)	ASIGNACION
902 - 928	ICM <sup>32</sup>
2400 - 2483.5	ICM
5150 – 5250	INI <sup>33</sup>
5250 – 5350	INI
5470 – 5725	INI
5725 - 5850	ICM, INI

**Tabla 2.2 Bandas de Frecuencia**

**Fuente:** Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha

### 2.9.1.2. Configuración de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha

Las configuraciones aprobadas para este tipo de Sistemas son:

- Sistemas punto – punto.
- Sistemas punto – multipunto.
- Sistemas móviles.

### 2.9.1.3. Solicitud y Registro

Cualquier interesado en inscribir un registro, deberá presentar una solicitud a la SENATEL, cumpliendo con los datos consignados en el formulario técnico que pone a disposición la misma.

### 2.9.1.4. Certificados de Registro

Luego de la revisión analítica por parte de la SENATEL de la documentación presentada, esta procederá a emitir un Certificado de Registro del Sistema

<sup>32</sup> **ICM.-** Aplicaciones industriales, científicas y médicas de la energía radioeléctrica.

<sup>33</sup> **INI.-** Infraestructura Nacional de Información. Se define las Bandas INI como las bandas de frecuencia asignadas para la Operación de Sistemas de Modulación digital de Banda Ancha en la banda de 5 GHz a título secundario, con el fin primario de facilitar el acceso a las TICs.

de Modulación Digital de Banda Ancha al interesado que deberá incluir una descripción del Sistema registrado. Dicho Certificado será otorgado por parte de la SENATEL en un plazo máximo de diez (10) días a partir de la presentación de la solicitud (previo el pago de los valores establecidos más los impuestos de ley).

#### **2.9.1.5. Vigencia del Registro**

El Certificado de Registro tendrá un período de duración de cinco años renovables, previa solicitud del interesado, dentro del plazo de treinta (30) días anteriores a su vencimiento (previo el pago de los valores establecidos más los impuestos de ley).

### **2.9.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL USUARIO**

#### **2.9.2.1. Respetto de los Sistemas de Explotación**

El Concesionario deberá contar con el Título Habilitante respectivo para prestar cualquier tipo de Servicio de Telecomunicaciones.

#### **2.9.2.2. Respetto de los Sistemas Privados.**

El Concesionario deberá contar con el Título Habilitante respectivo para aplicar cualquier tipo de Sistema Privado (se prohíbe expresamente el alquiler del sistema a terceras personas).

#### **2.9.2.3. Interferencia.**

En el caso de que algún equipo o sistema ocasione interferencia con algún sistema autorizado primario, este deberá suspender inmediatamente su operación. Podrá reanudar su operación solo si la SUPERTEL realiza un informe técnico favorable indicando que se ha eliminado la interferencia perjudicial.

#### **2.9.2.4. Modificaciones**

Para realizar cualquier tipo de modificación tanto de la información de las características técnicas como de los sitios de transmisión, el usuario debe presentar una solicitud a la SENATEL para su respectiva aprobación. Esto

también es aplicable en el caso de que el usuario desee interrumpir el proceso de registro.

#### **2.9.2.5. Responsabilidad**

El usuario es el responsable directo de mantener y asegurar que las emisiones y condiciones técnicas del Sistema cumplan con lo estipulado con el Certificado de Registro.

### **2.10. REGLAMENTO DE DERECHOS POR CONCESIÓN Y TARIFAS POR USO DE FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO [37]**

El presente reglamento tiene como objeto definir los derechos y tarifas que se aplicarán para el pago por concesión por el uso de las diferentes bandas de frecuencias, tomando en cuenta el tipo de Servicio que se brindará con el Sistema de Comunicaciones Inalámbrico.

#### **2.10.1. FACTORES DE CÁLCULO**

##### **2.10.1.1. Factor $K\alpha$**

Es un factor de ajuste por inflación que podrá ser revisado por el CONATEL, previo un estudio técnico elaborado y presentado por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones. Este ajuste se elaborará el primer mes de cada año y deberá ser menor que el índice inflacionario del año anterior

##### **2.10.1.2. Factor $\alpha_n$**

Es un factor de valoración del espectro que se define al inicio de un período de concesión y no deberá ser incrementado durante este período. Es fijado por el CONATEL y puede ser disminuido previa aprobación por este organismo. En el caso de que un sistema opere en bandas con diferentes  $\alpha_n$  se deberá aplicar el de mayor valor.

### **2.10.1.3. Factor $\beta_n$**

Es un factor de corrección que puede ser modificado por el CONATEL en una determinada zona geográfica. Esta modificación se aplicará en los enlaces de última milla y sistemas de propagación en coberturas locales. El valor máximo de este factor es 1.

## **2.10.2. TARIFAS EN SERVICIO FIJO Y MÓVIL (MULTIACCESO)**

Son considerados como Servicio Fijo multiacceso los que operan bajo la modalidad punto-multipunto haciendo uso de tecnologías tales como MMDS, LMDS, y otros que determine el CONATEL. Además dentro del Servicio Móvil se consideran el Servicio Móvil Avanzado, Sistema Buscapersonas Bidireccional, Sistema Troncalizado y otros que el CONATEL determine.

Para el cálculo de la tarifa por el uso de frecuencias se debe tomar en cuenta los dos siguientes componentes:

### **2.10.2.1. Tarifa A**

Calculada por cada centro de multiacceso que puede ser la estación base (servicio móvil) o la estación central (servicio fijo), tomando en cuenta el ancho de banda de transmisión y recepción, área de concesión y radio de cobertura.

En el caso de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha se tomará en cuenta el ancho de la sub-banda asignada por el CONATEL según el pedido de registro.

### **2.10.2.2. Tarifa C**

Calculada en base al número total de estaciones radioeléctricas de los diferentes abonados fijos y móviles abarcadas por el sistema multiacceso.

### **2.10.3. TARIFAS EN SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (PUNTO A PUNTO)**

Los Sistemas de Comunicación Inalámbrica que hagan uso de tecnologías con Modulación Digital de Banda Ancha y operen en configuración punto a punto, en las bandas de frecuencia que el CONATEL determine, deberán cancelar una tarifa mensual por el uso del espectro radioeléctrico.

Para un mayor detalle de las fórmulas de cálculo de estas tarifas ver el Anexo B Cálculo de Tarifas por Uso de Frecuencias

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO DE LA RED BACKHAUL Y ACCESO**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se propone el diseño de la Red de Backhaul y Acceso para la creación de WISP's, el estudio topográfico de la zona para la ubicación respectiva de los nodos de interconexión, la topología de la red, así como las especificaciones de los equipos a utilizar.

El diseño abarca la Red de Acceso para brindar el servicio dentro de la ciudad y zonas rurales, y la Red Backhaul por la Interconexión entre los nodos de la Red; así como también la interconexión con los respectivas Empresas de Servicios Portadores (Carrier).

#### **3.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS RADIOCOMUNICACIONES EN IBARRA**

En la ciudad de Ibarra, como cabecera cantonal, se hace notorio un adelanto en el tema del desarrollo tecnológico, en especial en cuanto al acceso a los diferentes servicios de Internet, en la tabla 3.1 se enlista a las diferentes empresas de Servicios Portadores que tienen incidencia en la zona en la cual el presente proyecto de Red de Backhaul y Acceso pretende dar cobertura.

<b>OPERADORA</b>	<b>COBERTURA</b>	<b>USUARIOS</b>	<b>ENLACES</b>	<b>ACTUALIZADO</b>
CELEC E.P.	TERRITORIO NACIONAL	23	284	30-nov-11
CNT E.P.	TERRITORIO NACIONAL	331.186	343.663	30-nov-11
CONECEL S.A.	TERRITORIO NACIONAL	162	1.311	30-nov-11
ECUADORTELECOM S.A.	TERRITORIO NACIONAL	70.182	72734	30-nov-11
EL ROSADO S.A.	TERRITORIO NACIONAL	1	10	30-nov-11
GILAUCO S.A.	TERRITORIO NACIONAL	8	93	30-nov-11
GLOBAL CROSSING S.A.	TERRITORIO NACIONAL	799	3.695	30-nov-11



OPERADORA	COBERTURA	USUARIOS	ENLACES	ACTUALIZADO
GRUPO BRAVCO CIA. LTDA.	TERRITORIO NACIONAL	10	18	30-nov-11
MEGADATOS S.A.	TERRITORIO NACIONAL	7.575	6.912	30-nov-11
NEDETEL S.A.	TERRITORIO NACIONAL	968	415	30-nov-11
OTECEL S.A.	TERRITORIO NACIONAL	185	464	30-nov-11
PUNTONET S.A.	TERRITORIO NACIONAL	8.059	10.366	30-nov-11
QUICKSAT S.A.	TERRITORIO NACIONAL	0	0	31-dic-09
SETEL S.A.	TERRITORIO NACIONAL	1	296	30-nov-11
SURATEL SA.	TERRITORIO NACIONAL	122.804	128.999	30-nov-11
TELCONET S.A.	TERRITORIO NACIONAL	4.955	17.332	30-nov-11
TELEHOLDING S.A.	TERRITORIO NACIONAL	19	207	30-nov-11
TRANSNEXA S.A.	TERRITORIO NACIONAL	20	411	30-nov-11
ZENIX S.A.	TERRITORIO NACIONAL	1.899	1.899	30-nov-11

**Tabla 3.1: Empresas de servicios Portadores.**

*Fuente:* <http://www.supertel.gob.ec/index.php/Estadisticas/Servicios-de-Telecomunicaciones.html>

Por otro lado, el crecimiento de los servicios de valor agregado ha constituido en la actualidad una de las características más notables en el mercado de las Telecomunicaciones y las Redes de Comunicación, un ejemplo claro de esto es el explosivo desarrollo del Internet. Dicho desarrollo ha influido en un acelerado cambio y modificación en el marco regulatorio no solo a nivel nacional sino también en el ámbito internacional; en un exponencial incremento en la capacidad de la infraestructura de Telecomunicaciones, todo esto apoyado por los diferentes proveedores de servicios de acceso a la Internet y a los cada vez más servicios de voz, video y datos como: correo electrónico, hosting, audiotexto, VoIP, juegos en red, entre otros. En base a todo esto es lógico conocer el estado actual de las empresas Proveedoras de Servicios de Valor Agregado de Internet que tienen incidencia en la ciudad de Ibarra, un detalle de este listado se muestra en la tabla 3.3.

<b>OPERADOR</b>	<b>COBERTURA</b>	<b>ACTUALIZADO</b>	<b>Usuarios</b>
AULESTIA MARTHA	Quito, Ambato, Ibarra, Esmeraldas	30-sep-09	150
CINECABLE TV	Carchi, Imbabura, Los Ríos	31-mar-11	1590
CONECCEL	Nacional	30-sep-11	31575
CORPORACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES	Nacional	30-sep-11	1694664
DOMÍNGUEZ HERNÁN	Imbabura	30-sep-11	12
INTERTEL	Esmeraldas, Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Pastaza, Chimborazo, Bolívar, Napo, Orellana y Sucumbíos.	31-dic-10	127
MEGADATOS	Azuay, Chimborazo, El oro, Galápagos, Guayas, Imbabura, Loja, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Orellana, Pichincha, Santa Elena, Santo Domingo de los Tsáchilas, Tungurahua	30-sep-11	38328
MONTENEGRO PATRICIO	Imbabura - Cotacachi	30-sep-11	48
NEDETEL	Nacional	30-sep-11	4
OTECEL S.A. (MOVISTAR)	Nacional	30-jun-11	9690
PORTALDATA	Ambato, Riobamba e Ibarra	30-sep-11	1382
ROMAN JUAN FRANCISCO	Imbabura	30-sep-11	0
SURATEL	Azuay, Chimborazo, El Oro, Guayas, Imbabura, Loja, Manabí, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, Tungurahua	30-sep-11	924092
SYSTELECOM	Nacional	30-jun-11	63
TELCONET	Quito, Guayaquil, Loja, Cuenca, Manta, Sto. Domingo, Machala, Portoviejo, Otavalo, Latacunga, Riobamba, Esmeraldas, Quevedo, Ambato, Ibarra y Salinas	30-sep-11	235727
WORKECUADOR INTERNET SERVICES	Esmeraldas, Carchi, Imbabura, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha, Chimborazo, Bolívar,	31-mar-11	229

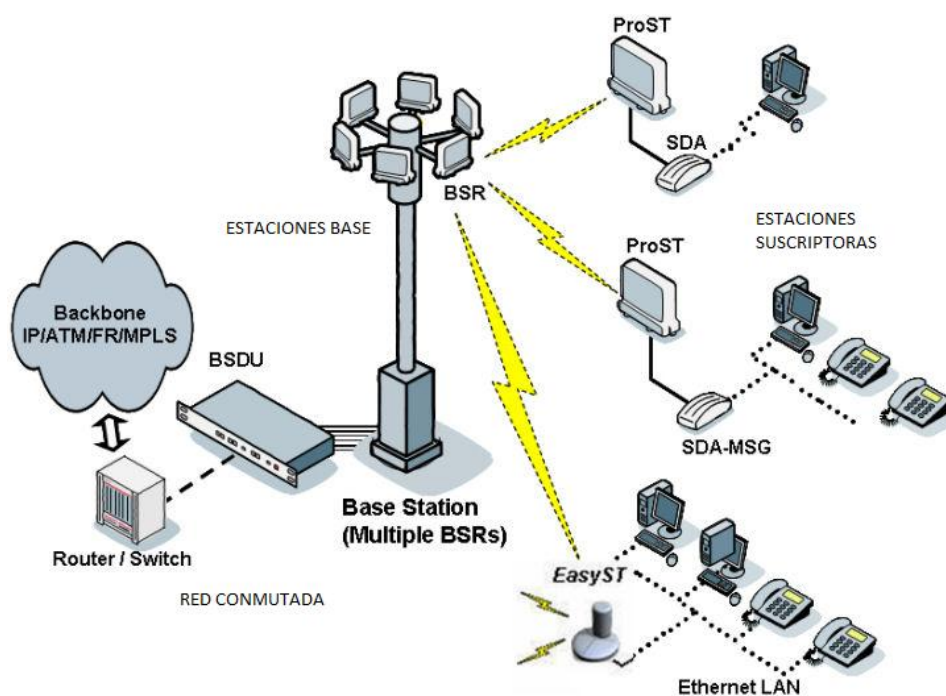
OPERADOR	COBERTURA	ACTUALIZADO	Usuarios
	Orellana y Sucumbios		
OTECEL S.A.	Nacional	30-sep-11	288.266
CONECEL S.A.	Nacional	30-sep-11	1.091.804
TELECSA S.A.	Nacional	30-jun-11	37.788

**Tabla 3.2: Proveedores de servicios de Internet**

**Fuente:** <http://www.supertel.gob.ec/index.php/Estadisticas/Servicios-de-Telecomunicaciones.html>

### 3.3. POTENCIALIDAD DE WIMAX

En la Actualidad la tecnología WiMAX está adquiriendo un nivel de potencialidad muy grande dentro de las Radiocomunicaciones debido a sus características que la definen como una tecnología de Comunicación Digital de Banda Ancha. En la figura 3.1 se muestra un esquema del funcionamiento de un Sistema WiMAX, donde se destaca: Las estaciones base, las estaciones suscriptoras y la Red Conmutada.



**Figura 3.1. Diagrama de Conexión Estaciones Base y Suscriptoras**

**Fuente:** <http://www.airspan.com>.

El rendimiento de cualquier tecnología de comunicación inalámbrica depende del ancho de banda del canal utilizado, en este punto WiMAX a diferencia de otros sistemas inalámbricos de banda ancha, tiene un ancho de banda para canal elegible entre 1.25MHz y 20MHz; esta característica brinda a un sistema de comunicación WiMAX la flexibilidad necesaria para hacerlo diferenciable en cuanto a canal de transmisión.

De igual forma la modulación OFDM permite trabajar con picos de transferencia muy altos, por lo que posibilita una zona de cobertura mucho más extensa que en otro tipo de sistema. Cabe destacar que este tipo de modulación permite mejorar la capacidad del sistema a través de la diversidad de frecuencia y usuarios múltiples.

PARÁMETRO	WiMAX fijo	WiMAX móvil	HSPA <sup>34</sup>	EV-DO <sup>35</sup>	Wi-Fi
Estándar	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e- 2005	3GPP	3GPP	IEEE 802.11a/g/n
Pico en tasa de transferencia de bajada (Mbps)	6,1 - 9,4	32 – 46	7,2 - 14,4	3,1 - 4,9	-----
Pico en tasa de transferencia de subida (Mbps)	3,3 - 6,5	4 - 7	1,4 - 5,8	1,8	54 (802.11a/g)  >100 (802.11n)
Ancho de banda (MHz)	3,5 a 20	3,5 - 10	5	1,25	20- 40
Modulación	QSPK, 16 QAM, 64 QAM	QSPK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM	QPSK, 8 PSK, 16 QAM	BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Multiplexación	TDM/OFDMA	TDM/OFDMA	TDM/CDMA	TDM/CDMA	CSMA
Frecuencia	3,5 y 5,8GHz inicialmente	2,3, 2.5y 3,5GHz inicialmente	800/900/1800/ 1900/2100 MHz	800/900/ 1800/1900 MHz	2,4 y 5GHz
Cobertura (Celdas)	3 a 5 millas	< a 2 millas	1 a 3 millas	1 a 3 millas	< 100 pies (interiores); < 1000 pies (exteriores)

**Tabla 3.3. Comparación de Tecnologías 3G**

**Fuente:** Smith Clint, 3G Wireless Networks

<sup>34</sup> **HSPA.-** (High-Speed Packet Access). Tecnología de acceso de alta velocidad

<sup>35</sup> **EV-DO.-** Evolution Data Optimized o Evolution Data Only. Estándar de telecomunicaciones para la transmisión inalámbrica de datos a través de redes de telefonía celular.

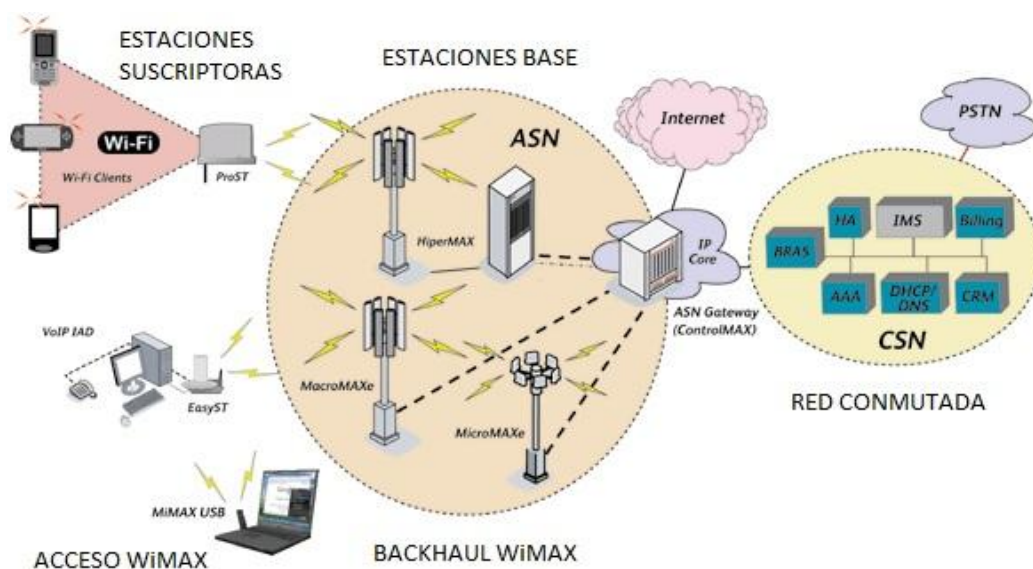
Una característica importante en un sistema de comunicación inalámbrica es la eficiencia espectral, ya que de esta depende el rendimiento total del sistema y la capacidad de crecimiento en un ambiente multicelular. Dicha eficiencia espectral es mucho mayor bajo una plataforma WiMAX que en otros sistemas 3G debido al soporte de múltiples antenas y la capacidad de la capa física (OFDM) para permitir implementaciones MIMO<sup>36</sup>.

Dentro de algunas tecnologías 3G existentes podemos citar: WiMAX fijo y móvil, HSPA, EV-DO, Wi-Fi, entre otras. Una comparación de las principales características de estas tecnologías se las puede observar en la Tabla 3.1.

WiMAX gracias a su potencialidad y la arquitectura IP que posee, hacen que el trabajo en red, los gastos de capital, los gastos de operación se reduzcan considerablemente y así facilitar una convergencia con otro tipo de redes o aplicaciones.

### 3.4. COMPONENTES DE UNA RED WiMAX

La Red de Backhaul y Acceso bajo la tecnología WiMAX que se plantea como diseño está compuesta por los siguientes elementos y los podemos observar claramente en la figura 3.2:



**Figura 3.2. Elementos Red WiMAX.**

*Fuente:* <http://www.airspan.com>

<sup>36</sup> **MIMO.-** Multiple input multiple output; este es el caso en el que tanto transmisor como receptor poseen varias antenas.

### 3.4.1. ESTACIÓN BASE

Dispositivo encargado de transmitir y recibir la información de y hacia las estaciones subscriptoras dentro de su zona de cobertura. Controla y Asigna el ancho de banda a cada estación subscriptora. Por lo general está constituida por tres grupos de una o varias Antenas equidistantes soportadas por un mástil; dichos grupos permiten obtener varios caminos radioeléctricos que posibilitarían una mejor captación de las señales electromagnéticas que transportan la información.

### 3.4.2. ESTACIÓN SUSCRIPTORA

Llamadas así a aquellos dispositivos terminales que se encuentran en el lado del cliente o también llamado suscriptor, estas pueden ser equipos para exteriores o interiores, equipos como un módem DSL o inclusive del tamaño de una PC o una portátil; pero debido al acelerado crecimiento de Redes bajo la tecnología WiMAX, en la actualidad existen dispositivos totalmente portables; a continuación se enlista dos tipos más representativos de estaciones suscriptoras:

- **CPE**<sup>37</sup>(Equipo proporcionado al Cliente, por sus siglas en inglés): Equipo de Telecomunicaciones usado en interiores o exteriores, encargado de originar, encaminar o terminar una transmisión de información ya sean datos, voz o video.
- **TARJETA PCMCIA**<sup>38</sup>(Asociación Internacional de tarjetas de memoria de computadora personal, por sus siglas en inglés): Es un dispositivo diseñado bajo el estándar PCMCIA para computadores portátiles con el fin de ampliar la capacidad y funcionalidad de los mismos. [30]

### 3.4.3. ANTENAS

Por lo general representa una interfaz entre los diferentes dispositivos y elementos del Sistema de Comunicación y el medio radioeléctrico, realizando las funciones de un transductor entre la señal guiada que viaja

---

<sup>37</sup> **CPE.**- Customer Provided Equipment

<sup>38</sup> **PCMCIA:** Personal Computer Memory Card International Association

por el cable y la señal radiada que se está transmitiendo por el aire. En el caso de ser antena transmisora realiza la transformación de voltajes en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

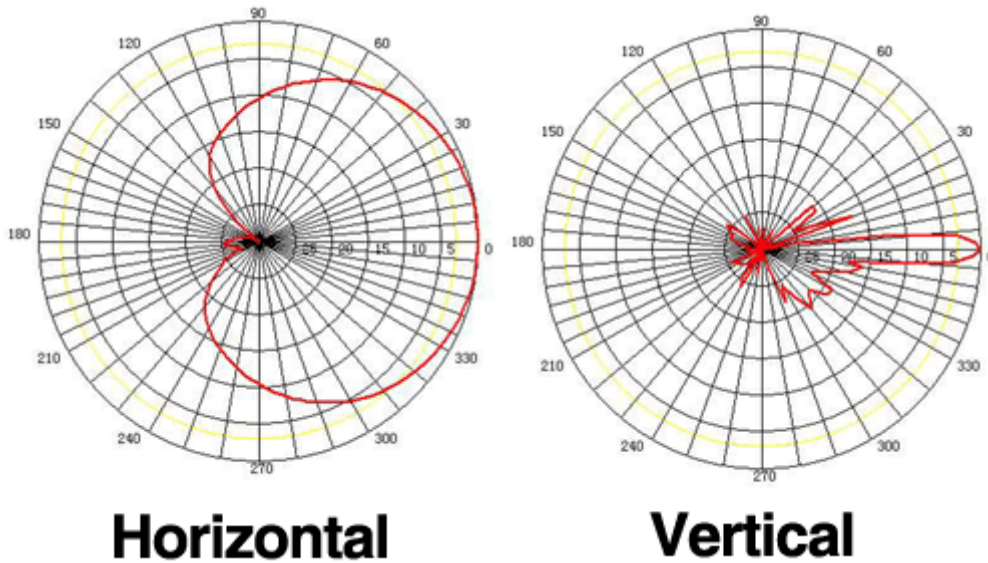
*“Una antena puede definirse como un dispositivo conductor capaz de enviar y recibir ondas electromagnéticas de una determinada frecuencia “[31].*

La relación que existe entre la morfología de la radiación, las dimensiones, frecuencia y longitud de onda determinan el tipo y características de la antena a utilizar. Dentro de los parámetros que caracterizan las antenas podemos citar:

#### **3.4.3.1. Diagrama de radiación o Patrón de radiación**

Representación gráfica de las características de radiación de una antena, en función de la dirección (coordenadas en azimut y elevación), por lo general, la densidad de potencia radiada, aunque también se pueden encontrar diagramas de polarización o de fase. En este tipo de diagramas se suele reconocer algunos parámetros como:

- *Dirección de apuntamiento:* Es la dirección de máxima radiación. Directividad y Ganancia.
- *Lóbulo principal:* Es el lóbulo en torno a la dirección de máxima radiación de potencia, generalmente coincide con el eje de la antena.
- *Lóbulos laterales:* Son el resto de lóbulos de máximos relativos, de valor inferior al principal.
- *Ancho de haz:* Es aquella dirección en la cual se reduce a la mitad la potencia radiada, en otras palabras, cuando el haz toma un valor de 3dB debajo del máximo.



**Figura 3.3. Diagrama de Radiación de Antena sectorial**  
 Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Diagrama\\_sectorial.gif](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Diagrama_sectorial.gif)

En el Anexo A Parámetros Característicos Antenas, se describen con mayor detalle las características técnicas de las antenas.

### 3.5. SELECCIÓN DE EQUIPOS

En el mercado existen varios fabricantes de equipos para redes de telecomunicaciones WIMAX. Los cuales cada día desarrollan tecnologías de mayor nivel para llegar a mercados más lejanos y satisfacer a más clientes.




La forma de elección de los equipos para una red WIMAX entre los diversos fabricantes es una tarea de comparación de muchos parámetros en la cual se puede aplicar varias técnicas de selección:

- Conocer las características técnicas de los equipos desarrolladas por los fabricantes.
- Analizar las mejores propuestas económicas ofertadas por los diversos fabricantes.
- Optar por el mejor fabricante que cumpla tanto con los requerimientos técnicos como la mejor propuesta económica.



- Negociar la mejor forma de financiamiento así como las garantías ofrecidas.
- Elección definitiva del equipo a ser instalado a nuestro sistema.

Para la elección de los equipos que se emplearán en el presente diseño de red se ha realizado una recopilación de las características técnicas de los equipos con tecnología WiMAX de los fabricantes más reconocidos. En la tabla 3.4 se detallan dichas características.

FABRICANTE	 AIRSPAN	 ALVARION	 SIEMENS
CARACTERÍSTICAS	MicroMAX	BreezeMAX	SkyMax
BANDA DE FRECUENCIA (GHZ)	700 1.4 – 1.9 2.3 -2.7 3,3 - 3,8 4.9 -5.95	1.5 2.3 2.5 3.3 - 3.8 5	3,4 - 3,8
POTENCIA DEL TRANSMISOR (dBm)	27	34	35
SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR (dBm)	-115 (1/16) -100 (1/1)	-100 / -103	-103/-100
ANCHO DEL CANAL (MHZ)	10 / 5 / 3.5 / 3 / 2.75 / 2.5 / 1.75 1.5	1.75 / 3.5 / 5 / 7 / 10	1,75 a 14
QoS	IEEE 802.16	UGS, ERT-VR, NRT, RT y BE	CG, RT, NRT, BE
GANANCIA DE LA ANTENA (dBi)	17	17	No especifica
IPV6	No especifica	No	No especifica
CIR/MIR	Si	Si	No especifica
ENCRIPCION	DES	WEP 64 – 128 bits	No especifica
ACTUALIZACION DE SOFTWARE	Si	Si	Si
VLAN	Si	Si	Si

**Tabla 3.4. Características Técnicas**

*Fuente:* [www.airspan.com](http://www.airspan.com); [www.alvarion.com](http://www.alvarion.com); [www.skymax.com](http://www.skymax.com)

Al realizar un análisis de las características técnicas se puede determinar que los equipos Airspan cumplen con los requerimientos técnicos necesarios para el diseño de Red de Backhaul y Acceso propuesto. La estación base

MicroMAX puede manejar dos tipos de antenas lo cual es muy beneficioso pues para una cobertura optima se necesita la implementación de un sistema con antena externa. Por otro lado la base MicroMAX es un equipo de fácil configuración y gestión, además de ser una de las estaciones bases más utilizadas en varios países, un costo económico y de muy fácil adquisición para una posible futura implementación del presente proyecto.

Para el lado del suscriptor o estación de usuario CPE se ha seleccionado el equipo ProST ya que este cumple con los requerimientos necesarios y su facilidad de configuración la convierten en la opción adecuada, además de la facilidad que se la puede gestionar directamente desde la estación base.

Los equipos de radio, para enlace backhaul, a seleccionar se detallan en la tabla siguiente.

<b>EQUIPO</b>	<b>FlexNet ASN-700</b>	<b>FlexNet ASN-900</b>
<b>FRECUENCIA (GHz)</b>	5	2,4 Y 5
<b>INTERFACES</b>	1 Ethernet (10/100 Base-T)	2 Ethernet (10/100 Base-T)
<b>GANANCIA ANTENA (dBi)</b>	23 (antena única)	23 (doble antena)
<b>POTENCIA (dBm)</b>	9 - 26	9 - 26
<b>SENSIBILIDAD (dBm)</b>	-73 hasta -94	-73 hasta -94
<b>MODULACIÓN</b>	OFDM: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	OFDM: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
<b>CANAL (MHz)</b>	5/10/20/40	5/10/20/40
<b>VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (dBm)</b>	11 - 108	11 - 108

**Tabla 3.5. Características equipos backhaul**

*Fuente: www.airspan.com*

Una vez realizada la comparación se observa que las prestaciones del equipo ASN-900 son superiores en cuanto a frecuencia dual, antenas e interfaces Ethernet, por lo que se selecciona para el diseño de la red de backhaul

### 3.6. ANÁLISIS TOPOGRÁFICO

En base a la geografía de la ciudad de Ibarra la cobertura del presente proyecto se divide en cuatro zonas. Para la interconexión de cada una de las zonas se utiliza la topología estrella. En la imagen siguiente podemos observar la zonificación de la ciudad.



**Figura 3.4. Zonificación ciudad de Ibarra**  
Fuente: Software Google Earth.

#### 3.6.1. UBICACIÓN DE NODOS

La ubicación geográfica de las estaciones bases (Nodos) se presenta en lugares estratégicos para abarcar la área de influencia que corresponde a la ciudad de Ibarra, tomando en cuenta la disponibilidad de línea de vista, evitar interferencias y cobertura de operación (zonas).

Luego de efectuar la zonificación de cobertura se procede a definir la ubicación geográfica de los sitios más idóneos para la ubicación de las radios bases, misma que se detalla en la tabla 3.6.

ZONA	DENOMINACIÓN SITIO	ALTURA m.s.n.m.	PUNTOS GEOREFERENCIALES	
			Latitud	Longitud
CENTRO / ESTE	PREVISORA (CENTRAL)	2214	N 0° 20' 54,2"	W 78° 07' 13,2"
SUR	CARANQUI	2298	N 0° 19' 30,2"	W 78° 07' 26,8"
NORTE	AZAYA	2356	N 0° 22' 44,7"	W 78° 07' 50,9"
OESTE	FLORIDA	2242	N 0° 20' 19,5"	W 78° 08' 54,1"

**Tabla 3.6: Ubicación geográfica Nodos**

### 3.6.2. CÁLCULO SISTEMAS DE ENLACE - RED BACKHAUL

Para evaluar cada uno de los enlaces backhaul (interconexión de nodos) enlace se requiere efectuar cálculos de ganancias y pérdidas de potencia totales del sistema. Dentro de este cálculo se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Potencia de salida del transmisor (dBm).
- Potencia mínima de entrada del receptor para un objetivo de calidad determinado (dBm).
- Pérdida de trayectoria de espacio libre
- Pérdidas en cables.

En el Anexo B Parámetros Radioenlaces se describen con mayor detalle las características, factores y fórmulas que se emplean para realizar el cálculo de un radioenlace.

Para obtener los resultados del cálculo de las pérdidas y ganancias de los diferentes enlaces se va hacer uso del Software de Simulación de Radio Mobile<sup>39</sup>.

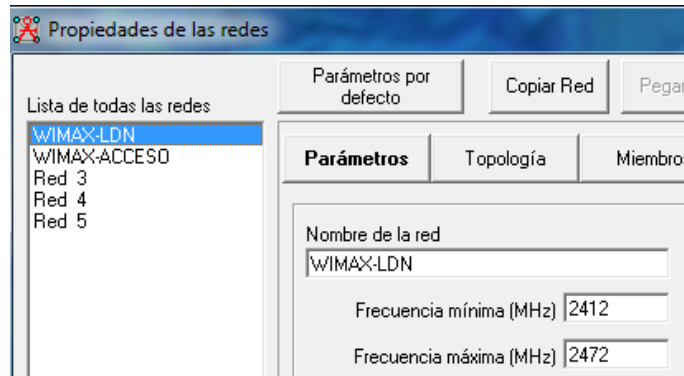
### 3.6.3. DEFINICIÓN DE ENLACES BACKHAUL

Como se menciona anteriormente la topología estrella se empleará en la red de backhaul. Para poder obtener el resultado de los diferentes parámetros

<sup>39</sup> **Radio Mobile.-** Radio Mobile es un programa de simulación de radiopropagación gratuito que sirve para predecir el comportamiento de sistemas de radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones

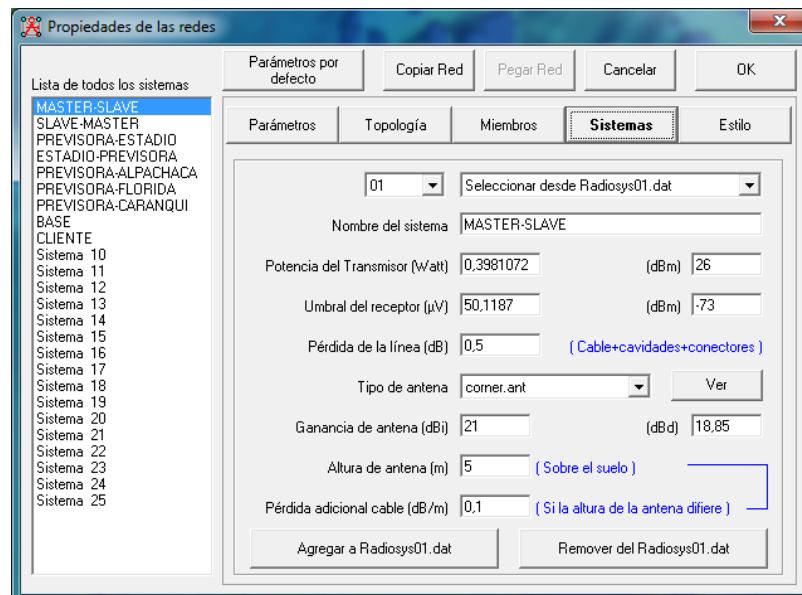
de los radio enlaces, se procede a ingresar la información técnica de cada uno de los equipos en el Radio Mobile.

El primer paso es definir la frecuencia de operación del sistema de backhaul dentro de la interfaz de configuración Propiedades de las redes (Parámetros), esta interfaz se muestra en la siguiente figura.



**Figura 3.5. Interfaz Radio Mobile de la frecuencia de operación – Red de Backhaul**

Luego de esto se procede a definir las características de la interfaz radioeléctrica de los equipos FlexNet ASN-900, tipo de antena y altura de torre entre otras. Los tres enlaces definidos para la Red de Backhaul WiMAX poseen las mismas características en relación con equipos de enlace punto a punto. Estos parámetros podemos observarlos en la figura siguiente y en la tabla 3.6.



**Figura 3.6. Interfaz Radio Mobile de ingreso características de Equipos FlexNet**

PARÁMETRO	VALOR
Sistema	MASTER - SLAVE
Frecuencia	2412 MHz a 2472 MHz
Potencia de Transmisión	26 dBm
Umbral de Recepción	-73 dBm
Ganancia antena	21 dBi
Pérdida adicional cable	0.1 dB/m

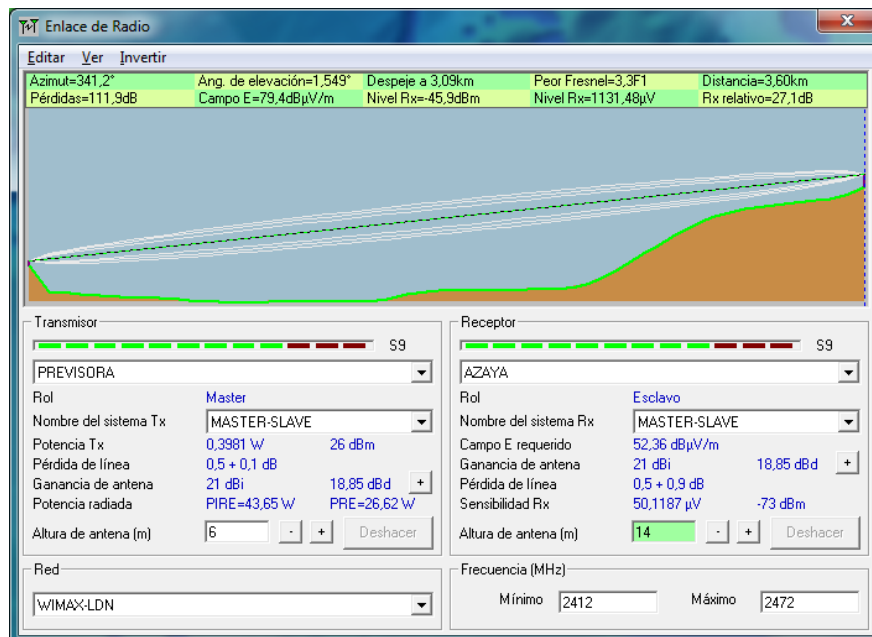
**Tabla 3.7: Parámetros enlaces backhaul**

### 3.6.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENLACES BACKHAUL

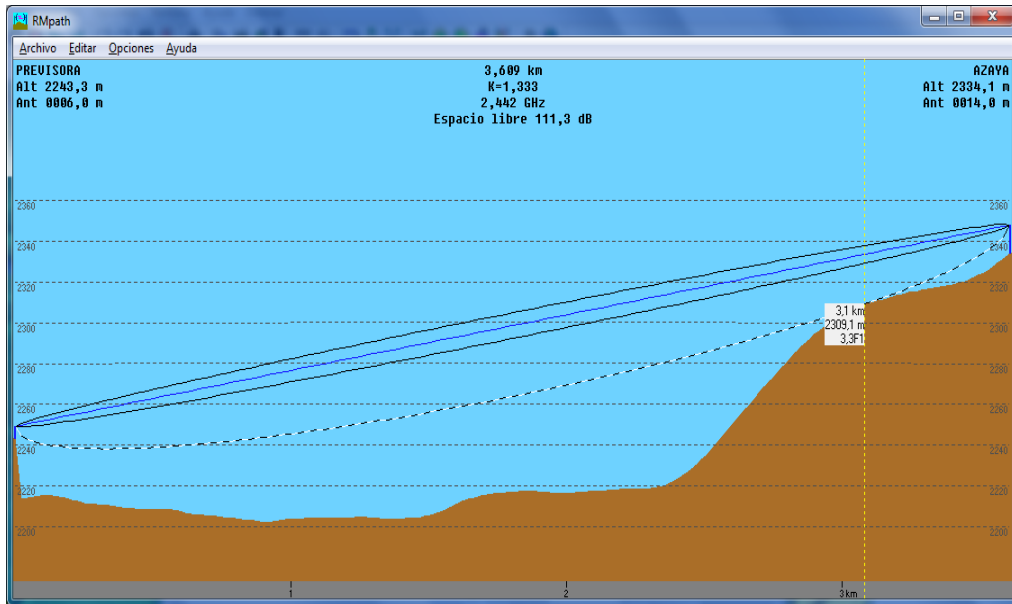
Como se menciona anteriormente para la obtención de los diferentes parámetros de propagación, pérdidas y zona de Fresnel (ver Anexo C Zona de Fresnel) se va hacer uso del Software de Simulación de Radio Mobile, los mismos que se muestran descritos en las siguientes puntos.

#### 3.6.4.1. Enlace Previsora-Azaya

Este el primer enlace definido del Sistema backhaul orientado a cubrir la Zona Norte de la ciudad de Ibarra, en la figura 3.7 podemos apreciar la ventana principal de resultados y en la figura 3.8 el perfil topográfico.



**Figura 3.7. Resultados enlace Previsora-Azaya**



**Figura 3.8. Perfil Topográfico enlace Previsora-Azaya**

Las imágenes anteriores nos muestran que el enlace puede llevarse a cabo con éxito ya que el nivel de recepción (-45,9 dBm) está muy por debajo del límite de sensibilidad del equipo FlexNet ASN900 seleccionado (-73 dBm) y la primera zona de Fresnel está totalmente despejada, el resto de resultados se muestran en la tabla 3.7.

<b>ENLACE PREVISORA-AZAYA</b>	
<b>Distancia</b>	3,59 Km
<b>Azimut norte verdadero</b>	341,2°
<b>Angulo elevación</b>	1,549°
<b>Mínimo despeje</b>	3,3F1 a 3,1Km
<b>Frecuencia promedio</b>	2 442 MHz
<b>Pérdida por Espacio Libre</b>	111,3 dB
<b>Perdida de propagación total</b>	111,9 dB
<b>Ganancia del sistema</b>	139,3 dB
<b>Nivel de Recepción</b>	-45,9 dBm
<b>Altura Antena Previsora</b>	6 m
<b>Altura Antena Azaya</b>	14 m

**Tabla 3.8. Resultados enlace Previsora-Azaya**

### 3.6.4.2. Enlace Previsora Caranqui

Este es el segundo enlace definido del Sistema backhaul orientado a cubrir la Zona Sur de la ciudad de Ibarra, en la figura 3.9 podemos apreciar la ventana principal de resultados y en la figura 3.10 el perfil topográfico.

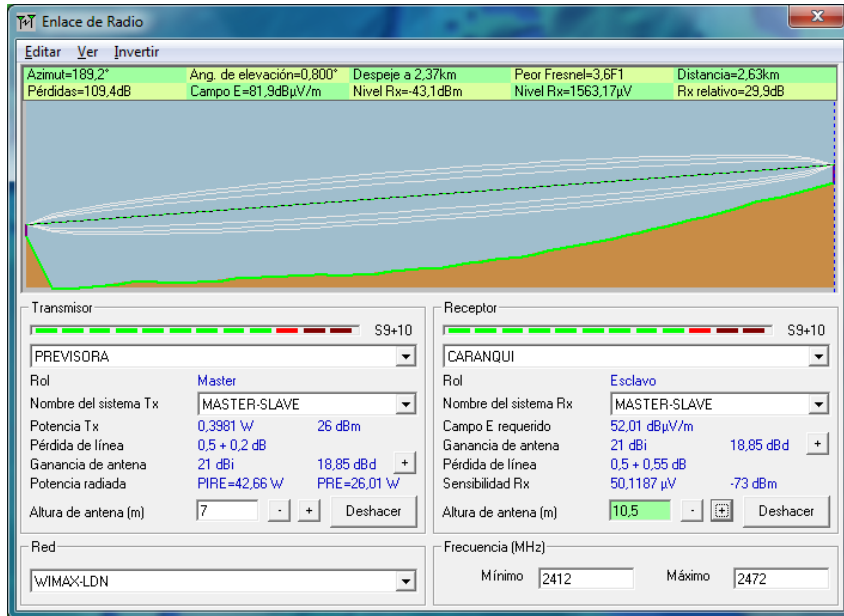


Figura 3.9. Resultados enlace Previsora- Caranqui

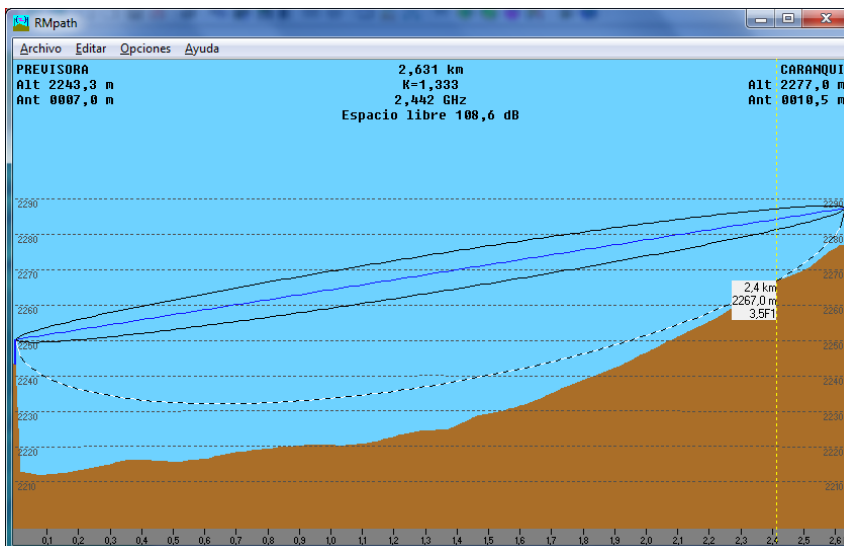


Figura 3.10. Perfil Topográfico enlace Previsora-Caranqui

Las imágenes nos muestran que el enlace puede llevarse a cabo con éxito ya que el nivel de recepción (-43,1 dBm) está muy por debajo del límite de sensibilidad del equipo FlexNet ASN900 seleccionado (-73 dBm) y la primera



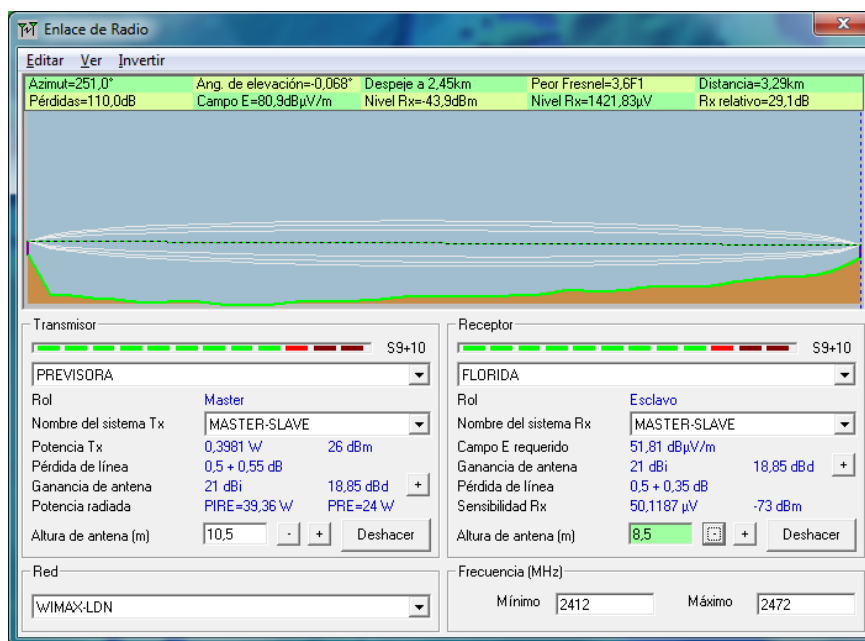
zona de Fresnel está totalmente despejada, el resto de resultados se muestran en la tabla 3.8.

ENLACE PREVISORA- CARANQUI	
Distancia	2,63 Km
Azimut norte verdadero	189,2°
Angulo elevación	0,800°
Mínimo despeje	3,6F1 a 2,4Km
Frecuencia promedio	2 442 MHz
Pérdida por Espacio Libre	108,5dB
Perdida de propagación total	109,4 dB
Ganancia del sistema	139,3 dB
Nivel de Recepción	-43,1 dBm
Altura Antena Previsora	7 m
Altura Antena Caranqui	10,5 m

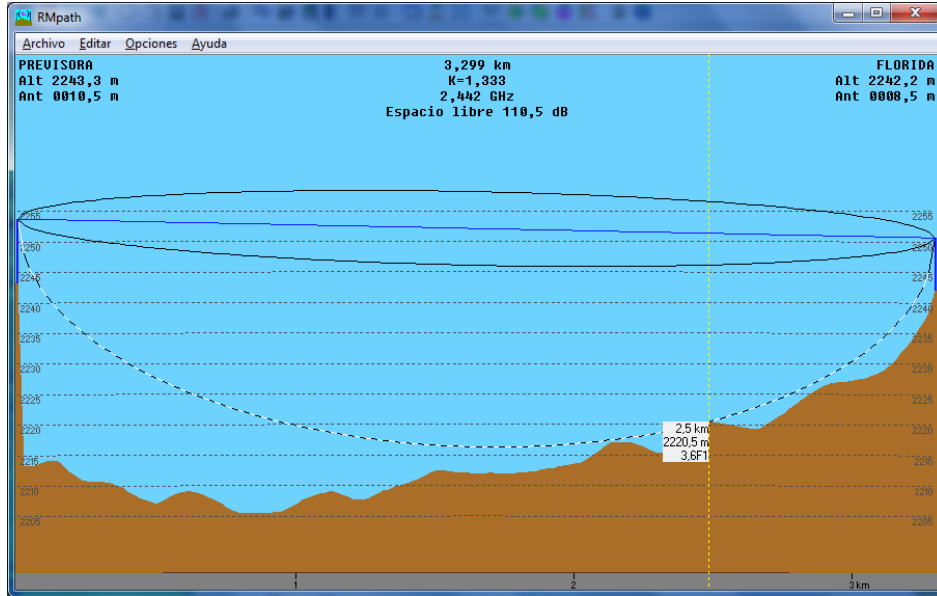
**Tabla 3.9. Resultados enlace Previsora-Caranqui**

### 3.6.4.3. Enlace Previsora Florida

Este el tercer enlace definido del Sistema backhaul orientado a cubrir la zona Este de la ciudad de Ibarra, en la figura 3.11 podemos apreciar la ventana principal de resultados y en la figura 3.12 el perfil topográfico.



**Figura 3.11. Resultados enlace Previsora- Florida**



**Figura 3.12. Perfil Topográfico enlace Previsora-Florida**

Las imágenes anteriores nos muestran que el enlace puede llevarse a cabo con éxito ya que el nivel de recepción (-43,9 dBm) está muy por debajo del límite de sensibilidad del equipo FlexNet ASN900 seleccionado (-73 dBm) y la primera zona de Fresnel está totalmente despejada, el resto de resultados se muestran en la tabla 3.9.

ENLACE PREVISORA- FLORIDA	
Distancia	3,29 Km
Azimut norte verdadero	251°
Angulo elevación	0,068°
Mínimo despeje	3,6F1 a 2,4Km
Frecuencia promedio	2 442 MHz
Pérdida por Espacio Libre	110,5 dB
Perdida de propagación total	110 dB
Ganancia del sistema	139,1 dB
Nivel de Recepción	-43,9 dBm
Altura Antena Previsora	10,5 m
Altura Antena Florida	8,5 m

**Tabla 3.10. Resultados enlace Previsora-Florida**

### 3.6.5. ÁREA DE COBERTURA – RED DE ACCESO

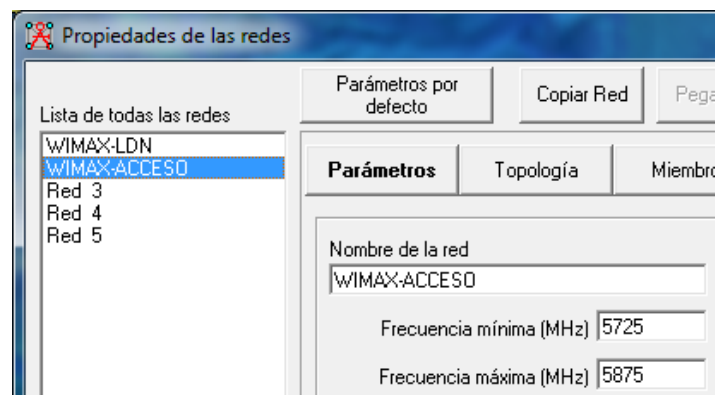
El nodo principal de la Red WiMAX que tendrá la función de operador estará ubicado en el edificio *La Previsora* por su posición estratégica en la ciudad de Ibarra. Además desde este edificio se brindará servicio a los usuarios de la zona centro y este de la ciudad.

Cada nodo (Radio Base) de acuerdo a su ubicación geográfica cubrirá una zona determinada de la ciudad. Sus rangos aproximados de cobertura serán de 3 Km. en entornos urbanos y de hasta 8Km en zonas rurales. De igual forma que en el anterior punto se hará uso del software gratuito llamado Radio Mobile que permite el análisis y simulación del área de cobertura de un sistema de radio frecuencia y traza el perfil de las posibles trayectorias. Los resultados de este análisis se describen en los puntos siguientes.

#### 3.6.5.1. Parámetros de Estaciones Base y Suscriptor

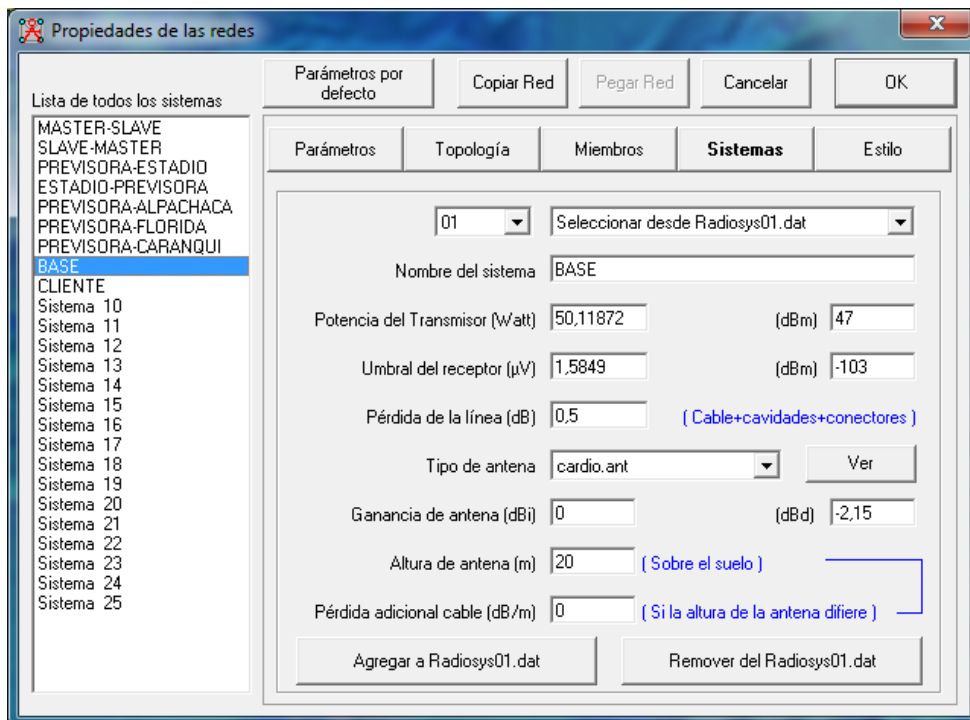
Con el objetivo de obtener el área de cobertura de cada nodo (estaciones base), se procede a ingresar la información técnica de la base MicroMAXd y de la estación suscriptora ProST en el software de simulación Radio Mobile.

Como primer paso se define la frecuencia de operación del sistema de acceso dentro de la interfaz de configuración Propiedades de las redes (Parámetros), esta interfaz se muestra en la siguiente figura.



**Figura 3.13. Interfaz Radio Mobile de la frecuencia de operación – Red de Acceso**

Luego de esto se procede a definir las características de la interfaz radioeléctrica de los equipos (estación base y equipo suscriptor), tipo de antena y altura de torre entre otras. La configuración y especificaciones en cada uno de los nodos son similares. Estos parámetros podemos observarlos en la figura siguiente y en la tabla 3.11.



**Figura 3.14. Interfaz Radio Mobile de ingreso características Base MicroMAXd**

PARÁMETRO	VALOR
<b>Sistema</b>	BASE-CLIENTE
<b>Frecuencia</b>	5725 MHz a 5875 MHz
<b>Potencia de Transmisión</b>	47 dBm
<b>Umbral de Recepción</b>	-103 dBm
<b>Ganancia antena</b>	Incluida
<b>Pérdida adicional cable</b>	0.1 dB/m

**Tabla 3.11. Parámetros estaciones base**

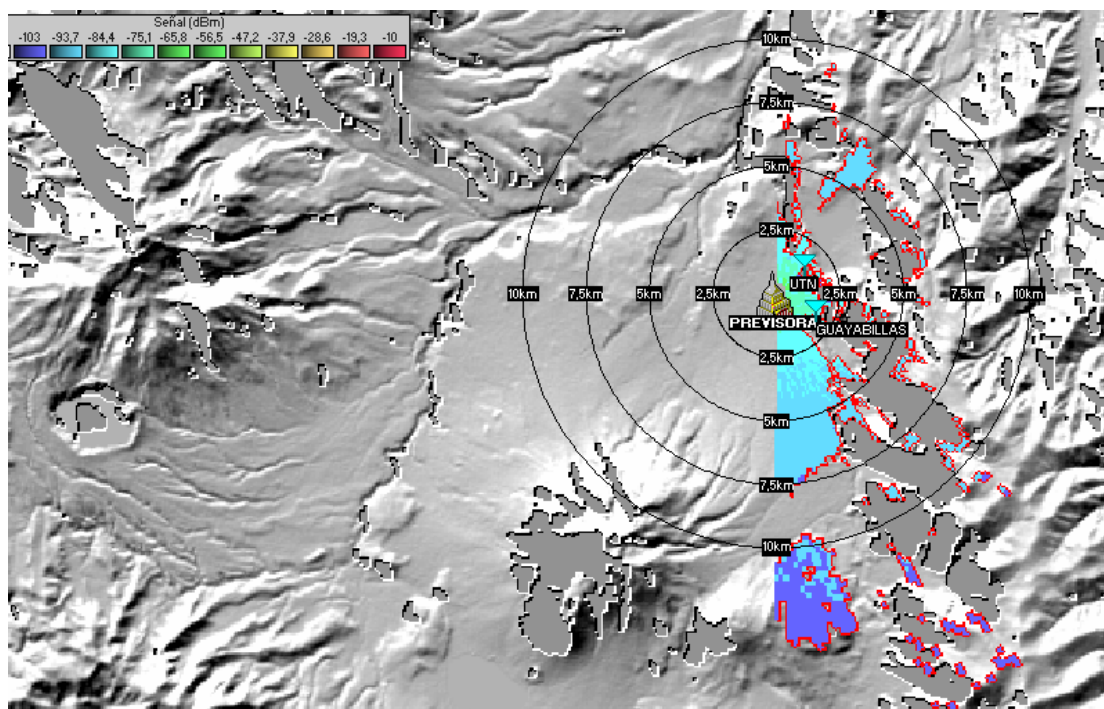
### 3.6.5.2. Nodo Principal Previsora

Debido a la alta densidad de usuarios potenciales alrededor de este nodo se plantea que la zona a cubrir por este conjunto de bases estará dividido en dos sectores de tres BSR MicroMAXd cada uno, cuyo direccionamiento del haz de señal está definido en la tabla siguiente.

SECTOR	BSR	APERTURA DEL HAZ	AZIMUTH
Este	E1	0° - 60°	30°
	E2	60° - 120°	90°
	E3	120° - 180°	150°
Oeste	O1	180° - 240°	210°
	O2	240° - 300°	270°
	O3	300° - 360°	330°

**Tabla 3.11. Direccionamiento del haz de señal del Nodo Previsora**

La parte de color de los gráficos 3.13 y 3.14 indica el área de cobertura de las estaciones-base ubicadas en este nodo; además de acuerdo a la escala de colores de la simbología nos permite apreciar el nivel de potencia irradiada a los diferentes sectores.

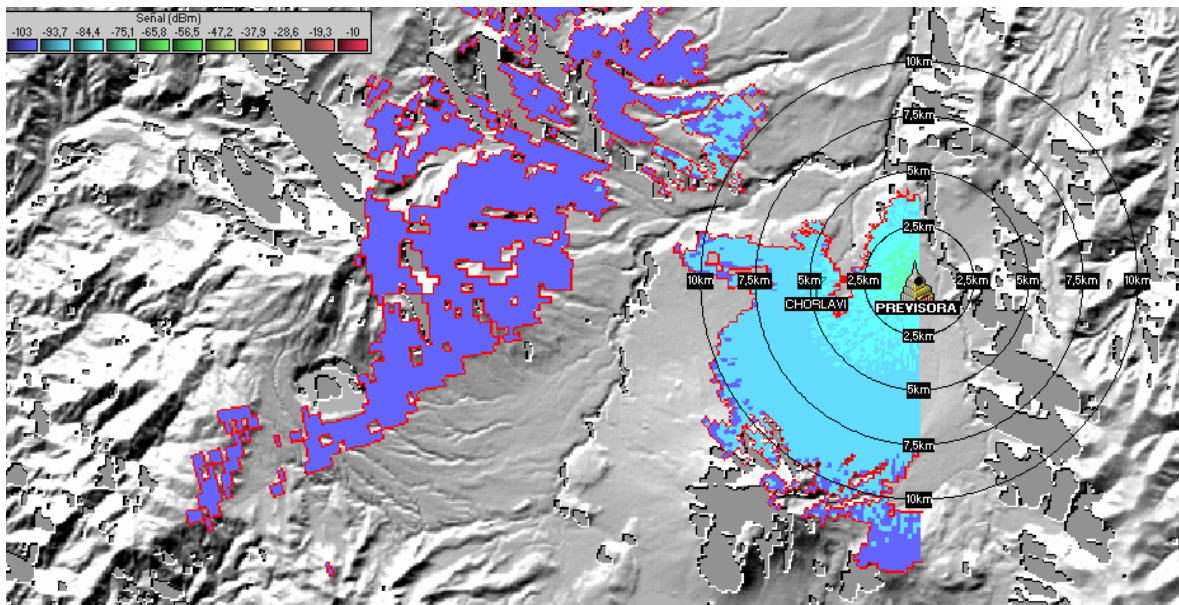


**Figura 3.13. Resultados cobertura nodo Previsora sector Este**

Para mayor relación del resultado de la cobertura del sector Previsora-Este con la realidad se han colocado como puntos de referencia las coordenadas de la Universidad Técnica del Norte (UTN) y del zoológico de la loma de Guayabillas, mismas que se encuentran en la siguiente tabla.

DENOMINACIÓN SITIO	ALTURA m.s.n.m.	PUNTOS GEOREFERENCIALES	
		Latitud	Longitud
Universidad Técnica del Norte	2215	N 0° 21' 29"	W 78° 06' 37"
Zoológico Guayabillas	2334	N 0° 20' 30,8"	W 78° 06' 21,7"

**Tabla 3.12. Coordenadas geográficas UTN y Guayabillas.**



**Figura 3.14. Resultados cobertura nodo Previsora sector Oeste**

De igual forma, para mayor relación del resultado de la cobertura del sector Previsora-Oeste con la realidad se han colocado como puntos de referencia las coordenadas del barrio Los Soles en el sector Chorlaví, las mismas que se encuentran en la siguiente tabla.

DENOMINACIÓN SITIO	ALTURA m.s.n.m.	PUNTOS GEOREFERENCIALES	
		Latitud	Longitud
Barrio Los Soles (Chorlaví)	2278	N 0° 20' 43,2"	W 78° 09' 44,3"

**Tabla 3.13. Coordenadas geográficas Barrio Los Soles.**

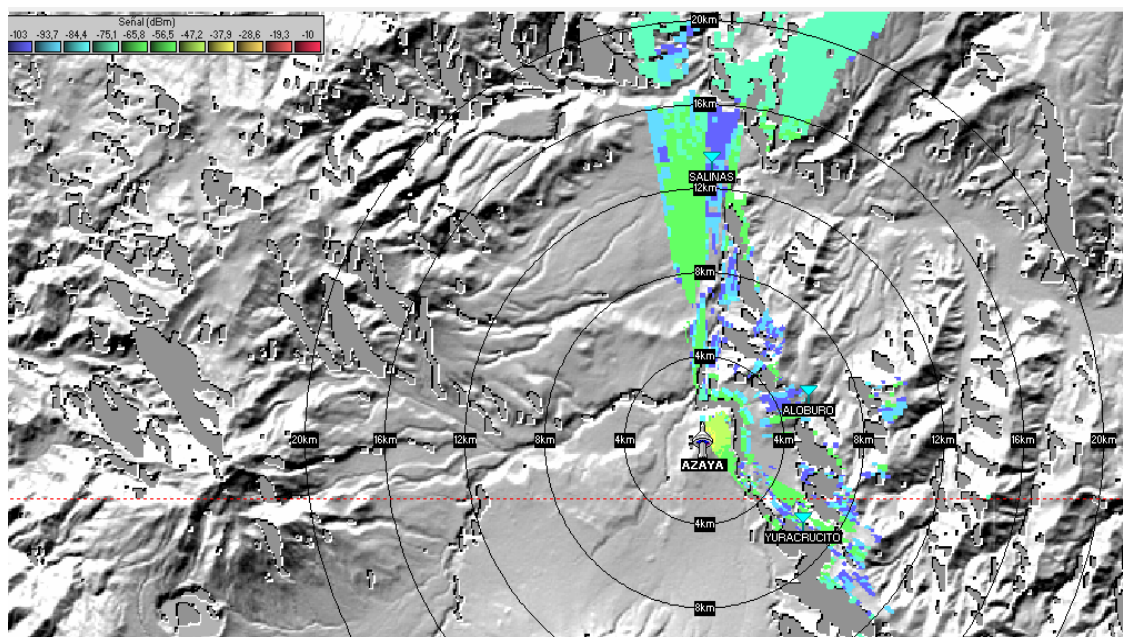
### 3.6.5.3. Nodo Azaya

Este nodo es el encargado de proveer servicio a la parte Norte de la ciudad. Este será conformado por dos estaciones base MicroMAXd con antenas externas sectoriales de 60°, cuyo direccionamiento del haz de señal está definido en la siguiente tabla:

SECTOR	BSR	APERTURA DEL HAZ	AZIMUTH
Azaya (Norte)	N1	350° - 50°	20°
	N2	50° - 110°	80°

**Tabla 3.14. Direccionamiento del haz de señal del Nodo Azaya**

La parte de color del gráfico 3.15 indica el área de cobertura de las estaciones-base (2 en total) ubicadas en este nodo; además de acuerdo a la escala de colores de la simbología nos permite apreciar el nivel de potencia irradiada a los diferentes sectores.



**Figura 3.15: Resultados cobertura nodo Azaya.**

Para mayor relación del resultado de la cobertura del sector Azaya con la realidad se han colocado como puntos de referencia las coordenadas de la parroquia Salinas, Yuracucito y Aloburo, las mismas que se encuentran en la siguiente tabla.

DENOMINACIÓN SITIO	ALTURA m.s.n.m.	PUNTOS GEOREFERENCIALES	
		Latitud	Longitud
Salinas	1597,5	N 0° 29' 55,8"	W 78° 07' 38,3"
Yuracucito	2860,2	N 0° 20' 38,3"	W 78° 05' 10,5"
Aloburo	2426,9	N 0° 23' 54"	W 78° 05' 0,0"

**Tabla 3.15. Coordenadas geográficas Salinas, Yuracucito, Aloburo**

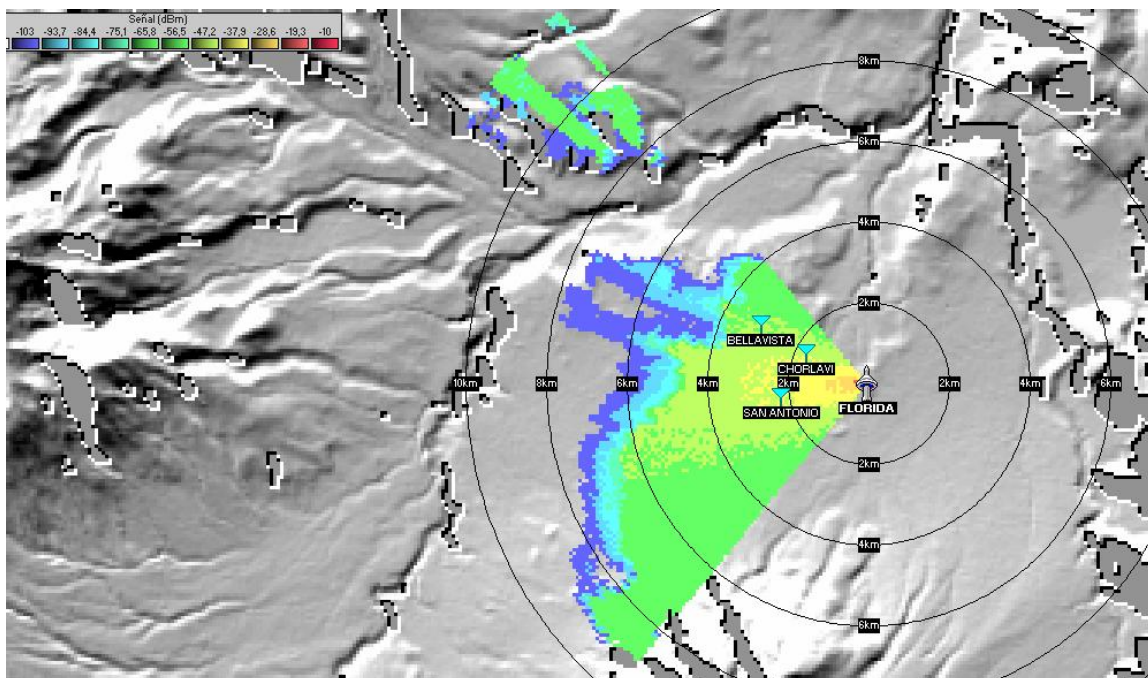
#### 3.6.5.4. Nodo Florida

Este nodo es el encargado de proveer servicio a la parte Oeste de la ciudad. Este será conformado por una estación base MicroMAXd con antena externa sectorial de 60°, cuyo direccionamiento del haz de señal está definido en la tabla 3.15.

SECTOR	BSR	APERTURA DEL HAZ	AZIMUTH
Florida	F1	240° - 300°	270°

**Tabla 3.16. Direccionamiento del haz de señal del Nodo Florida**

La parte de color del gráfico 3.16 indica el área de cobertura de la estación base ubicada en este nodo; además de acuerdo a la escala de colores de la simbología nos permite apreciar el nivel de potencia irradiada a los diferentes sectores.



**Figura 3.16: Resultados cobertura nodo Florida**



Para mayor relación del resultado de la cobertura del sector Florida con la realidad se han colocado como puntos de referencia las coordenadas de la parroquia Salinas, Yuracucrito y Aloburo, las mismas que se encuentran en la siguiente tabla.

DENOMINACIÓN SITIO	ALTURA m.s.n.m.	PUNTOS GEOREFERENCIALES	
		Latitud	Longitud
Bellavista	2326	N 0° 21' 06,7"	W 78° 10' 20,0"
Barrio Los Soles (Chorlaví)	2278	N 0° 20' 43,2"	W 78° 09' 44,3"
San Antonio	2316	N 0° 20' 08,3"	W 78° 10' 4,2"

**Tabla 3.17. Coordenadas geográfica Bellavista, Chorlaví, San Antonio**

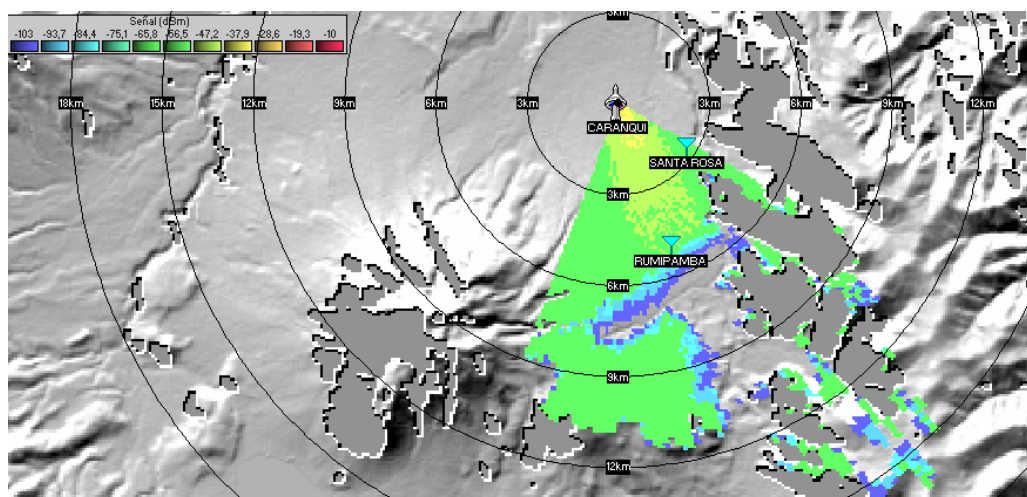
### 3.6.5.5. Nodo Caranqui

Este nodo es el encargado de proveer servicio a la parte Sur de la ciudad. Este será conformado por una estación base BSR MicroMAXd con antena externa sectoriales de 60°, cuyo direccionamiento del haz de señal está definido en la siguiente tabla:

SECTOR	BSR	APERTURA DEL HAZ	AZIMUTH
Caranqui	C1	130°- 190°	160°

**Tabla 3.18. Direccionamiento del haz de señal del Nodo Caranqui**

La parte de color del gráfico 3.17 indica el área de cobertura de la estación base ubicada en este nodo; además de acuerdo a la escala de colores de la simbología nos permite apreciar el nivel de potencia irradiada a los diferentes sectores.



**Figura 3.17: Resultados cobertura nodo Caranqui**

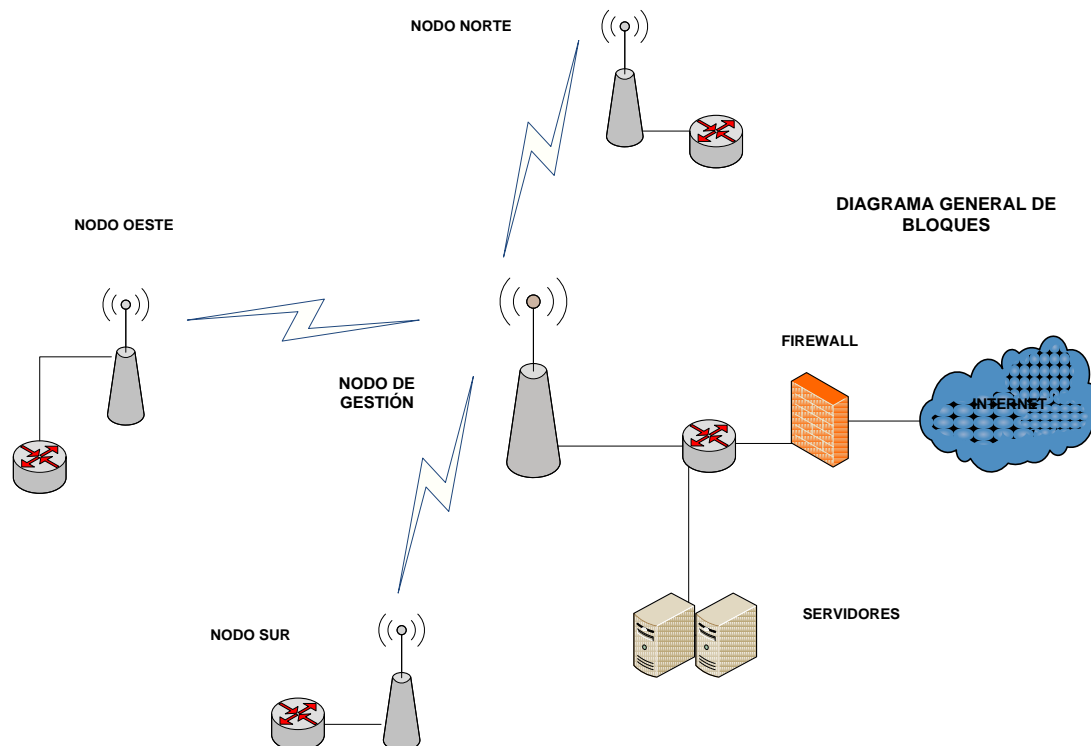
Para mayor relación del resultado de la cobertura del nodo de Caranqui con la realidad se han colocado como puntos de referencia las coordenadas de los sectores Santa Rosa y Rumipamba, las mismas que se encuentran en la tabla 3.18

DENOMINACIÓN SITIO	ALTURA m.s.n.m.	PUNTOS GEOREFERENCIALES	
		Latitud	Longitud
Santa Rosa	2418	N 0° 18' 43"	W 78° 06' 14,2"
Rumipamba	2604	N 0° 16' 58"	W 78° 06' 30"

*Tabla 3.19. Coordenadas geográfica puntos referenciales.*

### 3.7. DISEÑO DE RED

Como se menciona anteriormente la topología de red es estrella, tomando como referencia esto se ha procedido al diseño general de bloques de la red de backhaul y nodo de gestión (ver figura 3.18). Este consta de los equipos de telecomunicación necesarios para la interconexión de los nodos, equipos de conexión con las estaciones base, los equipos de conmutación y enrutamiento así como los servidores para las diversas aplicaciones.



*Figura 3.18: Diagrama de Bloques*

### **3.7.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE RED**

De igual manera que los equipos de radio seleccionados anteriormente; la acertada elección de los equipos que va conformar la red es una parte de alta importancia para el correcto y óptimo funcionamiento del sistema de comunicación. Debido a esta razón en este punto se realizará la selección de los siguientes componentes, tomando en cuanto lo descrito en las figuras 3.18 y 3.19:




- Equipo de Enrutamiento de Tráfico Backhaul
- Equipo de Enrutamiento de Borde
- Servidor para el Sistema de Gestión Netspan.
- Servidor para servicios (DNS, WWW, RADIUS, CORREOS).

#### **3.7.1.1. Equipos de Enrutamiento de Tráfico Backhaul**

Para poder enrutar el tráfico proveniente de los equipos FlexNet ASN900 de la red de Backhaul es necesario contar con equipos de capa 3 para realizar este proceso, estos equipos deben contar con el soporte a los siguientes parámetros:

- Protocolos de enrutamiento (en especial OSPF).
- Protocolo IPv4 e IPv6.
- Balanceo de carga.
- Conmutación mayor a 1 Gbps.
- Por lo menos 4 interfaces Uplink 10/100 Ethernet full dúplex y con auto-negociación.
- Protocolo de administración SNMPv2.
- Seguridad de protección de datos con cifrado.
- 1 puerto de consola EIA-232, RJ-45.
- Listas de control de acceso extendidas.
- Estándares IEEE 802.1q e IEEE 802.1p.
- BGPv4 (router de borde).

En la tabla siguiente se muestra la comparación de características de tres marcas de equipos de conmutación con capacidades de capa 3:

PARAMETRO	HP - 3COM	CISCO	DLINK
MODELO	HP E5500-24G-PoE <sup>40</sup>	Catalyst 4500 <sup>41</sup>	DES-3828 <sup>42</sup>
INTERFACES ETHERNET FULL DÚPLEX Y CON AUTO-NEGOCIACIÓN	24 puertos PoE 10/100/1000	24 puertos PoE 10/100/1000	24 puertos PoE 10/100
ENLACES UPLINK	4 puertos PoE 10/100/1000	4 puertos Gigabit PoE	4 puertos Gigabit
PROTOCOLO IPV4	SI	SI	SI
PROTOCOLO IPV6	SI	SI	SI
PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO OSPF	SI	SI	SI
PROTOCOLO BGPV4	SI	SI	NO
PROTOCOLO DE GESTIÓN REMOTA SNMPV2	SI	SI	SI
CUMPLIMIENTO DE NORMAS IEEE 802.1Q, IEEE 802.1P	SI	SI	SI
VELOCIDAD DE CONMUTACIÓN	184 Gbps	136 Gbps	12,8 Gbps
MEMORIA RAM	64 MB	512 MB	32 MB
MEMORIA FLASH	16 MB	128 MB	NO
CONSUMO POTENCIA	700 W	384 W	370 W
IMAGEN			
PRECIO REFERENCIAL	3948	12003	1733

**Tabla 3.20. Características Conmutadores capa 3**

Como se puede observar los equipos de la marca HP- 3com y CISCO cumplen con todas las características necesarias para el enrutamiento del tráfico backhaul, por lo que se escoge el Switch capa 3 HP E5500-24G-PoE, por la diferencia sustancial en el costo y la velocidad de conmutación.

<sup>40</sup> HP E5500-24G-PoE: [h10010.www1.hp.com](http://h10010.www1.hp.com)




<sup>41</sup> Catalyst 4500: [www.cisco.com](http://www.cisco.com)

<sup>42</sup> DES-3828: [ftp10.dlink.com/pdfs/products/DES-3828P](http://ftp10.dlink.com/pdfs/products/DES-3828P)

### 3.7.1.2. Equipos de Enrutamiento de Borde

Para la interconexión de la red de backhaul y acceso WiMAX con el Internet se necesitará de un equipo de enrutamiento de borde. Este router además de las características mencionadas en el punto anterior deberá contar con dos puertos Gigabit Ethernet, para concentrar todo el tráfico de la red; mecanismos de filtrado y cifrado de la información; autenticación y autenticación de usuarios; así como un firewall incorporado.

En la tabla 3.20 se muestra la comparación de características de tres marcas de equipos con capacidades de enrutamiento de borde.

PARAMETRO	HP -3COM	CISCO	DLINK
MODELO	HP MSR30-10 <sup>43</sup>	CISCO 2901 <sup>44</sup>	D-Link DI-3660 <sup>45</sup>
2 PUERTOS GIGABIT ETHERNET	SI	SI	NO
PROTOCOLO IPV4	SI	SI	SI
PROTOCOLO IPV6	SI	SI	SI
PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO OSPF	SI	SI	SI
PROTOCOLO BGPV4	SI	SI	SI
PROTOCOLO DE GESTIÓN REMOTA SNMPV2	SI	SI	SI
CUMPLIMIENTO DE NORMAS IEEE 802.1Q IEEE 802.1P	SI	SI	SI
VPN FIREWALL	DES (3DES) and Advanced Encryption Standard (AES)	Cisco IOS Firewall, Cisco IOS Zone-Based Firewall	NAT ACL
MEMORIA RAM: 256 MB	SI 256 HASTA 512	512 HASTA 2GB	64MB – 512MB
MEMORIA FLASH: 64 MB	SI 256	256 HASTA 4GB	8MB - 32MB
CONSUMO POTENCIA	54 W	40 W	120 W
IMAGEN			
PRECIO REFERENCIAL	1658	1995	3339

**Tabla 3.21. Características equipos de enrutamiento**

<sup>43</sup> HP MSR30-10: [h17007.www1.hp.com/us/en/products/routers/HP\\_MSR30\\_Series](http://h17007.www1.hp.com/us/en/products/routers/HP_MSR30_Series)




<sup>44</sup> CISCO 2901: [www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps10537](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps10537)

<sup>45</sup> D-Link DI-3660: [support.dlink.co.in/router/DI-3660/datasheet](http://support.dlink.co.in/router/DI-3660/datasheet)

Como se puede observar los equipos de la marca HP- 3com y CISCO cumplen con todas las características necesarias para el enrutamiento de borde, por lo que se escoge el router CISCO 2901, por el menor consumo de potencia y su mayor nivel de memoria.

### 3.7.1.3. Servidor para el Sistema de Gestión Netspan.

Los equipos de la casa comercial Airspan (backhaul y acceso) son administrados por el Software de Gestión y Administración Netspan, de la misma casa comercial. Este software de gestión necesita estar alojado en un equipo servidor, por lo que se han seleccionado tres de mediana capacidad con características similares de las principales marcas en el mercado. Estas se muestran en la tabla 3.21.

PARAMETRO	HP	IBM	DELL
MODELO	HP ProLiant DL380 G7 <sup>46</sup>	IBM System x3650 M3 <sup>47</sup>	PowerEdge 11G R410 <sup>48</sup>
FORMATO RACK	2U	2U	1U
PROCESADOR	2 Intel® Xeon® X5690 (3.46GHz/6-core)	2 Intel® Xeon® X5690 (3.46GHz/6-core)	2 Intel® Xeon® X5675 (3.06GHz /6-core)
MEMORIA	12GB – 48GB (DDR3-1333) 1066MHz	24GB (DDR3-1333) 1066MHz	128GB (DDR3-1333) 1066MHz
CACHE Level 3	12MB	12MB	12MB
DISCO DURO	6.4TB	16TB	Up to 12TB
UNIDAD ÓPTICA	CD-RW/DVD-RW	CD-RW/DVD-RW	CD-RW/DVD-RW
TARJETA DE RED	2 Gigabit Ethernet	2 Gigabit Ethernet	Intel Quad Port Gigabit Ethernet
IMAGEN			
PRECIO REFERENCIAL (USD)	2 375	3 833	2 142

**Tabla 3.22. Características servidores para Sistema de Gestión.**

<sup>46</sup> HP ProLiant DL380 G7: [h10010.www1.hp.com/wwpc/us/en](http://h10010.www1.hp.com/wwpc/us/en)

<sup>47</sup> IBM System x3650 M3: [public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en](http://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/en)

<sup>48</sup> PowerEdge 11G R410: [www.dell.com/ec/biz/p/poweredge-r410](http://www.dell.com/ec/biz/p/poweredge-r410)

Al analizar la tabla anterior se observa que el Dell PowerEdge 11G R410 posee un diseño más compacto, mayor memoria RAM y un costo relativamente inferior. En base a esto se selecciona este equipo para cumplir la función de administrar y gestionar el sistema de comunicación de datos.

#### 3.7.1.4. Servidor para servicios

En base al diagrama general de Diseño del Nodo de Gestión de la figura 3.19, los servicios que deberá alojar este servidor son los siguientes:

- **Soporte RADIUS:** Orientado a la autenticación y autentificación de los diferentes tipos de clientes mediante el uso de contraseñas. Con base a esto se controlará y mantendrá la base de datos de los clientes y sus diversas configuraciones. Así como también la base contable y sistema de facturación.
- **Correos:** Básicamente con soporte a dos tipos de protocolo el POP3<sup>49</sup> y SMTP<sup>50</sup> para el manejo y almacenamiento de correo entrante y saliente. Además de este de un sistema de bloqueo de spam y filtrado de correo.
- **WWW y DNS<sup>51</sup>:** Dirigido a soportar y almacenar el tráfico proveniente de la navegación en Internet. Las capacidades DNS para resolver y recibir las diferentes peticiones de nombre de dominio




Debido a la mayor cantidad de servicios que este servidor alojará se necesita de un equipo de gran capacidad y prestaciones. En la tabla 3.21 se muestran tres marcas dominantes en el mercado de los cuales se procederá a seleccionar el más adecuado para cumplir con todas las funciones especificadas.

---

<sup>49</sup> **POP3.-** Post Office Protocol. Usado para obtener los mensajes de correo electrónico almacenados en un servidor remoto. Es un protocolo de nivel de aplicación en el Modelo OSI.

<sup>50</sup> **SMTP.-** Simple Mail Transfer Protocol. Protocolo de capa de aplicación basado en textos utilizados para el intercambio de mensajes de correo electrónico entre computadoras u otros dispositivos. Estándar oficial de Internet.

<sup>51</sup> **DNS.-** Domain Name System. Sistema de nomenclatura jerárquica para computadoras, servicios o cualquier recurso conectado a Internet o a una red privada.

PARAMETRO	HP	IBM	DELL
MODELO	HP ProLiant DL580 G7 <sup>52</sup>	IBM System x3755 M3 <sup>53</sup>	Dell PowerEdge R810 <sup>54</sup>
FORMATO	4U	2U	2U
PROCESADOR	4 Intel® Xeon E7-4870 (2.40GHz/10-core)	4 AMD Opteron 6282 (2.6GHz/16-core)	4 Intel Xeon E7-8870 (2.40GHz/10-core)
MEMORIA	16GB - 128GB (DDR3-1333) 1066MHz	32GB - 512GB (DDR3-1333) 1066MHz	32GB – 1TB (DDR3-1333) 1066MHz
CACHE Level 3	30MB	12MB	30MB
DISCO DURO	8.0TB	24TB (8 x 3TB)	18.8TB
UNIDAD ÓPTICA	CD-RW/DVD-RW	CD-RW/DVD-RW	CD-RW/DVD-RW
TARJETA DE RED	4 Puertos Gigabit Ethernet	4 Puertos Gigabit Ethernet	Intel Quad Port Gigabit Ethernet
IMAGEN			
PRECIO REFERENCIAL (USD)	8 359	10 910	8 041

**Tabla 3.23. Características servidores de servicios**

Como se puede observar en la tabla anterior se observa que el Dell PowerEdge R810 posee un diseño más compacto, mayor memoria RAM y un costo relativamente inferior. En base a esto se selecciona este equipo para cumplir la función de alojar todos los servicios mencionados en este punto.

### 3.7.2. DIAGRAMA GENERAL DE RED BACKHAUL

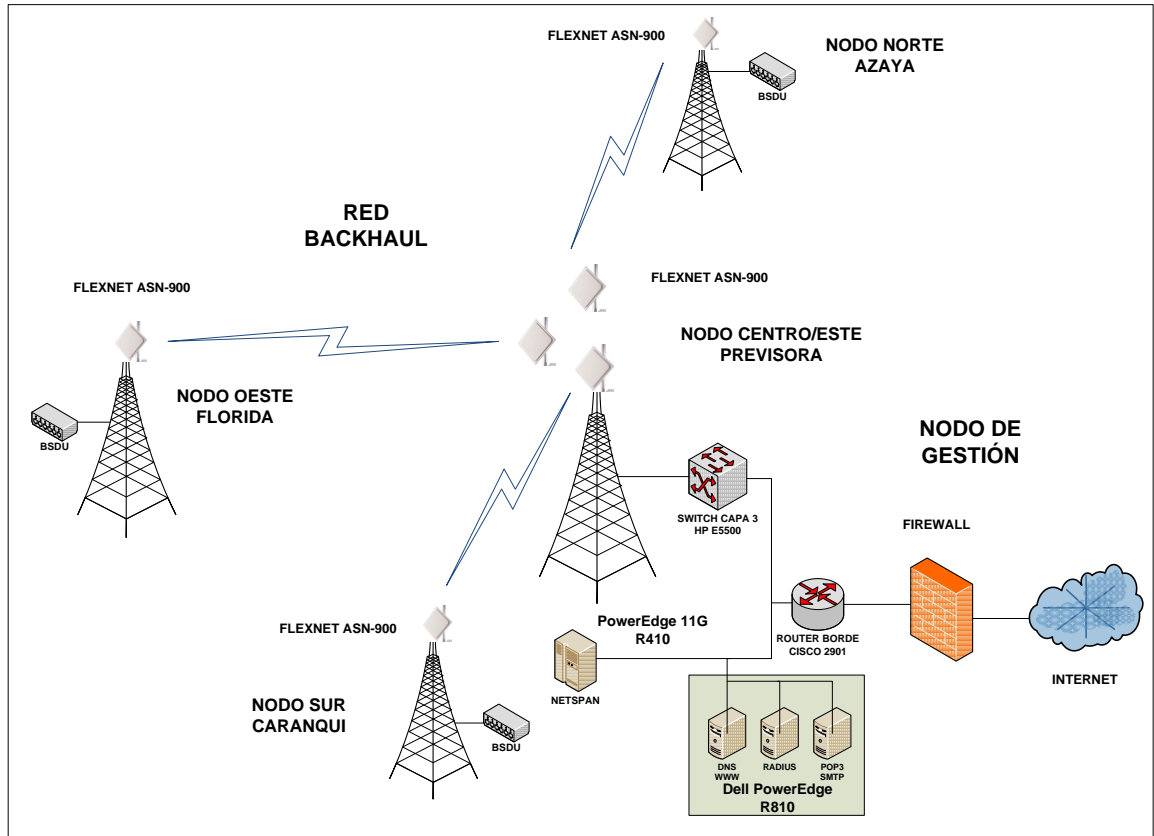
Una vez que se han seleccionado los diferentes componentes de radiocomunicación y de red; y partiendo del Diagrama general de bloques de la figura 3.18 se plantea el diseño general de mismo que se muestra en la figura 3.20.

<sup>52</sup> HP ProLiant DL580 G7: [h10010.www1.hp.com/wwpc/us/en](http://h10010.www1.hp.com/wwpc/us/en)

<sup>53</sup> IBM System x3755 M3: [www-03.ibm.com/systems/x/hardware/rack/x3755m3](http://www-03.ibm.com/systems/x/hardware/rack/x3755m3)

<sup>54</sup> Dell PowerEdge R810: [www.dell.com/us/business/p/poweredge-r810/pd](http://www.dell.com/us/business/p/poweredge-r810/pd)

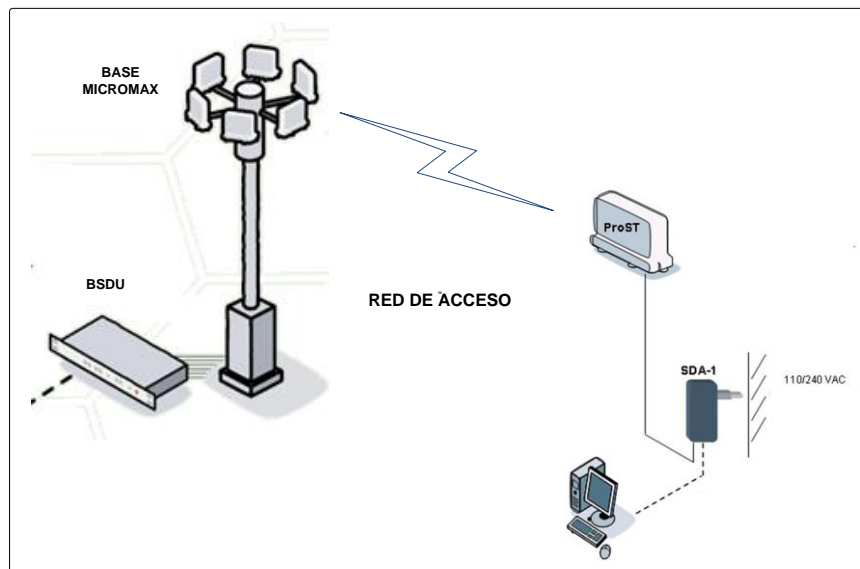




**Figura 3.20: Diagrama General de Red**

### 3.7.3. DIAGRAMA GENERAL DE RED ACCESO

La interconexión de cada nodo con los clientes potenciales (red de acceso) es a su vez una red LAN con topología estrella. De igual forma los componentes y equipos empleados para la red de acceso, se detallan en la figura siguiente.



**Figura 3.21. Diagrama General Red de Acceso**

### **3.8. REPORTES DE CALIDAD**

El presente proyecto se enmarca a lo establecido en el Reglamento para la Prestación de Servicio de Valor Agregado, por lo que, en el momento de operación del mismo se deberá proporcionar a la SENATEL y a la SUPERTEL la siguiente información:

- Reporte mensual de enlaces.
- Reporte mensual de usuarios.
- Reporte trimestral de calidad.
- Reporte mensual de fallas.
- Reporte semestral de quejas.
- Reporte mensual de ingresos totales facturados.

La forma de presentación de esta información se encuentra contemplada en los Formatos SVA Internet y Formularios Reporte Usuarios Facturación, mismos que se los puede encontrar en la página oficial del CONATEL.

## **CAPÍTULO IV**

### **SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE DATOS**

#### **4.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se procede a realizar una simulación de una red de Comunicación Inalámbrica con la finalidad de obtener parámetros que permitan analizar las diferentes potencialidades y prestaciones de la tecnología WiMAX.

Para el efecto se describe de manera general el lugar y empresa donde fue realizada la simulación y el objetivo de la misma, así como también se define las estrategias y procedimientos elegidos.

Por otra parte, se considera importante detallar la estructura de la red con sus respectivos elementos realizando un esquema de simulación para posteriormente llevar a cabo la descripción específica de los parámetros analizados para la obtención de resultados.

#### **4.2. DESCRIPCIÓN Y REFERENCIA DEL SITIO DE SIMULACIÓN**

La simulación para efecto de prueba de la tecnología WiMAX fue realizada en la Red de Telecomunicaciones, Conectividad y Contenidos del Cantón Pelileo de la provincia de Tungurahua. Esta red es parte del Proyecto denominado "Pelileo Digital".

##### **4.2.1. GOBIERNO MUNICIPAL DE SAN PEDRO DE PELILEO**

Este proyecto surge de la iniciativa del Gobierno Municipal de San Pedro de Pelileo en base a sus políticas que benefician al cantón con el fin de reducir la pobreza y promover el desarrollo económico, cultural, social y político. San Pedro de Pelileo se encuentra ubicada a 17 Km. al sureste de Ambato, donde existen sectores de áreas rurales y urbano marginales que carecen

de la cobertura de servicios de telecomunicaciones, tales como telefonía fija, telefonía móvil, servicios de datos, video, multimedia y acceso a Internet.

#### **4.2.2. SIDEPRO CIA. LTDA.**

La instalación y mantenimiento de la red mencionada se encuentra a cargo de la empresa Sistemas Integrados de Protección SIDEPRO de la ciudad de Ambato, institución que brinda servicios de telecomunicaciones, seguridad electrónica, protección y equipos eléctricos. SIDEPRO actualmente es la responsable de gestionar la operación de la red WiMAX con el fin de mantener la conectividad y disponibilidad de servicios, tanto a las instituciones educativas como a las juntas parroquiales.

#### **4.3. OBJETO, UTILIDAD Y BENEFICIO DE LA RED**

El proyecto de red PELILEO DIGITAL tiene un interés social con la finalidad de dotar servicios de internet, explotación de contenidos de educación y programas electrónicos para las juntas parroquiales del cantón.

La Red de Comunicación de Datos de Banda Ancha permite la comunicación de datos entre la Casa Municipal, 74 instituciones educativas y juntas parroquiales del Cantón Pelileo, Provincia del Tungurahua.

Entre uno de los mayores beneficios se puede mencionar la conectividad y acceso a internet de las escuelas rurales y urbano marginales para promover el desarrollo social y acceso a la información gracias al rápido despliegue y puesta en marcha del sistema por tratarse de una solución inalámbrica de gran beneficio, tanto para los usuarios como para los operadores del sistema.

#### **4.4. ESTRATEGIAS PARA EFECTO DE SIMULACIÓN**

Este proceso empieza con la definición de los objetivos planteados con los medios y disponibilidad de la red, la cual se centra en el análisis de parámetros claramente identificados con la finalidad de evaluar la tecnología WiMAX en una Red de Datos establecida.

#### 4.4.1. OBJETIVOS

Entre los objetivos que se persiguen con el desarrollo de este capítulo se puede destacar los siguientes:

- Conocer el diseño de la red inalámbrica que hace uso de la tecnología WiMAX.
- Establecer una estructura general de la red.
- Efectuar una descripción técnica de la red, equipos y software.
- Elaborar los esquemas de simulación.
- Definir la selección y configuración de equipos requeridos.
- Analizar los diferentes parámetros radioeléctricos como modelos de propagación, sensibilidad, áreas de cobertura, ruido e interferencias.
- Detallar los mecanismos de calidad de servicio, control de errores y tasas reales de transferencia que brinda la red

#### 4.4.2. ETAPAS

La simulación de la red WiMAX contempló algunas etapas, con el ánimo de dar cumplimiento a los objetivos propuestos, éstas se definen en la siguiente tabla:

DESARROLLO DE SIMULACIÓN - PLANIFICACIÓN												
ACTIVIDAD		DURACION										
<b>A</b>	Búsqueda de Contactos	X										
<b>B</b>	Ambientación y conocimiento de instalaciones SIDEPRO		X									
<b>C</b>	Análisis de generalidades del proyecto PELILEO DIGITAL		X									
<b>D</b>	Estudio del diseño y topología de la red			X								
<b>E</b>	Recopilación y estudio de información técnica de equipos			X	X							
<b>F</b>	Familiarización y manejo de software de administración NETSPAN				X	X	X					
<b>G</b>	Visitas a escuelas (suscriptores) y nodos (bases)						X	X				
<b>H</b>	Sumario de datos recopilados y análisis							X	X			
<b>I</b>	Redacción del Capítulo IV									X	X	X
<b>TIEMPO EN SEMANAS</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

**Tabla 4.1. Planificación del desarrollo de la simulación red WiMAX**

Mediante el cumplimiento de esta planificación se pudo realizar las diferentes pruebas de operación, reconocimiento de las instalaciones e infraestructura de telecomunicaciones, la obtención de los datos necesarios para la verificación de la tecnología. Además de esto se entablo una buena amistad con el personal de SIDEPRO. Para constancia de esto se muestran las siguientes imágenes y el Anexo G Certificado de Simulación Red Digital Pelileo emitido por el Jefe Técnico de la empresa mencionada.



**Figura 4.1. Instalaciones SIDEPRO**

## **4.5. PARAMETROS Y CONSIDERACIONES**

### **4.5.1. PARAMETROS**

Dentro de la presente simulación y verificación de la tecnología WiMAX se analizó los siguientes parámetros:

- Parámetros radioeléctricos como: frecuencias de operación, modelos de propagación, áreas de cobertura, potencias de transmisión y sensibilidad del receptor, ruido e interferencia.
- Técnicas de Modulación, tasas de transferencia, control de errores
- Protocolos de red y calidad de servicio.

#### 4.5.2. CONSIDERACIONES

Para poder valorar los datos obtenidos se tomo en cuenta las siguientes connotaciones:

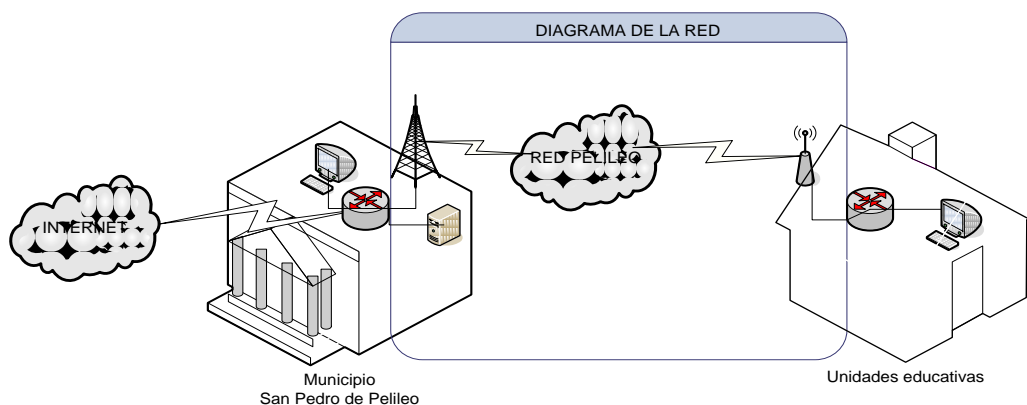
- Distancias entre enlaces, distancia BS-BS.
- Características equipos, estaciones base, estaciones suscriptoras
- Configuración de equipos.
- Clases de Servicio.
- Sistema de Gestión.
- Pruebas de conectividad, rendimiento y ancho de banda

#### 4.6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA RED PELILEO DIGITAL

El proceso de simulación y verificación se realizó sobre una Infraestructura de red inalámbrica de servicios de banda ancha sobre la cual se permite el acceso a Internet y otros servicios de valor agregado en varias instituciones educativas públicas y juntas parroquiales del Cantón Pelileo.

##### 4.6.1. DESCRIPCIÓN DE LA RED

Como ya se menciona anteriormente, la Red de Comunicación de Datos de Banda Ancha permite la comunicación de datos entre la Casa Municipal y 74 Instituciones Educativas y Públicas del Cantón Pelileo, Provincia del Tungurahua, a través del estándar IEEE 802.16 WiMAX, con equipos de la casa comercial Airspan. En la figura 4.1 se describe un esquema de la Red Pelileo Digital.



**Figura 4.2. Diagrama de la Red Educativa.**

#### **4.6.2. ASPECTOS TÉCNICOS**

Las características más relevantes que se pueden resaltar del Sistema de Comunicación de Banda Ancha sobre el cual se realizó la simulación se las resume de la siguiente forma:

- La red está compuesta por distintos nodos ubicados en torres de Telecomunicaciones que garantizan una conectividad con las 75 instituciones. (clientes suscriptores).
- La ubicación de las torres, la implementación del enlace inalámbrico troncal entre todas las torres, repetidoras y nodo de Internet ubicado en el Palacio Municipal de Pelileo, cumple los requisitos técnicos que se describen dentro de la norma IEEE 802.16d.
- La red troncal, puntos de repetición y puntos de acceso o equipos terminales CPE en los establecimientos educativos están operativos, correctamente instalados y se mantienen en constante monitoreo.
- Los equipos inalámbricos utilizados en la Red (Marca Airspan), permiten proveer enlaces punto a punto en el enlace troncal y punto-multipunto hacia los establecimientos educativos de manera tal que soportan servicios de acceso a Internet, transferencia de video, voz y datos.
- El Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha utilizado, ocupa la banda de 5.47Ghz a 5.725Ghz.

#### **4.6.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS INSTITUCIONES.**

Las 74 instituciones educativas públicas y el Palacio Municipal del Cantón Pelileo, Provincia del Tungurahua, son provistas de Servicios de Internet a través de la Red Inalámbrica WiMAX. La ubicación geográfica de cada una se encuentra descrita en el Anexo D Ubicación Geográfica Instituciones Educativas Pelileo.



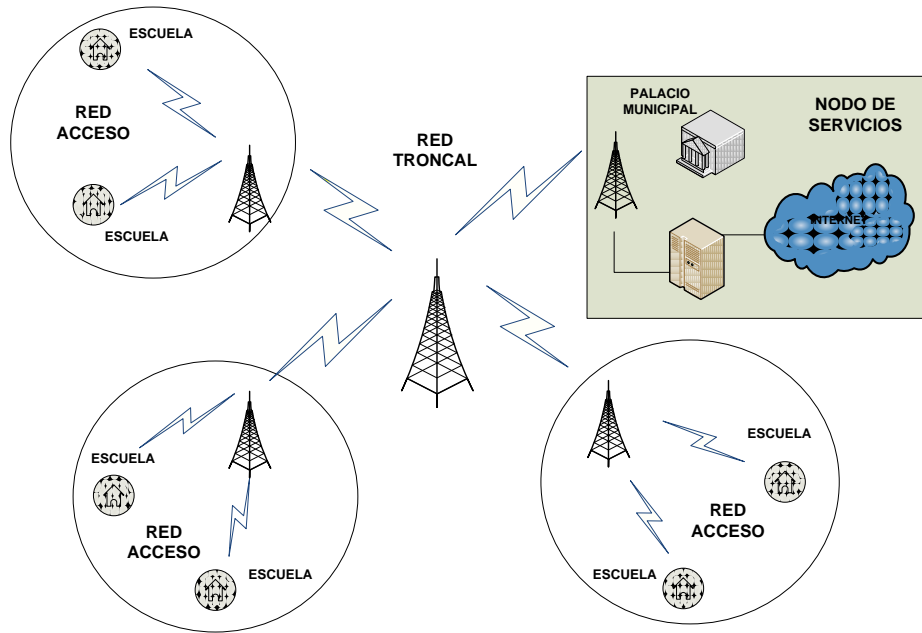
#### 4.6.4. TOPOLOGÍA DE LA RED

El Sistema de Comunicación de Datos abarca una solución completa, incluyendo la red de acceso, la red de transporte y todas las actividades correspondientes a este tipo de proyectos.

El diseño de la red garantiza las siguientes características de operación:

- **Red Troncal.-** Se trata de una red de transporte de alta velocidad y capacidad que une los nodos de transporte de la Red Educativa.
- **Redes de Acceso.-** Son redes de media velocidad y capacidad que interconectan a los usuarios con la red troncal y con un centro de servicios. Partiendo de los nodos de la red troncal, extienden la red inalámbrica hacia los usuarios finales dando cobertura tanto a zonas urbanas como rurales.
- **Puntos de Acceso.-** Es la infraestructura y equipos necesarios para conectar a las unidades educativas a la Red Inalámbrica.
- **Nodo de Servicios.-** Es el punto que gestiona los servicios ofrecidos a través de la Red Educativa y se ubica en la Casa Municipal. Este centro posee las funcionalidades necesarias para soportar la gestión y distribución de la Red Educativa y de la conexión a Internet.

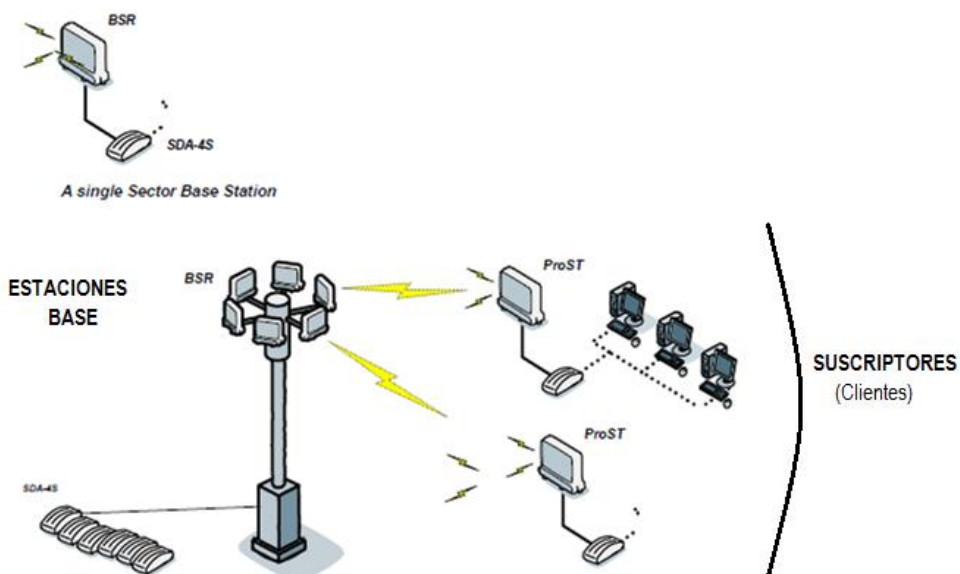
El diagrama de topología en estrella se detalla a continuación en la figura 4.4.



**Figura 4.3. Topología de la red PELILEO DIGITAL**

#### 4.6.5. INFRAESTRUCTURA DE RED

Los componentes principales del sistema de comunicación de la Red Pelileo Digital son: la estación base, los terminales o suscriptores y el sistema de gestión (ver Figura 4.4); estos elementos son de la marca Airspan. A continuación se describen cada uno de ellos:



**Figura 4.4. Esquemático de la Infraestructura de la red**

**Fuente:** Especificación de Producto AS.MAX MicroMAX 5.47-5.725 GHz.

#### 4.6.5.1. Estación Base

La estación base de radio MicroMAX (BSR, por sus siglas en inglés) es un tipo de base independiente que utiliza la arquitectura Airspan en la línea de productos ASWipLL<sup>55</sup>. Esta basa en un diseño modular. Dentro de su arquitectura posee una unidad Indoor y otra Outdoor.

La unidad **Outdoor** generalmente se la denomina Estación Base de Radio (BSR), esta incorpora un radio y un módem de banda base único Outdoor con PoE<sup>56</sup>, interfaz de backhaul y de conmutación local que es proporcionado por la unidad Indoor (SDA-4S<sup>57</sup> o el BSDU<sup>58</sup>).

Además la BSR tiene un conector DB15 para la conectividad Indoor/ Outdoor a través de una interfaz de DB15 a RJ45 y un conector DB9 para el uso en configuraciones avanzadas.

Dicha BSR tiene dos variantes en cuanto a antenas:

- Una con una antena integrada de 60° grados. De 14 dBi y 3 dB de Ganancia de ancho de banda.
- Otra con un conector tipo de N que permite la conexión de una antena externa y de esta manera varios esquemas de sectorización (incluyendo la antena omnidireccional de 360 grados), esta posee una impedancia característica de 50 ohmios.

La figura 4.5 muestra la forma y apariencia física de una BSR MicroMAX Airspan.

---

<sup>55</sup> **ASWipLL**: Sistema inalámbrico Airspan basado en un bucle local IP.

<sup>56</sup> **PoE**: Power over Ethernet

<sup>57</sup> **SDA-4S**: Subscriber Data Adapters 4 slots.

<sup>58</sup> **BSDU**: Unidad de distribución de la estación base.



**Figura 4.5. MicroMAX Base Station Radio (BSR)**

**Fuente:** Especificación de Producto: AS.MAX MicroMAX 5.47-5.725 GHz

Por otro lado la Unidad **Indoor** tiene dos posibilidades de diseño que son las siguientes:

- La Unidad de Distribución de la Estación Base (BSDU, por sus siglas en inglés) que puede soportar hasta ocho BSRs, proporcionándoles energía, conectividad de datos, sincronizar sus TDD<sup>59</sup> Tx/Rx y proporcionar una interfaz Gigabit Ethernet al backbone o backhaul. Esta unidad de distribución la podemos observar en la figura 4.6.



**Figura 4.6. Parte frontal de un BSDU**

**Fuente:** MicroMAX Hardware Installation User Guide

- Una unidad compacta Indoor para un BSR único llamado Adaptador de Datos de Suscriptor (SDA-4S, por sus siglas en inglés). La denominación “4S” significa que cuenta con cuatro interfaces de usuario para conectar la estación base al backbone y backhaul (a través de dispositivos de terceros, como un conmutador de MPLS, Router IP, dispositivos de acceso Frame Relay, Wireless Backhaul) y de otras unidades en cascada SDA-4S. Esta unidad la podemos observar en la figura 4.7.

<sup>59</sup> **TDD.-** Time division duplex



**Figura 4.7. SDA-4S**

**Fuente:** Especificación de Producto: AS.MAX MicroMAX 5.47-5.725 GHz

Cada puerto es con interfaz RJ45 y soporta el estándar IEEE 802.3 10bT/100bT. Con Auto-Conmutación. La interconexión entre Outdoor e Indoor se realiza mediante un cable CAT5e con una longitud de hasta 100 metros.

Destacando otras características de la estación base BSR podemos citar:

Las variantes de Frecuencia de Operación y Métodos Duplex que maneja la BSR se detallan en la siguiente tabla:

Frecuencia/ Variación Duplex	Duplex	Rango de Frecuencia Uplink	Rango de Frecuencia Downlink
5.6 GHz TDD	TDD	5470 a 5725 MHz	5470 a 5725 MHz

**Tabla 4.2. Variantes de Frecuencia**

**Fuente:** Especificación de Producto: AS.MAX MicroMAX 5.47-5.725 GHz

Hace uso de un esquema de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA<sup>60</sup>, por sus siglas en inglés) adaptivo definido por el IEEE802.16-2004; y utiliza Canales de Banda de 5 MHz y optimizado para 10 MHz. Las modulaciones que soporta son: 64 QAM, 16 QAM, QPSK, BPSK.

El Número Máximo de Terminales Suscriptores que soporta la base MicroMAX por Canal RF es 256, el Nivel de transmisión máximo se lo detalla la tabla 4.3

<sup>60</sup> **TDMA.**- Time division multiple access

Máxima Potencia de Transmisión	Modulación Soportada
+27dBm	DL: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
	UL: BPSK, QPSK, 16QAM

**Tabla 4.3. Nivel de Transmisión MicroMAX**

*Fuente: Especificación de Producto: AS.MAX MicroMAX 5.47-5.725 GHz*

MicroMAX funciona como un puente transparente de capa 2. Es capaz de transportar paquetes de nivel alto basados en los protocolos siguientes:

- IEEE 802.3/Ethernet.
- IEEE 802.1Q VLAN.
- IPv4 sobre IEEE802.3/Ethernet.
- IPv4 sobre 802.1Q VLAN.

Los mecanismos de gestión de ancho de banda y Calidad (QoS) de servicio se asocian con la provisión de flujo. Cada flujo de servicios contiene atributos los cuales MicroMAX utiliza para gestionar la prioridad y la asignación de ancho de banda, estos se resumen en la tabla 4.4

ATRIBUTO	FUNCIONES
<b>Programación Enlace Ascendente</b>	Mejor Esfuerzo (BE, Best Effort).
	Sondeo No en Tiempo Real
<b>Prioridad de Tráfico</b>	8 niveles, 0: baja prioridad y 7: alta prioridad.
<b>Política de Solicitud de Transmisión</b>	Definir para tipos de servicio en particular.
<b>Tasa sostenida máxima de tráfico</b>	Definir la tasa de información máxima (MIR, Maximum Information Rate).
<b>Máxima Ráfaga de Tráfico</b>	Definir la longitud de ráfaga máxima permitida en el flujo de servicio.
<b>Mínima Tasa de Tráfico reservado</b>	Definir la tasa de información comprometida (CIR) del flujo de servicio.
<b>Indicador de Longitud SDU</b>	Definir si la Unidad de Servicio de Datos (SDU) por flujo de servicios es fija o de longitud variable.
<b>Tamaño SDU</b>	Definir la longitud SDU para un flujo de servicios SDU de longitud fija.
<b>Reglas de Clasificación</b>	Clasificar en base a campos de cabecera

**Tabla 4.4 Mecanismos de Calidad de Servicio (QoS)**

*Fuente: Especificación de Producto: AS.MAX MicroMAX 5.47-5.725 GHz.*

Para las tareas de configuración la base MicroMAX aloja un servidor web que puede ser accedido a través de un navegador local. Para la gestión remota e integración con un sistema de gestión de alto nivel hace uso del Software de Gestión Netspan. Como parte final de la Descripción de la Base

MicroMAX se detalla las *especificaciones físico-mecánicas* en la siguiente tabla:

<b>ROPIEDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>Dimensiones</b>	MicroMAX BSR: 317 x 400 x 65.5 mm
	SDA-4S: 200 x 150 x 40 mm
<b>Peso</b>	MicroMAX BSR: 3.8 Kg
	SDA-4S: 0.577 kg
<b>Voltaje</b>	SDA-4S: 110/240 VAC, 50/60 Hz
<b>Potencia Eléctrica</b>	MicroMAX BSR: 30 Watts

**Tabla 4.5 Especificaciones Físico-Mecánicas MicroMAX**

*Fuente: Especificación de Producto: AS.MAX MicroMAX 5.47-5.725 GHz*

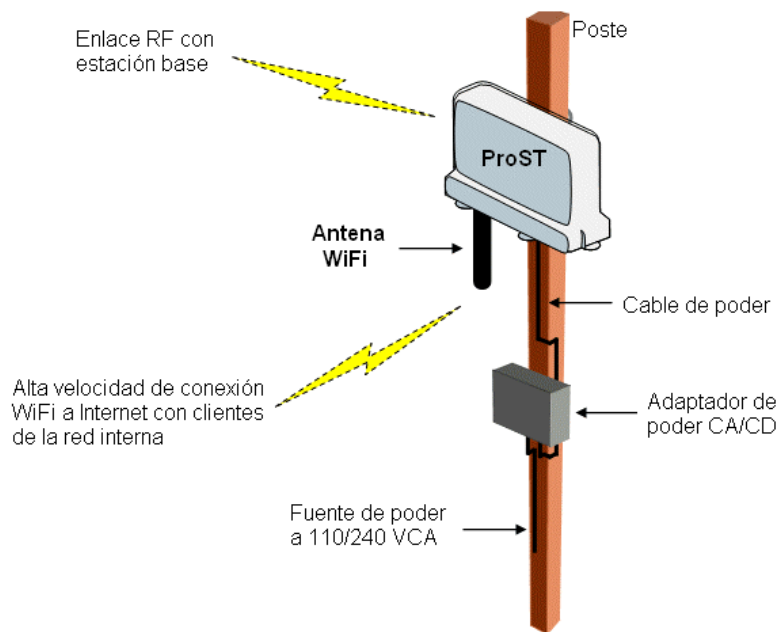
#### 4.6.5.2. Estación Suscriptor

El sistema ProST-WiFi<sup>61</sup> utilizado como estación suscriptor en la Red Pelileo Digital, consta de los siguientes componentes:

- Unidad exterior.
- Antena WiFi resistente a la intemperie.
- Adaptador externo de alimentación AC/DC o adaptador interior SDA-4S tipo II.

Estos componentes los muestra la figura 4.8. en la que se destaca la arquitectura de una instalación típica del equipo ProST-WiFi.

<sup>61</sup> ProST-WiFi: Unidad Suscriptor WiMAX con interfaz WiFi de la marca Airspan.

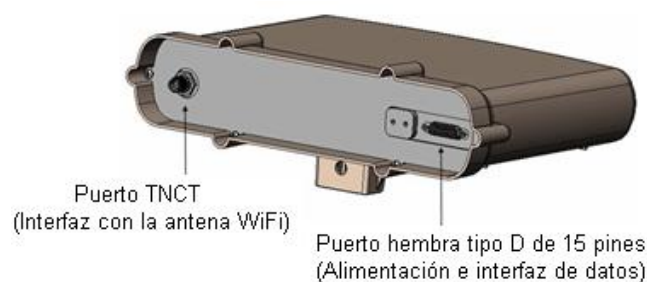


**Figura 4.8. Arquitectura de una instalación típica del equipo ProST-WiFi.**

*Fuente: ProST-WiFi Hardware Installation Guide.*

El ProST-WiFi posee dos puertos en el panel posterior como describen a continuación y pueden ser visualizados en la figura 4.8.

- Hembra tipo D de 15 pines para datos y poder. Este puerto sirve para la conexión Outdoor/Indoor a través de un Adaptador DB15 a RJ-45 con PoE, con el uso de una Cable FTP categoría 5e.
- TNC<sup>62</sup> macho.- Interfaces para radio frecuencia.



**Figura 4.9. Ubicación de los puertos del ProST-WiFi**

*Fuente: ProST-WiFi Hardware Installation Guide.*

<sup>62</sup> **TNC.-** Conector cable coaxial tipo rosca para trabajo en frecuencias de hasta 11 GHz.



Los rangos de frecuencias disponibles actualmente para los diferentes modelos de equipos ProST-WiFi se los describe en la siguiente tabla:

BANDA DE FRECUENCIA (GHz)	ANCHO DE BANDA DEL CANAL (MHz)	RENDIMIENTO DEL CANAL Velocidades de hasta(Mbps)
3.3 – 3.5 en modo TDD	1.75	6.5
	5	18
3.4 – 3.6 en modo FDD	1.75	6.5
	3.5	13.1
4.9 – 5.0 en modo TDD	5	18
	10	37
5.725 – 5.875 en modo TDD	5	18
	10	37

**Tabla 4.6: Rangos de frecuencia en los que opera ProST-WiFi**

**Fuente:** ProST-WiFi Hardware Installation Guide.

El ProST-WiFi además de lo mencionando ofrece otras prestaciones como:

- Trabaja en exteriores sin línea de vista.
- Antena integrada WiMAX para la comunicación con la estación base.
- Tasa de transmisión datos de hasta 37 Mbps en un canal de hasta 10 MHz.
- Punto de acceso WiFi integrado.
- Interfaces directamente con redes Ethernet IEEE 802.3 de 10/100 Mbps.
- Soporta funciones de puente entre WLAN (WDS: Wireless Distribution System).
- El firmware<sup>63</sup> es almacenado en la memoria flash y puede ser actualizado.
- Configuración mediante un sistema de gestión basado en Web.
- Indicadores led de actividad de: potencia, Ethernet y WiFi.
- Conmutador LAN opcional con adaptador interior.
- Opción de hasta 4 puertos en puertos de conmutación VLAN.
- Soporte para diversidad de antenas.

Las dimensiones mecánico-físicas del ProST WiFi se indican en la tabla 4.9 a continuación:

<sup>63</sup> **Firmware:** Bloque de instrucciones de máquina para propósitos específicos, grabado en una memoria de tipo de solo lectura.

PARÁMETRO	VALOR
Dimensión (largo x ancho x alto)	Sin antena WiFi (223 x 331 x 105) mm
	Con antena WiFi (335.5 x 331 x 105) mm
Peso	Sin antena WiFi 1.97 kg
	Con antena WiFi 2.0 kg

**Tabla 4.7. Dimensiones físicas del ProST-WiFi**

#### 4.6.5.3. Software de Gestión (Netspan)

El Software de Gestión posee una arquitectura cliente/servidor. Manejando una base de datos con estructura idéntica a la arquitectura. Este cuenta con mecanismos de configuración para los parámetros que se describen a continuación:

- Configurar y Administrar Radio Bases y Terminales Suscriptores a través del protocolo SNMP<sup>64</sup>.
- Configurar perfiles de OFDM, IEEE802.16d, anchos de banda, VLANs.
- Desactivación/Activación de Servicios por Terminal Suscriptor.
- Capacidad de ser accesado por cada operador a través de interfaz Internet Explorer o Mozilla Firefox (similares).
- Creación de perfiles de usuarios y administrar accesos para configuración de equipos.
- Compatibilidad al 100% con los elementos que conforman la red WiMAX: Estación Base y Terminales Suscriptores

La imagen 4.10 muestra la interfaz del software de administración Netspan.

<sup>64</sup> **SNMP:** Protocolo Simple de Administración de Red

The screenshot displays the Netspan BS TRx Management interface. The main window shows 'BS TRx Management' with a location 'Auto Discovery Region' and 'Auto Discovery Site'. Below this, there are tabs for Provisioning, Commissioning, State, Actions, Channels, Registered SSe, Home for SSe, Software, Inventory, Alarms, Events, SF Status, and Statistics. The 'Statistics' tab is active, showing 'BS TRx Ethernet Statistics'. A table with 11 columns and 27 rows is displayed, showing various statistics for different BS TRx units.

BS TRx Name	Locales In	Locales Pts In	Locales E	Errors In	Locales Out	Locales Pts Out	Locales E	Errors Out	Head Froms	Ver
1 Tria 153	5514166	75626	D	0	588466	8106	D	0	11/09/2007	11:59:15
2 Tria 153	2688185	30631	D	0	118622	6163	D	0	11/09/2007	11:59:14
3 Tria 153	3801503	45284	D	0	5648003	53204	D	0	11/09/2007	14:59:12
4 Tria 153	34893857	419493	D	0	15767826	50656	D	0	11/09/2007	14:59:11
5 Tria 153	32737804	282431	D	0	1506878*	46231	D	0	11/09/2007	14:59:09
6 Tria 153	20027821	264288	D	0	14321102	40887	D	0	11/09/2007	13:59:06
7 Tria 153	28207212	336036	D	0	13017491	42426	D	0	11/09/2007	13:59:07
8 Tria 153	28282489	389956	D	0	1200299*	41586	D	0	11/09/2007	13:59:06
9 Tria 153	24481616	264886	D	0	12212633	38676	D	0	11/09/2007	12:59:04
10 Tria 153	22337329	256916	D	0	11488616	36175	D	0	11/09/2007	12:59:02
11 Tria 153	20464733	235547	D	0	10726871	32710	D	0	11/09/2007	12:59:01
12 Tria 153	17969842	206522	D	0	10085559	27251	D	0	11/09/2007	11:59:59
13 Tria 153	16879119	178833	D	0	9246280	25796	D	0	11/09/2007	11:59:58
14 Tria 153	13212218	148774	D	0	3291323	28225	D	0	11/09/2007	11:59:57
15 Tria 153	11323281	122347	D	0	7847862	23088	D	0	11/09/2007	13:58:56
16 Tria 153	8848883	92764	D	0	7422717	21216	D	0	11/09/2007	13:58:54
17 Tria 153	854982	85661	D	0	8373814	18659	D	0	11/09/2007	13:58:53
18 Tria 153	4358682	58138	D	0	3636454	16142	D	0	11/09/2007	09:58:51
19 Tria 153	1878114	8285	D	0	3145768	8738	D	0	11/09/2007	09:58:49
20 Tria 153	367483678	8194385	D	1	17931883	822768	D	2	11/09/2007	09:58:48

**Figura 4.10. Interfaz Netspan**

*Fuente: <http://www.airspan.com/products/network-products/netspan>*

## 4.7. PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN

La presente simulación consiste en la aplicación de la tecnología WiMAX como soporte para la interconexión entre las escuelas o juntas parroquiales (estaciones suscriptoras) y la municipalidad de San Pedro de Pelileo en la modalidad punto a multipunto, en la que se transporta varios servicios de Internet.

Los pasos a seguir dentro de este proceso de simulación son los siguientes:

- Establecer las estaciones suscriptoras y nodos de las cuales se recopilarán los diferentes datos.
- Definir el esquema de Simulación.
- Elección de la Infraestructura y/o Equipos
- Recopilación y tratamiento de datos de las estaciones base y suscriptoras
- Recopilación y tratamiento de datos del Nodo de Gestión. Netspan
- Conclusiones

#### 4.7.1. SELECCIÓN DE ESTACIONES SUSCRIPTORAS Y NODOS

Para seleccionar los enlaces entre los nodos de la red troncal y las estaciones suscriptoras se tomo como referencia la autorización brindada por la Jefatura Técnica de la empresa SIDEPRO. Los enlaces a simular se detallan a continuación:

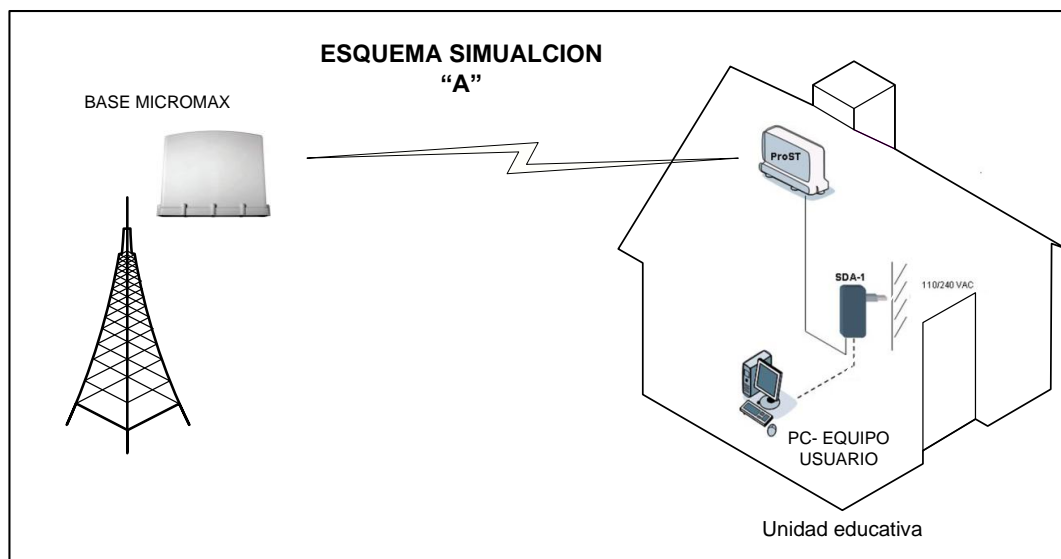
- ENLACE ANGAMARQUILLO – JUAN LEÓN MERA
- ENLACE SAN FERNANDO – JERVASIO ARTIGAS
- ENLACE ANGAMARQUILLO – DR. JAIME ROLDOS
- ENLACE ANGAMARQUILLO – INTIÑAN
- ENLACE 4 DE FEBRERO – ISIDRO AYORA
- ENLACE NITON – UE TUNGURAHUA

#### 4.7.2. ESQUEMA DE SIMULACIÓN

Un sistema de comunicaciones inalámbrico de banda ancha que brinda servicios de Internet, transmite paquetes de datos provenientes de mensajería, navegación web, entre otros bajo el protocolo IP hacia y desde sus diferentes nodos. Su medio de transmisión es el aire y su forma de comunicación es a través de ondas electromagnéticas. Estas dos partes de la red deben ser abordadas por los esquemas de simulación.

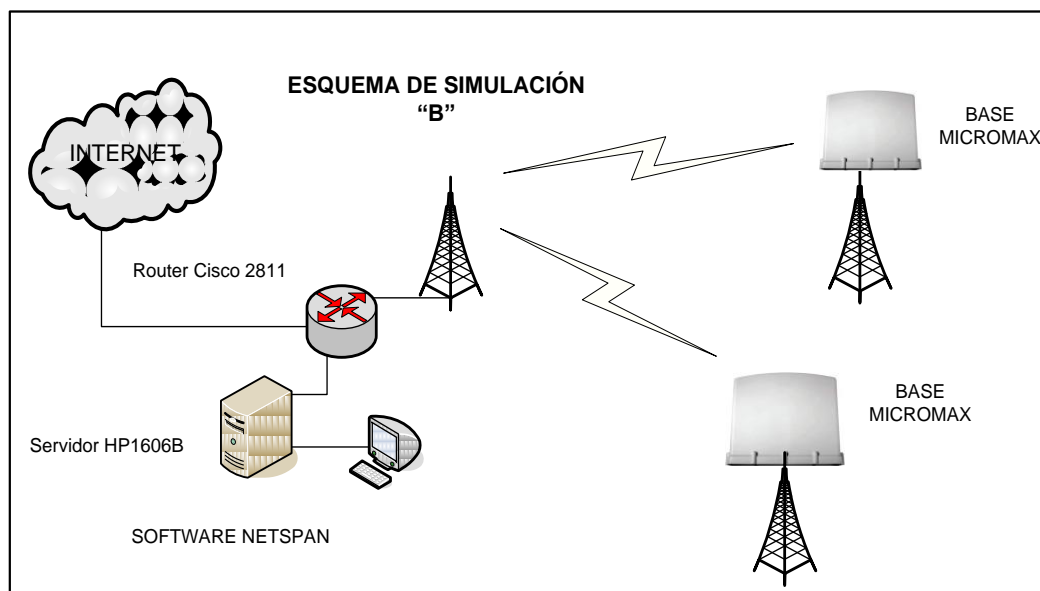
Para llevar a cabo el proceso de simulación se definen dos tipos de esquemas.

- **Esquema A:** Con el objetivo de definir y analizar principalmente los parámetros radioeléctricos de las estaciones suscriptoras y bases. Este esquema se muestra en la figura 4.11.



**Figura 4.11. Esquema de Simulación A**

- **Esquema B:** Con el objetivo de detallar y verificar las diferentes prestaciones del Nodo de gestión y servicio. Este se lo puede apreciar en la figura siguiente,



**Figura 4.12. Esquema de Simulación B**

### 4.7.3. ELECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA Y/O EQUIPOS

Los equipos, infraestructura y software de gestión empleados para la simulación han sido facilitados por la empresa SIDEPRO, la cual administra y gestiona la red de Comunicación Inalámbrica Pelileo Digital, los cuales se describen a continuación:

#### 4.7.3.1. Estaciones Base

Las estaciones base a usar son equipos MicroMAX que cumplen con el estándar IEEE 802.16d (WIMAX); con perfiles de servicio definidos desde 128 Kbps hasta 5Mbps. En la figura 4.13 podemos observar la infraestructura de telecomunicaciones de los Nodos Principales



**Figura 4.13. Nodos Infraestructura de telecomunicaciones**

#### 4.7.3.2. Puntos de Acceso CPE

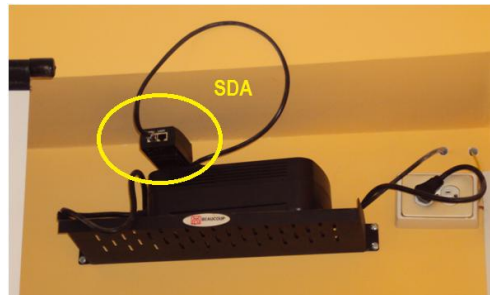
Los Puntos de Acceso CPE (Infraestructura y equipos necesarios para conectar a las escuelas a la Red Educativa), son Equipos ProST y ProST WiFi de la Casa Airspan, los mismos que podemos apreciar en la figura 4.14.



**Figura 4.14. Equipos de comunicaciones suscriptores en instituciones educativas**

#### 4.7.3.3. Adaptador de Datos SDA

Unidad indoor de acceso e interconexión Ethernet entre el equipo suscriptor y la Red LAN de la unidad educativa respectiva. En la siguiente figura la podemos observar.



*Figura 4.15. Unidad indoor SDA*

#### 4.7.3.4. Nodo de Servicio y Gestión

El nodo de servicio y gestión está bajo la administración de SIDEPRO. Este se encuentra compuesto por los siguientes equipos y servicios:

- Proxy y gestión de ancho de banda para cada punto de acceso instalado.
- Servidor de soporte al software NETSPAN HP 1606B
- Monitoreo de tráfico SNMP mediante Router Cisco 2811.

En la siguiente figura podemos observar el rack principal del nodo de gestión.



*Figura 4.16. Rack de comunicaciones ubicado en el nodo central en el Municipio*

#### 4.7.4. ANÁLISIS DE ENLACES

El proceso de análisis de los enlaces definidos y seleccionados en el punto

4.6.1 Selección de estaciones suscriptoras y nodos, consta de tres partes:

- **Desarrollo teórico:** Para llevar a cabo esta parte se ingresaron los datos de los equipos (base y suscriptores) al Software de simulación de radioenlaces Radio Mobile, y así obtener los parámetros de los mismos.
- **Desarrollo real:** Dentro de esta parte se obtendrán los datos de los equipos en funcionamiento ingresando al servidor web incorporado en cada uno de ellos. Para un mayor detalle ver el Anexo E Servidor Web Equipos Airspan.
- **Comando ping:** Con el objetivo de realizar pruebas de conectividad lógica se hará uso de este comando; además de realizar una test de velocidad de acceso a internet.

Para definir las diferentes magnitudes dentro del análisis de la simulación se ha utilizado la siguiente nomenclatura:

- **D:** Distancia
- **F:** Frecuencia
- **P:** Potencia
- **H:** Altura de la torre.
- **G:** Ganancia de la antena.

##### 4.7.4.1. Enlace Angamarquillo – Juan León Mera

**Desarrollo teórico:** La institución educativa Juan León Mera pertenece a la parroquia El Rosario (Rumichaca), sus coordenadas geográficas se detallan a continuación:

PARROQUIA	INSTITUCIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
EL ROSARIO (RUMICHACA)	JUAN LEON MERA	S	1 ° 16 ´ 51.4 "	W	78 ° 34 ´ 2.5 "

**Tabla 4.8 Posición geográfica Institución Juan León Mera**

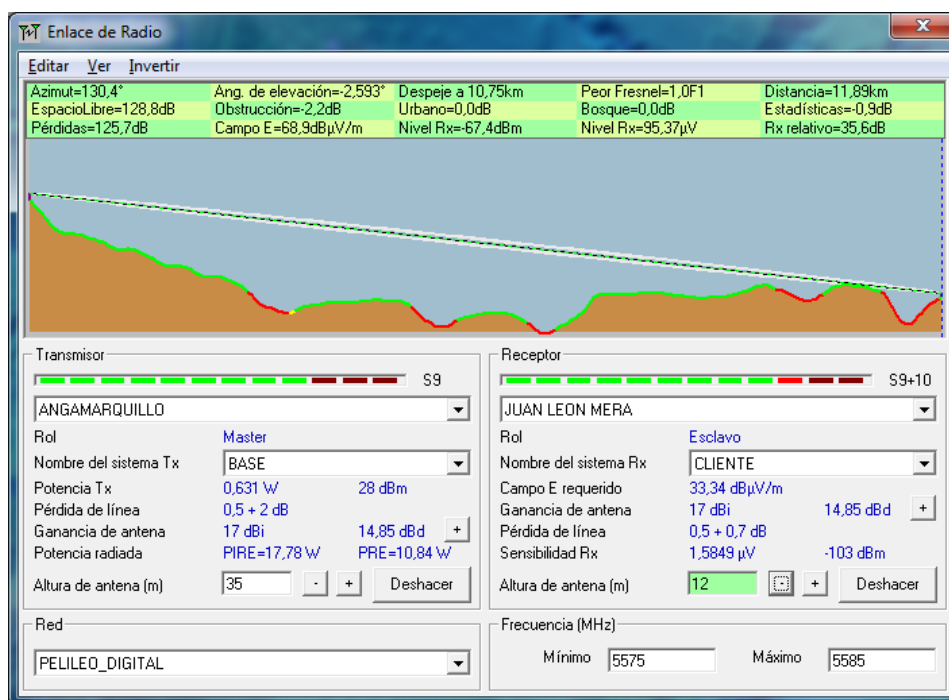


Para un análisis del perfil topográfico se tomaron en cuenta los datos de los equipos tanto del Nodo Angamarquillo (base) como de la institución Juan León Mera (suscriptor), los mismos que se muestran en la tabla siguiente:

D(Km)	F(MHz)	ESTACION BASE (ANGAMARQUILLO)			ESTACION SUSCRIPTOR (JUAN LEON MERA)		
		P(dBm)	G(dBi)	H(m)	P(dBm)	G(dBi)	H(m)
11,91	5580	28	17	35	7,5	17	12

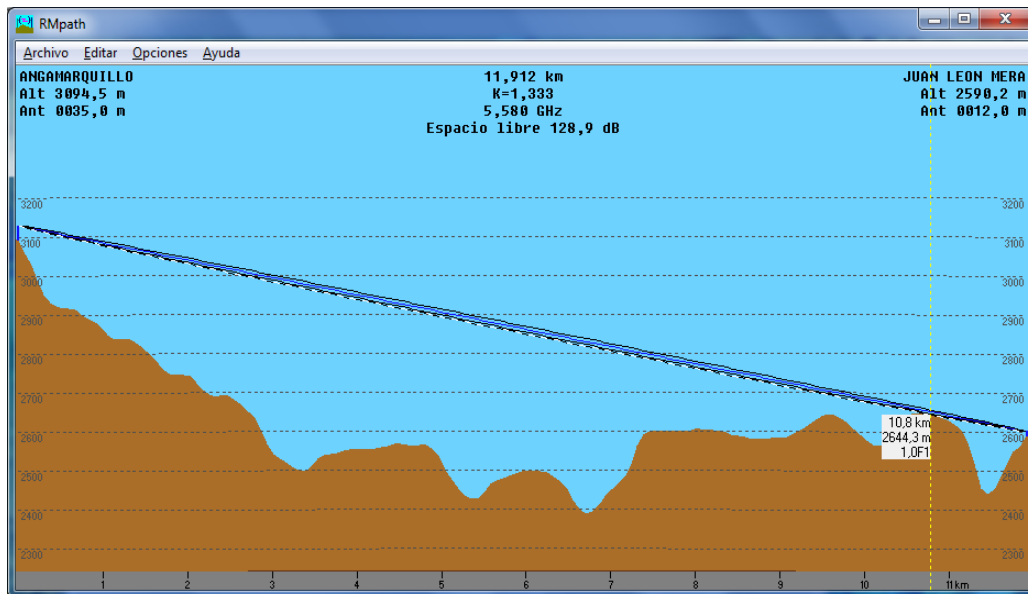
**Tabla 4.9 Detalle del enlace ANGAMARQUILLO – JUAN LEÓN MERA**

Al ingresar estos datos al software Radio Mobile obtenemos los siguientes resultados, los cuales se detallan en la figura 4.16



**Figura 4.17 Análisis del Enlace ANGAMARQUILLO – JUAN LEÓN MERA**

El análisis del perfil topográfico se realizó con un factor K de curvatura de 4/3, por lo que la primera Zona de Fresnel debe estar despejada en un 100%. Este valor (1.0F1) lo podemos evidenciar en la figura 4.18.



**Figura 4.18** Análisis del perfil topográfico ANGAMARQUILLO – JUAN LEÓN MERA

**Desarrollo real:** Para la obtención de los datos reales se procedió a ingresar al servidor web integrado en el suscriptor de la institución Juan León Mera. Los datos obtenidos se evidencian en las figuras 4.19 y 4.20:

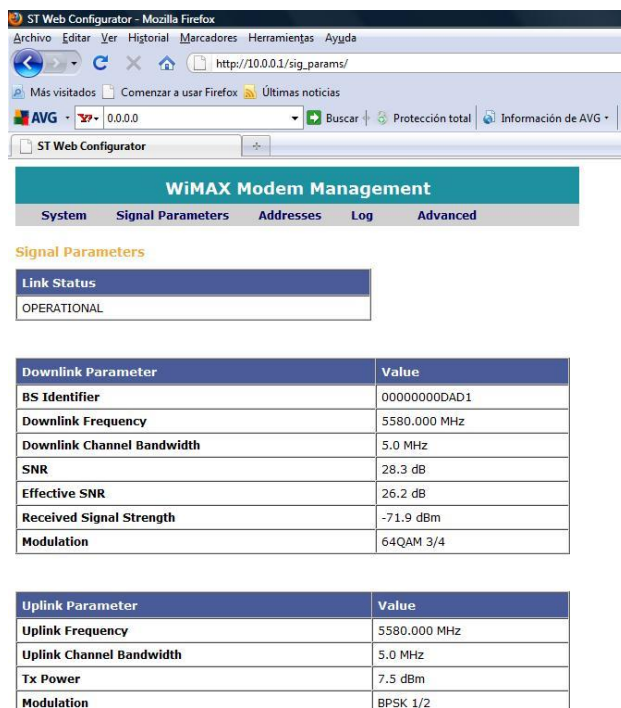
**Addresses**

MAC Address #1	00:A0:0A:C8:A9:12
MAC Address #2	00:A0:0A:C8:A9:13
LAN Port Default IP Address	10.0.0.1
Default Subnet Mask	255.255.255.240
IP Address (static)	192.0.3.36
IP Mask (static)	255.255.255.0
Default GW (static)	192.0.3.254
DHCP Server IP Address	N/A

**MAC Table**

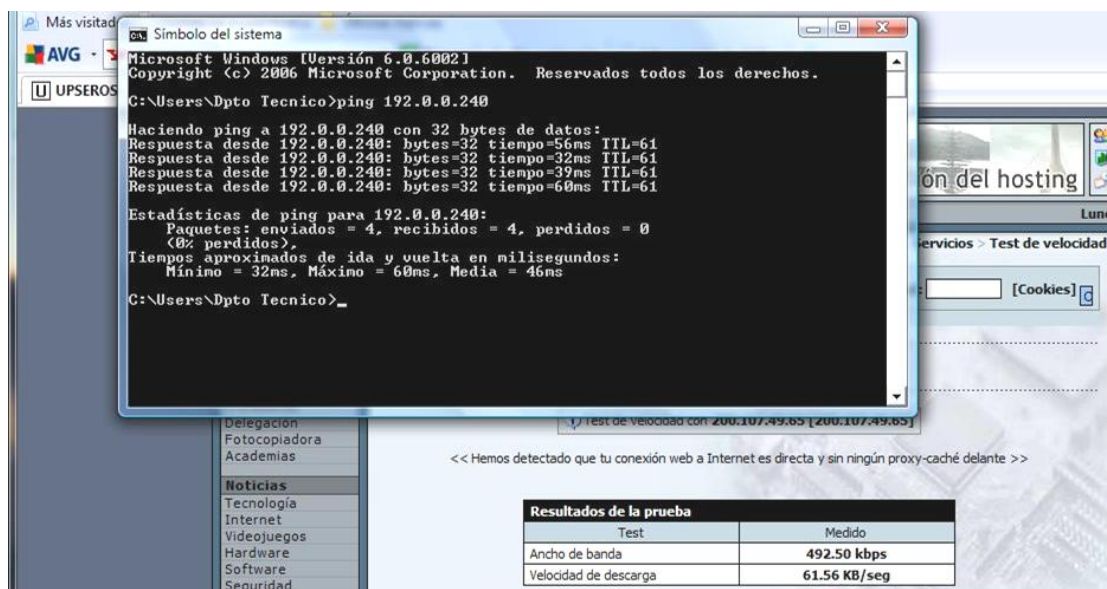
Index	MAC Address	Status
001	00:A0:0A:A9:3C:4C	Learned

**Figura 4.19** Direcccionamiento IP suscriptor JUAN LEÓN MERA



**Figura 4.20** Parámetros de Señal del suscriptor JUAN LEÓN MERA

**Comando ping:** Para verificar la conectividad lógica con el nodo de Gestión se hace uso del comando ping a la dirección IP 192.0.0.240, obteniendo un resultado de 0% de paquetes perdidos, un tiempo medio de latencia de 46 milisegundos además de una velocidad de acceso a internet de 492.50 kbps. Este resultado lo podemos observar en la figura 4.21.



**Figura 4.21** Test Ping y Ancho de Banda del suscriptor JUAN LEÓN MERA

#### 4.7.4.2. Enlace San Fernando – Jervasio Artigas

**Desarrollo teórico:** La institución educativa Gral. Jervasio Artigas pertenece a la parroquia Pelileo (INAPI), sus coordenadas geográficas se detallan a continuación:

PARROQUIA	INSTITUCIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
PELILEO - INAPI	GNRL. J. JERVASIO ARTIGAS	S	1 ° 20 ´ 22.9 "	W	78 ° 31 ´ 12.8 "

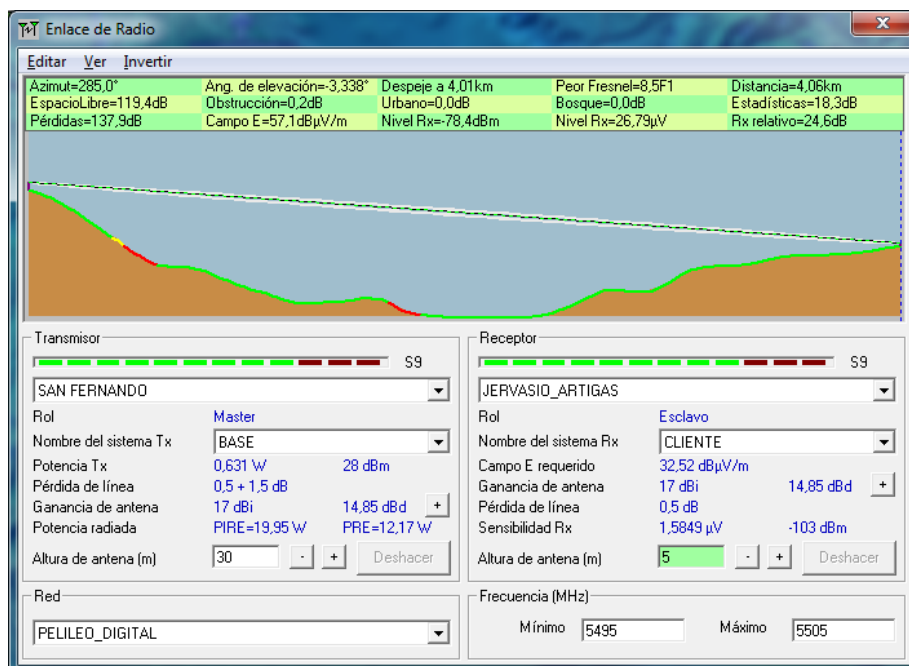
**Tabla 4.10 Posición geográfica Institución Gral. Jervasio Artigas**

Para un análisis del perfil topográfico se tomaron en cuenta los datos de los equipos tanto del Nodo San Fernando (base) como de la institución Gral. Jervasio Artigas (suscriptor), los mismos que se muestran en la tabla siguiente:

D(Km)	F(MHz)	ESTACION BASE (ANGAMARQUILLO)			ESTACION SUSCRIPTOR (JUAN LEON MERA)		
		P(dBm)	G(dBi)	H(m)	P(dBm)	G(dBi)	H(m)
4,068	5500	28	17	30	16,8	17	5

**Tabla 4.11 Detalle del enlace SAN FERNANDO – JERVASIO ARTIGAS**

Al ingresar estos datos al software Radio Mobile se obtienen los siguientes resultados, los cuales se detallan en la figura 4.22



**Figura 4.22 Análisis del Enlace SAN FERNANDO – JERVASIO ARTIGAS**

El análisis del perfil topográfico se realizó con un factor K de curvatura de 4/3, por lo que la primera Zona de Fresnel debe estar despejada en un 100%. Este valor (8.5F1) lo podemos evidenciar en la gráfica siguiente:

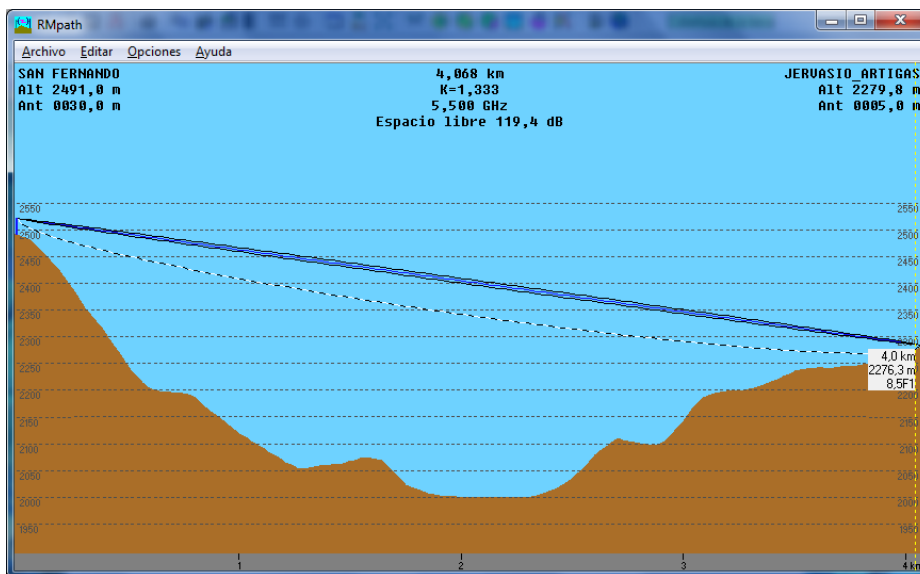


Figura 4.23 Análisis del perfil topográfico SAN FERNANDO – JERVASIO ARTIGAS

**Desarrollo real:** Para la obtención de los datos reales se procedió a ingresar al servidor web integrado en el suscriptor de la institución Gral. Jervasio Artigas. Los datos obtenidos se evidencian en las figuras 4.23 y 4.24:

ST Web Configurator - Mozilla Firefox

http://10.0.0.1/addr/

**WiMAX Modem Management**

System    Signal Parameters    **Addresses**    Log    Advanced

Addresses

MAC Address #1	00:A0:0A:C8:A8:02
MAC Address #2	00:A0:0A:C8:A8:03
LAN Port Default IP Address	10.0.0.1
Default Subnet Mask	255.255.255.240
IP Address (static)	192.0.2.58
IP Mask (static)	255.255.255.0
Default GW (static)	192.0.2.254
DHCP Server IP Address	N/A

MAC Table

Index	MAC Address	Status
001	00:A0:0A:AD:4E:3D	Learned

Figura 4.24 Direcccionamiento IP suscriptor JERVASIO ARTIGAS

WiMAX Modem Management				
System	Signal Parameters	Addresses	Log	Advanced
<b>Signal Parameters</b>				
<b>Link Status</b>				
OPERATIONAL				
<b>Downlink Parameter</b>				
BS Identifier	Value	0000000DAA2		
Downlink Frequency	Value	5500.000 MHz		
Downlink Channel Bandwidth	Value	5.0 MHz		
SNR	Value	20.6 dB		
Effective SNR	Value	19.8 dB		
Received Signal Strength	Value	-80.8 dBm		
Modulation	Value	16QAM 3/4		
<b>Uplink Parameter</b>				
Uplink Frequency	Value	5500.000 MHz		
Uplink Channel Bandwidth	Value	5.0 MHz		
Tx Power	Value	16.8 dBm		
Modulation	Value	QPSK 1/2		
Terminado				

**Figura 4.25** Parámetros de Señal del suscriptor JERVASIO ARTIGAS

**Comando ping:** Para verificar la conectividad lógica con el nodo de Gestión se hace uso del comando ping a la dirección IP 192.0.0.240, obteniendo un resultado de 0% de paquetes perdidos, un tiempo medio de latencia de 53 milisegundos además de una velocidad de acceso a internet de 557.50 kbps. Este resultado lo podemos observar en la figura 4.25.

The image shows a Windows command prompt window titled 'Símbolo del sistema' with the following output:

```

Estadísticas de ping para 10.0.0.2:
Paquetes: enviados = 486, recibidos = 414, perdidos = 72
(14% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 0ms, Máximo = 504ms, Media = 4ms
Control-C
C:\Users\Dpto Tecnico>ping 192.0.0.240

Haciendo ping a 192.0.0.240 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=48ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=59ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=60ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=46ms TTL=61

Estadísticas de ping para 192.0.0.240:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 46ms, Máximo = 60ms, Media = 53ms
C:\Users\Dpto Tecnico>

```

Below the command prompt is a screenshot of the UPSEROS website. The page features a navigation menu on the left with categories like 'Usuarios', 'UPSAM', and 'Noticias'. The main content area displays a 'Test de velocidad' section with a 'Test de velocidad con 200.107.49.65 [200.107.49.65]' button. Below this, a table shows the test results:

Resultados de la prueba	
Test	Medido
Ancho de banda	557.50 kbps
Velocidad de descarga	69.69 KB/seg

The website also includes a top navigation bar with '91202 Registrados', '166 Conectados', and '3755 Días Online'.

**Figura 4.26** Test Ping y Ancho de Banda del suscriptor JERVASIO ARTIGAS

#### 4.7.4.3. Enlace Angamarquillo – Dr. Jaime Roldos

**Desarrollo Teórico:** La institución educativa Dr. Jaime Roldos pertenece a la parroquia El Rosario (Rumichaca), sus coordenadas geográficas se detallan a continuación:

PARROQUIA	INSTITUCIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
EL ROSARIO (RUMICHACA)	DR. JAIME ROLDOS AGUILAR	S	1 ° 16 ´ 6.8 "	W	78 ° 33 ´ 23.1 "

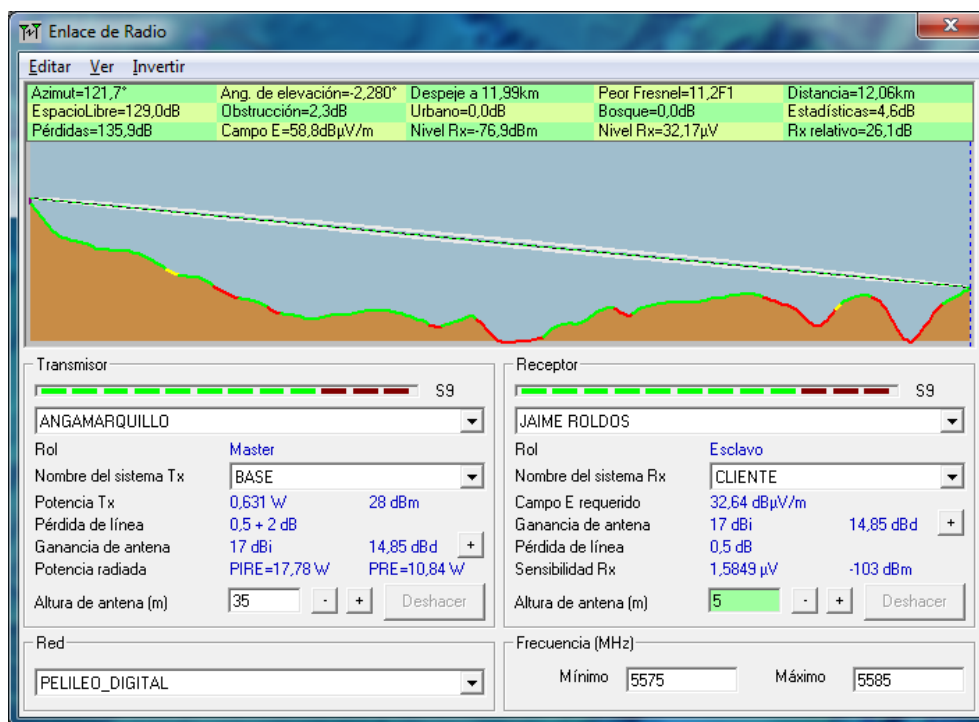
**Tabla 4.12 Posición geográfica Institución Dr. Jaime Roldos**

Para un análisis del perfil topográfico se tomaron en cuenta los datos de los equipos tanto del Nodo Angamarquillo (base) como de la institución Dr. Jaime Roldos (suscriptor), los mismos que se muestran en la tabla siguiente:

D(Km)	F(MHz)	ESTACION BASE (ANGAMARQUILLO)			ESTACION SUSCRIPTOR (JUAN LEON MERA)		
		P(dBm)	G(dBi)	H(m)	P(dBm)	G(dBi)	H(m)
12,085	5580	28	17	35	13	17	5

**Tabla 4.13 Detalle del enlace ANGAMARQUILLO – DR. JAIME ROLDOS**

Al ingresar estos datos al software Radio Mobile obtenemos los siguientes resultados, los cuales se detallan en la figura 4.26



**Figura 4.27 Análisis del Enlace ANGAMARQUILLO – DR. JAIME ROLDOS**

El análisis del perfil topográfico se realizó con un factor K de curvatura de 4/3, por lo que la primera Zona de Fresnel debe estar despejada en un 100%. Este valor (11,3F1) lo podemos evidenciar en la gráfica siguiente:

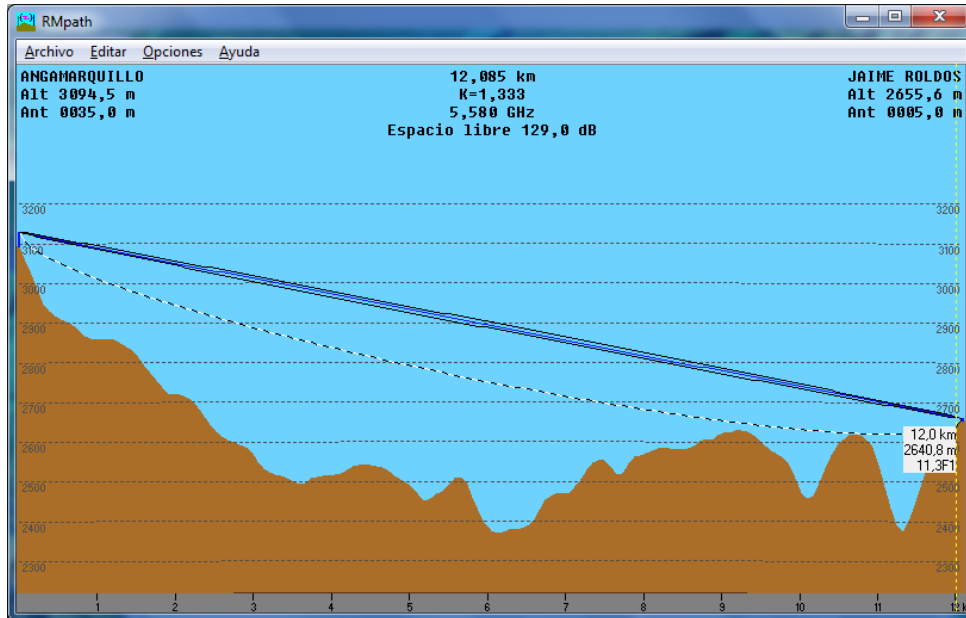


Figura 4.28 Análisis del perfil topográfico ANGAMARQUILLO – DR. JAIME ROLDOS

**Desarrollo real:** Para la obtención de los datos reales se procedió a ingresar al servidor web integrado en el suscriptor de la institución. Los datos obtenidos se evidencian en las figuras 4.28 y 4.29.

ST Web Configurator

**WiMAX Modem Management**

System Signal Parameters Addresses Log Advanced

Addresses

MAC Address #1	00:A0:0A:C8:A8:b4
MAC Address #2	00:A0:0A:C8:A8:b5
LAN Port Default IP Address	10.0.0.1
Default Subnet Mask	255.255.255.240
IP Address (static)	192.0.3.35
IP Mask (static)	255.255.255.0
Default GW (static)	192.0.3.254
DHCP Server IP Address	N/A

MAC Table

Index	MAC Address	Status
001	00:1F:E1:42:43:1E	Learned
002	00:1E:68:6B:AC:3B	Learned
003	00:A0:0A:A9:BF:5C	Learned

Figura 4.29 Direccionamiento IP suscriptor DR. JAIME ROLDOS



The screenshot shows the 'ST Web Configurator' interface with the 'WiMAX Modem Management' section active. The 'Signal Parameters' tab is selected, and the 'Link Status' is 'OPERATIONAL'. Two tables provide detailed signal parameters for both downlink and uplink.

Downlink Parameter	Value
BS Identifier	00000000DAD1
Downlink Frequency	5580.000 MHz
Downlink Channel Bandwidth	5.0 MHz
SNR	23.2 dB
Effective SNR	19.8 dB
Received Signal Strength	-78.5 dBm
Modulation	16QAM 3/4

Uplink Parameter	Value
Uplink Frequency	5580.000 MHz
Uplink Channel Bandwidth	5.0 MHz
Tx Power	13.0 dBm
Modulation	BPSK 1/2

Terminado

**Figura 4.30** Parámetros de Señal del suscriptor DR. JAIME ROLDOS

**Comando ping:** Para verificar la conectividad lógica con el nodo de Gestión se hace uso del comando ping a la dirección IP 192.0.0.240, obteniendo un resultado de 0% de paquetes perdidos, un tiempo medio de latencia de 55 milisegundos además de una velocidad de acceso a internet de 515.80 kbps. Este resultado lo podemos observar en la figura 4.30.

The screenshot shows a Windows command prompt window with the following output:

```

C:\Users\Dpto Tecnico>ping 192.0.0.240
Pong
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=50ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=52ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=53ms TTL=61

Estadísticas de ping para 192.0.0.240:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 50ms, Máximo = 55ms, Media = 52ms

C:\Users\Dpto Tecnico>ping 192.0.0.240
Pong
Haciendo ping a 192.0.0.240 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=44ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=59ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=45ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=72ms TTL=61

Estadísticas de ping para 192.0.0.240:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 44ms, Máximo = 72ms, Media = 55ms

C:\Users\Dpto Tecnico>_
  
```

In the background, a speed test interface is visible, showing a table of results:

Resultados de la prueba	
Test	Medido
Ancho de banda	515.80 kbps
Velocidad de descarga	64.48 KB/seg

**Figura 4.31.** Test Ping y Ancho de Banda del suscriptor DR. JAIME ROLDOS

#### 4.7.4.4. Enlace 4 de Febrero – Isidro Ayora

**Desarrollo teórico:** La institución educativa Isidro Ayora pertenece a la parroquia García Moreno (Chumaqui), sus coordenadas geográficas se detallan a continuación:

PARROQUIA	INSTITUCIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
GARCIA MORENO (CHUMAQUI)	ISIDRO AYORA	S	1 ° 16 ´ 43.3 "	W	78 ° 31 ´ 33.6 "

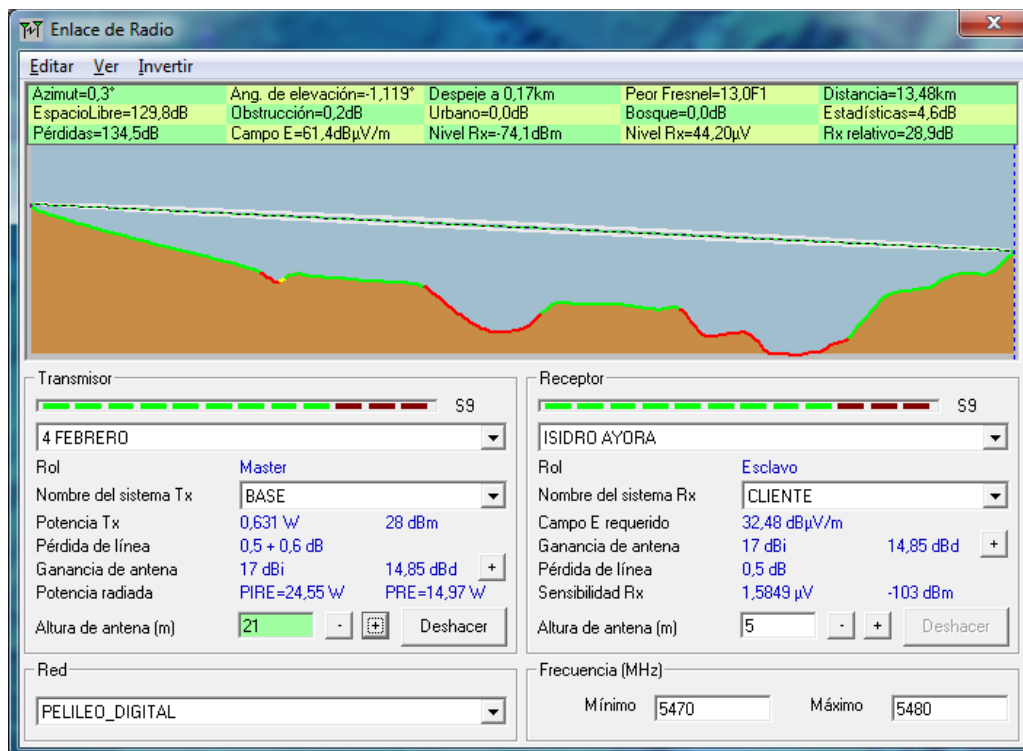
**Tabla 4.14 Posición geográfica Institución Isidro Ayora**

Para un análisis del perfil topográfico se tomaron en cuenta los datos de los equipos tanto del Nodo 4 de Febrero (base) como de la institución Isidro Ayora (suscriptor), los mismos que se muestran en la tabla siguiente:

D(Km)	F(MHz)	ESTACION BASE (4 DE FEBRERO)			ESTACION SUScriptor (ISIDRO AYORA)		
		P(dBm)	G(dBi)	H(m)	P(dBm)	G(dBi)	H(m)
13,5	5475	28	17	21	13,1	17	5

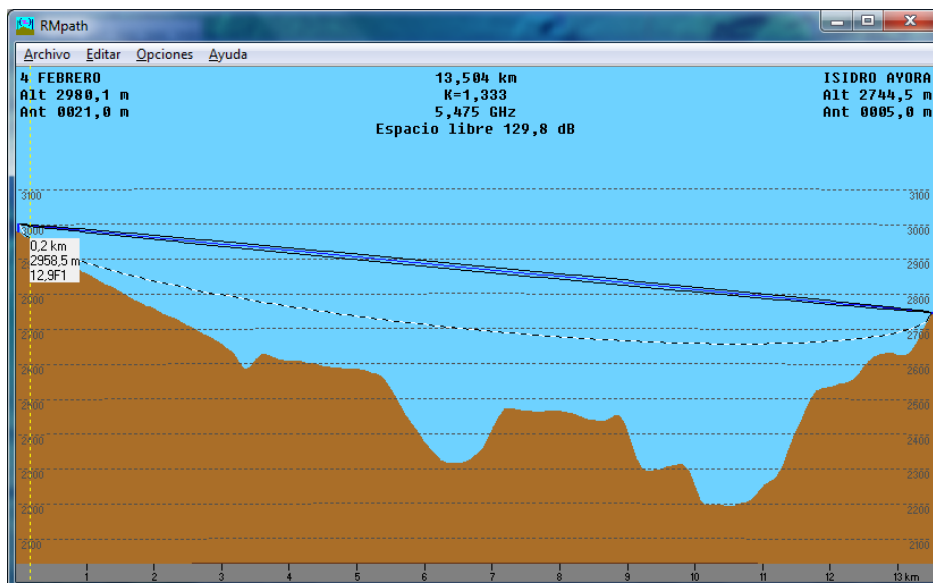
**Tabla 4.15 Detalle del enlace 4 DE FEBRERO – ISIDRO AYORA**

Al ingresar estos datos al software Radio Mobile obtenemos los siguientes resultados, los cuales se detallan en la figura 4.31



**Figura 4.32. Análisis del Enlace 4 DE FEBRERO – ISIDRO AYORA**

El análisis del perfil topográfico se realizó con un factor K de curvatura de 4/3, por lo que la primera Zona de Fresnel debe estar despejada en un 100%. Este valor (12,9F1) lo podemos evidenciar en la gráfica siguiente:



**Figura 4.33. Análisis del perfil topográfico 4 DE FEBRERO – ISIDRO AYORA**  
 Fuente: Capturada por David Narváez

**Desarrollo real:** Para la obtención de los datos reales se procedió a ingresar al servidor web integrado en el suscriptor de la institución. Los datos obtenidos se evidencian en las figuras 4.33 y 4.34:

ST Web Configurator

WiMAX Modem Management

System Signal Parameters Addresses Log Advanced

Addresses

MAC Address #1	00:A0:0A:C8:A8:8e
MAC Address #2	00:A0:0A:C8:A8:8f
LAN Port Default IP Address	10.0.0.1
Default Subnet Mask	255.255.255.240
IP Address (static)	192.0.2.38
IP Mask (static)	255.255.255.0
Default GW (static)	192.0.2.254
DHCP Server IP Address	N/A

MAC Table

Index	MAC Address	Status
001	00:A0:0A:AD:91:1D	Learned

**Figura 4.34. Direccionamiento IP suscriptor ISIDRO AYORA**

The screenshot shows the 'Wimax Modem Management' interface with the 'Signal Parameters' tab selected. It displays two tables: 'Downlink Parameter' and 'Uplink Parameter'. Below the tables, a status bar indicates 'Terminado'.

Downlink Parameter	Value
BS Identifier	0000000DAA1
Downlink Frequency	5475.000 MHz
Downlink Channel Bandwidth	5.0 MHz
SNR	24.4 dB
Effective SNR	23.0 dB
Received Signal Strength	-77.1 dBm
Modulation	64QAM 2/3

Uplink Parameter	Value
Uplink Frequency	5475.000 MHz
Uplink Channel Bandwidth	5.0 MHz
Tx Power	13.1 dBm
Modulation	QPSK 1/2

Terminado

Figura 4.35 Parámetros de Señal del suscriptor ISIDRO AYORA

**Comando ping:** Para verificar la conectividad lógica con el nodo de Gestión se hace uso del comando ping a la dirección IP 192.0.0.240, obteniendo un resultado de 0% de paquetes perdidos, un tiempo medio de latencia de 55 milisegundos además de una velocidad de acceso a internet de 515.80 kbps. Este resultado lo podemos observar en la figura 4.35.

The top part of the screenshot shows a Windows command prompt window with the following output:

```
Microsoft Windows [Versión 6.0.6002]
Copyright (c) 2006 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Dpto Tecnico>ping 192.0.0.240

Haciendo ping a 192.0.0.240 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=60ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=52ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=54ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=55ms TTL=61

Estadísticas de ping para 192.0.0.240:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos).
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 52ms, Máximo = 60ms, Media = 55ms

C:\Users\Dpto Tecnico>
```

The bottom part of the screenshot shows a website interface for 'UPSEROS' with a speed test result. The test was performed on 200.107.49.65, resulting in a download speed of 64.48 KB/seg and a bandwidth of 515.80 kbps.

Test	Medido
Ancho de banda	515.80 kbps
Velocidad de descarga	64.48 KB/seg

Figura 4.36. Test Ping y Ancho de Banda del suscriptor ISIDRO AYORA

#### 4.7.4.5. Enlace Angamarquillo – Intiñan

**Desarrollo teórico:** La institución educativa Intiñan pertenece a la parroquia Salasaca, sus coordenadas geográficas se detallan a continuación:

PARROQUIA	INSTITUCIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
SALASACA	INTIÑAN	S	1 ° 19 ´ 23.5 "	W	78 ° 34 ´ 6.0 "

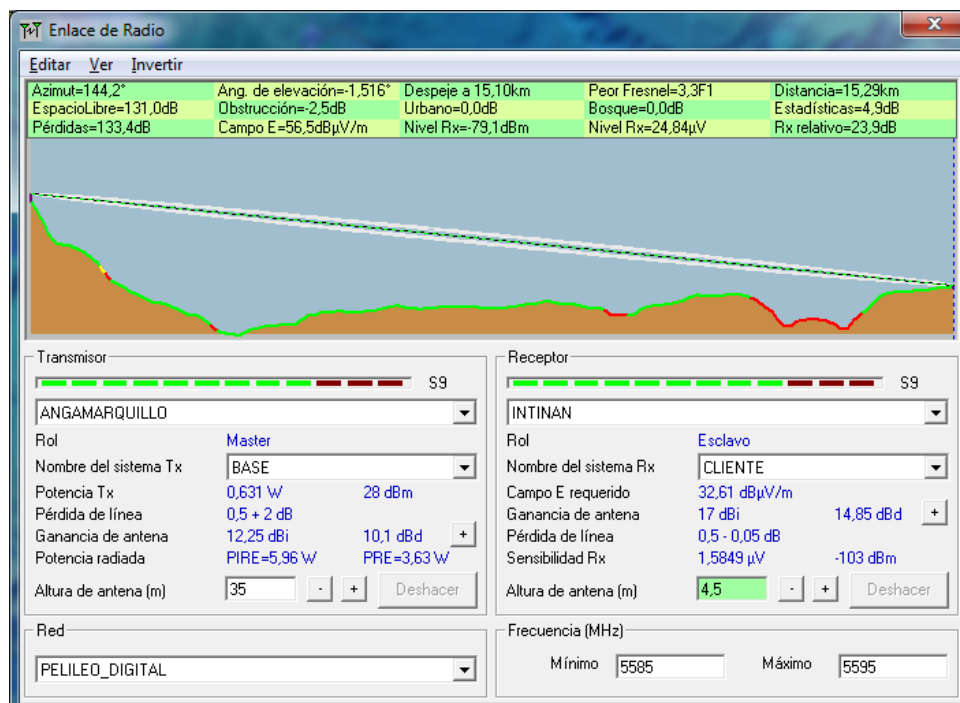
**Tabla 4.16 Posición geográfica Institución INTIÑAN**

Para un análisis del perfil topográfico se tomaron en cuenta los datos de los equipos tanto del Nodo Angamarquillo (base) como de la institución Intiñan (suscriptor), los mismos que se muestran en la tabla siguiente:

D(Km)	F(MHz)	ESTACION BASE (4 DE FEBRERO)			ESTACION SUSCRIPTOR (ISIDRO AYORA)		
		P(dBm)	G(dBi)	H(m)	P(dBm)	G(dBi)	H(m)
15,32	5590	28	17	35	13	17	4,5

**Tabla 4.17 Detalle del enlace ANGAMARQUILLO – INTIÑAN**

Al ingresar estos datos al software Radio Mobile obtenemos los siguientes resultados, los cuales se detallan en la figura 4.36



**Figura 4.37. Análisis del Enlace ANGAMARQUILLO – INTIÑAN**

El análisis del perfil topográfico se realizó con un factor K de curvatura de 4/3, por lo que la primera Zona de Fresnel debe estar despejada en un 100%. Este valor (3.3F1) lo podemos evidenciar en la gráfica siguiente:



**Figura 4.38. Análisis del perfil topográfico ANGAMARQUILLO – INTIÑAN**

**Desarrollo real:** Para la obtención de los datos reales se procedió a ingresar al servidor web integrado en el suscriptor de la institución. Los datos obtenidos se evidencian en las figuras siguientes:

ST Web Configurator x Problema al cargar la página x

### WiMAX Modem Management

System Signal Parameters Addresses Log Advanced

#### Addresses

MAC Address #1	00:A0:0A:C8:A8:1a
MAC Address #2	00:A0:0A:C8:A8:1b
LAN Port Default IP Address	10.0.0.1
Default Subnet Mask	255.255.255.240
IP Address (static)	192.0.3.85
IP Mask (static)	255.255.255.0
Default GW (static)	192.0.3.254
DHCP Server IP Address	N/A

#### MAC Table

Index	MAC Address	Status
001	00:A0:0A:AD:35:1D	Learned

**Figura 4.39. Direccionamiento IP suscriptor INTIÑAN**

The screenshot shows a web browser window titled "ST Web Configurator" with a warning icon and the text "Problema al cargar la página". The main content is a "WiMAX Modem Management" interface with tabs for "System", "Signal Parameters", "Addresses", "Log", and "Advanced". The "Signal Parameters" tab is active, showing a "Link Status" of "OPERATIONAL". Below this are two tables: "Downlink Parameter" and "Uplink Parameter".

Downlink Parameter	Value
BS Identifier	00000000DAB1
Downlink Frequency	5590.000 MHz
Downlink Channel Bandwidth	5.0 MHz
SNR	20.7 dB
Effective SNR	18.2 dB
Received Signal Strength	-82.5 dBm
Modulation	16QAM 1/2

Uplink Parameter	Value
Uplink Frequency	5590.000 MHz
Uplink Channel Bandwidth	5.0 MHz
Tx Power	20.0 dBm
Modulation	QPSK 1/2

Figura 4.40 Parámetros de Señal del suscriptor INTIÑAN

**Comando ping:** Para verificar la conectividad lógica con el nodo de Gestión se hace uso del comando ping a la dirección IP 192.0.0.240, obteniendo un resultado de 0% de paquetes perdidos, un tiempo medio de latencia de 58 milisegundos además de una velocidad de acceso a internet de 511,20 kbps. Este resultado lo podemos observar en la figura 4.40.

The screenshot shows a Windows command prompt window titled "Símbolo del sistema" with the following output:

```

Respuesta desde 192.168.100.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.100.1: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.100.1:
    Paquetes: enviados = 990, recibidos = 915, perdidos = 75
    (7% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 1026ms, Media = 3ms
Control-C
^C
C:\Users\Dpto Tecnico>ping 192.0.0.240

Haciendo ping a 192.0.0.240 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=80ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=59ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=45ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=51ms TTL=61

Estadísticas de ping para 192.0.0.240:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 45ms, Máximo = 80ms, Media = 58ms
C:\Users\Dpto Tecnico>
  
```

Below the command prompt is a screenshot of the "UPSEROS" website. The website has a header with the logo "UPSEROS" and the tagline "la evolución del hosting". It shows a "Test de velocidad" section with a "Registrar" button and a "Test de velocidad" button. The results of the test are displayed in a table:

Resultados de la prueba	
Test	Medido
Ancho de banda	511.20 kbps
Velocidad de descarga	63.9 KB/seg

Figura 4.41 Test Ping y Ancho de Banda del suscriptor INTIÑAN

#### 4.7.4.6. Enlace Niton – UE Tungurahua

**Desarrollo Teórico:** La institución educativa Tungurahua pertenece a la parroquia Pelileo, sus coordenadas geográficas se detallan a continuación:

PARROQUIA	INSTITUCIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
PELILEO	UNIDAD EDUCATIVA TUNGURAHUA	S	1 ° 19 ' 38 "	W	78 ° 32 ' 05 "

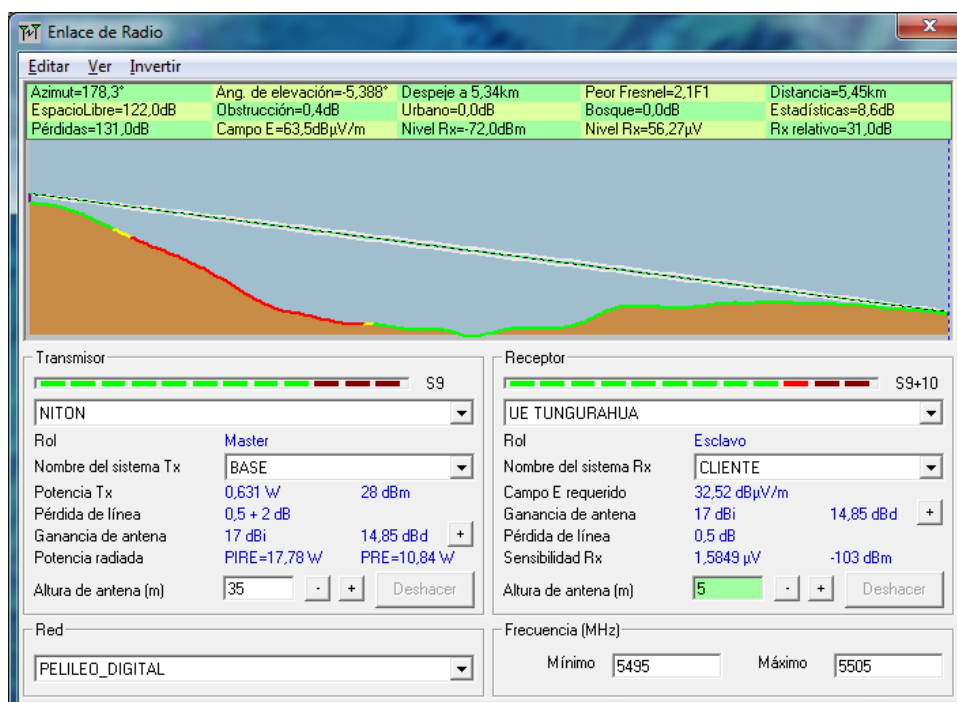
**Tabla 4.18 Posición geográfica Institución UE TUNGURAHUA**

Para un análisis del perfil topográfico se tomaron en cuenta los datos de los equipos tanto del Nodo Niton (base) como de la institución educativa Tungurahua (suscriptor), los mismos que se muestran en la tabla siguiente:

D(Km)	F(MHz)	ESTACION BASE (NITON)			ESTACION SUSCRIPTOR (UE TUNGURAHUA)		
		P(dBm)	G(dBi)	H(m)	P(dBm)	G(dBi)	H(m)
5,46	5500	28	17	35	13	17	5

**Tabla 4.19 Detalle del enlace NITON – UE TUNGURAHUA**

Al ingresar estos datos al software Radio Mobile obtenemos los siguientes resultados, los cuales se detallan en la figura 4.41



**Figura 4.42. Análisis del Enlace NITON – UE TUNGURAHUA**



El análisis del perfil topográfico se realizó con un factor K de curvatura de 4/3, por lo que la primera Zona de Fresnel debe estar despejada en un 100%. Este valor (2,0F1) lo podemos evidenciar en la gráfica siguiente:

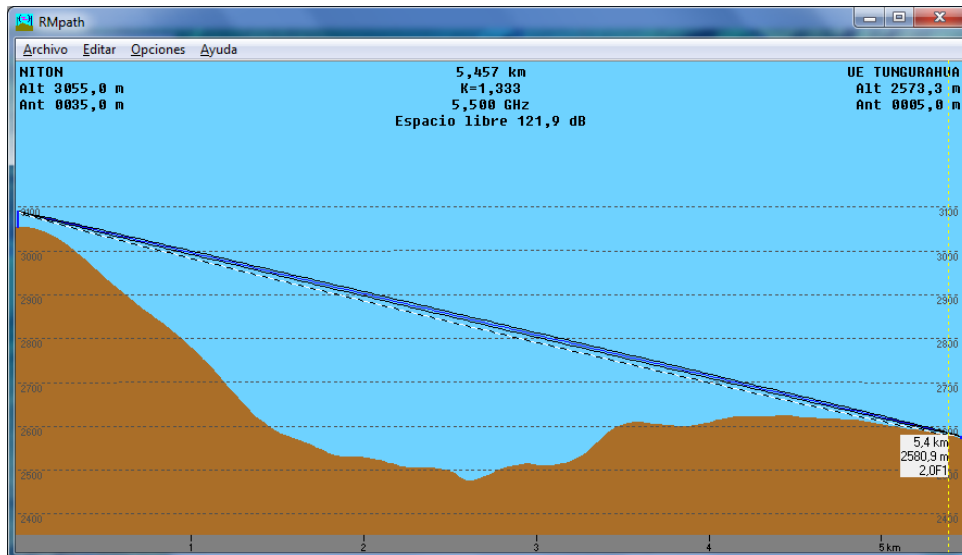


Figura 4.43. Análisis del perfil topográfico NITON – UE TUNGURAHUA

**Desarrollo real:** Para la obtención de los datos reales se procedió a ingresar al servidor web integrado en el suscriptor de la institución. Los datos obtenidos se evidencian en las figuras 4.43 y 4.44:



Figura 4.44. Direccinamiento IP suscriptor UE TUNGURAHUA

The screenshot shows the 'WiMAX Modem Management' interface with the 'Signal Parameters' tab selected. It displays two tables: 'Downlink Parameter' and 'Uplink Parameter'.

Downlink Parameter	Value
BS Identifier	00000000DAA2
Downlink Frequency	5500.000 MHz
Downlink Channel Bandwidth	5.0 MHz
SNR	27.5 dB
Effective SNR	25.4 dB
Received Signal Strength	-74.9 dBm
Modulation	64QAM 3/4

Uplink Parameter	Value
Uplink Frequency	5500.000 MHz
Uplink Channel Bandwidth	5.0 MHz
Tx Power	8.5 dBm

Figura 4.45 Parámetros de Señal del suscriptor UE TUNGURAHUA

**Comando ping:** Para verificar la conectividad lógica con el nodo de Gestión se hace uso del comando ping a la dirección IP 192.0.0.240, obteniendo un resultado de 0% de paquetes perdidos, un tiempo medio de latencia de 50 milisegundos además de una velocidad de acceso a internet de 296,50 kbps. Este resultado lo podemos observar en la figura 4.45.

The top part of the image shows a Windows command prompt window with the following output:

```

Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=36ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=36ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=68ms TTL=61

Estadísticas de ping para 192.0.0.240:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempo aproximado de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 36ms, Máximo = 68ms, Media = 49ms

C:\Users\Dpto Tecnico>ping 192.0.0.240

Haciendo ping a 192.0.0.240 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=52ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=48ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=53ms TTL=61
Respuesta desde 192.0.0.240: bytes=32 tiempo=58ms TTL=61

Estadísticas de ping para 192.0.0.240:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempo aproximado de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 43ms, Máximo = 58ms, Media = 50ms

C:\Users\Dpto Tecnico>
  
```

The bottom part of the image shows a web browser displaying the 'UPSEROS' website. The main content area shows a speed test result for the IP address 200.107.49.65:

Resultados de la prueba	
Test	Medido
Ancho de banda	296.50 kbps
Velocidad de descarga	37.06 KB/seg

Figura 4.46. Test Ping y Ancho de Banda del suscriptor UE TUNGURAHUA

#### 4.7.5. ANÁLISIS DEL NODO DE GESTIÓN Y SERVICIO

Una vez realizado el estudio y recopilación de datos de los diferentes enlaces seleccionados definidos en base al esquema de simulación A y los equipos a utilizar, se procede con el esquema B que relaciona el análisis y verificación de las prestaciones de la tecnología WiMAX en el nodo de servicio y gestión. Los diferentes parámetros de configuración y monitoreo se realizarán en el servidor que contiene el Software de Administración y Gestión Netspan.

Los parámetros y prestaciones que se analizarán en este punto son los siguientes:

- Comunidades SNMP.
- Calidad de Servicio.
- Soporte VLAN.
- Seguridad y Control de Errores.

##### 4.7.5.1. Comunidades SNMP

Las estaciones base (nodos) y las estaciones suscriptoras (clientes) están gobernados y administrados bajo el *Protocolo Simple de Administración de Red SNMP* (por sus siglas en inglés). Como se menciono con anterioridad el sistema de comunicación inalámbrica Pelileo Digital posee un Software de Administración y Gestión llamado NETSPAN que hace uso del protocolo mencionado.

Bajo este protocolo de comunicación se definen grupos denominados comunidades SNMP, que son simplemente asociaciones de dispositivos y estaciones. El nombre de la comunidad se utiliza para identificar el grupo. Un dispositivo SNMP o un Software Agente de Gestión de Red (NMS<sup>65</sup>, por sus siglas en inglés) pueden pertenecer a más de una comunidad SNMP. Las

---

<sup>65</sup> **NMS.**- Network Management System

comunidades SNMP por defecto son de sólo lectura para carácter público y de lectura/escritura para carácter privado.

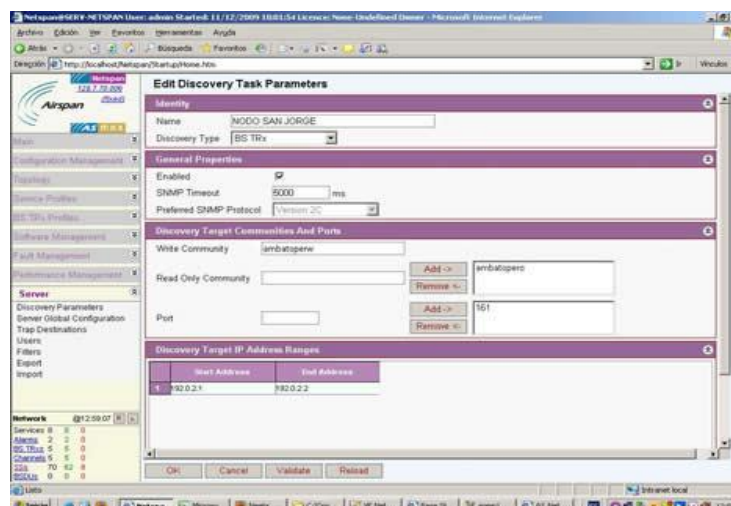
Para definir las Comunidades SNMP dentro del servidor web de la estación base MicroMAX, se sigue el siguiente proceso:

- a. Seleccionar las comunidades SNMP desde el menú principal.
- b. Ingresar la cadena de comunidad SNMP para los miembros de solo lectura. (*ambatopero*).
- c. Ingresar la cadena de comunidad SNMP para los miembros de lectura y escritura. (*ambatoperw*).
- d. Dar un clic en Submit para guardar la Comunidad SNMP definida.

En la figura 4.46 se puede apreciar la página de configuración de Comunidades SNMP.

**Figura 4.47. Página Comunidades SNMP**

De la misma forma dentro del software Netspan se procede a configurar y verificar el funcionamiento de las comunidades SNMP. Esto lo podemos observar en la figura siguiente:



**Figura 4.48. Ventana de configuración SNMP en el Netspan**

Los parámetros a configurar en la interfaz de la figura 4.47 se detallan de la siguiente manera:

- Allow edit: Habilitar o inhabilitar el uso del protocolo.
- Versión SNMP: Netspan soporta la versión 2 del protocolo SNMP.
- SNMP Timeout: Número de milisegundos que el NMS espera por una respuesta.
- SNMP Read Community: Denominación de la comunidad SNMP con permisos solo de lectura.
- SNMP Write Community: Denominación de la comunidad SNMP con permisos de lectura y escritura.
- Port: Número del puerto SNMP.
- IP Address: Dirección IP de la conexión Ethernet.

#### 4.7.5.2. Calidad de Servicio

Los mecanismos de gestión del ancho de banda y calidad de servicio están asociados con el aprovisionamiento de flujo de servicio. Las bases MicroMAX bajo la gestión del Netspan poseen los siguientes atributos para administrar la prioridad y la asignación de ancho de banda:

- Clase de programación Uplink<sup>66</sup> : MicroMAX soporta la programación del enlace ascendente para servicios del mejor esfuerzo (BE) y servicios de sondeo no en tiempo real (nrtPS<sup>67</sup> , por sus siglas en inglés).
- Prioridad de Tráfico: Un soporte de 8 niveles de prioridad (0-7).
- Política de solicitud de transmisión: Permite definir propiedades adicionales al flujo de servicio con el objetivo de maximizar la eficiencia de la interfaz de aire dependiendo un servicio en particular.
- Velocidad máxima sostenida del tráfico: Posibilidad de definir la tasa de información máxima (MIR<sup>68</sup>, por sus siglas en inglés) de flujo del servicio.

---

<sup>66</sup> **Uplink.**- Enlace ascendente.

<sup>67</sup> **nrtPS.**- Non-Real-Time Polling Service

<sup>68</sup> **MIR.**- Max Sustained Traffic Rate

- Ráfaga máxima de tráfico: Definición de la longitud de la ráfaga máxima permitida en el flujo del servicio.
- Velocidad mínima de Tráfico reservado: Proveer la tasa de información comprometida (CIR<sup>69</sup>, por sus siglas en inglés) de flujo de servicio.
- Indicador de longitud de SDU: Escoger si la unidad de datos de servicio (SDU) por flujo de servicios es fija o de longitud variable.
- Tamaño SDU: Establecer la longitud SDU para un flujo de servicios de longitud fija SDU.

En la figura 4.48 podemos verificar la ejecución de los atributos de la gestión de Calidad de Servicio mencionados; así como un resumen de los mismos en la tabla 4.20.

Name	Scheduling Type	Scheduling Poll Period (ms)	Traffic Priority	Request Tx Policy Code	Max Sustained Rate (bps)	Max Traffic Burst (Byte)	Min Reserved Rate (bps)
1 Sample of Service Class	Best Effort	400	7	3C	1000000	1000000	0
2 Broadcast-1124.26-186-42	Best Effort	1000	7	34	100000	100000	50000
3 Broadcast-156-118-183-4-205-43	Best Effort	1000	7	34	100000	100000	50000
4 Broadcast-156-118-183-4-202-44	Best Effort	1000	7	34	100000	100000	50000
5 Broadcast-156-118-183-4-211-45	Best Effort	1000	7	34	100000	100000	50000
6 Broadcast-156-118-183-4-206-46	Best Effort	1000	7	34	100000	100000	50000
7 SERVICIO DE 128K	Best Effort	400	4	34	128000	1000000	0
8 SERVICIO DE 256K	Best Effort	400	4	34	256000	1000000	0
9 SERVICIO DE 1MB	Best Effort	400	4	34	1000000	1000000	0
10 SERVICIO DE 512K	Best Effort	400	4	34	512000	1000000	0
11 SERVICIO DE 2M	Best Effort	400	4	34	2000000	1000000	0
12 SERVICIO DE 5M	Best Effort	400	4	34	5242880	1000000	0

Figura 4.49. Ventana de configuración Clases de Servicio en el Netspan

<sup>69</sup> CIR.- Committed Information Rate

Name	Scheduling Type	Scheduling Poll Period [ms]	Traffic Priority	Request Tx Policy Code	Max Sustained Rate [bps]	Max Traffic Burst [Byte]	Min Reserved Rate [bps]	Max Latency [ms]	SDU Length	SDU Size [Byte]
SERVICIO DE 128K	2	400	4	52	128000	1000000	0	1000	0	49
SERVICIO DE 256K	2	400	4	52	256000	1000000	0	1000	0	49
SERVICIO DE 1MB	2	400	4	52	1000000	1000000	0	1000	0	49
SERVICIO DE 512K	2	400	4	52	512000	1000000	0	1000	0	49
SERVICIO DE 2M	2	400	4	52	2000000	1000000	0	1000	0	49
SERVICIO DE 5M	2	400	4	52	5242880	1000000	0	1000	0	49

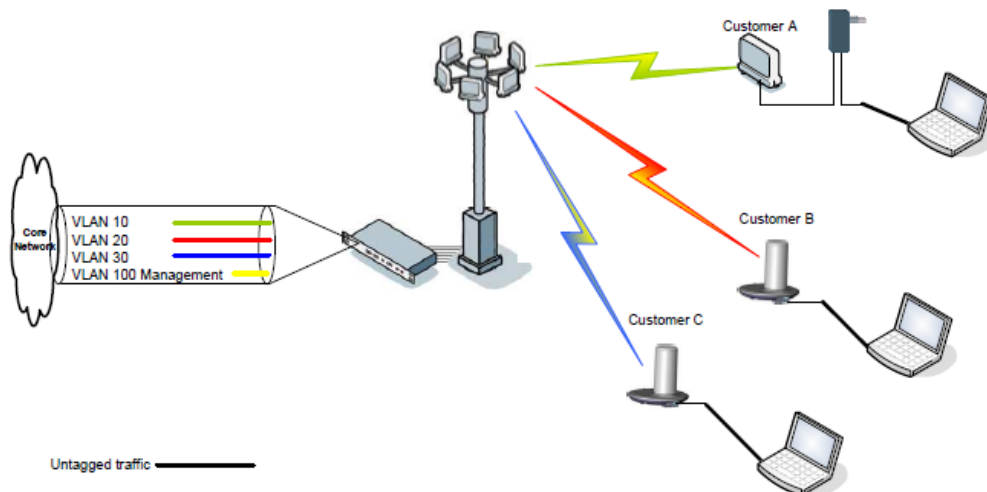
**Tabla 4.20. Listado de configuraciones de clases de servicio en el Netspan**

#### 4.7.5.3. Soporte VLAN<sup>70</sup>

Las bases MicroMAX soportan paquetes provenientes de redes locales virtuales VLAN (por sus siglas en inglés), ya sea que se hayan configurado vía el servidor Web o Netspan siguiendo la norma 802.1q, permitiendo las siguientes funcionalidades:

- Gestión de VLANs.
- VLAN en modo transparente: Transparencia en tramas con etiquetas y sin etiquetas.
- Etiquetado VLAN: Aceptación de tramas etiquetadas y sin etiquetar basándose en la configuración de direcciones.
- VLAN (Solo con Etiquetas): Aceptación solo de paquetes que cumple con la etiqueta de configuración.
- VLAN (Solo Sin etiquetas): Aceptación solo de paquetes sin etiquetar.
- Modo avanzado de etiquetado: Identificación de diferentes tramas procedentes de una LAN, para luego clasificar y etiquetar los datos con una única ID de VLAN.

<sup>70</sup> **VLAN.**- Virtual Local Área Network.



**Figura 4.50. Esquema de Soporte MicroMAX VLAN**  
**Fuente: Manual VLAN Configuration vía Netspan S.R 6.0**

Dentro de la red PELILEO DIGITAL se encuentran definidas y configuradas siete redes virtuales VLAN, las cuales podemos observar en la figura y tabla siguientes:

Subscriber Station VLAN Port Profiles							
List							
Name	Description	Port Mode	Acceptable Frame Types	Port Vlan ID	Import Description	Ingress Filter Enabled	
1 Sample of SS VLAN Port - Untagged O...	PortMode VLAN, P...	VLAN	Untagged Only	4093	(not imported)	1	
2 VLAN TRANS		VLAN	Untagged Only	4096	(not imported)	1	
3 VLAN INTERNET ESCUELAS		VLAN	Untagged Only	4	(not imported)	1	
4 VLAN MUNICIPIO		VLAN	Untagged Only	3	(not imported)	1	
5 VLAN PARROQUIA		VLAN	Untagged Only	5	(not imported)	1	
6 VLAN GESTION		VLAN	Untagged Only	2	(not imported)	1	

**Figura 4.51. Perfiles de VLAN configuradas**



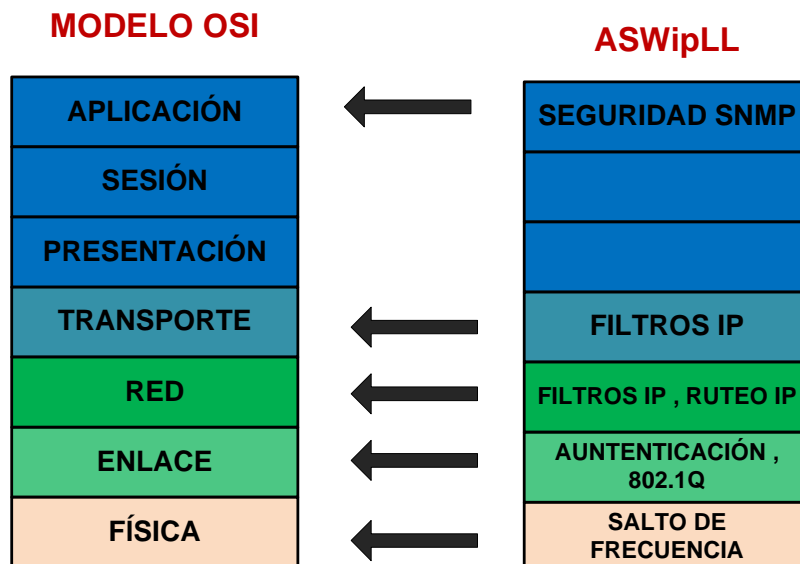
NOMBRE	TIPOS DE TRAMA ACEPTABLE	ID PUERTO VLAN
EXAMPLE PORT VLAN SS	SOLO SIN ETIQUETAR	4093
VLAN TRANS	SOLO SIN ETIQUETAR	4096
VLAN INTERNET ESCUELAS	SOLO SIN ETIQUETAR	4
VLAN MUNICIPIO	SOLO SIN ETIQUETAR	3
VLAN PARROQUIA	SOLO SIN ETIQUETAR	5
VLAN GESTIÓN	SOLO SIN ETIQUETAR	2

**Tabla 4.21. Resumen de Perfiles VLAN**

El proceso de configuración de VLAN más detallado se encuentra en el Anexo F Configuración VLAN - Netspan

#### 4.7.5.4. Seguridad

Los equipos de la red PELILEO DIGITAL incluyendo el software de gestión y administración Netspan están basados en el Sistema ASWipLL, el cual contiene varias funcionalidades para garantizar la seguridad en los diferentes niveles del modelo OSI. En la figura siguiente podemos observar las características para las diferentes capas.



**Figura 4.52. Características ASWipLL de seguridad para las capas OSI**

- **Seguridad SNMP:** Como se detallo en el punto 4.6.5.1 Comunidades SNMP, el software de gestión se basa el protocolo SNMP, el cual proporciona seguridad en la administración mediante la autenticación y autorización de los diferentes sistemas administradores de red NMS. Así

como también políticas de solo lectura y de lectura/escritura. En la figura 4.47. podemos observar la interfaz de configuración de los distintos niveles de usuarios dentro del Netspan.

**Figura 4.53. Interfaz de configuración Niveles de usuarios Netspan**

- **Filtros IP:** A través del uso de filtros IP el operador o software administrador de red puede especificar el tráfico basándose en direcciones IP, protocolos y aplicaciones para permitir o denegar el tráfico. Los filtros IP se basan en una combinación de criterios como: dirección IP de destino, dirección IP de origen, tipo de protocolo, número de puerto: define la aplicación (por ejemplo, Telnet, correo electrónico y Web). En la figura siguiente podemos observar la interfaz de configuración de clasificador de paquetes en Netspan.

**Figura 4.54. Interfaz de configuración clasificador de paquetes**

- Ruteo IP:** El sistema ASWipLL en el cual están basados los equipos y software de gestión Netspan prioriza y enruta los paquetes basados en 802.1p/q (clases de servicio), mediante la transferencia de tramas IP etiquetadas bajo IEEE 802.1Q a los distintos elementos de la red (por ejemplo, conmutadores LAN en el CPE). Además posee la capacidad de agregar, eliminar o corregir las diferentes etiquetas presentes en las tramas IP del tráfico cursante. Las clases de servicio se detallaron en el punto 4.6.5.2; la interfaz de configuración de las reglas la podemos observar en la siguiente figura.

**Figura 4.55. Interfaz de configuración reglas L2**

- Autenticación y Encriptación:** El sistema ASWipLL soporta filtrado de direcciones MAC para los dispositivos CPE (clientes). Mediante esto se posibilita el bloquear o permitir el flujo de tráfico hacia o desde los clientes definidos por direcciones MAC. En la figura siguiente podemos observar la ventana de configuración de la tabla de direcciones MAC.

Index	MAC Address	Status
<input type="checkbox"/> 001	00:02:B3:17:27:F7	Learned
<input type="checkbox"/> 002	00:30:AB:00:00:CF	Learned

**Figura 4.56. Interfaz de configuración direcciones MAC.**

Por otro lado el sistema permite cifrar los datos mediante el algoritmo de encriptación DES de 56 bits. Para configurarlo se hace uso de la interfaz Configuración de Perfil de la estación base, misma que se muestra en la gráfica siguiente:

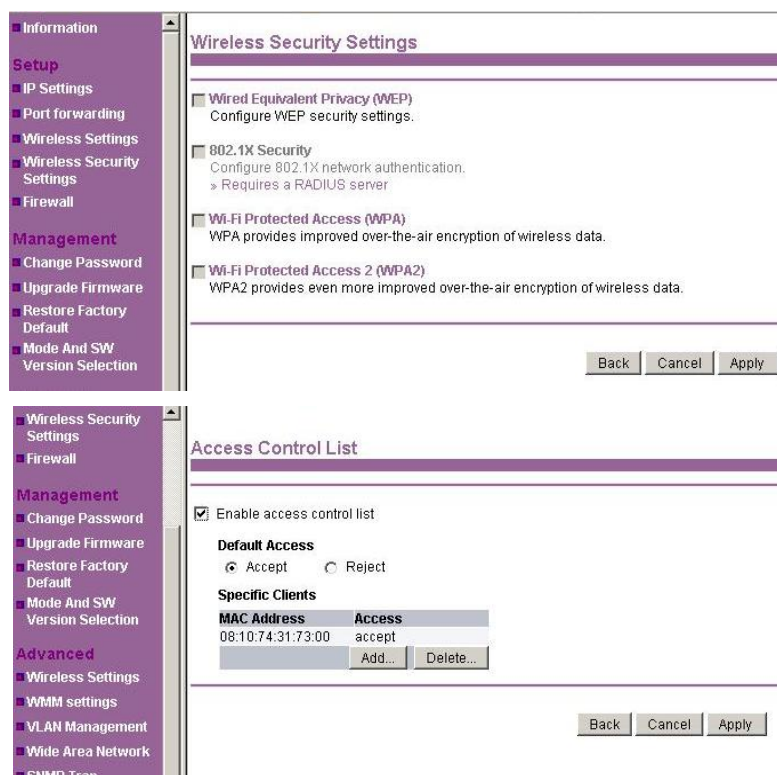
**Figura 4.57. Interfaz de configuración de perfil BSR.**

Los diferentes perfiles definidos en la red PELILEO DIGITAL, mismos que fueron extraídos del software Netspan se enlistan en la tabla siguiente:

Name	Target Hardware Category	Channel Bandwidth (MHz)	Authentication Enabled
uMax 5MHz, Encryption_DES, TDD	MicroMAX	5	1
uMax 3.5MHz, Encryption_DES, TDD,	MicroMAX	3.5	1
uMax 10MHz, Encryption_DES, TDD	MicroMAX	10	1

**Tabla 4.22. Resumen de Perfiles VLAN**

Además de esto se configuró y verificó las Seguridades WiFi IEEE 802.11i (WPA, WPA2, WEP, ACL - MAC) en el Equipo terminal ProST con WIFI, como se lo aprecia en la siguientes figura.



**Figura 4.58. Seguridades WiFi**

#### 4.7.5.5. Control de Errores

La técnica utilizada por los equipos (bases y suscriptores) para la corrección y control de errores es la técnica de corrección de errores hacia adelante FEC<sup>71</sup> (por sus siglas en inglés), la redundancia que añade esta codificación está relacionada con la modulación empleada en la comunicación. Esta relación se muestra en la tabla siguiente:

MODULACION	FEC	DOWNLINK	UPLINK
64QAM	3/4	SI	NO
64QAM	2/3	SI	NO
16QAM	3/4	SI	SI
16QAM	1/2	SI	SI
QPSK	3/4	SI	SI

<sup>71</sup> **FEC (Forward Error Correction).**- Técnica utilizada por los receptores para corregir los errores producidos en las transmisiones, sin requerir que el transmisor realice retransmisiones de información. WiMAX utiliza la codificación convolucional y un sistema Reed-Solomon FEC.

MODULACION	FEC	DOWNLINK	UPLINK
QPSK	1/2	SI	SI
BPSK	1/2	SI	SI

**Tabla 4.23. Técnicas de modulación y corrección de errores**

*Fuente: AS.MAX MicroMAX5.47-5.725 GHz.*

Para evidenciar el tipo de modulación que se emplea en cada una de los enlaces se hace referencia a las figuras *Parámetros de Señal del suscriptor* del punto 4.6.4.

#### 4.7.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez recopilados los datos en cada uno de los puntos anteriores se procede a resumirlos y analizarlos para verificar la idoneidad de la tecnología WiMAX en aplicaciones que son objeto del presente proyecto, como sigue a continuación:

##### 4.7.6.1. Características de los enlaces

Un presupuesto del enlace adecuado y dentro de las limitaciones y capacidades de los equipos asegurará una óptima comunicación entre los diferentes elementos de la red inalámbrica, y por ende una disponibilidad efectiva del mismo.

Para la respectiva verificación de estos parámetros partiremos de un resumen de los niveles de potencia de recepción de cada uno de los suscriptores de los enlaces seleccionados en el punto 4.6.1. *Selección de estaciones suscriptoras y nodos*, en la tabla siguiente se muestra lo mencionado:

ENLACE	DISTANCIA (Km)	RX TEORICA (dBm)	RX REAL (dBm)	DIFERENCIA (%)
ANGAMARQUILLO - JUAN LEÓN MERA	11,91	-67,4	-71,9	6,67
SAN FERNANDO – JERVASIO ARTIGAS	4,07	-78,4	-80,8	3,06
ANGAMARQUILLO – DR. JAIME ROLDOS	12,09	-76,9	-78,5	2,08

ENLACE	DISTANCIA (Km)	RX TEORICA (dBm)	RX REAL (dBm)	DIFERENCIA (%)
4 DE FEBRERO – ISIDRO AYORA	13,5	-74,1	-77,1	4,05
ANGAMARQUILLO – INTIÑAN	15,32	-79,1	-82,5	4,30
NITON – UE TUNGURAHUA	5,46	-72,0	-74,9	4,03

**Tabla 4.24. Resumen Niveles de Potencia de Recepción suscriptores**

Analizando el perfil topográfico de cada uno de los enlaces con un factor k de curvatura de 4/3, se obtienen los siguientes resultados de despeje de la primera zona de Fresnel.

ENLACE	DISTANCIA (Km)	DESPEJE MÍN (Km)	PEOR FRESNEL (RADIO F1)	ADECUADO
ANGAMARQUILLO – JUAN LEÓN MERA	11,91	10,75	1,0	SI
SAN FERNANDO – JERVASIO ARTIGAS	4,07	4,01	8,5	SI
ANGAMARQUILLO – DR. JAIME ROLDOS	12,09	11,99	11,2	SI
4 DE FEBRERO – ISIDRO AYORA	13,5	0,17	13,0	SI
ANGAMARQUILLO – INTIÑAN	15,32	15,1	3,3	SI
NITON – UE TUNGURAHUA	5,46	5,34	2,1	SI

**Tabla 4.25. Resumen Despejes Mínimos y Radio primera Zona Fresnel**

Otra medida de la eficacia de la señal en un enlace es el parámetro de relación entre la señal y el ruido SNR expresada en decibels (dB), según los datos técnicos de los equipos Airspan, para que el decodificador pueda realizar eficazmente sus procesos debe mantener un determinado rango de esta relación para un determinado BER<sup>72</sup>, en la tabla siguiente podemos evidenciar las recomendaciones del fabricante y el SNR real medido en cada uno de los equipos suscriptores.

<sup>72</sup> **BER.**- Bit error rate.

ENLACE	BER <= 1x10E-6			
	MODULACIÓN	SNR SUGERIDO (dB)	SNR REAL (dB)	ADECUADO
ANGAMARQUILLO – JUAN LEÓN MERA	64 QAM - 3/4	21,0	26,2	SI
SAN FERNANDO – JERVASIO ARTIGAS	16 QAM- 3/4	15,5	19,8	SI
ANGAMARQUILLO – DR. JAIME ROLDOS	16 QAM- 3/4	15,5	19,8	SI
4 DE FEBRERO – ISIDRO AYORA	64 QAM – 2/3	19,5	23,0	SI
ANGAMARQUILLO – INTIÑAN	16 QAM- 1/2	12,0	18,2	SI
NITON – UE TUNGURAHUA	64 QAM - 3/4	21,0	25,4	SI

**Tabla 4.26. Resumen SNR estaciones suscriptoras.**

Los usuarios que hacen uso de los servicios de Internet tienen diferentes perfiles de utilización de aplicaciones, por lo que, para garantizar la disponibilidad de la red frente a estas aplicaciones según la *NORMA TÉCNICA DEL SERVICIO DE VALOR AGREGADO DE ACCESO A INTERNET*<sup>73</sup> el ISP garantizará una tasa de pérdida de paquetes menor al dos por ciento (2%) de los paquetes en promedio. Además existen algunas directrices de tiempos de latencia para garantizar QoS en una comunicación, los mismos que se detallan en la siguiente tabla:

SERVICIO	RETARDO MÁXIMO (ms)
FTP, DATOS BASICOS , NAVEGACIÓN	<1000
VoIP	<150
VIDEO TELEFONO	<100
TVoIP (SD)	<50
TVoIP (HD)	<50
JUEGOS INTERACTIVOS	<50 – 100
SENSADO Y CONTROL INDUSTRIAL	<10

**Tabla 4.27. Directrices estimadas para garantizar QoS.**

<sup>73</sup> **NORMA TÉCNICA DEL SERVICIO DE VALOR AGREGADO DE ACCESO A INTERNET:** Norma ecuatoriana que tiene por objeto regular los parámetros técnicos de los Permisarios de Servicios de Valor Agregado de Acceso a Internet, para garantizar al usuario un nivel de calidad mínima satisfactoria en la prestación del servicio de Internet. RESOLUCIÓN -CONATEL-2006



Para verificar la capacidad de soportar varios servicios según tiempo de latencia de la Red Pelileo Digital, se toman como referencia los tiempos de retardo (media de los valores) obtenidos con las pruebas de conectividad lógica y el porcentaje de paquetes perdidos. Estos se resumen en la siguiente tabla:

SUSCRIPTOR	RETARDO REAL (ms)	PERDIDA (%)	FTP, Naveg.	VoIP	VIDEO TELEFONO	TVoIP (SD)	TVoIP (HD)	JUEGOS	SENSADO Y CONTROL
JUAN LEÓN MERA	46	0	SI	SI	SI	SI	X	SI	X
JERVASIO ARTIGAS	53	0	SI	SI	SI	X	X	SI	X
DR. JAIME ROLDOS	55	0	SI	SI	SI	X	X	SI	X
ISIDRO AYORA	55	0	SI	SI	SI	X	X	SI	X
INTIÑAN	58	0	SI	SI	SI	X	X	SI	X
UE TUNGURAHUA	50	0	SI	SI	SI	X	X	SI	X

**Tabla 4.28. Soporte a servicios frente a tiempos de retardo**

#### 4.7.6.2. Características del Nodo de Gestión

El nodo de Gestión y Servicio de la Red Pelileo Digital se compone principalmente por el software de gestión y administración Netspan como ya se menciona con anterioridad. Luego de la recopilación de los diferentes datos acerca de las prestaciones y potencialidades que brindan los equipos basados en la tecnología WiMAX en aspectos como administración, gestión, seguridad entre otros se obtienen los siguientes resultados:

ASPECTO	DETALLE
Software de Administración y gestión	Netspan versión 7.5
Seguridad en la gestión y administración	Comunidades SNMP
Calidad de Servicio	Servicios de Mejor Esfuerzo (BE)
	Servicios de Sondeo no En Tiempo Real (nrtPS)
	Prioridad de Tráfico
	Política de solicitud de transmisión
	Velocidad máxima sostenida de tráfico (MIR)
	Ráfaga máxima de tráfico

ASPECTO	DETALLE
	Velocidad mínima de tráfico
	Indicador de longitud SDU
	Tamaño SDU
VLAN	Soporte VLAN 802.1q
Seguridad	Seguridad SNMP – Niveles de Usuario
	Filtros IP
	Ruteo IP
	Autenticación y Encriptación
	Seguridad en suscriptores WiFi
Control de Errores	FEC

**Tabla 4.29. Resumen Características Nodo de Gestión**

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

#### **5.1. INTRODUCCIÓN**

El uso creciente de los servicios de Internet en la actualidad ha propiciado un alto desarrollo de nuevos equipos y tecnologías, una de ellas WiMAX cuyo estudio es objetivo del presente proyecto. Dentro de este desarrollo se han reducido costos y ampliado las aplicaciones, así como incrementado exponencialmente el número de usuarios. Pese a todo esto los costos de acceso a Internet en el Ecuador son todavía medianamente altos, por lo que proponer la implementación de nuevos proveedores de servicios de Internet es una alternativa para disminuir aun más los costos de acceso e incrementar el número de personas que los pueden usar.

En este capítulo se elaborará un análisis de factibilidad económica del presente proyecto con miras a una futura implementación. Para su desarrollo se han tenido en cuenta los costos del equipamiento (software y hardware), costos de operación, y costos del servicio. Como método de evaluación se realiza un análisis del flujo de efectivo proyectado para establecer la rentabilidad y factibilidad, con la obtención de las variables financieras TIR (Tasa Interna de Retorno), VAN (Valor Actual Neto), B/C (Relación Beneficio Costo) y PRI (Período de Retorno de la Inversión).

#### **5.2. FLUJO DE EFECTIVO**

El flujo de efectivo es un indicador de las entradas y salidas de efectivo en un período definido. En base a un cálculo proyectado de este, se pueden obtener las variables financieras que brindarán la información necesaria para verificar o descartar la implementación de un proyecto.

Dentro del desarrollo del presente análisis económico, los cálculos se realizarán en base a períodos anuales, con una amplitud de los 4 primeros años de vida del proyecto a implementar.

### 5.3. VARIABLES FINANCIERAS [38]

Como se menciono anteriormente el análisis económico persigue la obtención de las variables financieras en base a un cálculo de flujo de efectivo proyectado. Para nuestro caso determinaremos las siguientes:

- VAN (Valor Actual Neto).
- TIR (Tasa Interna de Retorno).
- B/C (Relación Beneficio Costo).
- PRI (Período de Retorno de la Inversión).

#### 5.3.1. VAN (VALOR ACTUAL NETO)

El método del cálculo del valor actual neto es ampliamente usado para evaluar la factibilidad económica de proyectos a largo plazo. Este método permite identificar si un proyecto con fines de lucro cumple con el objetivo principal, que es el de maximizar la inversión inicial.

El proceso de cálculo básicamente es obtener la diferencia entre los valores actuales de los diferentes ingresos esperados y los valores actuales de los egresos proyectados a la fecha inicial del proyecto.

Es clave tener en cuenta que el VAN depende de la inversión inicial, las inversiones durante el proceso de operación del proyecto, los flujos netos de efectivo, la tasa de descuento y el número de períodos en los cuales se esta analizando

La tasa de descuento generalmente se basa en las tasas de interés del mercado a largo plazo o en la tasa de riesgo país. Para el presente análisis se tomará como tasa de descuento un 18%, ya que el riesgo país máximo de Ecuador en el 2011 fue de 8,95%.<sup>74</sup>

---

<sup>74</sup> **Riego país Ecuador:** [www.bce.fin.ec/resumen\\_ticker.php?ticker\\_value=riesgo\\_pais](http://www.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=riesgo_pais)

La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente:

$$VAN = -Vi \pm \sum \frac{FFn}{(1+i)^n} \quad \text{Ec. 5.1}$$

Donde:

*VAN*: Valor actual neto.

*Vi*: Inversión inicial.

*FFn*: Flujo de fondos neto

*i*: Tasa de descuento.

*n*: Período.

### 5.3.2. TIR (TASA INTERNA DE RETORNO)

El método del cálculo de la tasa interna de retorno es un criterio de la rentabilidad (rendimiento) de la inversión realizada en un proyecto. De forma más simple es la tasa de interés a cual el valor actual neto es igual a cero. Por lo que a mayor TIR mayor rentabilidad del proyecto.

Para su cálculo se iguala el VAN a cero y se despeja la tasa de interés, la fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$VAN = -Vi \pm \sum \frac{FFn}{(1+i)^n} = 0 \quad \text{Ec. 5.2}$$

Donde:

*VAN*: Valor actual neto.

*Vi*: Inversión inicial.

*FFn*: Flujo de fondos neto

*i*: Tasa de descuento, que se convierte en el TIR a calcular

*n*: Período.

#### 5.3.4. B/C (RELACIÓN BENEFICIO COSTO)

El método del cálculo de la relación beneficio versus costo es un criterio de rentabilidad de la inversión inicial realizada en un proyecto. El resultado de este cálculo expresa los dólares ganados por cada dólar invertido. Por lo que a mayor B/C mayor ganancia en la ejecución del proyecto.

Para realizar el cálculo de la relación B/C se divide la sumatoria de los valores actuales netos y el valor de la inversión total inicial (año cero), la fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$B/C = \frac{\sum_1^n VAN_n}{INVERSION\ INICIAL} \quad \text{Ec. 5.3}$$

Donde:

$B/C$ : Relación Beneficio versus Costo.

$VAN$ : Valor Actual Neto.

$n$ : Períodos a evaluar.

#### 5.3.5. PRI (PERÍODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN)

El método del cálculo del período de retorno de la inversión es un indicador de corto y mediano plazo para evaluar un proyecto de inversión. Este indicador permite medir la liquidez del proyecto y así prevenir riesgos relativos. Los resultados brindan la información necesaria para determinar el tiempo en el cual los flujos netos generados por la inversión alcanzan el costo inicial de la misma.

La fórmula para el cálculo del PRI se hace uso de la siguiente fórmula:

$$PIR = (n - 1) + \frac{FA_{n-1}}{FN_n} \quad \text{Ec. 5.4}$$

Donde:

*PIR*: Período de Retorno de la Inversión.

*FA<sub>n-1</sub>*: Flujo acumulado descontado el año previo a *n*

*FN<sub>n</sub>*: Flujo neto de efectivo en el año *n*

*n*: Período a evaluar.

### **5.3.6. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN**

Para que un proyecto de inversión sea factible económicamente las variables financieras antes mencionadas deben cumplir las siguientes condiciones:

- $VAN > 0$ .
- $TIR >$  Tasa de descuento (en este caso 18%).
- $B/C > 1$ .
- $PRI < 3$  años.

El indicador del VAN, muestra que los beneficios obtenidos son superiores a los costos involucrados en el proyecto; el indicador del TIR, significa que la tasa de retorno interno es superior al riesgo país (incluido margen); el indicador B/C, indica el beneficio generado por el proyecto frente a los costos incurridos en su implementación; y finalmente el indicador PRI, ilustra el número de años en los cuales los ingresos obtenidos alcanzan los costos de la inversión inicial.

### **5.4. PLANES DE SERVICIO**

Los planes de servicio, tarifas y costos de instalación serán las entradas principales del presente proyecto en ejecución. Los costos y modalidades de los mismos han sido tomados en base a los brindados por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones en su página web.

#### 5.4.1. PLANES RESIDENCIALES [33]

Esta modalidad de plan de servicio tiene como mercado objetivo el sector residencial. La tabla a continuación muestra un detalle de los diferentes planes residenciales y costos (el usado en la proyección se encuentra resaltado).

RESIDENCIAL 8:1	PLAN (Kbps)	INSTALACIÓN (USD)	COSTO MENSUAL (USD)
	1024X250	50,00	20,16
	1500X250	50,00	27,89
	2000X500	50,00	44,69
	3000X500	50,00	55,89
	5000X500	50,00	95,09
	9000X700	50,00	162,40

**Tabla 5.1 Tarifas planes residenciales**

#### 5.4.2. PLANES CORPORATIVOS [34]

Esta modalidad de plan de servicio tiene como mercado objetivo el sector corporativo (empresas, hoteles, condominios, etc). La tabla a continuación muestra un detalle de los diferentes planes corporativos y costos (el usado en la proyección se encuentra resaltado).

CORPORATIVO 4:1	PLAN (Kbps)	INSTALACIÓN (USD)	COSTO MENSUAL (USD)
	256X128	80,00	49,50
	512X256	80,00	59,50
	1024X512	80,00	99,00
	1542X512	80,00	118,00
	2048X768	80,00	140,00
	3042X768	80,00	170,00
	4000X768	80,00	200,00

**Tabla 5.2 Tarifas planes corporativos**



## 5.5. DEMANDA PROYECTADA

La vitalidad y crecimiento de una empresa está dado por su posicionamiento dentro del mercado, dentro de lo cual el número de clientes y su fidelidad para con una empresa se vuelven una tarea muy importante dentro del análisis económico. Para determinar la demanda que se espera satisfacer con el presente proyecto se tomó en cuenta las *Principales Estadísticas del Sector*<sup>75</sup> brindadas por la SUPERTEL, y los resultados del *Censo de Población 2010* emitidos por el INEC<sup>76</sup>.

El número de usuarios que acceden a los servicios de Internet en la Provincia de Imbabura son los siguientes:

PERIODO	dic-09	dic-10	jun-11
TOTAL USUARIOS	21658	40882	49941
% DE LA POBLACION	5,23	9,69	12,34

**Tabla 5.3 Usuarios con acceso a Internet en Imbabura**

La tabla anterior nos muestra que en promedio existe un crecimiento aproximado del 5% anual de la población que accede a los servicios de Internet, por lo que realizaremos una comparación con la población estimada según el INEC en el lugar que se propone la implementación de la Red de Backhaul y Acceso WiMAX, la ciudad de Ibarra. La siguiente tabla muestra el tamaño de la población en la provincia de Imbabura y la ciudad de Ibarra en el año 2010.

LOCALIDAD	POBLACION (HABITANTES)	POBLACION (%)
IMBABURA	398244	100,0
IBARRA	181175	45,5

**Tabla 5.4 Tamaño de la población Ibarra e Imbabura**

<sup>75</sup> **Principales Estadísticas del Sector.-** Información estadística oficial de Telefonía Fija, Telefonía Móvil (Servicio Móvil Avanzado), Acceso a la Internet, Servicios Portadores y Cibercafés [35].

<sup>76</sup> **INEC.-** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Resultados de Censo 2010 para Ibarra y Ecuador [36]

Como objetivo de posicionamiento de mercado se plantea como punto inicial alcanzar el 20% del número de usuarios nuevos que accedió a Internet en el 2011 (1812 usuarios) relacionando la población de Imbabura con Ibarra, y un crecimiento como se muestra a continuación:

Año	Crecimiento	Usuarios	Usuarios Residenciales 80%	Usuarios Corporativos 20%
1	-----	1812	1450	362
2	100%	3624	2899	725
3	75%	6342	5074	1268
4	50%	9513	7610	1903

**Tabla 5.5 Posicionamiento proyectado**

## 5.6. COSTOS DE LA RED

La elaboración del presupuesto necesario para el despliegue e implementación de la red inalámbrica se ha dividido en varios rubros que abarcan tanto el software como el hardware a emplear. Estos rubros se detallan a continuación.

### 5.6.1. COSTOS DE LA RED DE BACKHAUL

La red de backhaul encargada de la interconexión de los diferentes nodos. Los costos de los equipos e infraestructura empleados en esta red se detallan en la tabla siguiente:

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL(USD)
1	EQUIPO ENALCE BACKHAUL FLEXNET ASN 900	8	2.334,00	18.672,00
2	UNIDAD DE DISTRIBUCION DE BASE MICROMAX BSDU	4	4.500,00	18.000,00
3	SWITCH CAPA 3 HP E5500	1	3.948,00	3.948,00
4	TORRE AUTOSOPORTADA 9m	2	1.500,00	3.000,00
5	TORRE AUTOSOPORTADA 12m	1	1.800,00	1.800,00
6	TORRES AUTOSOPORTADA 15m	1	2.100,00	2.100,00
7	ROLLO CABLE STP (305m)	2	437,00	874,00
			<b>TOTAL</b>	<b>48.394,00</b>

**Tabla 5.6 Costos red de backhaul**

### 5.6.2. COSTOS DE LA RED DE ACCESO

La red de acceso es la encargada de la interconexión entre los diferentes usuarios y la red de backhaul. Los costos de los equipos a emplear en las estaciones base son los siguientes:

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL(USD)
1	ESTACION BASE AIRSPAN MICROMAX	9	3.989,00	35.901,00
2	UNIDAD DE DISTRIBUCION DE BASE MICROMAX BSDU	INCLUIDA EN COSTOS RED BACKHAUL		
3	ROLLO CABLE STP (305m)	3	437,00	1.311,00
			<b>TOTAL</b>	<b>37.212,00</b>

*Tabla 5.7 Costos Estaciones Base y componentes*

Los costos de los equipos e infraestructura para el acceso en el lado de los clientes se detallan en la tabla siguiente (costo por cliente):

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL(USD)
1	EQUIPO AIRSPAN PROST	1	500,00	500,00
2	SDA TYPE II Y CONECTORES	1		
3	MASTIL (2m) Y ACCESORIOS	1	25,00	25,00
4	CABLE STP (m)	10	1,43	14,33
			<b>TOTAL</b>	<b>539,33</b>

*Tabla 5.8 Costos Estaciones Suscriptora y componentes*

### 5.6.3. COSTOS DEL NODO DE GESTIÓN

El nodo de gestión es el encargado de administrar y gestionar la red de acceso y backhaul WiMAX, los diferentes servicios a ofrecer, la base de datos de clientes. Los costos de los equipos a emplear se detallan en la tabla 5.9.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL(USD)
1	ROUTER DE BORDE CISCO 2901	1	2.901,00	2.901,00
2	SERVIDOR PowerEdge 11G R410	1	2.142,00	2.142,00
3	SERVIDOR Dell PowerEdge R810	1	8.041,00	8.041,00
4	PORTATILES CORE i7 2GB RAM	4	1.200,00	4.800,00
5	LICENCIA SOFTWARE DE GESTION NETSPAN	1	15.500,00	15.500,00
			<b>TOTAL</b>	<b>33.384,00</b>

**Tabla 5.9 Costos Nodo de Gestión**

#### 5.6.4. COSTOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Los costos involucrados en la implementación de la parte eléctrica, respaldo de energía, gabinetes y caseta para los equipos de los diferentes nodos se muestran en la tabla 5.10.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL(USD)
1	SMART UPS 2200VA MARCA APC CON BANCO BATERIAS	3	819,00	2.457,00
2	SMART UPS 3000VA MARCA APC CON BANCO BATERIAS	1	1.089,00	1.089,00
3	PARARAYOS TIPO FRANKLIN	4	1.375,00	5.500,00
4	INSTALACIONES DE MALLA DE TIERRA (PASIVO) Y CONEXIONES CABLE 8 AWG	4	715,00	2.860,00
5	TOMA CORRIENTES , CANALETAS, ACCESORIOS VARIOS	4	25,00	100,00
6	GABINETE ABIERTO 8 UNIDADES	3	143,00	429,00
7	GABINETE ABIERTO 40 UNIDADES	1	495,00	495,00
8	CONSTRUCCION CASETA 2X2 METROS	3	600,00	1.800,00
			<b>TOTAL</b>	<b>14.730,00</b>

**Tabla 5.10 Costos Sistema Eléctrico**

### 5.6.5. COSTOS DEL VEHICULO

Para el transporte del personal técnico, equipos suscriptores, tareas de supervisión y visitas técnicas se requiere de la adquisición de un vehículo, el costo y descripción del mismo se detalla en la tabla siguiente.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL(USD)
1	TOYOTA HILUX 2011 4X4 C/D	1	35.000,00	35.000,00
			<b>TOTAL</b>	<b>35.000,00</b>

*Tabla 5.11 Costos Vehículo*

### 5.6.6. SUELDOS PERSONAL

Un factor importante dentro de cualquier organización es el recurso humano, para la operación y ejecución del presente proyecto se contará con el siguiente personal y su remuneración correspondiente (incluidos aportes al IESS y décimos):

PERSONAL	SALARIO MENSUAL (USD)
ADMINISTRADOR DE LA RED	1.200,00
TECNICO A	650,00
TECNICO B	650,00
CONTADOR	900,00
AGENTE DE VENTAS A	600,00
AGENTE DE VENTAS B	600,00
SERVICIO AL CLIENTE	400,00
SECRETARIA	400,00
<b>TOTAL SALARIOS</b>	<b>5.400,00</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>64.800,00</b>

*Tabla 5.12 Sueldos personal operativo*

## **5.7. COSTOS POR NORMATIVA DE TELECOMUNICACIONES**

El despliegue o futura implementación del presente Sistema de Comunicaciones esta normado bajo Reglamentos de Telecomunicaciones del Ecuador, mismos que involucran ciertos costos que se detallan a continuación.

### **5.7.1. COSTO DE REGISTRO DE LA RED DE TRANSPORTE**

En base a la Resolución 432-21-CONATEL-2002 del 7 de agosto de 2002, los derechos de registro de la red de transporte son de US\$ 200,00; estos derechos incluyen a los nodos principales y secundarios. Resaltando que los derechos de registro de red de acceso no tienen costo alguno (última milla).

### **5.7.2. COSTO TITULO HABILITANTE CONCESIÓN SERVICIOS PORTADORES**

El valor de la concesión para la prestación de servicios portadores a nivel nacional es de \$250.000 dólares; pero al tomar en cuenta que la zona de cobertura del presente proyecto es la ciudad de Ibarra se opta por la concesión y pago del valor por garantía correspondiente a la provincia de Imbabura que es de \$8.000 dólares

### **5.7.3. COSTO TITULO HABILITANTE PERMISO PARA SERVICIOS DE VALOR AGREGADO**

En base a la resolución 072-03-CONATEL-2002 del Consejo Nacional de Telecomunicaciones se debe cancelar un valor de 500 dólares americanos para obtener el permiso para la prestación de servicios de valor agregado.

### **5.7.4. COSTOS POR USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

La utilización de redes inalámbricas está sujeta al pago de tarifas por el uso del espectro radioeléctrico. Como se objetivo del presente proyecto el sistema de comunicación inalámbrico que se plantea abarca una red de

backhaul y una red de acceso por lo que se analiza los costos de estos aspectos.

#### 5.7.4.1. Costo del Uso de Radiofrecuencias – Red de Acceso

En base al Anexo B Cálculo de Tarifas por Uso de Frecuencias, el Costo Unitario por cada radio base (Tarifa A) es:

$K_a$	$\alpha_4$	$\beta_4$	$A$	$(D)^2$	T (USD) Mensual	T(USD) Anual
1	0,0781436	1	20	64	100,02	1200,24

**Tabla 5.13 Costo Unitario estaciones base – Tarifa A**

Tomando en cuenta el total de estaciones base a emplear en el diseño de la red de Acceso tenemos un total de:

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO ANUAL (USD)	COSTO TOTAL ANUAL(USD)
1	TARIFA A (ESTACIONES BASE)	10	1.200,24	12.002,40

**Tabla 5.14 Costo total estaciones base – Tarifa A**

El costo imputado por el uso del espectro radioeléctrico por parte de estaciones suscriptoras o abonados (Tarifa C) es el siguiente:

AÑO	DESCRIPCION	FACTOR $F_d$	SUSCRIPTORES	COSTO MENSUAL (USD)	COSTO TOTAL ANUAL(USD)
1	TARIFA C (SUSCRIPTORES)	532	1812	532,00	6.384,00
2		1056	3624	1.056,00	12.672,00
3		1698	6342	1.698,00	20.376,00
4		2327	9513	2.327,00	27.924,00

**Tabla 5.15 Costo por uso del espectro radioeléctrico – Tarifa C**

#### 5.7.4.2. Costo del Uso de Radiofrecuencias – Red de Backhaul

En base al Anexo B Cálculo de Tarifas por Uso de Frecuencias, el Costo por uso de del espectro radioeléctrico de los enlaces de backhaul ASN-900 (Tarifa sistemas punto a punto) es:

$K_a$	$\alpha_6$	$\beta_6$	$B$	$NTE$	T (USD) Mensual	T(USD) Anual
1	0,533333	1	12	6	38,40	460,80

**Tabla 5.16 Tarifas por Sistemas Punto-Punto**

### 5.7.5. APOORTE 1% FODETEL

Durante la operación del presente proyecto en calidad de concesionario se deberá proporcionar a la SENATEL y a la SUPERTEL la siguiente información:

- Reporte mensual de enlaces
- Reporte mensual de usuarios
- Reporte trimestral de calidad
- Reporte mensual de fallas
- Reporte semestral de quejas
- Reporte mensual de ingresos totales facturados

En base a los reportes mencionados de ingresos totales facturados el concesionario debe realizar un aporte del 1% al Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones FODETEL de forma trimestral de estos ingresos percibidos por concepto de la prestación del servicio concedido.

### 5.8. INVERSIÓN INICIAL

La inversión inicial del proyecto incluye dos rubros que son: el total de los costos descritos anteriormente y los costos necesarios resumidos como capital de trabajo. Estos rubros se detallan en las dos tablas siguientes.

<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD (USD)</b>
COSTOS BACKHAUL (Tabla 5.6.)	43.726,00
COSTOS ACCESO (Tabla 5.7.)	37.212,00
COSTOS SISTEMA ELÉCTRICO (Tabla 5.10.)	14.730,00
COSTOS NODO DE GESTIÓN (Tabla 5.9.)	33.384,00
COSTOS SUSCRIPTORES INICIALES (Tabla 5.5 y Tabla 5.8.)	977.046,37
COSTOS VEHÍCULO (Tabla 5.11.)	35.000,00
COSTOS TÍTULOS HABILITANTES (Punto 5.7.)	8.700,00
<b>TOTAL INVERSIONES</b>	<b>1.149.798,37</b>

*Tabla 5.17 Resumen de Inversiones*



<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD (USD)</b>
PAGO DE CARRIER	35.000,00
SUELDOS (Tabla 5.12.)	5.400,00
SERVICIOS BASICOS	1.000,00
ARRIENDOS	2.000,00
SUMINISTROS OFICINA	300,00
IMPLEMENTOS ASEO Y LIMPIEZA	100,00
PORCENTAJE CONTINGENCIAS	5.000,00
<b>TOTAL CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>48.800,00</b>

**Tabla 5.18 Resumen Capital de Trabajo**

### 5.8.1. DEPRECIACIONES

Los activos fijos tangibles a emplear en la implementación y ejecución del presente proyecto, están sometidos a depreciación conforme transcurre el tiempo, el cálculo de esta depreciación se detalla en la tabla 5.15.

<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR INICIAL</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>% DEPRECIACION</b>	<b>VIDA UTIL AÑOS</b>
TORRES	<b>6.900,00</b>	345,00	345,00	345,00	345,00	5%	20
EQUIPOS BACKHAUL	<b>41.494,00</b>	8.298,80	8.298,80	8.298,80	8.298,80	20%	5
EQUIPOS ACCESO	<b>37.212,00</b>	7.442,40	7.442,40	7.442,40	7.442,40	20%	5
EQUIPOS NODO GESTION	<b>17.884,00</b>	3.576,80	3.576,80	3.576,80	3.576,80	20%	5
EQUIPOS SUSCRIPTORES INICIALES	<b>977.046,37</b>	195.409,27	195.409,27	195.409,27	195.409,27	20%	5
VEHICULO	<b>35.000,00</b>	7.000,00	7.000,00	7.000,00	7.000,00	20%	5
<b>TOTAL</b>	<b>103.490,00</b>	<b>215.072,27</b>	<b>215.072,27</b>	<b>215.072,27</b>	<b>215.072,27</b>		

**Tabla 5.19 Depreciaciones activos tangibles**

### 5.8.2. AMORTIZACIONES

Los activos fijos intangibles a emplear en la implementación y ejecución del presente proyecto son una salida de efectivo que no se deprecia con el

transcurso del tiempo; esto se debe a que no se recibe algún bien físico. En base a lo expuesto se procede amortizar los costos durante el tiempo que se realiza la proyección (cuatro años). La tabla siguiente nos muestra los costos amortizados.

DESCRIPCION	VALOR INICIAL	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	% AMORTIZACION	VIDA UTIL AÑOS
SOFTWARE	15.500,00	3.875,00	3.875,00	3.875,00	3.875,00	25%	4
GASTOS DE PUBLICIDAD	30.000,00	7.500,00	7.500,00	7.500,00	7.500,00	25%	4
ADECUACION OFICINAS	15.000,00	3.750,00	3.750,00	3.750,00	3.750,00	25%	4
<b>TOTAL</b>	<b>60.500,00</b>	<b>15.125,00</b>	<b>15.125,00</b>	<b>15.125,00</b>	<b>15.125,00</b>		

**Tabla 5.20 Amortizaciones activos intangibles**

## 5.9. FLUJO DE EFECTIVO POR PLANES DE SERVICIO

Tomando como referencia los puntos 5.4 Planes de servicio y 5.5. Demanda proyectada, se procede a realizar el cálculo de los ingresos de efectivo por cada año de servicio. El detalle del cálculo de los cuatro primeros años de funcionamiento del presente proyecto se detalla en las tablas 5.17, 5.18, 5.19 y 5.20 respectivamente:

AÑO 1				
DETALLE	CLIENTES	PRECIO	MENSUAL	ANUAL
INSTALACIÓN RESIDENCIAL	1.450,00	50,00	72.500,00	72.500,00
INSTALACION CORPORATIVA	362,00	80,00	28.960,00	28.960,00
PLAN RESIDENCIAL	1.450,00	27,89	40.440,50	485.286,00
PLAN CORPORATIVO	362,00	99,00	35.838,00	430.056,00
<b>TOTAL</b>				<b>1.016.802,00</b>
<b>INSTALACIONES TOTALES</b>	1812	<b>COSTO INSTALACION</b>	977.046,37	

**Tabla 5.21 Ingresos del primer año.**

<b>AÑO 2</b>				
<b>DETALLE</b>	<b>CLIENTES</b>	<b>PRECIO</b>	<b>MENSUAL</b>	<b>ANUAL</b>
INSTALACIÓN RESIDENCIAL	1.450,00	50,00	72.500,00	72.500,00
INSTALACION CORPORATIVA	262,00	80,00	20.960,00	20.960,00
PLAN RESIDENCIAL	2.900,00	27,89	80.881,00	970.572,00
PLAN CORPORATIVO	724,00	99,00	71.676,00	860.112,00
<b>TOTAL</b>				<b>1.924.144,00</b>
<b>INSTALACIONES TOTALES</b>	1812	<b>COSTO INSTALACION</b>	977.262,10	

*Tabla 5.22 Ingresos del segundo año.*

<b>AÑO 3</b>				
<b>DETALLE</b>	<b>CLIENTES</b>	<b>PRECIO</b>	<b>MENSUAL</b>	<b>ANUAL</b>
INSTALACIÓN RESIDENCIAL	2.174,00	50,00	108.700,00	108.700,00
INSTALACION CORPORATIVA	544,00	80,00	43.520,00	43.520,00
PLAN RESIDENCIAL	5.074,00	27,89	141.513,86	1.698.166,32
PLAN CORPORATIVO	1.268,00	44,69	56.666,92	680.003,04
<b>TOTAL</b>				<b>2.530.389,36</b>
<b>INSTALACIONES TOTALES</b>	2718	<b>COSTO INSTALACION</b>	1.465.893,15	

*Tabla 5.23 Ingresos del tercer año.*

<b>AÑO 4</b>				
<b>DETALLE</b>	<b>CLIENTES</b>	<b>PRECIO</b>	<b>MENSUAL</b>	<b>ANUAL</b>
INSTALACIÓN RESIDENCIAL	2537	50,00	126840,00	126840,00
INSTALACION CORPORATIVA	634	80,00	50736,00	50736,00
PLAN RESIDENCIAL	7610	27,89	212254,06	2547048,67
PLAN CORPORATIVO	1903	99,00	188357,40	2260288,80
<b>TOTAL</b>				<b>4.984.913,47</b>
<b>INSTALACIONES TOTALES</b>	3171	<b>COSTO INSTALACION</b>	1.710.208,67	

*Tabla 5.24 Ingresos del cuarto año.*

## 5.10. CÁLCULO DEL FLUJO DE EFECTIVO

Como se menciona en el inicio de este capítulo, para la obtención de los diferentes indicadores de factibilidad y rentabilidad económica es necesario elaborar el cálculo del flujo de efectivo del proyecto. Para la elaboración de este se tomo en cuenta todos los ingresos y egresos descritos en cada una de los puntos anteriores. La tabla 5.21 muestra el detalle del cálculo del flujo de efectivo

FLUJO DE CAJA PROYECTADO					
DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
INVERSION INICIAL	1.149.798,37				
CAPITAL DE TRABAJO	48.800,00				
<b>INGRESOS</b>					
INSTALACION RESIDENCIAL		72.500,00	72.500,00	108.700,00	126.840,00
INSTALACION CORPORATIVA		28.960,00	20.960,00	43.520,00	50.736,00
PLAN RESIDENCIAL		485.286,00	970.572,00	1.698.166,32	2.547.048,67
PLAN CORPORATIVO		430.056,00	860.112,00	680.003,04	2.260.288,80
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>1.016.802,00</b>	<b>1.924.144,00</b>	<b>2.530.389,36</b>	<b>4.984.913,47</b>
<b>EGRESOS</b>					
<b>EGRESOS POR EL SERVICIO</b>					
PAGO CARRIER		35.000,00	35.000,00	35.000,00	35.000,00
UNIDADES SUScriptorAS		0,00	977.262,10	1.465.893,15	1.710.208,67
PAGO FODETEL (1%)		10.168,02	19.241,44	25.303,89	49.849,13
<b>EGRESOS ADMINISTRATIVOS Y OPERATIVOS</b>					
SUELDOS		64.800,00	64.800,00	64.800,00	64.800,00
SERVICIOS BÁSICOS		1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
ARRIENDOS		2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00
SUMINISTROS OFICINA		300,00	300,00	300,00	300,00
IMPLEMENTOS ASEO Y LIMPIEZA		100,00	100,00	100,00	100,00

<b>FLUJO DE CAJA PROYECTADO</b>					
<b>DETALLE</b>	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>
COSTOS USO FRECUENCIAS		18.847,20	25.135,20	32.839,20	40.387,20
<b>TOTAL EGRESOS</b>		<b>132.215,22</b>	<b>1.099.703,54</b>	<b>1.594.397,04</b>	<b>1.863.257,81</b>
DEPRECIACIONES (-)		214.138,67	214.138,67	214.138,67	214.138,67
AMORTIZACIONES (-)		15.125,00	15.125,00	15.125,00	15.125,00
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>655.323,11</b>	<b>595.176,79</b>	<b>706.728,65</b>	<b>2.892.391,99</b>
PARTICIPACIÓN DE TRABAJADORES (15%)		98.298,47	89.276,52	106.009,30	433.858,80
IMPUESTO A LA RENTA (25%)		139.256,16	126.475,07	150.179,84	614.633,30
<b>UTILIDAD NETA</b>		<b>417.768,48</b>	<b>379.425,20</b>	<b>450.539,51</b>	<b>1.843.899,89</b>
DEPRECIACIONES (+)		214.138,67	214.138,67	214.138,67	214.138,67
AMORTIZACIONES (+)		15.125,00	15.125,00	15.125,00	15.125,00
<b>FLUJO NETO</b>	<b>(1.198.598,37)</b>	647.032,15	608.688,88	679.803,18	2.073.163,57
<b>TASA DE DESCUENTO</b>	18%				
<b>VALOR PRESENTE</b>	<b>(1.198.598,37)</b>	548.332,33	437.150,87	413.749,21	1.069.314,70
<b>VAN</b>	<b>1.269.948,75</b>				
<b>TIR</b>	<b>55,75%</b>				
<b>B/C</b>	<b>2,06</b>				
<b>PRI</b>	<b>1,91</b>				

*Tabla 5.25 Flujo de efectivo proyectado a cuatro años.*

## 5.11. ANÁLISIS DE VARIABLES FINANCIERAS

En bases a las ecuaciones descritas y el flujo de efectivo del punto anterior, se procedió al cálculo de las variables financieras cuyo resultado se muestra en la tabla 5.26

<b>VARIABLE FINANCIERA</b>	<b>VALOR</b>
<b>VAN</b> (Valor actual neto, USD)	<b>1.269.948,75</b>
<b>TIR</b> (Tasa interna de retorno)	<b>55,75%</b>
<b>B/C</b> ( Relación beneficio costo)	<b>2,06</b>
<b>PRI</b> (Período de recuperación de la inversión, años)	<b>1,91</b>

***Tabla 5.26 Indicadores de rentabilidad.***

Como se puede observar el presente proyecto cumple todas y cada una de las condiciones de rentabilidad y factibilidad económica establecidas en el punto 5.3.6 criterios de aceptación. Por lo que su implementación es recomendable financieramente.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES

En base al estudio, diseño y datos obtenidos en el desarrollo de los diferentes capítulos del presente proyecto se puede concluir lo siguiente:

- La tecnología de comunicación inalámbrica de banda ancha WiMAX permite el despliegue de enlaces de acceso y backhaul para proveer servicios de Internet de banda ancha, así como también pero se puede extender para brindar servicios de datos, voz y video de última generación.
- El exponencial crecimiento del interés y las necesidades por parte de los usuarios hacia los diferentes servicios de Internet de banda ancha y servicios de transporte de datos a alta velocidad, VoIP, IPTV, video conferencia, video bajo demanda, entre otros, ha propiciado un crecimiento de proveedores de servicios de telecomunicaciones (en especial con comunicación inalámbrica). Razón por la cual WiMAX es una alternativa muy adecuada para este sector de las telecomunicaciones ya que con facilidad se soporta anchos de banda mayores a 2Mbps.
- WiMAX al ser una solución de comunicación inalámbrica de banda ancha bajo la plataforma ALL-IP (todo IP) permitirá reducir notablemente los costos de operación, mantenimiento e interconexión con las diferentes redes actuales (Cabledas, WiFi, etc). De esta manera se incrementarán las zonas y poblaciones que podrán acceder a los diferentes servicios de Internet.

- Con el objetivo de cumplir con la demanda proyectada analizada en el Capítulo V se estableció las diferentes zonas de cobertura (Previsora, Azaya, Caranqui, La Florida) dentro del diseño de la presente Red de Backhaul y Acceso bajo la tecnología WiMAX.
- Con miras hacia una futura implementación y operación de la Red de Backhaul y Acceso; el diseño propuesto en este proyecto ha sido estructurado con el objetivo de ser de fácil entendimiento. Logrando así la posibilidad de una futura expansión mediante la adición de nuevas estaciones base en diferentes lugares de la ciudad, ampliando de esta manera el área de cobertura, el ancho de banda por usuario y el tipo de servicio.
- La implementación de un Proveedor de Servicio de Internet cableado tardan más tiempo en promedio para el despliegue de sus diferentes servicios, principalmente por el tiempo de instalación de la infraestructura física. Este repercute directamente en los tiempos de recuperación de la inversión inicial. Por otro lado mayoría de sistemas de comunicación inalámbricos pueden ser instalados y puestos en marcha en tiempos considerablemente menores.
- De forma general se considera que un proyecto de inversión es rentable cuando la Tasa Interna de Retorno es mayor a la tasa de descuento tomada como referencia. Al analizar el indicador TIR (57,44%) y la Tasa de descuento (18%) analizadas en el Capítulo V se puede concluir que el proyecto es rentable.



## 6.2. RECOMENDACIONES

Una vez desarrollado el presente proyecto de diseño y simulación con el uso de la tecnología WiMAX; y con el objetivo de un mejor entendimiento, aplicación y futura implementación del mismo, se recomienda.

- Se debería incrementar el interés en los estudiantes y profesionales por el estudio de sistemas de comunicación inalámbricos de nueva generación, ya que de esta forma se incrementarían nuevas alternativas de diseño que incrementarían indiscutiblemente el número de personas que acceden a los servicios de Internet.
- El plan de frecuencias que se presenta en el siguiente diseño proyecto es tentativo. Para la implementación del proyecto se realizará un análisis del espectro en cada sitio de las radio bases para determinar que banda de frecuencias existe una mejor relación señal y ruido SNR.
- La norma vigente de calidad del servicio de valor agregado de Internet de la resolución del Conatel del 2006 debe ser actualizada, ya que la mayoría de los indicadores de calidad vigentes no son aplicados para internet de banda ancha sino más bien enfocada hacia el acceso de internet por dial up.
- Los costos de los diferentes equipos e infraestructura tomados en cuenta son referenciales y tienen su tiempo de validez, por lo que en una futura implementación se debe considerar la posibilidad de realizar nuevas cotizaciones para reajustar los diferentes cálculos financieros.

## GLOSARIO

**AAA.-** Autenticación, Autorización y Contabilidad, por sus siglas en inglés

**ADSL.-** Línea de Abonado Digital Asimétrica. Consiste en una transmisión analógica de datos digitales apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional.

**ASWipLL:** Sistema inalámbrico Airspan basado en un bucle local IP.

**BER.-** Bit error rate.

**BSDU:** Unidad de distribución de la estación base.

**Carriers.-** Operadores de telecomunicaciones propietarios de las redes troncales de Internet y responsables del transporte de los datos

**CIR.-** Committed Information Rate

**CPE.-** Customer Provided Equipment

**DNS.-** Domain Name System. Sistema de nomenclatura jerárquica para computadoras, servicios o cualquier recurso conectado a Internet o a una red privada.

**ETSI.-** European Telecommunications Standards Institute. Organización dedicada a la estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa.

**EV-DO.-** Evolution Data Optimized o Evolution Data Only. Estándar de telecomunicaciones para la transmisión inalámbrica de datos a través de redes de telefonía celular.

**FEC (Forward Error Correction).-** Técnica utilizada por los receptores para corregir los errores producidos en las transmisiones, sin requerir que el transmisor realice retransmisiones de información. WiMAX utiliza la codificación convolucional y un sistema Reed-Solomon FEC.

**Firmware:** Bloque de instrucciones de máquina para propósitos específicos, grabado en una memoria de tipo de solo lectura.

**FTP.-** Protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados bajo una arquitectura cliente servidor.

**GSM.-** Global System for Mobile Communications. Es un sistema de comunicación global mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital

**Hackers.-** Persona con grandes conocimientos en seguridad informática.

**Handover.-** Consiste en la transición que se produce cuando pasamos del rango de acción de una célula al rango de acción de otra.

**Hotspots.-** Zona de cobertura Wi-Fi

**HSPA.-** (High-Speed Packet Access). Tecnología de acceso de alta velocidad

**ICM.-** Aplicaciones industriales, científicas y médicas de la energía radioeléctrica.

**INEC.-** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Resultados de Censo 2010 para Ibarra y Ecuador

**INI.-** Infraestructura Nacional de Información. Se define las Bandas INI como las bandas de frecuencia asignadas para la Operación de Sistemas de Modulación digital de Banda Ancha en la banda de 5 GHz a título secundario, con el fin primario de facilitar el acceso a las TICs.

**LMDS.-** Local Multipoint Distribution Service. Tecnología de conexión vía radio inalámbrica que permite el despliegue de servicios fijos de voz, acceso a Internet, comunicaciones de datos en redes privadas, y video bajo demanda.

**MAC.-** Dirección MAC (media access control; en español control de acceso al medio) es un identificador de 48 bits (3 bloques hexadecimales) que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red.

**Mesh.-** Topología de red en la que cada nodo está conectado a todos los nodos.

**MIMO.-** Multiple input multiple output; este es el caso en el que tanto transmisor como receptor poseen varias antenas.

**MIR.-** Max Sustained Traffic Rate

**MMDS.-** Multichannel Multipoint Distribution Service. Tecnología inalámbrica de telecomunicaciones, usada para el establecimiento de redes de banda ancha, por lo general como método alternativo para recepción de programación de televisión por cable.

**MPEG.-** Nombre de un grupo de estándares de codificación de audio y vídeo normalizados.

**NMS.-** Network Management System

**NORMA TÉCNICA DEL SERVICIO DE VALOR AGREGADO DE ACCESO A INTERNET:** Norma ecuatoriana que tiene por objeto regular los parámetros técnicos de los Permisos de Servicios de Valor Agregado de Acceso a Internet, para garantizar al usuario un nivel de calidad mínima satisfactoria en la prestación del servicio de Internet. RESOLUCIÓN - CONATEL-2006

**nrtPS.-** Non-Real-Time Polling Service

**OFDM.-** Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales. Su principio de funcionamiento es el de distribuir un dato sobre un largo número de portadores que son espaciados en precisas frecuencias. Este espaciado provee la ortogonalidad que permite al demodulador evitar frecuencias que no son las suyas.

**PCMCIA:** Personal Computer Memory Card International Association

**Permisionario.-** Persona natural o jurídica que se encuentra legalmente facultada por el Estado Ecuatoriano para brindar el servicio de valor agregado de internet, previa autorización del Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

**PoE:** Power over Ethernet

**POP3.-** Post Office Protocol. Usado para obtener los mensajes de correo electrónico almacenados en un servidor remoto. Es un protocolo de nivel de aplicación en el Modelo OSI.

**Principales Estadísticas del Sector.-** Información estadística oficial de Telefonía Fija, Telefonía Móvil (Servicio Móvil Avanzado), Acceso a la Internet, Servicios Portadores y Cibercafés .

**PyMES.-** Pequeñas y medianas empresas. Entidades independientes, con una alta predominancia en el mercado de comercio.

**Radio Mobile.-** Radio Mobile es un programa de simulación de radiopropagación gratuito

**RADIUS.-** Acrónimo en inglés de Remote Authentication Dial-In User Server. Es un protocolo de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a la red o movilidad IP.

**RDSI.-** Red Digital de Servicios Integrados. Es una red que procede de la evolución de la red telefónica tradicional, que al ofrecer conexiones digitales

de extremo a extremo permite la integración de multitud de servicios en un único acceso.

**Roaming.-** Capacidad de cambiar de un área de cobertura a otra sin interrupción en el servicio o pérdida en conectividad.

**SDA-4S:** Subscriber Data Adapters 4 slots.

**SMTP.-** Simple Mail Transfer Protocol. Protocolo de capa de aplicación basado en textos utilizados para el intercambio de mensajes de correo electrónico entre computadoras u otros dispositivos. Estándar oficial de Internet.

**SNMP:** Protocolo Simple de Administración de Red

**SOHO.-** Small Office Home Office. Oficina pequeña u oficina montada en casa. En general, podría considerarse con esta denominación a cualquier conformación de oficina o grupo de profesionales independientes con una capacidad de hasta 10 trabajadores.

**TCP/IP.-** Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet. Conjunto de protocolos de red en los que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre computadoras

**TDD.-** Time division duplex

**TDMA.-** Time division multiple access

**TNC.-** Conector cable coaxial tipo rosca para trabajo en frecuencias de hasta 11 GHz.

**Última milla.-** Tramo final de una línea de comunicación, ya sea cableada o inalámbrica, que da el servicio al usuario.

**UMTS.-** Universal Mobile Telecommunications System. Tecnología empleada por los móviles de tercera generación, sucesora de GSM

**Uplink.-** Enlace ascendente.

**VLAN.-** Virtual Local Área Network.

**WISP.-** Wireless Internet Service Provider

**WLAN.-** Wireless Local Area Network. Definido como un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible utilizado como alternativa a una red LAN cableada

**WLL.-** Wireless Local Loop. Bucle local inalámbrico que usa enlaces de comunicaciones inalámbricas para ofrecer servicios de telefonía e Internet de banda ancha

**WMAN.-** Wireless Metropolitan Area Network. Sistema de comunicación inalámbrico que abarca zonas geográficas distantes (decenas de kilómetros)

**WWAN.-** Wireless Wide Area Network. Red inalámbrica que por lo general hace uso de tecnologías de red celular de comunicaciones móviles.

**X.25.-** Es un protocolo utilizado únicamente entre el equipo terminal de datos (DTE) y la Red.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Team, Limehouse Book Sprint. *Redes Inalámbricas en Países en Desarrollo*. Segunda edición. Creative Commons, 2007.
- [2] Pellejero Izaskun, Andreu Fernando, Lesta Amaia. *Fundamentos y aplicaciones de seguridad en redes WLAN*. Primera edición. Marcombo, 2006.
- [3] Andrew, Tanenbaum. *Redes de Computadoras*. Cuarta edición. México: Prentice Hall Inc., 2003.
- [4] Huidrobo José, Blanco Antonio, Jordán J. *Administración de Sistemas Informáticos*. Segunda Edición. Thomson Ediciones, 2008.
- [5] Reid N., Seide R. *Manual de Redes Inalámbricas*. México: McGraw-Hill, 2004.
- [6] María, Cabrera. *Evolución tecnológica y cibermedios*. Primera edición. España: Ediciones y Publicaciones Comunicación Social , 2010.
- [7] David, Muñoz. *Sistemas Inalámbricos de Comunicación Personal*. Primera edición . México: Editores Marcombo, 2002.
- [8] *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Cuarta edición. México: Editorial Pearson Education S.A., 2003.
- [9] Lloret Jaime, García Miguel, Boronat Fernando. *IPTV La televisión por Internet*. Primera edición. España: Editorial Vértice, 2008.
- [10] Group, Netkrom. *Netkrom Group*. <http://www.netkrom.com/es/> (último acceso: Febrero de 2010).
- [11] Jamrich June, Oja Dan. *Conceptos de Computación*. Décima edición. Editado por CENGAGE Learning Editores. México, 2008.

- [12] Walke Bernhard, Mangold Stefan, Berlemann Lars. *IEEE 802 Wireless Systems*. Primera edición. Inglaterra, 2006.
- [13] Technologies, Diseño y Hosting Innova. *RadioComunicaciones.Net*. <http://www.radiocomunicaciones.net/manuales-radio.html> (último acceso: Marzo de 2010).
- [14] Chong David, Mark Jon. *Wireless Broadband Networks*. Primera edición. Editado por Jhon Wiley & sons Inc. New Jersey- USA, 2009.
- [15] *Metrologic México*.  
[http://www.metrologicmexico.com/contenido1/informacion\\_tecnica/estandares\\_inalambricos.php](http://www.metrologicmexico.com/contenido1/informacion_tecnica/estandares_inalambricos.php) (último acceso: Mayo de 2010).
- [16] Deepak, Pareek. *A to Z of WiMAX The Complete Reference*. Editorial Resource4Business, 2005.
- [17] Coleman David, Westcott David. *CWNA Study Guide*. Indiana - USA: Wiley Publishing Inc., 2006.
- [18] kioskea.net. *kioskea.net*.  
<http://es.kioskea.net/contents/wireless/wman.php3> (último acceso: Junio de 2010).
- [19] Clint, Smith. *LMDS*. USA: Editorial McGraw-Hill, 2000.
- [20] Maier Martin, Ghazisaidi Navid. *FiWi Networks*. New York - USA: Cambridge University Press, 2010.
- [21] *Sistema Global para Comunicaciones Móviles*.  
<http://bc.inter.edu/facultad/cgonzalezr/ELEN4618/GSM.pdf> (último acceso: Julio de 2010).
- [22] Technology, Usha Communications. *MobileIN.com*.  
<http://www.mobilein.com/GPRS.pdf> (último acceso: Julio de 2010).



- [23] kioskea.net. *Introducción al estándar GPRS* .  
<http://es.kioskea.net/contents/telephonie-mobile/gprs.php3> (último acceso: Julio de 2010).
- [24] Walke B., Seindenberg P., Althoff M. *UMTS The Fundamentals*. Primera edición. Alemania: Editorial Jhon Wile Sons Ltda., 2003.
- [25] *WiMAX Technology for Broadband Wireless Access*. Primera edición. Inglaterra: Editorial Jhon Wiley & Sons Ltd., 2007.
- [26] Forum, WiMAX. *WiMAX Forum*. <http://wimaxforum.org/> (último acceso: Agosto de 2010).
- [27] *Understanding Wi-Fi and WiMAX* .  
<http://www.rclient.com/PDFs/IntelPaper.pdf> (último acceso: Agosto de 2010).
- [28] Forum, WiMAX. *WiMAX Forum*.  
<http://www.wimaxforum.org/resources/monthly-industry-report> (último acceso: Agosto de 2010).
- [29] *WiMAX*. <http://nomadenet.bligoo.com/content/view/210103/WiMAX.html> (último acceso: Agosto de 2010).
- [30] *WiMAX Security and Quality of Service*. Primera edición. Inglaterra: Editorial Jhon Wiley & Sons Ltd., 2010.
- [31] *IEEE 802.16*. [en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.16](http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.16) (último acceso: Enero de 2011).
- [32] *WiMAX*. <http://www.wificlub.org/tag/wimax> (último acceso: Septiembre de 2010).
- [33] SUPERTEL. *PAGINA OFICIAL SUPERTEL*. [www.supertel.gob.ec](http://www.supertel.gob.ec) (último acceso: Noviembre de 2011).

- [34] Telecomunicaciones, Consejo Nacional de. «Reglamento para la Prestación de Servicios de Valor Agregado.» [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec) (último acceso: Noviembre de 2011).
- [35] Telecomunicaciones, Consejo Nacional de. «NORMA TÉCNICA DEL SERVICIO DE VALOR AGREGADO DE ACCESO A INTERNET.» [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec) (último acceso: Noviembre de 2011).
- [36] Telecomunicaciones, Consejo Nacional de. «NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA.» [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec) (último acceso: Noviembre de 2011).
- [37] Telecomunicaciones, Consejo Nacional de. «REGLAMENTO DE DERECHOS POR CONCESIÓN Y TARIFAS POR USO DE FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.» [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec) (último acceso: Noviembre de 2011).
- [38] Padilla, Marcial Córdoba. *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Vigésima. Bogotá : ECOEDICIONES, 2006.
- [39] Telecomunicaciones, Corporación Nacional de. *Tarifas Internet Fastboy*. <http://www.cnt.gob.ec> (último acceso: Diciembre de 2011).
- [40] Telecomunicaciones, Corporación Nacional de. *Tarifas Banda Ancha PYMES*. <http://www.cnt.gob.ec> (último acceso: Diciembre de 2011).
- [41] SUPERTEL. *Principales Estadísticas del Sector*. [www.supertel.gob.ec](http://www.supertel.gob.ec) (último acceso: Diciembre de 2011).
- [42] INEC. *Resultados Censo 2010*. <http://www.inec.gov.ec/cpv> (último acceso: Diciembre de 2011).

## ANEXO A

### PARÁMETROS CARÁCTERÍSTICOS ANTENAS

En este anexo se describen con mayor detalle los parámetros que caracterizan a las antenas.

#### ANCHO DE BANDA

Llamado así al margen de frecuencias en el cual la antena cumple ciertas características determinadas en base a sus parámetros. Puede definirse un ancho de banda de impedancia, de polarización, de ganancia o de algún otro tipo de parámetro.

#### DIRECTIVIDAD

Es definida como la relación entre la intensidad de radiación de una antena en la dirección del máximo y la intensidad de radiación de una antena isotrópica que radia con la misma potencia total:

$$D = \frac{U(max)}{U(iso)} \quad \text{Ec. A.1}$$

Donde:

$D$ : Directividad de la Antena.

$U(max)$ : Intensidad de Radiación Máxima.

$U(iso)$ : Intensidad de Radiación de una Antena Isotrópica.

Por lo general la Directividad de una antena es adimensional y se suele expresar en unidades logarítmicas (dBi) como:

$$D = 10 * \log \frac{U(max)}{U(iso)} [dBi] \quad \text{Ec. A.2}$$

Donde:

D: Directividad de la Antena.

$U(max)$ : Intensidad de Radiación Máxima.

$U(iso)$ : Intensidad de Radiación de una Antena Isotrópica.

## **GANANCIA**

Es definida como un aumento de energía que una antena proporciona a una señal RF, generalmente su unidad es el dBi, pero depende del punto de referencia elegido.

## **EFICIENCIA**

Es definida como la razón entre la potencia radiada y la potencia que es entregada a la antena. Otra forma de definirla es la relación entre ganancia y directividad.

$$E = \frac{P_r}{P_{in}} = \frac{G}{D} \quad \text{Ec. A.3}$$

Donde:

E: Eficiencia de la Antena.

$P_r$ : Potencia Radiada.

$P_{in}$ : Potencia Entrada.

G: Ganancia.

D: Directividad.

El parámetro E (eficiencia) es adimensional.

**ANCHO DE HAZ**

Es definido como el intervalo angular entre la dirección de máxima radiación de potencia y la dirección en que el máximo disminuye a la mitad de su valor (-3dB).

**POLARIZACIÓN**

Es definida como la orientación física del elemento de la Antena que hace la función de emitir la energía RF.

## ANEXO B

### CÁLCULO DE TARIFAS POR USO DE FRECUENCIAS

#### CÁLCULO DE TARIFAS EN SERVICIO FIJO Y MÓVIL (MULTIACCESO)

##### Tarifa A

Para el cálculo de la tarifa por uso de frecuencias por cada Estación de Base del Servicio Móvil (Multiacceso) o por cada Estación Central Fija del Servicio Fijo punto-multipunto (Multiacceso) se empleará la siguiente ecuación:

$$T(USD) = K_a * \alpha_4 * \beta_4 * A * (D)^2 \quad \text{Ec. B.1}$$

Donde:

$T(USD)$  : Tarifa mensual en dólares americanos.

$K_a$ : Factor de ajuste por inflación. (Para este caso será 1).

$\alpha_4$ : Coeficiente de valoración del espectro para el Servicio Fijo y Móvil Multiacceso (Para este caso es 0,0781436, frecuencias 2690 MHz a 6 GHz).

$\beta_4$ : Coeficiente de corrección para la tarifa por Estación de Base o Estación Central Fija.

$A$ : Anchura de banda del bloque de frecuencias en MHz concesionado en transmisión y recepción.

$D$ : Radio de cobertura de la Estación de Base o Estación Central Fija, en Km (Para este caso es 8 Km).

El radio de cobertura o alcance de la Estación de Base o Estación Central Fija, así como el coeficiente de valoración del espectro para el Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso), se detalla en la Tabla 1, Anexo 4, según la banda de frecuencias autorizada para los servicios especificados en el Reglamento De Derechos Por Concesión Y Tarifas Por Uso De Frecuencias Del Espectro Radioeléctrico

Para el caso de sistemas fijo punto-multipunto (Multiacceso), que utilizan técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha, se considerará como anchura de banda, la correspondiente a la sub-banda asignada por el CONATEL para la operación de estos sistemas, de acuerdo con el pedido de registro.

### Tarifa C

Para el cálculo del Componente de la Tarifa por Estaciones de Abonado móviles y fijas dentro del Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso), se empleará la siguiente ecuación:

$$T(USD) = K_a * \alpha_5 * F_d \quad \text{Ec. B.2.}$$

Donde:

$T(USD)$  : Tarifa mensual en dólares americanos por cada estación de abonado móvil y fija activada en el sistema.

$K_a$ : Factor de ajuste por inflación. (Para este caso será 1)

$\alpha_5$ : Coeficiente de valoración del espectro para el Servicio Fijo y Móvil Multiacceso por estación de abonado móvil o fijo (Para este caso es 1, frecuencias 2690 MHz a 6 GHz).

$F_d$ : Factor de Capacidad de acuerdo al detalle siguiente para sistemas FWA (WLL).

Tramo	Factor de Capacidad( $F_d$ )
1500<N<=2000	532
2000<N<=2500	663
2500<N<=3000	794
3000<N<=3500	925
3500<N<=4000	1056
4000<N<=4500	1187
4500<N<=5000	1318
5000<N<=6000	1489
6000<N<=7000	1698
7000<N<=8000	1908
8000<N<=9000	2118
9000<N<=10000	2327

**Tabla B.1. Factor de Capacidad para Sistemas WLL**

El cálculo del componente de la tarifa por Estaciones Radioeléctricas de Abonado Móviles y Fijas se realizará por cada banda de frecuencias otorgada en el título habilitante, en forma independiente. El valor total de este componente será la suma de las tarifas individuales que resulten por cada banda de frecuencia asignada al concesionario.

Además los concesionarios del Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso), deberán informar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, dentro de los cinco primeros días hábiles de cada mes, el número total de estaciones (Estaciones de Base, Estaciones Centrales Fijas, Estaciones de Abonado móviles y Estaciones de Abonado fijas) activadas en el sistema en su zona de concesión, por banda de frecuencia, hasta el último día del mes inmediatamente anterior a la presentación.

### **CÁLCULO DE TARIFAS EN SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (PUNTO A PUNTO)**

Para el cálculo de la tarifa mensual por uso del espectro radioeléctrico en este tipo de sistemas se empleará la siguiente ecuación:

$$T(USD) = K_a * \alpha_6 * \beta_6 * B * NTE \quad \text{Ec. B.3.}$$

Donde:

$T(USD)$  : Tarifa mensual en dólares americanos.

$K_a$ : Factor de ajuste por inflación. (Para este caso será 1)

$\alpha_6$ : Coeficiente de valoración del espectro para Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (Para este caso es 0,533333)

$\beta_6$ : Coeficiente de corrección para los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha

$B$ : Constante de servicio para los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha. (Para este caso es 12)

$NTE$ : Es el número total de Estaciones Fijas, de Base, Móviles y Estaciones Receptoras de Triangulación, de acuerdo al sistema (Para este caso es 7).



## ANEXO C

### PARÁMETROS RADIOENLACES<sup>77</sup>

En este anexo se describen los diferentes factores y parámetros que se deben evaluar al momento del diseño de un radioenlace. Esta evaluación brindará una estimación de la confiabilidad del radioenlace evaluado.

#### MARGEN DE UMBRAL DEL SISTEMA

Este parámetro representa la diferencia entre la potencia de umbral del receptor y la potencia umbral del sistema, ya que es una medida que estima la confiabilidad del sistema incorporando varios parámetros de interés en el diseño de enlaces. En otras palabras, representa la pérdida neta de un sistema de radio.

$$P_u = P_{TX} - A_{WGTtotal} - A_{BTotal} + G_{TX} - A_O + G_{RX} \quad \text{Ec. B.1}$$

$$M_U = P_{RX} - P_U \geq FM \quad \text{Ec. B.2}$$

Donde:

$P_u$ : Ganancia del sistema (dB).

$P_{TX}$ : Potencia de salida del transmisor (dBm).

$A_{WG}$ : Pérdida en el alimentador de guías de onda (dB) entre la red de distribución y la antena respectiva

$A_B$ : Pérdidas total de acoplamiento o ramificación (dB).

$G_{TX}$ : Ganancia de la antena transmisora (dB) relativa a un radiador isotrópico.

$A_O$ : Pérdida de trayectoria de espacio libre entre antenas (dB).

$G_{RX}$ : Ganancia de la antena receptora (dB) relativa a un radiador isotrópico.

---

<sup>77</sup> Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Propagación de las Ondas de Radio, Tomasi Wayne, 1996

$M_U$ : Margen umbral del sistema

$P_{RX}$ : Potencia mínima de entrada del receptor para un objetivo de calidad determinado (dBm).

$FM$ : Margen de desvanecimiento para un determinado objetivo de confiabilidad.

### MARGEN DE DESVANECIMIENTO

Este factor se constituye ya que influye en las condiciones atmosféricas al considerar ciertas características no ideales y de la propagación de ondas, así como también, la sensibilidad de la superficie rocosa

$$F_m (dB) = 30 \times \log D + 10 \times \log (6 \times A \times B \times F) - 10 \times \log (1 - R) - 70$$

Ec. B.3

Donde:

$F_m$ : Margen de desvanecimiento

$30 \times \log D$ : Efecto de múltiples trayectorias.

$10 \times \log (6 \times A \times B \times F)$ : Sensibilidad a superficie rocosa.

$10 \times \log (1 - R)$ : Objetivos de confiabilidad.

$D$ : Distancia (Km.).

$F$ : Frecuencia (GHz).

$R$ : Confiabilidad expresada como decimal

$(1 - R)$ : Objetivo de confiabilidad para una trayectoria.

$A$ : Factor de Rugosidad de Terreno.

$B$ : Factor de Análisis climático anual.

En las tablas B.1 y B.2, podemos observar los valores típicos para el Factor de Rigurosidad de Terreno (A) y para el Factor de Análisis Climático Anual (B) respectivamente

VALOR FACTOR	TERRENO
4,00	Espejos de agua, ríos muy anchos, etc.
3,00	Sembrados densos; pastizales; arenales
2,00	Bosques (la propagación va por encima)
1,00	Terreno normal
0,25	Terreno rocoso (muy) desparejo

**Tabla C.1. Factor de Rigurosidad de Terreno.**

VALOR FACTOR	ÁREA
1,000	Área marina o condiciones de peor mes
0,500	Prevalen áreas calientes y húmedas
0,250	Áreas mediterráneas de clima normal
0,125	Áreas montañosas de clima seco y fresco

**Tabla C.2. Factor de Análisis Climático Anual.**

## **PÉRDIDA DE TRAYECTORIA DE ESPACIO LIBRE**

Es la pérdida ocasionada por una onda electromagnética a medida que se propaga por una línea recta a través de un vacío sin ninguna absorción o reflexión de energía de los objetos cercanos. La ecuación de la pérdida de espacio libre es la siguiente:

$$A_0(dB) = 92.4 + 20 \log f (GHz) + 20 \log D(Km) \quad \text{Ec. B.4}$$

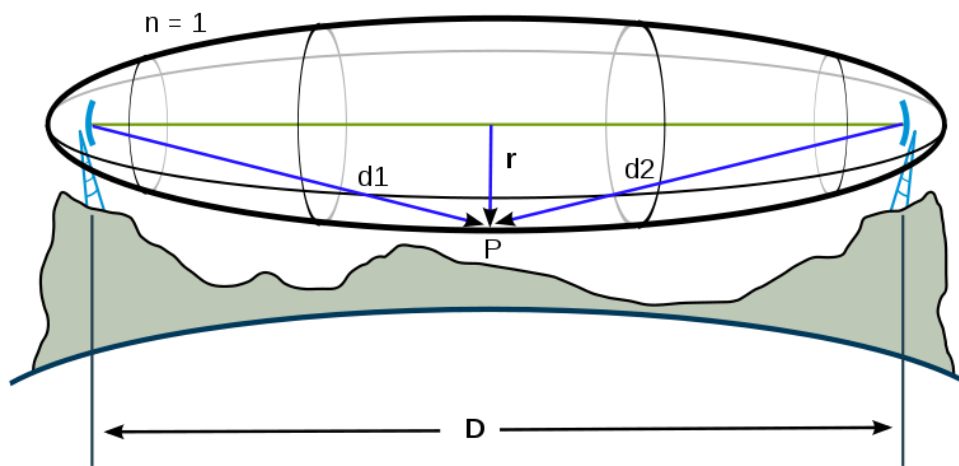
## **PERDIDAS EN CABLES Y CONECTORES**

Los cables y conectores son partes fundamentales de un sistema de comunicación de radiofrecuencia. Estos componentes no son conductores perfectos de la señal, y es ahí donde radica la pérdida que causan en la potencia de la señal que transmiten. Estas pérdidas van asociadas con el tipo, grosor y frecuencia a la que van a operar y por lo general se miden en dB/m. El valor típico se encuentra entre 0,1 y 1 dB/m. Como nota y regla adicional se puede mencionar que un cable que va a operar en 5.8 GHz produce el doble de pérdida que uno a 2.4 GHz.

## ANEXO D

### ZONA DE FRESNEL<sup>78</sup>

Las ondas de radio que viajan entre el transmisor y el receptor no viajan en línea recta, sino que debido a la dispersión que se produce en el medio (en este caso el aire), la propagación de éstas se realiza en una zona elíptica encima y debajo de la línea recta RF que forman los dos puntos de interconexión. Esta área o forma de propagación elíptica se denomina Zona de Fresnel, la cual la podemos apreciar en la siguiente figura:



**Figura D.1. Zona de Fresnel**

*Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/Zona\\_de\\_Fresnel](https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_de_Fresnel)*

Donde:

**D:** es la distancia entre el emisor y el receptor;

**r:** es el radio de la zona Fresnel.

**n:** Número de zona de Fresnel, en este caso zona 1.

Debido a esta forma de propagación de las ondas electromagnéticas, cualquier obstáculo puede deteriorar la calidad de la comunicación. Por lo general, se debe mantener como mínimo un 40% de despeje de la primera zona de Fresnel para garantizar la conectividad del enlace. Para el caso de comunicaciones se debe tomar en cuenta la curvatura de la tierra (factor K)

<sup>78</sup> **ZONA DE FRESNEL.**- [es.wikipedia.org/wiki/Zona\\_de\\_Fresnel](https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_de_Fresnel)

considerando que para un  $K=4/3$  la primera zona de fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con  $K=2/3$  se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel.

Para poder establecer las zonas de Fresnel, se debe determinar la línea de vista RF (simplemente la línea recta que une los dos puntos), y aplicar la fórmula genérica de cálculo de Zonas de Fresnel:

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

Donde:

$r_n$ : radio de la enésima zona de Fresnel en metros ( $n=1,2,3\dots$ ).

$d_1$ : distancia desde el transmisor al objeto en metros.

$d_2$ : distancia desde el objeto al receptor en metros.

$\lambda$  : longitud de onda de la señal transmitida en metros.

## ANEXO E

### UBICACIÓN GEOGRÁFICA INSTITUCIONES EDUCATIVAS PELILEO

En este anexo se detalla la ubicación geográfica de las diferentes Instituciones Educativas y Juntas parroquiales que son provistas de Servicios de Internet por el Proyecto Pelileo Digital con el uso de la tecnología WiMAX.

N°	PARROQUIA	INSTITUCION	COORDENADAS GEOGRÁFICAS									
			S	°	'	"	W	°	'	"		
1	BENITEZ (PACHANLICA)	MARIANO BENITEZ	S	1	20	25.1	"	W	78	35	12.7	"
2	BENITEZ (PACHANLICA)	ARDILLAS	S	1	20	20.8	"	W	78	35	8.8	"
3	BOLIVAR	ESC. ABDON CALDERON	S	1	22	52.0	"	W	78	32	32.6	"
4	BOLIVAR	ESC. ANTONIO CLAVIJO	S	1	22	21.3	"	W	78	32	3.1	"
5	BOLIVAR	ALBERTO GOMEZ	S	1	23	21.8	"	W	78	32	46.1	"
6	COTALO	IGNACIO MARTINEZ	S	1	25	49.0	"	W	78	30	42.1	"
7	COTALO	COLEGIO POPULAR COTALO	S	1	25	49.0	"	W	78	30	42.1	"
8	COTALO	LOS JILGUERITOS	S	1	25	49.0	"	W	78	30	42.1	"
9	COTALO	PADRE SEG. BILBAO	S	1	26	47.9	"	W	78	30	46.0	"
10	COTALO	ORIENTE	S	1	27	17.0	"	W	78	31	4.5	"
11	COTALO	REP. DE URUGUAY	S	1	24	25.3	"	W	78	29	50.3	"
12	CHIQUICHA	DR. BENINGO MALO	S	1	23	15.0	"	W	78	31	48.7	"
13	CHIQUICHA	CUMANDA	S	1	15	7.3	"	W	78	31	27.6	"
14	CHIQUICHA	TIWINTZA	S	1	23	25.	"	W	78	31	57	"
15	EL ROSARIO (RUMICHACA)	EUGENIO ESPEJO	S	1	17	41.4	"	W	78	33	59.8	"
16	EL ROSARIO (RUMICHACA)	ESC. ATAHUALPA	S	1	16	37.6	"	W	78	32	45.8	"
17	EL ROSARIO (RUMICHACA)	DR. JAIME ROLDOS AGUILAR	S	1	16	6.8	"	W	78	33	23.1	"
18	EL ROSARIO (RUMICHACA)	JUAN LEON MERA	S	1	16	51.4	"	W	78	34	2.5	"
19	EL ROSARIO (RUMICHACA)	LOS TRIGALES	S	1	16	37.6	"	W	78	32	45.8	"
20	EL ROSARIO (RUMICHACA)	LOS CONDORES	S	1	17	41.9	"	W	78	33	57.4	"
21	GARCIA MORENO (CHUMAQUI)	MIGUEL DE CERVANTES	S	1	19	16.3	"	W	78	32	38.8	"
22	GARCIA MORENO (CHUMAQUI)	ISIDRO AYORA	S	1	16	43.3	"	W	78	31	33.6	"
23	GARCIA MORENO (CHUMAQUI)	BOLIVIA	S	1	17	44.9	"	W	78	31	57.3	"
24	GARCIA MORENO (CHUMAQUI)	MUNICIPIO-BODEGA MUNICIPAL	S	1	19	14"			78	32	35	"
25	GUAMBALO (HUAMBALO)	HUAMBALO	S	1	23	7.1	"	W	78	31	1.8	"
26	GUAMBALO (HUAMBALO)	SIMON BOLIVAR	S	1	23	21.4	"	W	78	31	55.6	"
27	GUAMBALO (HUAMBALO)	12 DE OCT.	S	1	23	14.5	"	W	78	31	48.3	"
28	GUAMBALO (HUAMBALO)	CAMILO SEGOVIA	S	1	23	51.9	"	W	78	32	26.3	"
29	GUAMBALO (HUAMBALO)	PRIMERA IMPRENTA	S	1	23	30.8	"	W	78	31	9.2	"
30	GUAMBALO (HUAMBALO)	4 DE FEBRERO	S	1	24	0.0	"	W	78	31	36.1	"
31	GUAMBALO (HUAMBALO)	MARIANA DE JESUS	S	1	22	51.0	"	W	78	31	38.6	"
32	GUAMBALO (HUAMBALO)	RAYITOS DE LUZ	S	1	23	13.5	"	W	78	31	47.0	"
33	GUAMBALO (HUAMBALO)	NUEVO AMANECER	S	1	21	18.7	"	W	78	32	12.2	"

N°	PARROQUIA	INSTITUCION	COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
34	PELILEO	INSTITUTO PELILEO	S	1 ° 19 ´ 25.2 "	W	78 ° 32 ´ 13.8 "
35	PELILEO	DOMINGO F. SARMIENTO	S	1 ° 19 ´ 36.0 "	W	78 ° 32 ´ 43.4 "
36	PELILEO	ESC. GABRIELA MISTRAL	S	1 ° 19 ´ 40.0 "	W	78 ° 32 ´ 36.7 "
37	PELILEO	MONS. VICENTE CISNEROS	S	1 ° 19 ´ 38.8 "	W	78 ° 32 ´ 52.2 "
38	PELILEO	COLEGIO MARIANO BENITEZ	S	1 ° 19 ´ 54.6 "	W	78 ° 32 ´ 37.2 "
39	PELILEO	LICEO. JOAQUIN ARIAS	S	1 ° 19 ´ 55.5 "	W	78 ° 32 ´ 29.6 "
40	PELILEO	JUANA DE ABARBOUROU	S	1 ° 19 ´ 50.2 "	W	78 ° 32 ´ 26.2 "
41	PELILEO	REP. DE ARGENTINA	S	1 ° 21 ´ 52.5 "	W	78 ° 30 ´ 36.7 "
42	PELILEO	PELILEO INMORTAL	S	1 ° 19 ´ 50.8 "	W	78 ° 32 ´ 26.4 "
43	PELILEO	UNIDAD EDUCATIVA TUNGURAHUA	S	1 ° 19 ´ 38 "	W	78 ° 32 ´ 05 "
44	PELILEO	INSTITUTO IGNACIO ORDOÑEZ	S	1 ° 19 ´ 56 "	W	78 ° 32 ´ 45 "
45	<b>PELILEO</b>	<b>PALACIO MUNICIPAL</b>	<b>S</b>	<b>1 ° 19 ´ 35.8 "</b>	<b>W</b>	<b>78 ° 32 ´ 34.6 "</b>
46	PELILEO - INAPI	GNRL. J. JERVASIO ARTIGAS	S	1 ° 20 ´ 22.9 "	W	78 ° 31 ´ 12.8 "
47	PELILEO - LA CLEMENTINA	LA CLEMENTINA	S	1 ° 17 ´ 13.8 "	W	78 ° 30 ´ 52.8 "
48	PELILEO GRANDE	NACIONES UNIDAS	S	1 ° 19 ´ 52.2 "	W	78 ° 31 ´ 46.7 "
49	PELILEO GRANDE	MUNICIPIO-CAMAL MUNICIPAL	S	1° 19' 42"	W	78° 32' 31"
50	PELILEO GRANDE	MUNICIPIO-COMPLEJO LA MOYA	S	1° 19' 48"	W	78° 32' 44"
51	PELILEO- HUASIMPAMBA	HUASIMPAMBA	S	1 ° 21 ´ 35.8 "	W	78 ° 31 ´ 36.0 "
52	PELILEO-ARTEZON	AGUSTIN CONSTANTE	S	1 ° 20 ´ 50.5 "	W	78 ° 30 ´ 37.3 "
53	PELILEO-CHAUPI	COSMOPOLITA	S	1 ° 21 ´ 41.2 "	W	78 ° 30 ´ 13.8 "
54	PELILEO-EL PINGUE	MARIA LARRAIN	S	1 ° 22 ´ 59.8 "	W	78 ° 30 ´ 1.8 "
55	PELILEO-GAMBOA	ANA MARIA SAMANIEGO	S	1 ° 20 ´ 26.8 "	W	78 ° 30 ´ 48.8 "
56	PELILEO-GUADALUPE	LAGO AGRIO	S	1 ° 22 ´ 38.5 "	W	78 ° 30 ´ 8.6 "
57	PELILEO-GUANTUGSUMO	DR. MENTOR MERA	S	1 ° 20 ´ 26.0 "	W	78 ° 33 ´ 39.5 "
58	PELILEO-HUASIMPAMBA	FRAY VICENTE SOLANO	S	1 ° 21 ´ 44.5 "	W	78 ° 31 ´ 51.6 "
59	PELILEO-LA PAZ	JULIO CESAR SANCHEZ	S	1 ° 20 ´ 29.7 "	W	78 ° 32 ´ 5.9 "
60	PELILEO-LADRILLO	DARIO GUEVARRA	S	1 ° 20 ´ 57.6 "	W	78 ° 33 ´ 18.9 "
61	PELILEO-QUINCHIBANA ALTO	MEDARDO ANGEL SILVA	S	1 ° 21 ´ 28.8 "	W	78 ° 32 ´ 17.1 "
62	PELILEO-QUINCHIBANA BAJO	JUAN M VASCONES	S	1 ° 21 ´ 18.7 "	W	78 ° 32 ´ 12.2 "
63	PELILEO-SALATE	JUAN MANTILLA	S	1 ° 17 ´ 23.7 "	W	78 ° 31 ´ 16.1 "
64	PELILEO-TELIGOTE	MIGUEL VALVERDE	S	1 ° 21 ´ 6.7 "	W	78 ° 33 ´ 56.4 "
65	PELILEO-TELIGOTE	4 DE OCT.	S	1 ° 21 ´ 14.8 "	W	78 ° 34 ´ 24.8 "
66	PELILEO-YATAQUI	HERMANO MIGUEL	S	1 ° 19 ´ 24.7 "	W	78 ° 31 ´ 35.5 "
67	SALASACA	COL. TEC. LOS SALASACAS	S	1 ° 19 ´ 14.0 "	W	78 ° 34 ´ 39.7 "
68	SALASACA	FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS	S	1 ° 19 ´ 13.9 "	W	78 ° 34 ´ 38.0 "
69	SALASACA	MANZANAPAMBA	S	1 ° 18 ´ 48.3 "	W	78 ° 34 ´ 18.8 "
70	SALASACA	24 DE JULIO	S	1 ° 18 ´ 44.2 "	W	78 ° 34 ´ 56.3 "
71	SALASACA	DAMAS DEL CLUB DE LEONES	S	1 ° 20 ´ 37.0 "	W	78 ° 34 ´ 12.7 "
72	SALASACA	SAN BUENA VENTURA	S	1 ° 20 ´ 6.4 "	W	78 ° 34 ´ 51.7 "
73	SALASACA	INTIÑAN	S	1 ° 19 ´ 23.5 "	W	78 ° 34 ´ 6.0 "
74	SALASACA	REP. DEL ECUADOR	S	1 ° 19 ´ 22.2 "	W	78 ° 35 ´ 9.4 "
75	SALASACA	SERGIO NUÑEZ	S	1 ° 18 ´ 48.3 "	W	78 ° 34 ´ 18.8 "

**Tabla E.1. Ubicación geográfica de las estaciones suscriptoras**

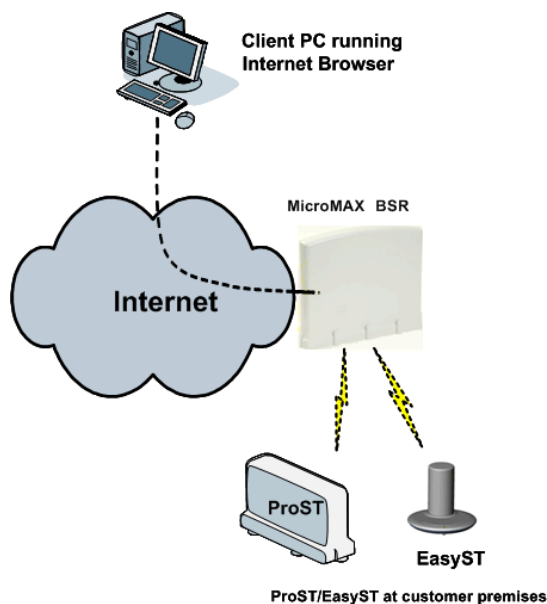
## ANEXO F

### SERVIDOR WEB EQUIPOS AIRSPAN<sup>79</sup>

#### DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Airspan proporciona una herramienta de interfaz de usuario web para la gestión de la Estación Base MicroMAX (WBM, por sus siglas en inglés). Esta herramienta Web se utiliza para visualizar varias unidades Base MicroMAX, ajustes de configuración básicas y avanzadas.

La herramienta de administración Web puede ser accedida de forma remota utilizando cualquier navegador Web estándar (por ejemplo, Microsoft Internet Explorer), desde cualquier parte del mundo, siempre y cuando la Estación Base MicroMAX se encuentre encendida y conectada a Internet, así como también, se encuentre con los permisos necesarios de acceso (a través de diferentes cortafuegos).



**Figura F.1. Arquitectura Interfaz Web**

**Fuente:** *MicroMAX\_Web-based\_Management\_User\_Guide-Rev\_J*

<sup>79</sup> **SERVIDOR WEB EQUIPOS AIRSPAN.-** Traducido de la guía de usuario MicroMAX\_Web-based\_Management\_User\_Guide-Rev\_J páginas 10 a la 15.



La herramienta de administración Web se basa en una arquitectura cliente servidor, esto se debe a que la estación base MicroMAX contiene un software de servidor web incorporado (servidor HTTP) en su memoria flash. Cualquier navegador de Internet puede acceder a este servidor utilizando la dirección IP del servidor, que es la Dirección IP de la BSR MicroMAX.

El Navegador Web se comunica con el Servidor Web incorporado de la estación base MicroMAX mediante el protocolo TCP/IP. El Navegador Web envía peticiones HTTP al servidor, a lo que este responde con el envío de páginas HTML, dotando de esta forma de una interfaz de usuario en el navegador Web del cliente.

### **VENTAJAS PRINCIPALES**

La Gestión Web de Airspan ofrece las siguientes opciones de configuración:

- Método Gestión fácil de usar para el usuario final.
- Multiplataforma; exploradores Web admiten la mayoría de los sistemas operativos (por ejemplo, Windows, UNIX, Linux, Mac).
- Los operadores pueden configurar y supervisar la base MicroMAX ya sea a través de:
  - SNMP - con Netspan - para la configuración completa.
  - WEB - utilizando un navegador Web estándar.
- La gestión WEB de la base MicroMAX de incluye lo siguiente:
  - Ajuste o vigilancia de parámetros de la estación base, tales como: BS ID, canal, dirección IP y contraseñas para la gestión SNMP.
  - Ingreso de las tablas LAN de la base MicroMAX.
- Gestión de VLAN, mediante la creación de una red fuera de banda con fines de gestión, y así aislar a la dirección IP de gestión. Con este aislamiento de la dirección IP de gestión del tráfico, normal, el acceso de usuarios no autorizados y ataques malintencionados pueden ser eliminados.

- Etiquetado/Desetiquetado VLAN, - permite la recepción y transmisión de tramas VLAN etiquetadas 802.1Q de la interfaz.
- Selección Dinámica de Frecuencia, mecanismo de distribución de espectro que permite a los equipos de acceso inalámbrico coexistir con otros sistemas con banda de operación de 5 GHz sin licencia banda. Este es un requisito de regulación.
- Analizador de espectro, es una herramienta que permite explorar y encontrar un canal con el mínimo de ruido.
- Elección canal más claro, para que la BSR MicroMAX pueda hacer frente a las interferencias en bandas sin licencia, hace uso de una herramienta que busca en el espectro y selecciona automáticamente el canal más claro.
- Encolamiento equitativo por peso, proporciona un tiempo de respuesta proporcional al volumen de tráfico de la red, optimizando el ancho de banda.
- Sincronización TDD y FDD, Sincronización para un mejor control de las Transmisiones y Recepciones entre radios.
- Grupos de Re-uso, una adaptación del perfil de la ráfaga aplicado en el CPE, se basa en la medición del CINR.
- Limitación de un máximo de 4.096 VLANs.
- Ajuste dinámico de ranuras de contención, optimiza el número de ranuras de contención frente a necesidades de la red.
- Filtrado de paquetes de difusión desconocidos, un mecanismo que descarta este tipo de paquetes.
- Subcanalización Uplink, en base a las mediciones del SNR del enlace ascendente, la Base MicroMAX decide si programar el ancho de banda o sub-canalizar para el CPE.
- DHCP, La base BSR inserta un identificador (BSID) en todas las peticiones DHCP del usuario final. Esto permite al ISP autenticar y controlar los derechos de asignación de direcciones IP para el usuario final.

- ARQ, una técnica de corrección de error de capa de aplicación que identifica errores en las tramas de datos transmitidos y automáticamente solicita retransmisión de las tramas con errores. Se utiliza para dar un servicio de flujo de datos.
- Configuración de los servicios de flujo:
  - Para múltiples unidades SS.
  - Incluye la configuración de QoS.
- Actualización de software para la base MicroMAX a través de:
  - FTP.
  - TFTP.

## **CONFIGURACIÓN**

Dentro del proceso de configuración se tratan los siguientes temas:

- Requisitos del navegador.
- Accediendo a la gestión de la estación base WiMAX.
- Navegación en el servidor Web.

### **Requisitos del navegador**

Navegador web para acceder a la WBM Microsoft Internet Explorer 7, Firefox 2.0.0.6 y superiores.

### **Accediendo a la gestión de la estación base WiMAX**

La base MicroMAX tiene una dirección IP predeterminada (10.0.0.123) que se utiliza para acceder y comunicarse con el servidor Web embebido WiMAX BS.

Para acceder al servidor Web incorporado WiMAX, realizamos lo siguiente:

- Iniciamos el navegador Web (por ejemplo, Microsoft Internet Explorer)
- En el campo de la barra de direcciones, escribimos la dirección IP de la base MicroMAX (es decir, 10.0.0.123) y máscara de subred (255.0.0.0).

- Pulsamos <Intro> en el teclado.
- Ingresamos el nombre de usuario y contraseña por defecto.

Nombre de usuario: admin.

Contraseña: admin.

La página principal de la herramienta de administración basada en Web se abre, como se muestra a continuación:



**Figura F.2. Página principal administración web.**

*Fuente: MicroMAX\_Web-based\_Management\_User\_Guide-Rev\_J*

## Navegación en el servidor Web

El WBM proporciona una interfaz gráfica fácil de usar (GUI, por sus siglas en inglés) que permite acceder fácilmente a comandos de configuración y visualizar los parámetros de configuración MicroMAX.

### Barra de menú

La barra de menús en la parte superior de la página ofrece enlaces (menús) para diferentes categorías de configuración. Esta barra de menú se muestra en las páginas WBM para permitir una navegación sencilla entre categorías. Los menús de la barra de menú WBM se describen en la tabla E.1.

MENU	DESCRIPCIÓN
<b>System</b>	<p>Abre la página del sistema donde se muestra la siguiente información del sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de serie, número de serie de la BSR.</li> <li>• Tipo de producto.</li> <li>• Revisión Digital de la Placa, Número de revisión de la placa digital.</li> <li>• Versión del software, versión de software que actualmente está en uso.</li> <li>• Sistema de Tiempo, el tiempo que la unidad ha estado funcionando desde su encendido.</li> </ul>

MENU	DESCRIPCIÓN	
<b>Addresses</b>	Abre la página de direcciones, muestra parámetros de identificación de la base MicroMAX, como el nombre de host, dirección IP, máscara de subred, Puerta de enlace predeterminada y dirección MAC.	
<b>SW Download</b>	Abre la página de descargas de software, donde el usuario selecciona dos formas ya sea:	
	FTP	TFTP
	Define: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El servidor de direcciones IP del servidor FTP.</li> <li>• Nombre de usuario FTP para el acceso.</li> <li>• FTP password, para el acceso de seguridad.</li> <li>• Nombre del archivo (Ruta en el servidor FTP)</li> </ul>	Define: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El servidor de direcciones IP del servidor TFTP.</li> <li>• Nombre del archivo (la ruta en el servidor TFTP).</li> </ul>
<b>Startup Script</b>	Abre la página de script de inicio, que permite el soporte de script de inicio para los usuarios.	
<b>SNMP Communities</b>	Abre la página de Comunidades SNMP, donde se define la cadena de Comunidad SNMP y los privilegios de sólo lectura y lectura / escritura. Las Comunidades SNMP por defecto son: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escribir = privada.</li> <li>• Lectura = público.</li> </ul>	
<b>Advanced</b>	Abre la página de Configuración Avanzada para la realización de ajustes de configuración complejos, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• SS, para establecer los parámetros para las unidades de suscriptor.</li> <li>• Re-envío, para obtener información acerca de las tablas LAN y las diferentes interfaces.</li> <li>• Configuración, para obtener o establecer los parámetros de la base MicroMAX.</li> <li>• Home, para volver al menú principal.</li> </ul>	
<b>Reset</b>	Abre la página de Reinicio del sistema, para llevar a cabo un reinicio del sistema después de realizar cambios, para restablecer los valores de fábrica.	
<b>SA</b>	Abre analizador de espectro (SA) que proporciona al usuario un método para escanear el espectro y encontrar un canal con el mínimo ruido.	
<b>Change Password</b>	Se abre la página Cambiar contraseña, para realizar un cambio de contraseña.	

**Tabla F.1. Menús Página principal administración web.**

## ANEXO G

### CONFIGURACIÓN VLAN – NETSPAN<sup>80</sup>

#### REQUERIMIENTOS DE CONFIGURACIÓN

Para manipular una VLAN se requiere que tanto el puente y el modo de puerto se encuentren en configuración para VLAN. Al configurar el modo de puente como VLAN de administración se debe establecer lo siguiente:

- Etiquetas & PVID: PVID: Port VLAN ID
- SS. Estación de Subscriptor.

TRAMAS ADMISIBLES	TIPO DE REQUERIMIENTO
Paso de Tráfico SIN ETIQUETAR	Etiquetas & PVID
Paso de Tráfico CON ETIQUETAS	Etiquetas y Especificaciones del VLAN ID para un Set de Miembros
Paso de Tráfico CON/SIN ETIQUETAS	Etiquetación/No Etiquetación, PVID & Set de Miembros
ETIQUETACIÓN MULTIPLE VLAN por SS	Clasificación de Etiquetas VLAN

**Tabla G.1. Requerimientos de Configuración.**

*Fuente: VLAN Configuration via Netspan S.R 6.0. Traducida por David Narváez*

#### SOPORTE VLAN

Para comenzar la configuración de una VLAN; todas las VLAN necesarias deben ser definidas y añadidas a la Base de Datos del Netspan, a través del siguiente proceso.

**Paso 1. Definición de VLAN.**-El camino a seguir es el siguiente:

*<Netspan> Service Profiles -> VLAN Configuration -> Add*

<sup>80</sup> **CONFIGURACIÓN VLAN – NETSPAN.**- Traducido de la guía VLAN Configuration via Netspan S.R 6.0

**Figura G.1. Interfaz de Adición de una VLAN**  
**Fuente: VLAN Configuration via Netspan S.R 6.0**

**Paso 2. Configuración de la Estación Base BS.-** El camino a seguir es el siguiente:

<Netspan> Configuration Management -> BS TRx -> BS xxxxxx:xxxxxx ->  
 Provisioning -> Edit -> Allow Edit

- Definir el puente de configuración del sector BS para operar como VLAN

*"Bridge Mode = VLAN"*

En ese instante el cuadro de gestión de VLAN se tornará gris.

- Configurar la gestión de VLAN.
- Definir el modo del puerto BS para operar como VLAN  
*"Port Mode = VLAN"*
- Configurar los tipos de tramas aceptables para permitir tramas "con y sin etiquetas".
- Configurar el ID del Puerto VLAN.
- Si es necesario los bits de prioridad por defecto se deben configurar.
- Definir los miembros de la VLAN que van a estar en la lista de Miembros.

**Figura G.2. Interfaz de Configuración de la BS**  
**Fuente: VLAN Configuration via Netspan S.R 6.0**

Paso 3. Configuración del Perfil SS.- Definir los perfiles de los puertos SS de las VLAN que más tarde se le asignará a la SS. El camino a seguir es el siguiente:

Netspan> Service Profiles -> SS VLAN Port -> Add

- Definir el perfil del puerto VLAN de la estación suscriptor.
- Definir el modo del puerto SS para operar como VLAN  
*"Port Mode = VLAN"*
- Configurar los tipos de tramas aceptables a permitir "con y sin etiquetas".
- Configurar el ID Puerto VLAN (BS PVID).
- Si es necesario los bits de prioridad por defecto se deben configurar.
- Definir los miembros de la VLAN que van a estar en la lista de Miembros.



**Add Subscriber Station VLAN Port Profile**

Name:   
 Description:

**Port VLAN Configuration**

Port Mode:  Backwards Compatible VLAN Port Mode:   
 Acceptable Frame Types:  Tagging Behaviour:   
 Port VLAN ID:   
 Ingress Filtering:   
 Default Priority:

**Configuration exceptions for specific BS TRx Hardware Categories**  
 This profile is not supported on some older versions of the MacroMAX and HiperMAX BS TRx. An SS using this profile will experience a provisioning error when registered on this type of BS TRx.

Port VLAN Lists: Member Set

Excluded Set

**Figura G.3. Interfaz de Adición de Perfil de Subscriptor**

*Fuente: VLAN Configuration via Netspan S.R 6.0*

<Netspan> Configuration Management -> Subscriber Station -> SS  
 xxxxxx:xxxxxx - Provisioning -> Edit -> Allow Edit

- Asignar el perfil del puerto para SS escogido (Port VLAN Profile).

**Service**

Service Product:    
 Custom Config Profile:     
 Port VLAN Profile:     
 Service Enabled:   
 Service Allowed Channel:   
 Registered Channel:

**Figura G.4. Asignación de Perfil SS**

*Fuente: VLAN Configuration via Netspan S.R 6.0*

Paso 4. Configuración del Clasificador VLAN.- El camino a seguir es el siguiente:

<Netspan> Service Profiles -> Packet Classifier -> Add

El clasificador VLAN debe definirse y agregarse a la base de datos Netspan. En la figura F.5 y la tabla F.2 se puede observar las VLAN que se encuentran configuradas en la RED PELILEO DIGITAL.

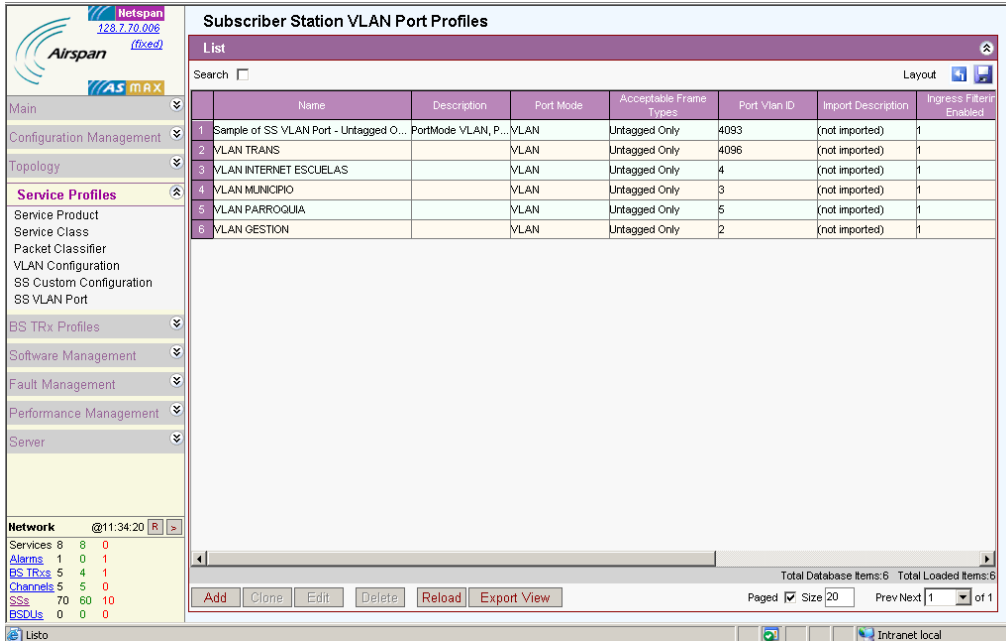


Figura G.5. Perfiles de VLAN configuradas

NOMBRE	TIPOS DE TRAMA ACEPTABLE	ID PUERTO VLAN
EXAMPLE PORT VLAN SS	SOLO SIN ETIQUETAR	4093
VLAN TRANS	SOLO SIN ETIQUETAR	4096
VLAN INTERNET ESCUELAS	SOLO SIN ETIQUETAR	4
VLAN MUNICIPIO	SOLO SIN ETIQUETAR	3
VLAN PARROQUIA	SOLO SIN ETIQUETAR	5
VLAN GESTIÓN	SOLO SIN ETIQUETAR	2

Tabla G.2. Resumen de Perfiles VLAN

**ANEXO H**

**CERTIFICADO DE SIMULACIÓN RED PELIELO  
DIGITAL**