

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN CENTRO DE PROVISIÓN DE SERVICIO DE
INTERNET CON ACCESO DE ÚLTIMA MILLA INALÁMBRICO
UTILIZANDO EL ESTÁNDAR IEEE 802.11 PARA EL PARQUE
INDUSTRIAL DE LA CIUDAD DE AMBATO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE INFORMACIÓN**

ANDRÉS FERNANDO VILLACÍS CONFORME

DIRECTOR: MSc. SORAYA SINCHE

Quito, Marzo 2007

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Andrés Fernando Villacís
Conforme, bajo mi supervisión.

MSc. Soraya Sinche
DIRECTORA DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo, Andrés Fernando Villacís Conforme, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Andrés Fernando Villacís Conforme.

CONTENIDO

RESUMEN.....	xii
PRESENTACIÓN.....	xiii
CAPÍTULO 1	
SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE INDUSTRIAL AMBATO.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 NECESIDADES DEL CLIENTE.....	4
1.3 ESTRATEGIAS PARA SATISFACER LAS NECESIDADES.....	10
1.4 ANÁLISIS DEL ENTORNO (FODA).....	11
1.4.1 FORTALEZAS.....	11
1.4.2 OPORTUNIDADES.....	12
1.4.3 DEBILIDADES.....	12
1.4.4 AMENAZAS.....	13
1.4.5 ESTRATEGIAS.....	13
1.5 PROYECCIONES DE CRECIMIENTO.....	13
CAPÍTULO 2	
INTRODUCCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS IEEE 802.11 Y ACCESO DE ÚLTIMA MILLA.....	16
2.1 ARQUITECTURA IEEE 802.11.....	18
2.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	18
2.1.1.2 Topologías.....	18
2.1.1.3 Componentes.....	20
2.1.1.4 Servicios.....	22
2.1.1.5 Movilidad.....	24
2.1.2 CAPA FÍSICA.....	25
2.1.2.1 Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS).....	26
2.1.2.2 Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia (FHSS).....	26
2.1.2.3 Infrarrojos.....	27
2.1.3 SUBCAPA MAC.....	28
2.1.3.1 Formato de la trama MAC.....	29
2.1.3.2 Función de Coordinación Distribuida (DCF).....	31
2.1.3.3 Función de Coordinación Puntual (PCF).....	33
2.1.4 ESTÁNDAR IEEE 802.11a.....	33
2.1.5 ESTÁNDAR IEEE 802.11b.....	34
2.1.6 ESTÁNDAR IEEE 802.11g.....	35
2.1.7 OTROS ESTÁNDARES IEEE 802.11.....	35
2.2 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS.....	36
2.2.1 PUNTO DE ACCESO.....	36
2.2.2 TARJETA O ADAPTADOR DE RED INALÁMBRICO.....	37
2.2.3 ANTENA.....	38
2.2.4 OTROS DISPOSITIVOS.....	40
2.2.4.1 Router Inalámbrico.....	40
2.2.4.2 Pigtail.....	41
2.2.4.3 Amplificadores Externos.....	41
2.2.4.4 Bridge Inalámbricos.....	41
2.3 TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE ÚLTIMA MILLA.....	42
2.3.1 INTRODUCCIÓN.....	42

2.3.2 TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE ÚLTIMA MILLA DE ACCESO POR CABLE.....	43
2.3.2.1 Par de cobre.....	43
2.3.2.1.1 RDSI.....	44
2.3.2.1.2 XDSL	45
2.3.2.2 Fibra Óptica / Coaxial.....	47
2.3.2.3 Red Eléctrica	48
2.3.3 TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE ÚLTIMA MILLA DE ACCESO INALÁMBRICO	49
2.3.3.1 <i>Wireless Local Loop (WLL)</i>	50
2.3.3.2 <i>Broadband Wireless</i>	50
2.3.3.3 WLAN.....	51
2.3.3.4 <i>Optical Wireless</i>	52
2.3.3.5 Satélite.....	53
2.4 SEGURIDAD DE REDES INALÁMBRICAS	53
2.4.1 MECANISMOS DE SEGURIDAD	54
2.4.2.1 OSA (<i>Open System Authentication</i>)	54
2.4.2.2 SKA (<i>Shared Key Authentication</i>).....	55
2.4.2.3 ACL (<i>Access Control List</i>).....	55
2.4.2.4 CNAC (<i>Closed Network Access Control</i>).....	56
2.4.2.5 VPN (<i>Virtual Private Network</i>).....	56
2.4.2 ESTÁNDARES Y PROTOCOLOS DE SEGURIDAD.....	57
2.4.2.1 Protocolos ULA.....	57
2.4.2.2 WEP	58
2.4.2.3 IEEE 802.11x	60
2.4.2.4 WPA.....	61
2.4.2.5 IEEE 802.11i	62
2.4.3 ATAQUES EN REDES INALÁMBRICAS	62
2.4.3.1 <i>Wardriving</i>	63
2.4.3.2 <i>Warchalking</i>	63
2.4.3.3 <i>Parking</i>	63
2.4.3.4 WEP <i>cracking</i>	63
2.4.3.5 <i>Man-in-the-Middle</i>	64
2.4.3.6 ESSID oculto.....	64
2.4.3.7 <i>Evil twin</i>	64
2.4.3.8 ARP <i>Cache Poisoning</i>	64
2.4.3.9 DoS	65
2.4.3.10 Ataques a la dirección MAC	65
2.4.3.11 Ataques de repetición.....	65
2.4.3.12 Ataques de Internet	65
2.4.4 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS ..	66
CAPÍTULO 3	
DISEÑO DEL CENTRO DE PROVISIÓN DE SERVICIOS.....	68
3.1 DIMENSIONAMIENTO DEL ENLACE HACIA EL ISP	68
3.2 ESTUDIO Y ELECCIÓN TÉCNICA DEL PROVEEDOR DE INTERNET.....	71
3.3 DISEÑO DEL ACCESO DE ÚLTIMA MILLA PARA LOS USUARIOS DEL PIA	73
3.3.1 ESCENARIO	73
3.3.2 TECNOLOGÍA	74

3.3.3 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ACCESO	74
3.3.3.1 Ubicación preliminar de Puntos de Acceso	75
3.3.3.2 Asignación de Canales	76
3.3.3.3 Correcciones del Diseño	77
3.3.4 ANÁLISIS DEL ENLACE ENTRE LOS PUNTOS DE ACCESO	79
3.3.4.1 Zona de Fresnel	80
3.3.4.2 Balance de Enlaces	82
3.3.4.3 Margen de Desvanecimiento y Proporción de Señal a Ruido	84
3.3.4.4 Diagrama de Red de Enlaces entre Puntos de Acceso	85
3.3.5 ANÁLISIS DEL ENLACE ENTRE EL PUNTO DE ACCESO Y EL CLIENTE	86
3.4 SERVICIOS QUE OFRECE EL CENTRO DE PROVISIÓN DE INTERNET	89
3.4.1 SERVICIO DE <i>WEB HOSTING</i>	91
3.4.2 SERVICIO DE NOMBRES DE DOMINIO	92
3.4.3 SERVICIO DE CORREO ELECTRÓNICO	93
3.4.4 SERVICIO DE AUTENTICACIÓN	93
3.4.5 DIAGRAMA DE LA RED DE SERVICIOS	94
3.5 DEFINICIÓN DE POLÍTICAS DE SEGURIDAD	95
3.6 ESTUDIO Y ELECCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS	96
3.6.1 ESTUDIO Y ELECCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS DE LA RED INALÁMBRICA	96
3.6.2 ESTUDIO Y ELECCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS SERVIDORES	101
3.7 CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS	103
3.7.1 CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS DE LA RED INALÁMBRICA	103
3.7.2 CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS SERVIDORES	107
3.8 PRUEBAS DE CAMPO	108
3.9 PROTOTIPO	114
CAPÍTULO 4	
ESTUDIO LEGAL Y ADMINISTRACIÓN DEL CENTRO DE PROVISIÓN DE INTERNET	117
4.1 ESTUDIO LEGAL DEL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN EL PAÍS	117
4.2 ESTUDIO LEGAL DEL CENTRO COMO PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET	120
4.3 ESTUDIO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL CENTRO COMO UN DEPARTAMENTO DEL PIA	122
4.4 ESTUDIO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL CENTRO COMO UNA EMPRESA PRIVADA	123
4.5 ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE ADMINISTRACIÓN DEL CENTRO	124
CAPÍTULO 5	
ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO	126
5.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL	126
5.2 ESTUDIO DE TARIFACIÓN	132
5.3 ANÁLISIS FINANCIERO PARA LA EMPRESA	135
5.4 ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL CLIENTE	139
5.5 COMPARACIÓN CON OTRAS ALTERNATIVAS	140
5.6 ANÁLISIS DE RIESGO E INCERTIDUMBRE	140
CAPÍTULO 6	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142

6.1 CONCLUSIONES	142
6.2 RECOMENDACIONES	145
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146
ANEXOS	
A	Encuesta de uso de Internet a los usuarios del PIA
B	Cuadro de capacidad de Internet de empresas del PIA
C	Características técnicas de equipos seleccionados
D	Configuración de servidores
E	Reglamentos, permisos y normas legales del Ecuador para Telecomunicaciones

Índice de Figuras

Figura 1.1 Mapa Ocupacional del PIA	3
Figura 1.2 Preguntas No 1 y 2.....	7
Figura 1.3 Preguntas No 4 y 4.1.....	7
Figura 1.4 Preguntas No 5 y 5.1	7
Figura 1.5 Preguntas No 6 y 6.1.....	7
Figura 1.6 Preguntas No 6.2 y 6.3.....	8
Figura 1.7 Preguntas No 6.4 y 7.....	8
Figura 1.8 Preguntas No 8 y 9.....	8
Figura 1.9 Preguntas No 10 y 11.....	8
Figura 1.10 Preguntas No 12 y13.....	9
Figura 2.1 Red Ad hoc	19
Figura 2.2 Red de infraestructura	20
Figura 2.3 Componentes de la arquitectura IEEE 802.11.....	22
Figura 2.4 Asignación de canales para EEUU	26
Figura 2.5 Arquitectura MAC	28
Figura 2.6 Formato de Trama MAC	29
Figura 2.7 Acceso con DCF utilizando RTS/CTS.....	32
Figura 2.8 Punto de Acceso.....	37
Figura 2.9 Adaptador de red para computador de escritorio.....	37
Figura 2.10 Adaptador de red para computador portátil.....	38
Figura 2.11 Adaptador para computador de tipo USB	38
Figura 2.12 Antena omnidireccional.....	39
Figura 2.13 Antena direccional	40
Figura 2.14 Router inalámbrico.....	40
Figura 2.15 Pigtail.....	41
Figura 2.16 Amplificador externo	41
Figura 2.17 Bridge inalámbrico.....	41
Figura 2.18 Tecnologías de última milla.....	42
Figura 2.19 Red Privada Virtual para cliente inalámbrico.....	57
Figura 3.1 Mapa de clientes actuales y potenciales del PIA	73
Figura 3.2 Distribución preliminar de Puntos de acceso y cobertura	75
Figura 3.3 Ubicación y área de cobertura de Puntos de Acceso corregida.....	79
Figura 3.4 Diagrama de red de conexión de Puntos de Acceso.	86
Figura 3.5 Diagrama general de la red inalámbrica.....	89
Figura 3.6 Red de servicios del centro de provisión de Internet.	95
Figura 3.7 Interfaz gráfica de configuración del WAP54G	104
Figura 3.8 Configuración inicial del WAP54G.....	104
Figura 3.9 Filtrado MAC del WAP54G.....	105
Figura 3.10 Configuración inicial del WAP54G.....	105
Figura 3.11 Selección de tipo de red y SSID	106
Figura 3.12 Selección del método de seguridad de red.....	106
Figura 3.13 Configuración parámetros RADIUS	107
Figura 3.14 Enlace de comunicación 1 y 2	109
Figura 3.15 Enlace de comunicación 4 y 5	110
Figura 3.16 Ubicación del punto de acceso concentrador.....	111
Figura 3.17 Vista del punto de acceso concentrador desde el punto de acceso 2	111

Figura 3.18 Vista del punto de acceso concentrador desde el punto de acceso 1	112
Figura 3.19 Vista del punto de acceso concentrador desde el punto de acceso 5	112
Figura 3.20 Vista del punto de acceso concentrador desde los bajos del punto de acceso 4	112
Figura 3.21 Conexión del cliente con el punto de acceso 1 y 2	113
Figura 3.22 Conexión del cliente con el punto de acceso 3 y 4	113
Figura 3.23 Conexión del cliente con el punto de acceso 5	114
Figura 3.24 Interfaz de detección de red inalámbrica en Knoppix.....	115
Figura 3.25 Verificación de conectividad con la red inalámbrica en Knoppix.....	116
Figura 3.26 Intento fallido de conexión con la red inalámbrica en Knoppix.....	116
Figura 5.1 Tiempo de recuperación de la inversión	139

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Matriz FODA.....	13
Tabla 2.1 Características de las técnicas de Capa Física IEEE 802.11.....	25
Tabla 2.2 Principales características del Estándar IEEE 802.11b	34
Tabla 2.3 Características de la tecnologías XDSL	47
Tabla 3.1 Clientes actuales de Internet	68
Tabla 3.2 Clientes potenciales de Internet	69
Tabla 3.3 Capacidad total requerida de Internet.....	69
Tabla 3.4 Requerimientos de direcciones IP públicas del centro.....	70
Tabla 3.5 Resultados de estudio de proveedor de Internet.....	72
Tabla 3.6 Distribución de los usuarios actuales y potenciales por punto de acceso.....	75
Tabla 3.7 Ancho de banda requerido y distancia más lejana en cada punto de acceso	76
Tabla 3.8 Asignación de canales	78
Tabla 3.9 Distribución de los usuarios actuales y potenciales por punto de acceso corregida	78
Tabla 3.10 Ancho de banda requerido y distancia más lejana en cada punto de acceso corregida.....	78
Tabla 3.11 Alturas y Distancias entre los Puntos de Acceso	80
Tabla 3.12 Valores de Primera Zona de Fresnel Para enlaces entre Puntos de Acceso	82
Tabla 3.13 Cálculo de la potencia de recepción de los enlaces entre Puntos de Acceso.....	84
Tabla 3.14 Niveles de sensibilidad y SNR de tarjetas inalámbricas.....	85
Tabla 3.15 Valores obtenidos de Margen de Desvanecimiento (FM) de los enlaces.....	85
Tabla 3.16 Valores para el cálculo del FM de los clientes.....	87
Tabla 3.17 Valores de potencia de recepción y margen de desvanecimiento de los clientes.	88
Tabla 3.18 Requerimientos de Hardware de Red Hat 9.....	91
Tabla 3.19 Requisitos de hardware y software de los equipos servidores del centro.....	94
Tabla 3.20 Políticas de seguridad del Centro de Provisión de Internet.	96
Tabla 3.21 Cuadro comparativo de características de Puntos de Acceso	100
Tabla 3.22 Cuadro comparativo de alternativas de Servidores	102
Tabla 3.23 Valores de señal y ruido medidos en las pruebas de los enlaces.	110
Tabla 5.1 Equipos de la red inalámbrica.	127
Tabla 5.2 Equipos de la red de servidores.....	127

Tabla 5.3 Utilitarios del Centro.	128
Tabla 5.4 Costo de permisos de funcionamiento del Centro.....	128
Tabla 5.5 Costos de instalación y tarifa mensual del enlace de Internet Dedicado.....	128
Tabla 5.6 Costo de inversión inicial.	129
Tabla 5.7 Costos de mantenimiento.....	129
Tabla 5.8 Costos de sueldos y salarios.....	130
Tabla 5.9 Costos administrativos.....	130
Tabla 5.10 Costos de funcionamiento de equipos.	131
Tabla 5.11 Costos de operación del centro.	132
Tabla 5.12 Equivalencia a clientes de 64 Kbps.	134
Tabla 5.13 Cálculo de la tarifa mensual promedio de servicio para un usuario.....	134
Tabla 5.14 Costo de la tarifa mensual a usuarios por acceso de Internet de 64 Kbps.	134
Tabla 5.15 Costo de tarifas mensuales por enlace.....	135
Tabla 5.16 Ingresos del centro.....	135
Tabla 5.17 Egresos del centro.	135
Tabla 5.18 Flujo de Fondos del centro.....	136
Tabla 5.19 Flujo de Fondos Incremental.....	136
Tabla 5.20 Indicadores de rentabilidad del centro.....	138
Tabla 5.21 Costo equipos para el cliente del centro.	139
Tabla 5.22 Alternativas de servicio de Internet.....	140

RESUMEN

El presente proyecto trata sobre el Diseño de un centro de provisión de Internet con acceso de última milla inalámbrico, utilizando el estándar IEEE 802.11 para el parque industrial de la ciudad de Ambato, el cual se desarrolló de la siguiente forma:

En el Capítulo 1, se realiza un estudio de mercado, para recabar la información de las necesidades del servicio de las empresas funcionando actualmente en el parque. Se hace un análisis FODA para tener una herramienta que permita encontrar las distintas ventajas y posibles condiciones adversas que pueda presentar el mercado.

En el Capítulo 2, se hace una introducción de las tecnologías inalámbricas basadas en el estándar IEEE 802.11 con sus características generales, una descripción de los equipos inalámbricos necesarios para la creación de una red inalámbrica y una breve descripción de las seguridades de redes inalámbricas.

En el Capítulo 3, se efectúa el diseño del centro de provisión de Internet y de los servicios que prestará a sus clientes, con la información brindada por las empresas. Se realiza un estudio para la elección del proveedor del servicio y se definen las políticas de seguridad a implantarse en el centro. Se muestran además las pruebas de campo y elementos a utilizar en un prototipo para validar el diseño.

En el Capítulo 4, se realiza un análisis acerca del marco legal vigente en el país en lo que respecta a la implantación de una red inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11g, los distintos reglamentos y permisos relacionados a la contratación y venta de servicio de Internet, y se efectúa un estudio de las alternativas de administración del centro.

En el Capítulo 5, se presenta el presupuesto referencial para el centro, el estudio de tarifación, el análisis financiero para la empresa y análisis económico

para el cliente con el fin de obtener los indicadores que permitan validar la rentabilidad del proyecto y sostenibilidad en el tiempo.

En el Capítulo 6 se incluyen las conclusiones y recomendaciones resultantes del desarrollo del proyecto.

PRESENTACIÓN

Al momento que la comunicación y ampliación de las industrias se desarrolla en el país, el mantener a las empresas en constante comunicación utilizando redes que brinden un buen desempeño, es crítico para las empresas, en especial aquellas que disponen de departamentos que se encuentran geográficamente en lugares donde no existe la infraestructura cableada adecuada.

Es en este tipo de escenarios en los que el uso de redes inalámbricas provee portabilidad, escalabilidad, flexibilidad y, sobre todo, simplicidad para el usuario común poder tener acceso a redes privadas o redes más grandes, como el Internet, la red de redes que día a día ofrece nuevas formas para la comunicación a distancia y la transmisión de datos.

El contratar cada empresa un acceso a Internet con un proveedor que no disponga de buena infraestructura en el sector puede ser una alternativa, pero cuando esto resulta un gran esfuerzo o casi imposible debido a los altos costos, nacen propuestas donde se puede conseguir el mismo tipo de servicios pero a un costo más bajo cuando se contrata el servicio a un centro que provea de Internet específicamente a dichas empresas.

Así, existiendo la necesidad por parte de un grupo de empresas del Parque Industrial Ambato de mantenerse en comunicación constante con sus departamentos y con el mundo, se presenta la creación de un centro que provea servicios de Internet, el cual brinde un servicio óptimo, seguro y de bajo costo.

CAPÍTULO 1

SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE INDUSTRIAL AMBATO

1.1 ANTECEDENTES

El nacimiento de los Parques Industriales en el Ecuador se da a partir del Plan Integral de Transformación y Desarrollo iniciado por el General Guillermo Rodríguez Lara en el año de 1973, que incentivaba el desarrollo económico-social del país, como la necesidad de disponer de terrenos dotados de obras básicas de infraestructura y servicios comunes para uso industrial que tengan como fin la rápida instalación de empresas y como consecuencia, que dichas empresas destinen mayores recursos para la adquisición de equipos y maquinaria.

Por ello se definió que un parque industrial¹ sea un conjunto de empresas cuyos terrenos y naves industriales así como sus servicios básicos son provistos y/o subsidiados por el Estado.

Uno de estos parques industriales con los que cuenta el país es el Parque Industrial Ambato (PIA), creado mediante Ordenanza Municipal el 18 de septiembre de 1978.

Se encuentra ubicado en la parroquia Izamba sector “El Pisque” a 10 Km. al norte de la ciudad de Ambato en la provincia del Tungurahua, en la carretera Panamericana (118 Km. al sur de la ciudad de Quito). Cuenta como límites al norte la granja Don Bosco, al sur el paso Lateral Ambato, y lotes particulares tanto al este y al oeste.

¹ Suplemento 184 del Registro Oficial del 6 de Octubre del 2003

Tiene una superficie de 691.000 m² aproximadamente, de los cuales 435.485 m² corresponden al área de terrenos lotizados. Cuenta con 170² lotes de terreno que oscilan entre 1.300 y 10.000 m² cada uno totalmente urbanizados y con los servicios básicos de energía eléctrica, agua potable, alcantarillado y teléfono.

Está constituido por siete etapas que se encuentran identificadas de acuerdo a la actividad de la empresa que se ubica, ya que como base se tiene que no se puede hacer uso de los lotes para construcciones residenciales.

En el Parque Industrial Ambato actualmente se asientan 54³ pequeñas y medianas industrias, entre las que se pueden destacar industrias de calzado, balanceados, curtidurías, textiles, alimenticias, madereras y plásticos, así como plantas de caucho y confecciones. La figura 1.1⁴ muestra de manera gráfica la ocupación actual del parque.

Como se puede observar existen al momento 92 lotes de terreno ocupados y en ellos se encuentran funcionando las empresas, hay 12 lotes con construcciones actualmente desocupadas y 68 terrenos sin construir.

Actualmente el Parque Industrial Ambato se encuentra administrado por la Corporación de Empresas del Parque Industrial Ambato (CEPIA), creada en Enero del 2004 como una entidad sin fines de lucro, con personería jurídica y conformada por los 114 copropietarios⁵, teniendo como principales objetivos la asociatividad, alianzas estratégicas y la gestión de servicios basándose en grupos.

² Tomando en cuenta las modificaciones hasta abril del 2006

³ Revista CEPIA, Edición Feb-Mar 2005, Pág. 6

⁴ Mapa creado visitando el PIA en Febrero del 2006.

⁵ Revista CEPIA, Edición Feb-Mar 2005, Pág. 3

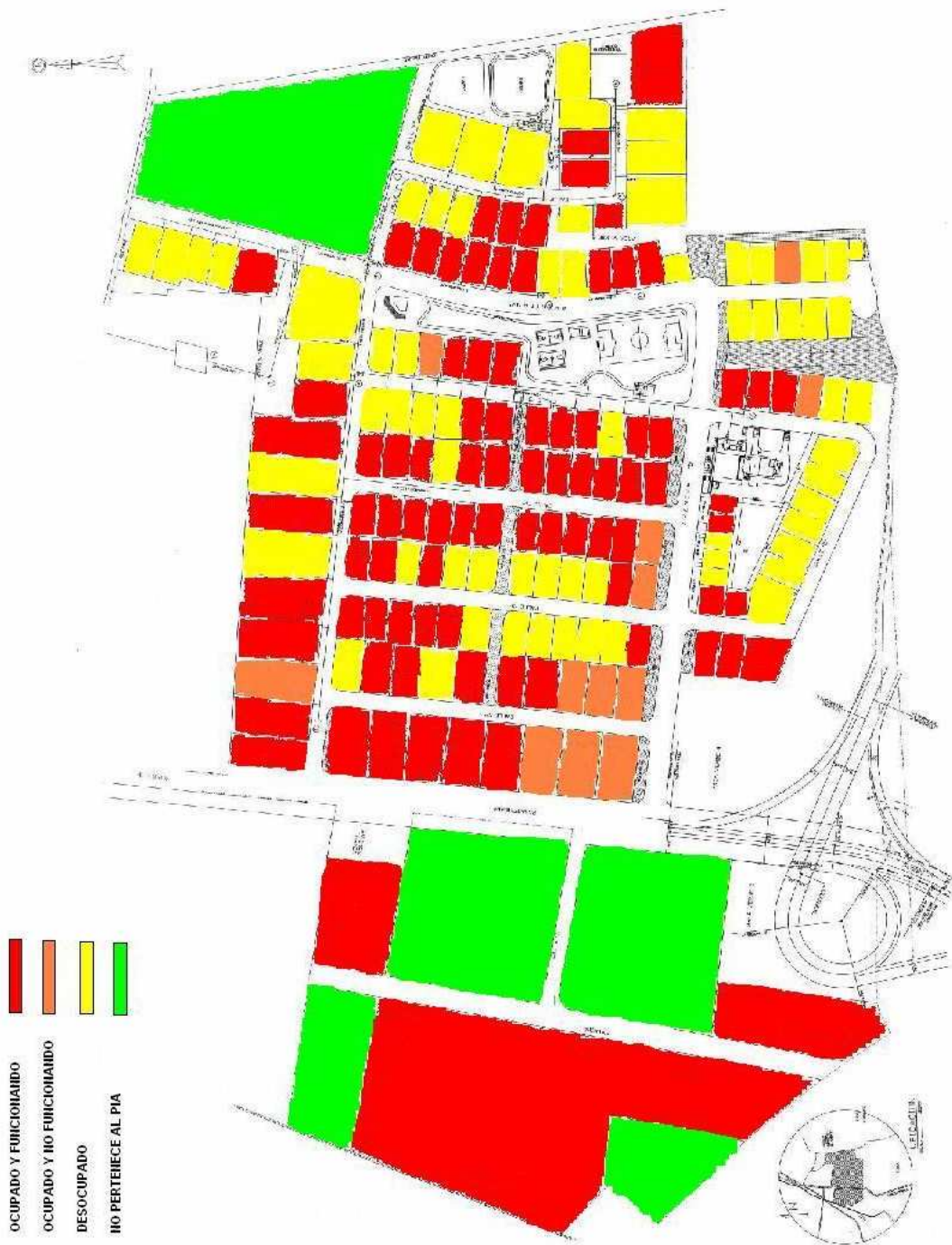


Figura 1.1 Mapa Ocupacional del PIA

1.2 NECESIDADES DEL CLIENTE

En la actualidad la tendencia del mundo globalizado y el desarrollo de la tecnología, exigen que las empresas experimenten cambios relevantes y decisivos que les permitan enfrentar con éxito la creciente competitividad, la constante comunicación con todo el mundo y ganar una mayor participación en el mercado.

Para las pequeñas y medianas industrias, el Internet representa una nueva oportunidad de crecimiento en mercados y productos, así como una importante fuente de ahorro en costos, sin olvidar que los avances en este medio y la importancia que se le ha asignado en el mundo de los negocios invitan a los pequeños y micro empresarios a aprovechar esta oportunidad para no quedar marginados en un mundo globalizado y en red.

Visitando las instalaciones del PIA se puede observar que no existe infraestructura cableada para la instalación de Internet en la zona, además al realizar este trabajo en la actualidad representaría un enorme gasto para los copropietarios del parque. Es por ello que si se opta por la implantación de Internet a un bajo costo se lo tendría que hacer por vía inalámbrica, además se encontró que se tienen muy pocos proveedores del servicio al hacer un sondeo en la zona y no cuentan con la infraestructura necesaria lo que eleva los costos al usuario.

Es así que como necesidad principal de las empresas que forman parte del PIA es el tener un instrumento para informar e informarse con los demás sujetos implicados en el comercio (clientes y productores), además de mantener un canal permanente de comunicación con los demás departamentos o estaciones de la empresa y disponer de una herramienta de transacción comercial con el mundo. Es importante mencionar que CEPIA actualmente no ha desarrollado planes para insertar a las empresas del PIA como grupo al comercio electrónico⁶.

⁶ Información indicada por los ejecutivos de CEPIA en febrero del 2007.

El mecanismo al que se recurrió para establecer con mayor claridad las necesidades del cliente con respecto al uso de Internet fue utilizar fuentes de información primarias, ya que permiten obtener la información con los involucrados de manera directa, es por ello que se realizó una encuesta⁷ a un grupo de las empresas que funcionan actualmente en el PIA, determinando de esta manera, qué características deberá tener el centro de provisión de Internet.

La encuesta fue estructurada utilizando preguntas de selección múltiple para recopilar la información deseada en poco tiempo, asociado al procesamiento de los datos y desarrollo de la encuesta a las empresas.

Para que la encuesta fuera contestada con una buena acogida y por un alto número de empresas en el PIA, se envió una carta de autorización para la realización de la misma al CEPIA, entidad que brindó todas las facilidades del caso.

Para determinar el número de empresas a encuestar se utilizó la fórmula de muestra aleatoria simple finita que se indica a continuación:⁸

$$n = \frac{S^2 N p q}{E^2 (N - 1) + S^2 p q} \quad \text{Ec. 1.1}$$

En donde:

n = Muestra (número de empresas a encuestar).

S = Grado de confiabilidad.

N = Universo (número total de empresas instaladas en el PIA).

p = Probabilidad de ocurrencia (grado de validez de la respuesta).

q = Probabilidad de no-ocurrencia.

E = Grado de error (error máximo de estimación permitido en la encuesta).

⁷ Ver formato de la encuesta en ANEXO A

⁸ http://www.asetesis.com/seleccion_muestra.htm

Los valores que se utilizaron fueron los siguientes:

- S = 2 (valor de sigma para un 95,5% de validez de la encuesta),
valor utilizado en poblaciones entre 10 y 10.000.
- N = 54 número total de empresas ubicadas en el parque industrial
Ambato actualmente.
- p = 90% valor tomado en cuenta para que los resultados tengan un alto
grado de validez.
- q = 10% porcentaje de invalidez de los datos indicados por el cliente
(diferencia de 100% - p).
- E = 15% para garantizar que los resultados de la encuesta sean válidos
en el diseño.

Entonces como valor de muestra a encuestar se tiene:

$$n = \frac{4 \times 54 \times 0,9 \times 0,1}{0,0225(54 - 1) + 4 \times 0,9 \times 0,1}$$

$$n = \frac{19,44}{1,553}$$

$$n = 12,52$$

Esto indica que el número de empresas que se debe encuestar es de 13⁹ empresas.

Los resultados obtenidos en la encuesta fueron los siguientes:

⁹ Las empresas encuestadas fueron escogidas de forma aleatoria.

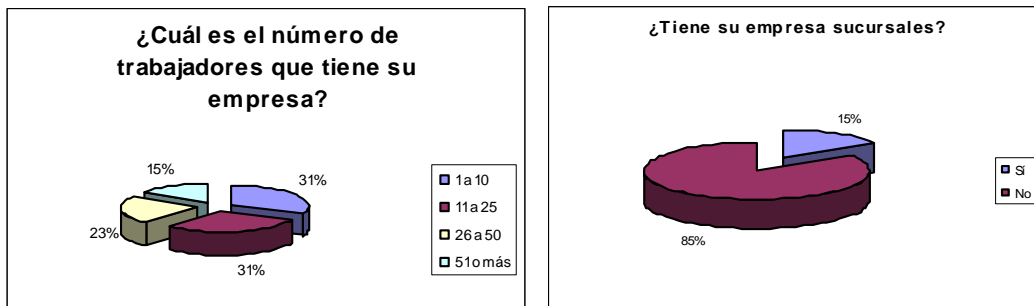


Figura 1.2 Preguntas No 1 y 2.

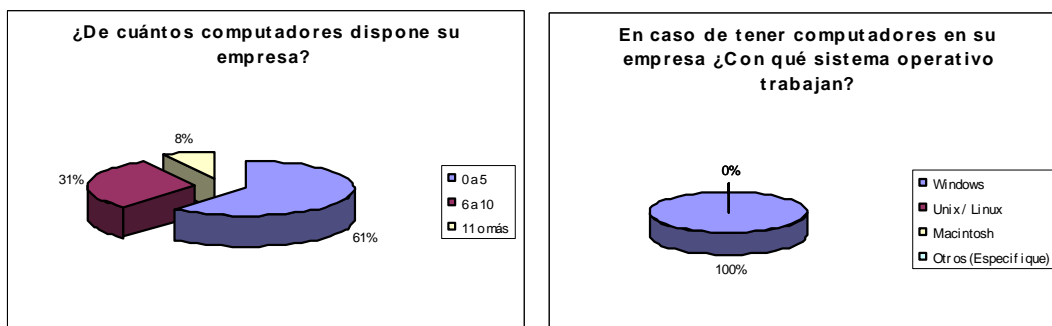
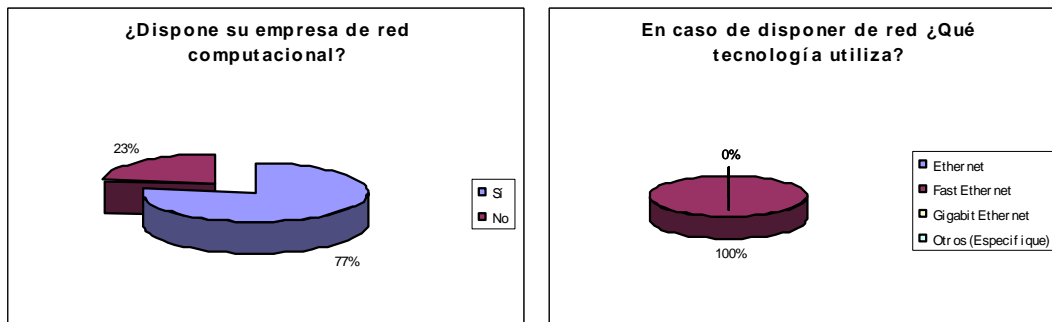
Figura 1.3 Preguntas No 4¹⁰ y 4.1.

Figura 1.4 Preguntas No 5 y 5.1

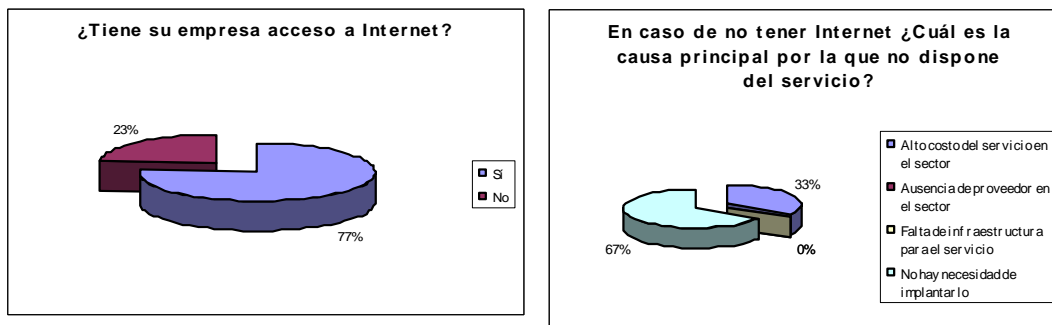


Figura 1.5 Preguntas No 6 y 6.1.

¹⁰ La pregunta No.3 no se la colocó ya que al ser opcional, los encuestados prefirieron no contestar.

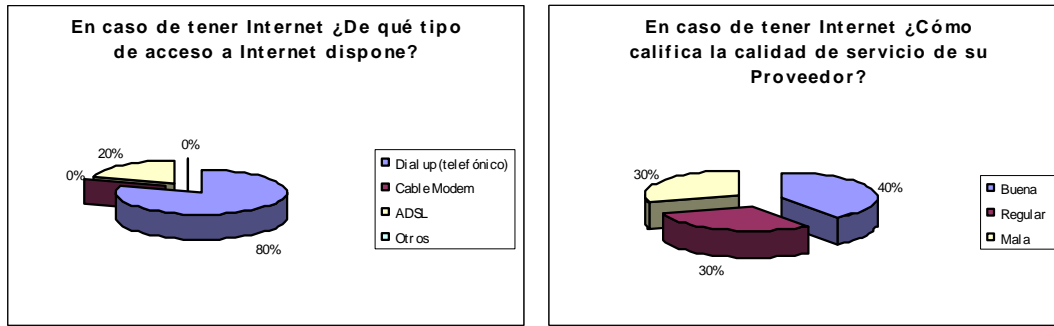


Figura 1.6 Preguntas No 6.2 y 6.3.

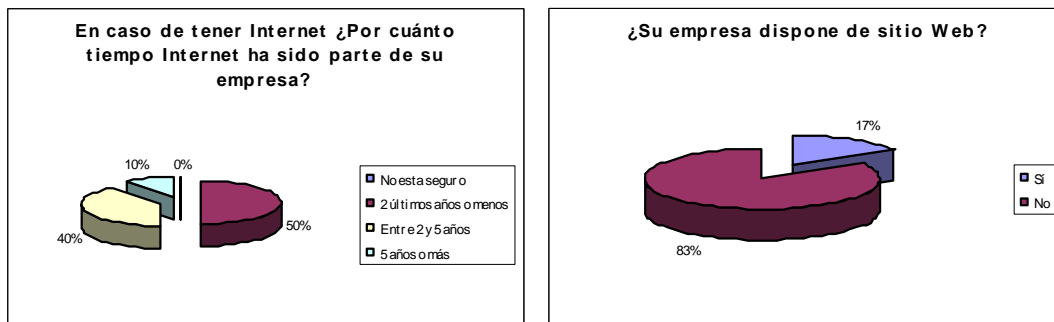


Figura 1.7 Preguntas No 6.4 y 7.

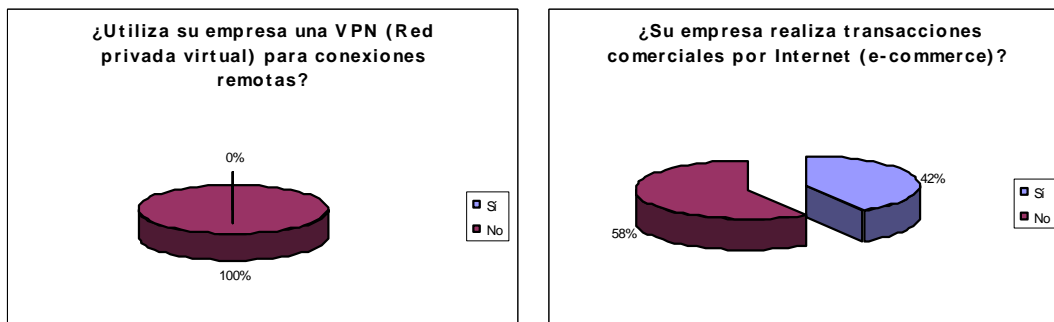


Figura 1.8 Preguntas No 8 y 9.

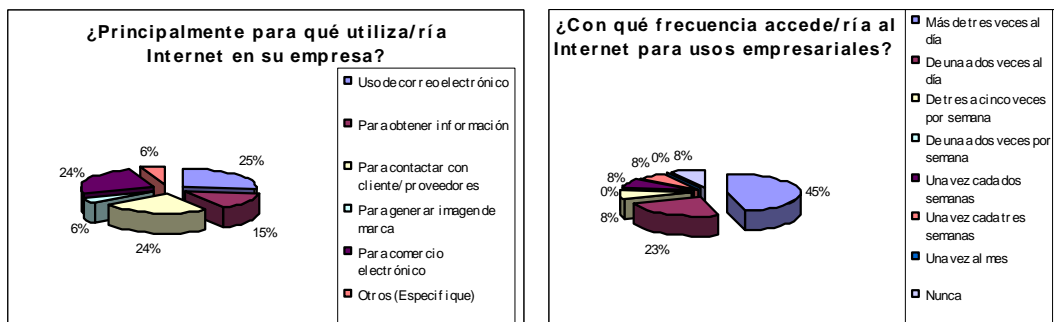


Figura 1.9 Preguntas No 10 y 11.

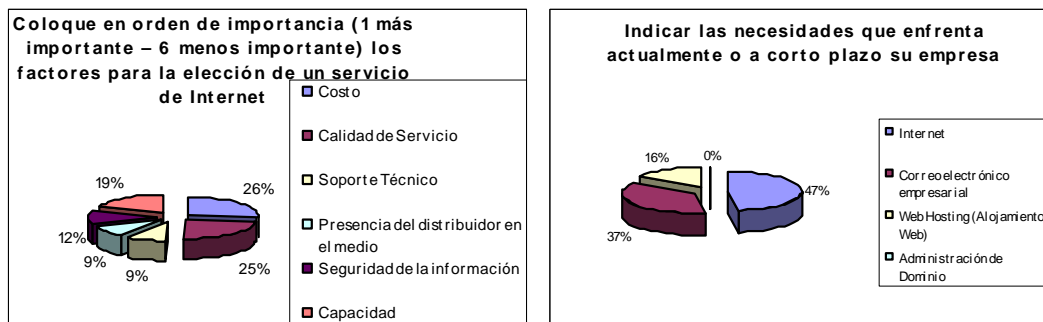


Figura 1.10 Preguntas No 12 y13.

Analizando estos resultados, en especial los obtenidos en las preguntas 6, 6.2, 6.3, 11, 12 y 13, se tiene la necesidad de crear un centro de provisión de Internet que permita el acceso de las empresas instaladas en el PIA a la red de redes a un costo menor del que pagarían cada uno al contratar de manera independiente el servicio, y con el respaldo de tener cerca de sus instalaciones un centro que brinde soporte en caso de ser necesario.

Los servicios necesarios al momento por parte de las empresas encuestadas son Internet y correo electrónico empresarial los cuales serán tomados en cuenta para el análisis de los servicios a brindar en el centro de provisión de Internet a crearse.

Ya que los bajos costos para la creación del centro y las tasas económicas de cobro por el servicio a los clientes son primordiales en el proyecto se ha optado por utilizar para la infraestructura de servidor y aplicaciones software libre, ya que no requiere la necesidad de pago de licencias por su utilización y en la actualidad cuenta con un fuerte respaldo en cuanto a soporte y seguridad. Así también el uso de éste hace flexible la actualización de aplicaciones y novedades tecnológicas al centro.

El hecho de montar una infraestructura de última milla inalámbrica facilita la movilidad, instalación del servicio y bajo costo. Además implica el realizar un exhaustivo análisis para su diseño, debido a que el medio ambiente en que

funcionará será un parque industrial, donde se encontrará expuesta a todo tipo de factores de interferencia.

Teniendo siempre en cuenta la seguridad y privacidad de los datos que los clientes transmitan por la red se hará énfasis en la protección de los mismos, utilizando herramientas y protocolos de última generación que garanticen la confidencialidad de la información.

1.3 ESTRATEGIAS PARA SATISFACER LAS NECESIDADES

El objetivo de crear estrategias es elaborar un plan que permita resolver las necesidades planteadas y tomar las decisiones adecuadas teniendo en cuenta lo que ocurre en el ambiente para que se ejecute lo planificado.

Como estrategias en las que se basa este proyecto para satisfacer las necesidades encontradas en las empresas que conforman el Parque Industrial Ambato para acceder al Internet se tienen las siguientes:

- Diseñar un centro de provisión de Internet con acceso de última milla inalámbrico.
- Montar las instalaciones del centro de provisión en el PIA y brindar soporte a los usuarios en caso de ser necesario.
- Dar el servicio de Internet exclusivamente a las empresas que se encuentran ubicadas en el PIA
- Ofrecer servicios básicos para la comunicación con otras empresas y fomentar el comercio.
- Los costos que se cobrarán a los usuarios por el servicio deben ser menores a los que se tienen al solicitar el servicio de forma independiente por las empresas a un proveedor de la región.

1.4 ANÁLISIS DEL ENTORNO (FODA)

El análisis del entorno se lo realizó utilizando el análisis FODA^{11[5]}, el cual constituye una herramienta muy importante, ya que a más de poder establecer los factores positivos y negativos del entorno interno y externo, permite procesar la información obtenida para poder tomar decisiones, que serán las estrategias que permitirán que el presente proyecto sea viable y sostenible.

El presente análisis FODA se lo desarrolló sobre la base de la creación del centro de provisión de Internet con acceso de última milla inalámbrico.

1.4.1 FORTALEZAS

Las fortalezas son las capacidades especiales con las que cuenta el centro de provisión de Internet frente a sus competidores.

Estas fortalezas son las siguientes:

- Bajo costo del servicio respecto a contratar cada uno de los usuarios su propio enlace.
- Movilidad de las estaciones de trabajo del cliente.
- Mayor control por parte de los usuarios de la calidad del servicio.
- Gestión unificada de servicios (correo electrónico, Internet, sitio Web, Hosting¹²).
- Bajo costo de la red respecto a implantar una red cableada en el parque industrial.
- Empresa surgida de la demanda.
- Escalabilidad tecnológica.

¹¹ Denominado así por las primeras letras de los elementos a analizar: **F**ortalezas, **O**portunidades, **D**ebilidades, **A**menazas

¹² Hosting: Es el servicio que provee a los usuarios de Internet un sistema para poder almacenar información, imágenes, vídeo, o cualquier contenido accesible vía Web.

- Baja inversión.
- Proyecto innovador.
- Plataforma de comunicación con software libre.
- Centro de soporte cerca de las instalaciones.
- Rápida instalación del servicio.

1.4.2 OPORTUNIDADES

Las oportunidades son los factores que puede aprovechar el centro de provisión de Internet del entorno para obtener ventajas competitivas.

Como oportunidades se pueden mencionar:

- Área de cobertura limitada.
- Conocido número de empresas a las que se brindará el servicio
- Flexibilidad de la configuración de los servicios.
- Escalabilidad de servicios.
- Mercado no explotado.
- Convergencia de redes y servicios.
- Reducción de la brecha digital.
- Bajo número de proveedores de Internet en la región.
- Aparición de nuevas tecnologías y equipos que abaratan el costo de implementación de una red.

1.4.3 DEBILIDADES

Las debilidades son aquellos aspectos en los que el centro de provisión de Internet presenta poco control y puede ser superado por sus competidores.

Se tiene como debilidades:

- Empresa nueva en el mercado.
- Uso de tecnología con mayores problemas de interferencia.
- Tecnología propensa a problemas de seguridad de datos.
- Capacidad financiera limitada.

1.4.4 AMENAZAS

Las amenazas son aquellos aspectos del entorno que afectan al centro de provisión de Internet.

Constituyen amenazas para el centro:

- Costos altos de provisión del servicio en el sector.
- Marco legal deficiente.
- Posibles problemas de interferencia mutua con determinados usuarios.
- Falta de conocimientos de los usuarios.
- Grandes competidores pueden llegar a la región.
- Cambios tecnológicos.
- Condiciones ambientales adversas.

1.4.5 ESTRATEGIAS

Las estrategias resultantes del análisis FODA son las que se presentan en la tabla 1.1, las cuales formarán parte de la planificación y posterior desarrollo de este proyecto para la creación del centro de provisión de Internet.

1.5 PROYECCIONES DE CRECIMIENTO

Para realizar las proyecciones de crecimiento del centro de provisión de Internet se tomó como base principal la prestación del servicio a las empresas que se presenten como clientes potenciales en un corto plazo y mediano plazo.

	<p>FORTALEZAS</p> <p>Bajo costo del servicio respecto a contratar cada uno de los usuarios su propio enlace.</p> <p>Movilidad de las estaciones de trabajo del cliente.</p> <p>Mayor control por parte de los usuarios de la calidad del servicio.</p> <p>Gestión unificada de servicios (correo, Internet, sitio Web, Hosting).</p> <p>Bajo costo de la red respecto a implantar una red cableada en el parque industrial.</p> <p>Empresa surgida de la demanda.</p> <p>Escalabilidad tecnológica.</p> <p>Baja inversión.</p> <p>Proyecto innovador.</p> <p>Plataforma de comunicación con software libre.</p> <p>Centro de soporte cerca de las instalaciones.</p> <p>Rápida instalación del servicio.</p>	<p>DEBILIDADES</p> <p>Empresa nueva en el mercado.</p> <p>Uso de tecnología con mayores problemas de interferencia.</p> <p>Tecnología propensa a problemas de seguridad de datos.</p> <p>Capacidad financiera limitada.</p>
<p><u>OPORTUNIDADES</u></p> <p>Área de cobertura limitada.</p> <p>Poco número de empresas a las que se brindará el servicio</p> <p>Flexibilidad de la configuración de los servicios.</p> <p>Escalabilidad de servicios.</p> <p>Mercado no explotado.</p> <p>Convergencia de redes y servicios.</p> <p>Bajo número de proveedores de Internet en la región.</p> <p>Aparición de nuevas tecnologías y equipos que abaratan el costo de implementación de una red..</p>	<p><u>ESTRATEGIAS F/O</u></p> <p>Utilizar equipos con tecnologías innovadoras y servicios completos.</p> <p>Disminuir los costos por el mismo servicio.</p> <p>Captación del mayor número de clientes en el menor tiempo.</p>	<p><u>ESTRATEGIAS D/O</u></p> <p>Ofrecer servicios de valor agregado necesarios actualmente</p> <p>Explotar el uso de la red con una buena implementación y gestión de la misma</p> <p>Implementar mecanismos que garanticen un óptimo funcionamiento</p> <p>Hacer contrato corporativo con CEPIA.</p>
<p><u>AMENAZAS</u></p> <p>Costos altos de provisión del servicio en el sector.</p> <p>Marco legal deficiente.</p> <p>Posibles problemas de interferencia mutua con determinados usuarios.</p> <p>Falta de conocimientos de los usuarios.</p> <p>Grandes competidores pueden llegar a la región.</p> <p>Cambios tecnológicos.</p> <p>Condiciones ambientales adversas.</p>	<p><u>ESTRATEGIAS F/A</u></p> <p>Implementar mecanismos para compartir el servicio con calidad de servicio.</p> <p>Contratación y aumento de la capacidad del servicio basado en la demanda.</p> <p>Utilización de tecnologías que brinden mayor cobertura y acceso a un menor costo.</p> <p>Lograr una infraestructura tecnológica de acceso, adaptable y flexible.</p> <p>Instalaciones del centro de provisión en el PIA.</p>	<p><u>ESTRATEGIAS D/A</u></p> <p>Sacar el mayor provecho de la red basándose en una buena implementación y gestión de la misma.</p> <p>Utilización de nuevas tecnologías que permitan la reducción de los costos en cuanto a infraestructura.</p> <p>Desarrollar esquemas y políticas de seguridad en datos, redes y servicios.</p> <p>Desarrollo de planes de mercadeo y comercialización.</p> <p>Buscar la figura jurídica adecuada para la creación del centro de provisión.</p> <p>Elección de la tecnología a utilizar basándose en pruebas en distintos escenarios ambientales y de trabajo.</p> <p>Dar soporte técnico en sitio.</p>

Estos clientes serán todas aquellas empresas que debido a su actividad de trabajo, crecimiento y necesidades futuras de comunicación y comercio, requerirán en un momento dado acceso al Internet, teniendo un total de 13 empresas listadas¹³. Estas empresas en adición a aquellas que actualmente demandan el servicio constituirán el número total de empresas para realizar el diseño del centro de provisión de Internet.

No se puede establecer una proyección a largo plazo debido a que los factores necesarios para captar nuevos clientes son externos al proyecto, pues éste se encuentra estructurado de forma tal que exclusivamente se brinde el servicio de Internet a las empresas asentadas en el PIA.

Como factor principal se tiene que todos los lotes disponibles en el parque se encuentran vendidos, es por ello nuestra dependencia de las iniciativas por parte de CEPIA para motivar a los propietarios de los mismos a su ocupación, teniendo como la más importante en la actualidad el proyecto Gran Consumidor¹⁴, cuya finalidad es proveer energía eléctrica a las empresas que trabajan en el parque a un costo más bajo del que se paga como tarifa industrial.

¹³ Los nombres de las empresas se los indica en la tabla 3.2.

¹⁴ Revista CEPIA, Edición Jul-Sep. 2005, Pág. 9

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS IEEE 802.11 Y ACCESO DE ÚLTIMA MILLA

Las redes inalámbricas en la actualidad constituyen un mercado de rápido crecimiento y constante evolución, debido a la gran demanda de poder tener una red que permita el acceso a información y recursos en tiempo real sin tener que estar físicamente en un solo lugar.

Con una red de área local inalámbrica, se elimina la necesidad de utilizar cables, haciendo flexible a la red e incrementando la productividad y eficiencia. Así, un usuario dentro de la red puede transmitir y recibir datos, voz o aplicaciones multimedia dentro de un edificio, entre edificios o en un área determinada como un centro comercial o un campus universitario a velocidades aceptables, necesitando solamente de su computador y un dispositivo que lo conecte a la red.

Esta tendencia ha originado la creación de nuevos protocolos y estándares que permitan la interoperabilidad de equipos de distintos fabricantes y que cumplan con las normativas de uso del espectro radioeléctrico en cada país.

Entre las ventajas de las redes inalámbricas sobre las redes fijas se tiene:

- Movilidad: Se proporciona a los usuarios de la red acceso a la información en tiempo real en cualquier lugar dentro del área de cobertura con la facilidad de poder estar en movimiento.
- Simplicidad y rapidez en la instalación: La instalación de una red inalámbrica es rápida y fácil, ya que en la mayoría de los casos se debe realizar una corta configuración para que se encuentre lista para trabajar en la red.

- Flexibilidad: Permite trabajar en puntos de difícil acceso para una red cableada y las configuraciones son fáciles de cambiar y actualizar.
- Costo: En la actualidad el costo de los equipos de redes inalámbricas se ha reducido al punto que su instalación y mantenimiento es significativamente económico.
- Escalabilidad: Los sistemas de red inalámbricos pueden ser configurados en una variedad de topologías para satisfacer las necesidades de las instalaciones y aplicaciones específicas

Como aspectos que son considerados como limitaciones en una red inalámbrica se tiene:

- Seguridad, ya que como el medio de transmisión no presenta limitaciones físicas, es importante proveer de mecanismos que permitan que la información viaje segura.
- Interferencia, producida por equipos y condiciones ambientales del medio circundante que afectan el normal funcionamiento de la red.
- Velocidad y ancho de banda, que brinden los equipos y la tecnología dependiendo del uso y aplicaciones que tenga que soportar la red.
- Conectividad, que garantice que el diseño realizado brinde la cobertura a toda el área indicada.
- Consumo de energía, que constituye un nuevo aspecto a considerar, pues como en las redes inalámbricas fueron creadas para garantizar la movilidad de los usuarios, se deben considerar protocolos, aplicaciones y políticas cuya utilización emplee el menor consumo de energía de los equipos.
- Salud, al tratarse de redes que utilizan radiofrecuencia, se deben establecer límites de potencia de transmisión y/o recepción por parte de los equipos.

2.1 ARQUITECTURA IEEE 802.11 ^{[6][7][8]}

2.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

IEEE 802.11 es un estándar para redes inalámbricas definido por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) por primera vez en 1997 y su objetivo es establecer esquemas para poder interconectar varios equipos en una red sin la necesidad de cables.

Ha sido creado para desarrollar una especificación de capa física y de capa de control de acceso al medio para la conectividad de estaciones fijas, móviles y portátiles dentro de un área local.

Permite velocidades de 1 y 2 Mbps dependiendo de la tecnología de capa física utilizada y trabaja en la banda de frecuencia ISM¹⁵ de 2.4 GHz.

Utiliza la misma capa de enlace lógico (LLC) de los estándares IEEE 802 para que su funcionamiento sea transparente a las capa superiores.

2.1.1.2 Topologías

Las topologías de red que define el estándar IEEE 802.11 para una red inalámbrica son las siguientes:

- Ad hoc
- De Infraestructura

¹⁵ *Industrial, Scientific and Medical*. Bandas de RF reservadas internacionalmente para usos no comerciales.

a. Red Ad hoc

Es una red compuesta de estaciones que se comunican mutuamente mientras se encuentren dentro de su rango de cobertura, sin la necesidad de un punto de acceso.



Figura 2.1 Red Ad hoc ^[34]

b. Red de Infraestructura

Es una red que necesita de un punto de acceso para que todas las estaciones de la red se puedan comunicar. Para la comunicación entre dos estaciones, el punto de acceso recibe los datos de la estación transmisora y los envía a la estación de destino.

Como ventajas de este tipo de red se tiene que el área de cobertura está definida por el punto de acceso, es decir será toda el área dentro de la que una estación pueda mantener comunicación con el punto de acceso. Se puede tener un modo de ahorro de energía para las estaciones cuando no mantengan una comunicación, ya que el punto de acceso puede indicarles cuándo entrar o salir de este estado.

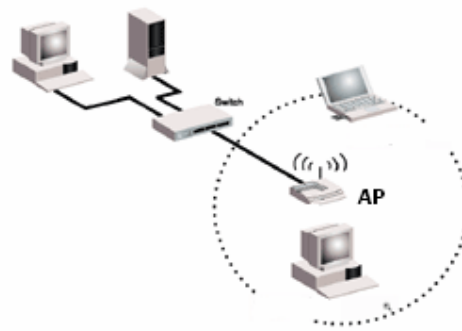


Figura 2.2 Red de infraestructura ^[34]

2.1.1.3 Componentes

Una red IEEE 802.11 está formada por los siguientes elementos:

- Medio inalámbrico (WM)
- Estación (STA)
- Conjunto de Servicios Básicos (BSS)
- Conjunto de Servicios Básicos Independiente (IBSS)
- Área de Servicios Básicos (BSA)
- Sistema de Distribución (DS)
- Punto de Acceso (AP)
- Portal
- Conjunto de Servicios Extendidos (ESS)

Medio Inalámbrico, *Wireless Medium* (WM): Es el medio utilizado para implementar una red inalámbrica.

Estación, *STAtion* (STA): Es el dispositivo que tiene una interfaz de red inalámbrica a través de la cual se accede a la red.

Conjunto de Servicios Básicos, *Basic Service Set* (BSS): Es el bloque básico de construcción de una red LAN IEEE 802.11 y está formado por un

conjunto de estaciones controladas por una función de coordinación. Toda estación podrá comunicarse con los demás miembros del BSS mientras se encuentre dentro del mismo.

Conjunto de Servicios Básico Independiente, *Independent Basic Service Set* (IBSS): Es un BSS que no tiene relación con otros BSSs y las estaciones que lo componen se comunican directamente (Ad hoc).

Área de Servicios Básicos, *Basic Service Area* (BSA): Es el área de cobertura de un BSS.

Sistema de Distribución, *Distribution System* (DS): Sistema utilizado para interconectar múltiples BSSs e integrar otras redes de área local.

Punto de Acceso, *Access Point* (AP): Es el dispositivo que permite la integración entre BSSs y el acceso a los servicios distribuidos.

Portal: Es el punto de integración lógica entre una red LAN cableada y una red IEEE 802.11 para acceso a Internet. En la actualidad es muy común tener un solo dispositivo que actúe como portal y punto de acceso a la vez.

Conjunto de Servicios Extendidos, *Extended Service Set* (ESS): Es un conjunto de uno o varios BSSs y redes de área local integradas que aparecen como un BSS para la capa de control de enlace lógico (LLC) en una estación que se encuentre en un BSS asociado.

Los componentes de la arquitectura IEEE 802.11 anteriormente indicados se muestran en la figura 2.3.

2.1.1.4 Servicios

Aunque el estándar IEEE 802.11 no especifica la implementación del Sistema de Distribución, indica el conjunto de servicios que debe prestar y son utilizados por la subcapa MAC.

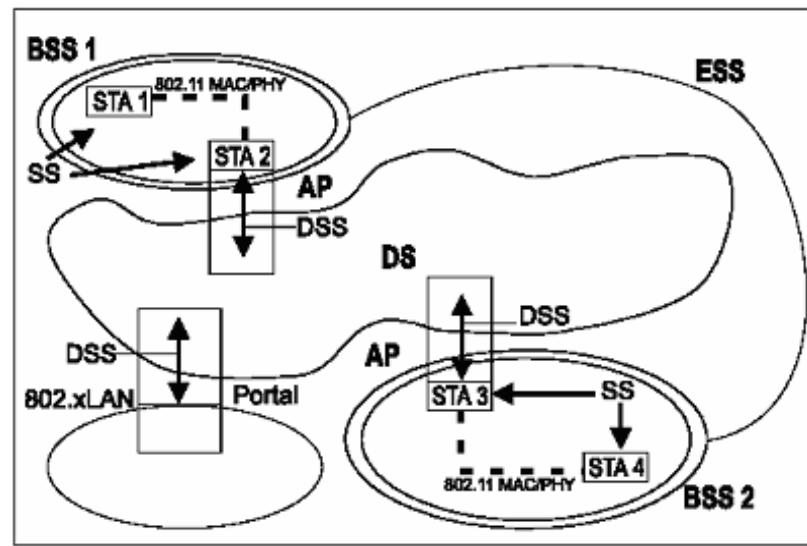


Figura 2.3 Componentes de la arquitectura IEEE 802.11^[6]

Están divididos en dos grupos:

- Servicios de Estación (SS)
- Servicios del Sistema de Distribución (DSS)

a. Servicios de Estación (SS)

Son los servicios provistos por las estaciones (incluyendo el AP) y soportan el transporte de MSDUs (*MAC Service Data Unit*) dentro de un BSS.

Los servicios de estación son:

Autenticación: Utilizado para la identificación y autorización de las estaciones a la red inalámbrica. El estándar no indica el uso de un esquema de autenticación en particular.

Desautenticación: Utilizado para terminar una relación de autenticación.

Privacidad: Utilizado para asegurar la confidencialidad de los datos transmitidos.

Entrega de MSDU: Utilizado para la entrega de los paquetes fragmentados y ensamblados desde la capa LLC hacia la capa física.

b. Servicios del Sistema de Distribución (DSS)

Son provistos por el punto de acceso y utilizados para superar las limitaciones lógicas ofrecidas por el medio y el espacio de direcciones cuando la estación entra y sale del área de cobertura.

Los servicios del sistema de distribución son:

Asociación: Utilizado para la asignación de una estación a un BSS. La estación realiza la petición y el punto de acceso puede aceptar o rechazar la solicitud. Una estación puede solo estar asociada a un punto de acceso a la vez.

Disociación: Utilizado para terminar una asociación, eliminando la asignación de un BSS a una estación (en un ESS se indica al DS borrar toda la información existente de la asociación).

Distribución: Permite la comunicación de datos entre estaciones de BSSs conectadas al mismo DS.

Integración: Permite el intercambio de información entre la red IEEE 802.11 y otras redes no-IEEE 802.11 conectadas.

Reasociación: Permite a las estaciones el cambio de un punto de acceso a otro, o del BSS asignado a otro.

Así, una estación puede encontrarse en uno de tres estados posibles de acuerdo a los servicios de autenticación y asociación:

- No autenticado, no asociado: La estación está fuera de la red.
- Autenticado, no asociado: La estación está autenticada pero no puede intercambiar datos con la red.
- Autenticado, asociado: La estación se encuentra en la red y puede enviar y recibir datos.

2.1.1.5 Movilidad

El desarrollo actual del estándar IEEE 802.11 se basa en la capacidad de que las estaciones que forman parte de la red puedan mantener una comunicación mientras se encuentran en movimiento. La movilidad puede causar los siguientes tipos de transición:

No Transición: Ocurre cuando la estación no se encuentra en movimiento o está en movimiento dentro del BSA del punto de acceso al que se encuentra asociada.

Transición BSS: Ocurre cuando una estación se mueve a la BSA administrada por otro punto de acceso en el mismo ESS.

Transición ESS: Ocurre cuando una estación se mueve a un BSS en un distinto ESS.

2.1.2 CAPA FÍSICA

Al ser en una red inalámbrica el medio de transmisión el aire, las características de propagación son dinámicas, por lo cual un pequeño cambio en la dirección o posición de los elementos en el medio circundante puede alterar considerablemente la cobertura de comunicación de los equipos en la red.

La capa física original del estándar IEEE 802.11 incluye tres técnicas, dos de radiofrecuencia de espectro ensanchado y una de infrarrojo. Cada una define la modulación y velocidades con las que puede trabajar.

Están definidas para trabajar en la banda de frecuencia ISM de 2.4 GHz, la cual no requiere licencia para el uso del espectro radioeléctrico y utilizan mecanismos que permiten satisfacer los requerimientos regulatorios, incrementar el rendimiento, dar confiabilidad y compartir el medio con la menor interferencia.

Estas técnicas son:

- Espectro Ensanchado en Secuencia Directa (DSSS)
- Espectro Ensanchado en Salto de Frecuencia (FHSS)
- Infrarrojos (IR)

La tabla 2.1 indica las características más importantes de las técnicas que tiene la capa física.

<i>ESTANDAR IEEE 802.11</i>						
CAPA FÍSICA	DSSS		FHSS		Infrarrojo	
FRECUENCIA	2.4 GHz		2.4 GHz		300000 GHz	
MODULACIÓN	BPSK	QPSK	2GFSK	4GFSK	16PPM	4PPM
VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	1Mbps	2Mbps	1Mbps	2Mbps	1Mbps	2Mbps
CONTROL DE ACCESO AL MEDIO	CSMA/CA , RTS/CTS					
ÁREA (EXTERIOR/INTERIOR)	100 - 300 / 20 - 100 metros				20 - 30 / 10 metros	

Tabla 2.1 Características de las técnicas de Capa Física IEEE 802.11¹⁶

¹⁶ <http://www.soi.wide.ad.jp/class/99007/slides/09/29.html>

2.1.2.1 Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS)

La técnica de transmisión DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) utiliza la secuencia de Barker, donde cada bit se transmite como 11 *chips*¹⁷. Este proceso emplea un ancho de banda más extenso del requerido para transmitir datos en banda estrecha, con el fin de reducir el efecto de fuentes de interferencia y la necesidad de retransmitir los datos, permitiendo su recuperación así una parte estén dañados. Utiliza dos técnicas de modulación, BPSK (*Binary Phase Shift Keying*), para tener una velocidad de transmisión de 1 Mbps y QPSK (*Quadrature PSK*) para una velocidad de transmisión de 2 Mbps.

Divide el ancho de banda de 83 MHz en 14¹⁸ canales superpuestos parcialmente de 22 MHz y se utilizan 3 canales que no se superpongan para enviar los datos por uno de ellos, permitiendo de esta forma que se puedan utilizar estos tres canales de forma simultánea en la red.

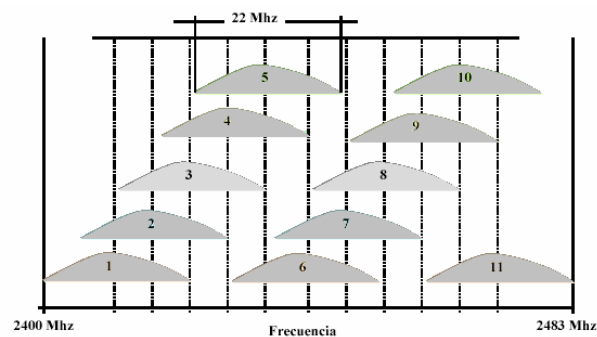


Figura 2.4 Asignación de canales para EEUU ^[19]

2.1.2.2 Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia (FHSS)

FHSS (*Frequency-Hopping Spread Spectrum*) constituye la primera implementación de espectro ensanchado y por su funcionamiento consume menos potencia que DSSS.

¹⁷ Secuencia o patrón de bits pseudoaleatorios.

¹⁸ Se utiliza en EEUU y Canadá 11 canales, en Europa 13 canales y Japón 1 canal. Ecuador utiliza 11 canales.

Esta técnica transmite la información en diferentes bandas de frecuencias, saltando de una a otra en forma aleatoria durante un intervalo de tiempo determinado hasta completar un patrón conocido.

Utiliza 79¹⁹ canales, cada uno de los cuales tiene un ancho de banda de 1 MHz. Deben existir al menos 75²⁰ saltos de frecuencia y los intervalos nominales son de 400 ms.

La secuencia de saltos de frecuencia es definida por una secuencia pseudoaleatoria indicada en tablas en el estándar²¹ y es conocida tanto por el transmisor como el receptor. Si ocurre una interferencia en una frecuencia, el paquete se retransmite para el siguiente salto. Esto permite que dos estaciones puedan transmitir simultáneamente a diferentes frecuencias durante un período de tiempo.

Emplea modulación 2GFSK (Gaussian *Frequency Shift Keying*) para velocidades de transferencia de 1 Mbps y 4GFSK para velocidades de transferencia de 2 Mbps.

Esta técnica ofrece una resistencia al desvanecimiento por múltiples rutas y es robusta frente a la interferencia de radio.

2.1.2.3 Infrarrojos

Esta técnica trabaja en la banda de frecuencia de 300.000 GHz y permite ser utilizada en ambientes donde no es necesario línea de vista, ya que utiliza mecanismos de transmisión difusa. Tiene un alcance de 30 metros en exteriores en óptimas condiciones ambientales y 10 metros en interiores.

La norma IEEE 802.11 especifica dos modulaciones para esta tecnología:

¹⁹ Para EEUU y Europa, para Japón son 23. Ecuador utiliza 79 canales.

²⁰ Para EEUU, 23 para Europa y no se define un mínimo para Japón. Ecuador utiliza 75 saltos de frecuencia.

²¹ Anexo C del estándar IEEE 802.11, edición 1999.

- Modulación 16 PPM²²: Permite velocidades de 1 Mbps
- Modulación 4 PPM: Permite velocidades de 2 Mbps.

Ya que la radiación infrarroja no puede atravesar paredes y presenta una gran atenuación con objetos sólidos (como una ventana exterior), se utiliza típicamente en entornos de interior para implementar enlaces punto a punto de corto alcance o redes locales de entornos muy localizados.

2.1.3 SUBCAPA MAC

El estándar IEEE 802.11 separa la capa física y la capa de acceso al medio para utilizar la misma capa de control de enlace lógico (LLC) de la familia IEEE 802, utilizando un direccionamiento de 48 bits, con lo que se puede establecer la comunicación entre una red LAN IEEE 802.11 y una red cableada.

Utiliza como método de acceso al medio en la subcapa MAC el protocolo CSMA/CA (*Carrier-Sense Multiple Access with Collision Avoidance*), que a diferencia del protocolo usado en 802.3, evita colisiones en lugar de detectarlas, ya que el medio utilizado es inalámbrico. Emplea fragmentación para el envío de tramas de gran tamaño con el fin de evitar colisiones.

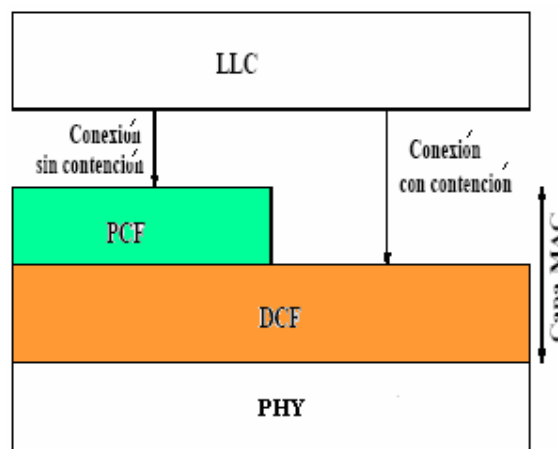


Figura 2.5 Arquitectura MAC⁶¹

²² PPM. Modulación por Pulsos.

2.1.3.1 Formato de la trama MAC

La trama MAC está formada por:

- Cabecera MAC
- Cuerpo de trama de longitud variable
- Secuencia de chequeo de trama (FCS)²³

Cabecera MAC: Está formada por todos los campos necesarios para que la trama pueda llegar a la estación receptora a través de la red.

Cuerpo de trama de longitud variable: Según el tipo de trama, contiene la información que se desea enviar.

Secuencia de chequeo de trama (FCS): Es una secuencia de 32 bits generada por un código de redundancia cíclica (CRC) para poder determinar la validez de los datos enviados en la trama. Para su cálculo se toma en cuenta la cabecera MAC y el cuerpo de la trama.

La figura 2.6 muestra el formato de la trama MAC.

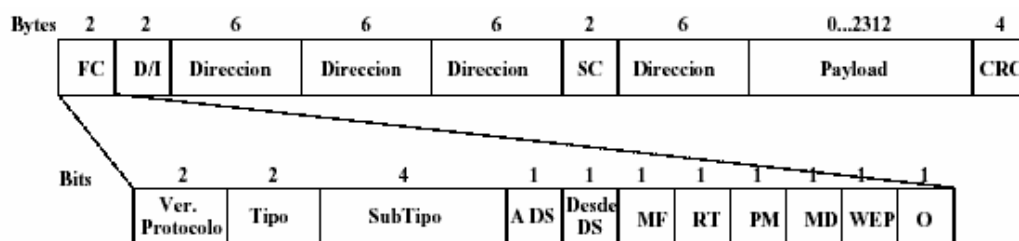


Figura 2.6 Formato de Trama MAC⁽⁷⁾

La cabecera MAC está formada por los siguientes campos:

²³ *Frame Check Sequence*. Secuencia de chequeo de trama

Campo de Control de Trama: Dentro de este campo se tiene:

- Versión de Protocolo: Indica la versión del protocolo. Valor por defecto 0.
- Tipo: Indica el tipo de trama. Las tramas pueden ser de administración, datos o control.
- Subtipo: Indica la función de la trama.
- To DS: Indica (valor = 1) si la trama está destinada al DS o no.
- From DS: Indica (valor = 1) si la trama fue enviada desde el DS
- More Fragments (MF): Indica (valor = 1) si la información es fragmento de una MSDU.
- Retry (RT): Indica (valor = 1) si la trama es una retransmisión de la trama anterior.
- Power Management (PM): Indica el modo de administración de potencia del emisor. Tiene el valor de 1 si está en modo de ahorro de energía o el valor de 0 si está en modo activo.
- More Data (MD): Indica si el emisor tiene más datos para enviar.
- WEP: Indica si la trama ha sido (valor = 1) o no procesada con el algoritmo WEP²⁴.
- Order (O): Indica (valor = 1) si el servicio de entrega está en un orden estricto.

Campo Duración / ID: Indica el tiempo que se utilizará el canal.

Campo Address: Indica la dirección de origen, dirección de destino, dirección de la estación transmisora y dirección de la estación receptora. Trabaja con los campos *To DS* y *From DS* de la cabecera MAC.

Campo de Control de Secuencia: Indica el número de secuencia y el número de fragmento de la trama.

²⁴ Algoritmo indicado en la sección 2.4.2.2.

2.1.3.2 Función de Coordinación Distribuida (DCF)

Su funcionamiento se basa en CSMA/CA y utiliza tanto la detección del canal físico como la del canal virtual. Puede ser implementada en todas las estaciones y es soportada tanto en redes de infraestructura como en redes Ad hoc.

El procedimiento que utiliza para detectar el canal físico se detalla a continuación:

- Si una estación desea transmitir, debe escuchar el medio para determinar si está libre.
- Si el medio no está ocupado, la estación transmite, esperando antes de transmitir un tiempo adicional denominado espacio entre tramas (IFS)²⁵.
- Si el medio está ocupado, la estación espera hasta que finalice la transmisión actual.
- Después de esperar o antes de realizar otra transmisión, la estación ejecuta el algoritmo de *Backoff* para determinar el intervalo aleatorio de tiempo después del que puede transmitir. Este intervalo se denomina ventana de contención.

El algoritmo distribuido CSMA/CA indica que se deba esperar un intervalo de duración (IFS) para la transmisión de tramas. Debido a estos tiempos es que la DFC y PCF pueden trabajar al mismo tiempo dentro de una estructura denominada supertrama.

Un perfeccionamiento del método puede ser usar tramas de control pequeñas RTS/CTS para minimizar las colisiones entre las estaciones transmisora y receptora. Este método es usado para la detección del canal virtual y se indica a continuación:

²⁵ *InterFrame Space*.

- La estación A envía una trama RTS solicitando a la estación B permiso para enviarle una trama.
- Si la estación B desea recibir la trama envía como respuesta una trama CTS.
- Una estación C que este esperando por el canal libre al escuchar una de estas dos tramas establece un tiempo de espera del canal (NAV)²⁶ basado en la información del campo de duración de trama.
- La estación A recibe el CTS envía la trama e inicia el temporizador del acuse de recibo (ACK).
- Si la estación B recibe correctamente la trama de datos envía un ACK.
- Si el temporizador del ACK de la estación A termina antes de que llegue el ACK el proceso inicia de nuevo, caso contrario se determina una transmisión exitosa.

Debido a que una trama grande tiene mayores probabilidades de tener una colisión, se establece la fragmentación de tramas como una alternativa.

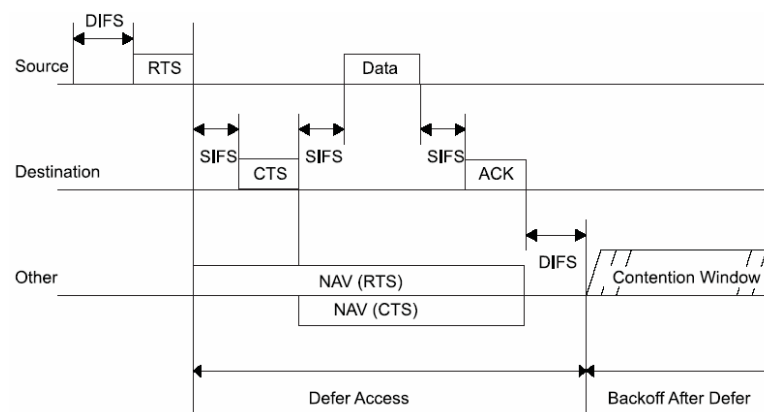


Figura 2.7 Acceso con DCF utilizando RTS/CTS ^[6]

²⁶ *Network Allocation Vector*. Vector de reserva de red. Es utilizado para mantener una predicción de tráfico futuro basado en la información del campo de duración de trama.

2.1.3.3 Función de Coordinación Puntual (PCF)

Durante el tiempo en que el sistema trabaja con PCF, el punto de acceso actúa como coordinador central del acceso (PC) y sondea cada estación por datos. Ninguna estación puede transmitir o recibir datos desde el punto de acceso hasta que sean poleadas.

Es útil para la transmisión de datos de alta prioridad como voz y video, y puede resultar ineficiente en grandes redes debido al alto tiempo que debe esperar una estación para acceder al medio. Esta función de coordinación solo se aplica en redes de infraestructura por ser necesaria la presencia de un AP.

2.1.4 ESTÁNDAR IEEE 802.11a

La especificación IEEE 802.11a fue publicada en el año 2002 y trabaja en la banda de frecuencia de los 5 GHz.

Utiliza OFDM²⁷ (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) que divide la señal de radio en varias subportadoras, que son transmitidas simultáneamente hacia el receptor en diferentes frecuencias por diferentes subcanales. El espectro asignado se divide en 8 canales de 20 MHz cada uno, donde en cada canal es subdividido a su vez en 52 subcanales (48 para datos y 4 para sincronización), cada uno aproximadamente de 300 KHz. Cada subcanal puede transmitir y recibir simultáneamente y cada señal individual representa una fracción del total de datos.

Permite velocidades de:

- 6 y 9 Mbps utilizando BPSK,
- 12 y 18 Mbps utilizando QPSK,
- 24 y 36 Mbps con 16 QAM
- 48 y 54 Mbps con 64 QAM

²⁷ Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.

Se tiene compatibilidad únicamente con productos que implementen el mismo estándar. Presenta robustez a la interferencia de radio y a los desvanecimientos multitrayecto y selectivo en frecuencia.

2.1.5 ESTÁNDAR IEEE 802.11b

Fue aprobado en Julio de 1999 y trabaja en la banda de frecuencia de 2.4 GHz.

Utiliza HR-DSSS (*High Rate DSSS*) para poder trabajar a velocidades de transferencia de 1, 2, 5.5 y 11 Mbps.

Para 1 y 2 Mbps emplea modulación BPSK y QPSK respectivamente con la secuencia de Barker. Para 5.5 y 11 Mbps emplea la modulación QPSK utilizando adicionalmente CCK (*Complementary Code Keying*), el cual consiste de un conjunto de 64 códigos de 8 bits. Para velocidades de 5.5 Mbps emplea código de 4 bits, mientras que 11 Mbps utiliza 8 bits. En ambas velocidades se transmite a 1.375 Mbaudios.

Para soportar ambientes ruidosos, 802.11b, emplea DRS (*Dynamic Rate Shifting*), el cual permite ajustar automáticamente la velocidad dependiendo de las condiciones existentes.

VELOCIDAD DATOS (Mbps)	LONGITUD CÓDIGO	MODULACIÓN	VELOCIDAD SÍMBOLOS	BITS/SÍMBOLO
1	11(Barker)	BPSK	1MBaudio	1
2	11(Barker)	QPSK	1MBaudio	2
5.5	8 (CCK)	QPSK	1.375MBaudio	4
11	8 (CCK)	QPSK	1.375MBaudio	8

Tabla 2.2 Principales características del Estándar IEEE 802.11b²⁸

²⁸ IEEE, Estándar 802.11b, 1999.

2.1.6 ESTÁNDAR IEEE 802.11g

Aprobado en Junio del 2003 y creado para trabajar en la banda de frecuencia ISM de 2.4 GHz para ser compatible hacia atrás con 802.11b, permitiendo velocidades de hasta 54 Mbps con un mayor alcance y menor consumo de potencia que 802.11a.

Utiliza OFDM y OFDM-CCK como técnicas de modulación.

2.1.7 OTROS ESTÁNDARES IEEE 802.11

Dentro del grupo IEEE 802.11 se tienen además los siguientes estándares:

- 802.11d: Estándar relacionado a las diferencias regionales de tecnologías y *Roaming* internacional.
- 802.11c: Especifica métodos de conmutación con el fin de poder interconectar diferentes tipos de redes mediante redes inalámbricas.
- 802.11e: Define la calidad de servicio (QoS)²⁹
- 802.11f: Protocolo para la comunicación entre puntos de acceso y de los clientes móviles fuera de la zona entre puntos de acceso (roaming).
- 802.11h: Permite la asignación dinámica de canales con control automático de potencia, para minimizar posibles interferencias. Se lo denomina 802.11a para Europa.
- 802.11j: Estándar que permitirá la intercomunicación entre diferentes tipos de estándares inalámbricos: IEEE (802.11) , ETSI³⁰ (HiperLan2)³¹ y ARIB³² (HisWANa)³³

²⁹ *Quality of Service*. Calidad de servicio.

³⁰ *European Telecommunications Standards Institute*. Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones.

³¹ Estándar Europeo para la conexión inalámbrica entre varias redes en la banda de frecuencia de 2.4 GHz a 54 Mbps.

³² *Association of Radio Industries and Businesses*. Asociación Asiática que trabaja en los campos de radio y telecomunicaciones.

³³ Estándar de comunicación inalámbrico desarrollado por ARIB.

- 802.11k: Define el intercambio de información de capacidad entre clientes y Puntos de Acceso.
- 802.11n: Nueva generación de redes inalámbricas de alta velocidad (100 Mbps). Actualmente en desarrollo.

2.2 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS ^{[10] [11] [12]}

Una red inalámbrica en su diseño más simple está formada por un punto de acceso y una tarjeta de red en el lado del cliente.

Adicionalmente se puede tener otros dispositivos que se agregan a la red para interconectar los equipos o en redes que presentan características especiales.

2.2.1 PUNTO DE ACCESO

Dispositivo transmisor/receptor que se utiliza como punto de comunicación entre usuarios de una red inalámbrica, adicionalmente permite la interconexión con una red cableada.

El número de usuarios que soporta depende de las características del equipo y el área de cobertura del fabricante, medio ambiente y la tecnología que utiliza, siendo un promedio de 30 a 50 metros en interiores y 100 a 300 metros en exteriores.

Por lo general este dispositivo debe ser colocado en una ubicación alta y que presente la mayor visibilidad de los puntos a conectarse. En la actualidad la configuración del equipo se la realiza a través de una interfaz gráfica de configuración en un PC.



Figura 2.8 Punto de Acceso ^[25]

2.2.2 TARJETA O ADAPTADOR DE RED INALÁMBRICO

Dispositivo que permite la conexión de una estación a la red inalámbrica. Existen tres tipos de adaptadores inalámbricos de red para conectar computadores portátiles y de escritorio. Estos son:

a. Adaptador para computadores de escritorio

Constituye el dispositivo que conecta un computador de escritorio y la red inalámbrica. Por lo general es una tarjeta PCI con una antena integrada en el circuito o con una entrada para una tarjeta externa.



Figura 2.9 Adaptador de red para computador de escritorio ^[25]

b. Adaptador para computadores portátiles

Es una tarjeta PCMCIA que se coloca en el computador portátil para poder tener conectividad a la red inalámbrica. Por lo general tiene la antena integrada en el circuito.



Figura 2.10 Adaptador de red para computador portátil ^[25]

c. Adaptador para computador de tipo USB

Estos dispositivos se conectan a la interfaz USB de una computadora de escritorio o portátil. Es un tipo de conexión externa y permite orientar de mejor manera la antena para obtener una mejor recepción.



Figura 2.11 Adaptador para computador de tipo USB ^[25]

2.2.3 ANTENA

Una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas. Se utiliza como la interfaz entre un transmisor y el espacio libre o viceversa.

Como parámetros principales que se tienen en una antena están:

- Eficiencia: Se define como la relación entre la potencia radiada por la antena y la potencia que se entrega a la misma antena.
- Área Efectiva: Es el área que cubre la antena con una señal satisfactoria.
- Patrón de radiación: Diagrama que representa la radiación de la potencia de una antena.
- Ganancia: Es la relación entre la intensidad de radiación en una dirección determinada y la intensidad de potencia de una antena isotrópica con la misma potencia que radia de forma igual en todas direcciones.
- Polarización: Es la orientación del campo eléctrico radiado por la antena.
- Ancho de Banda: Es el rango de frecuencias sobre las cuales opera la antena de forma satisfactoria.

De acuerdo a la cobertura las antenas se clasifican en omnidireccionales y direccionales.

a. Omnidireccional

Es aquella que irradia energía en todas las direcciones de un campo (horizontal o vertical) con un haz amplio y de corto alcance.



Figura 2.12 Antena omnidireccional^[33]

b. Direccional

La antena direccional es aquella en que la mayor parte de la energía es radiada en una dirección en concreto.



Figura 2.13 Antena direccional^[33]

2.2.4 OTROS DISPOSITIVOS

Se pueden encontrar otros dispositivos que aunque no se utilizan en todas las redes inalámbricas, suelen usarse para configuraciones adicionales.

2.2.4.1 Router Inalámbrico

Es un *router* que además de presentar entradas de datos para redes cableadas, presenta una interfaz para redes inalámbricas.



Figura 2.14 Router inalámbrico³⁴

³⁴ <http://clintjcl.files.wordpress.com/2006/07/delme-router.jpg>

2.2.4.2 Pigtail

Un pigtail es un conector desde la interfaz de la tarjeta de red hasta un BNC de uso común.

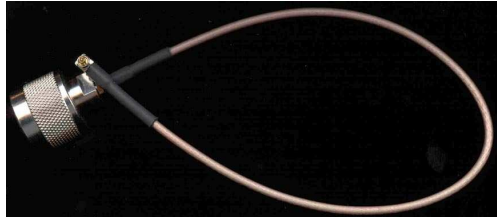


Figura 2.15 Pigtail³⁵

2.2.4.3 Amplificadores Externos

Estos dispositivos permiten aumentar la potencia transmitida y el área de cobertura.



Figura 2.16 Amplificador externo^[25]

2.2.4.4 Bridge Inalámbricos

Equipo que permiten la conexión de un dispositivo de una red cableada (como una impresora o consola de videojuegos) a una red inalámbrica.



Figura 2.17 Bridge inalámbrico³⁶

³⁵ <http://seattlewireless.net/images/uploaded/14563.1002170041.jpg>

³⁶ <http://clintjcl.files.wordpress.com/2006/07/delme-router.jpg>

2.3 TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE ÚLTIMA MILLA ^{[13] [7] [8]}

2.3.1 INTRODUCCIÓN

La última milla o red de acceso del cliente la constituyen los equipos o medios utilizados para llegar desde el punto de acceso del proveedor hasta el equipo terminal del usuario.

Constituye uno de los aspectos más importantes dentro de la prestación del servicio, ya que si no se selecciona la tecnología adecuada pueden presentarse problemas con el normal desempeño del servicio.

La elección de la última milla depende de varios factores, entre los que se puede mencionar: el servicio demandado, condiciones ambientales existentes, costos, permisos de funcionamiento de tecnologías por parte del ente regulador, características del medio de transmisión, distancias entre los puntos de conexión y el área de cobertura. La figura 2.18 muestra algunas de las tecnologías de últimas millas disponibles actualmente.

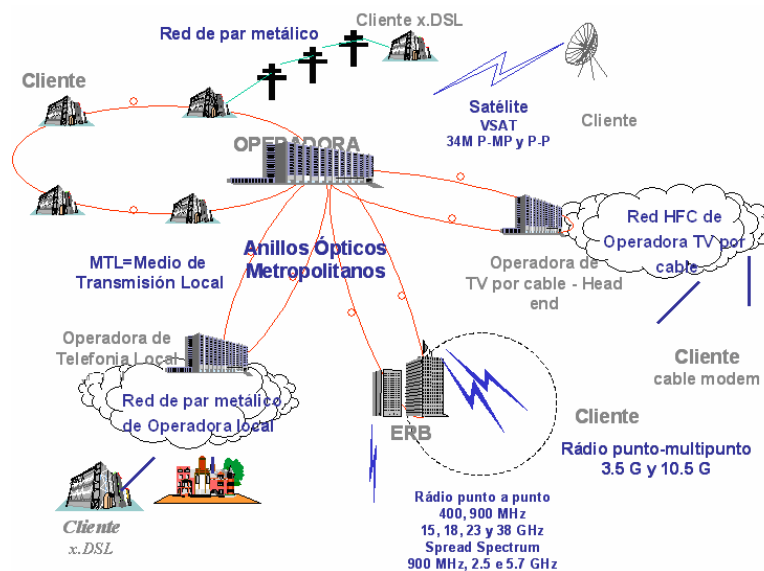


Figura 2.18 Tecnologías de última milla³⁷

³⁷ <http://www.endofwires.com/archivos/noticias/accesos-de-ultima-milla.php>.

El futuro de las redes de acceso de última milla apunta a la creación de nuevas alternativas y/o la fusión de algunas existentes debido a la rápida convergencia actual de las tecnologías, como es el caso de la transmisión de datos de aplicaciones multimedia, voz sobre IP, televisión por Internet, que cada día hacen necesario un medio capaz de brindar un mayor ancho de banda a los usuarios.

Se puede clasificar las tecnologías de transmisión de última milla en:

- Tecnologías de transmisión de última milla de acceso por cable
- Tecnologías de transmisión de última milla de acceso inalámbrico

2.3.2 TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE ÚLTIMA MILLA DE ACCESO POR CABLE

Constituyen aquellas tecnologías que utilizan un medio guiado para realizar la transmisión de los datos entre el nodo del proveedor y el usuario.

Dentro de las tecnologías de transmisión de última milla de acceso por cable se puede encontrar:

- Par de Cobre
- Fibra Óptica/Coaxial
- Red Eléctrica

2.3.2.1 Par de cobre

Este tipo de redes emplea un par de cables de cobre como medio para transportar la información entre dos puntos distantes. La red más utilizada constituye la red tradicional de telefonía, a la que se agrega distintos componentes según la tecnología escogida para poder disponer del ancho de banda requerido.

Entre estas tecnologías se tiene RDSI y XDSL.

2.3.2.1.1 RDSI

La **Red Digital de Servicios Integrados** o ISDN (*Integrated Service Digital Network*), facilita las conexiones digitales extremo a extremo utilizando estándares normalizados de acceso para proporcionar una amplia gama de servicios como voz y datos.

Como ventajas de RDSI frente a la conexión tradicional por módem telefónico se tienen la velocidad, conexión de múltiples dispositivos en la misma línea, integración de varios servicios en la misma infraestructura y confiabilidad de la conexión.

Para el transporte de la información se han definido los siguientes canales:

- Canal B: Encargado de la transmisión de servicios como voz y datos a 64 Kbps.
- Canal D: Para señalización a 16 o 64 Kbps.
- Canal H: Que se obtienen de la combinación de varios canales B y destinados a la transmisión de información a velocidades superiores a 64 Kbps.

Se tiene dos tipos de RDSI:

a. RDSI de banda estrecha

Permite la comunicación a velocidades de 64 Kbps o mayores. Tiene dos tipos de accesos, el acceso básico o BRI (*Basic Rate Interface*) que brinda una capacidad menor (192 Kbps), y el acceso primario o PRI (*Primary Rate Interface*) el cual brinda una alta capacidad (entre 1.544 y 2.048 Kbps).

Una interfaz BRI tiene dos canales B *full-duplex* de 64 Kbps y un canal D full-duplex de señalización de 16 Kbps.

Una interfaz PRI está formada por 23 canales B y 1 canal D para EEUU, Canadá y Japón, mientras que en Europa está formada de 30 canales B y 1 canal D.

Muchos fabricantes de hardware para RDSI permiten la agregación de canales utilizando protocolos propios. De esta forma solo es posible conectar con usuarios que utilicen hardware del mismo fabricante. Para garantizar la compatibilidad entre equipos de diversos fabricantes es conveniente que el hardware soporte el protocolo MPPP (*Multilink point to point protocol*)³⁸.

b. RDSI de banda ancha

Esta red mejora las características de la RDSI actual, con una velocidad de trabajo entre 2 Mbps y 100 Mbps. Estas velocidades permiten aumentar el número de servicios que ofrece la red.

Para lograr esas características, la RDSI de banda ancha hace uso de la tecnología de *redes ATM*³⁹.

Como aplicaciones de esta tecnología se encuentran los servicios de televisión digital de alta definición por cable.

2.3.2.1.2 XDSL

La tecnología DSL, *Digital Subscriber Line* (Línea de abonados Digitales) es una tecnología que emplea la línea telefónica para el transporte de datos a

³⁸ Método de filtrado, recombina y realiza la secuencia de datos a través de múltiples enlaces lógicos de datos.

³⁹ *Asynchronous Transfer Mode*. Red de conmutación de circuitos que transmite tráfico de datos en pequeñas celdas de tamaño fijo (53 bytes).

mayores velocidades, permitiendo el acceso a aplicaciones que requieren un gran ancho de banda.

Permite la transmisión de un flujo de datos de forma simétrica y asimétrica según los requerimientos del cliente a través de una conexión punto a punto, máximo una distancia de 6 kilómetros.

Utiliza tres tipos de modulación para alcanzar altas velocidades, que son 2B1Q (*2Binary-1Quaternary*), CAP (*Carrier-less Amplitude and Phase*) y DMT (*Discrete Multitone Modulation*), permitiendo que el circuito de cobre soporte varios canales, siendo habitualmente tres: uno para voz, uno para el canal de datos de subida y otro para el canal de datos de bajada.

Se requiere un terminal XDSL en cada extremo del circuito de cobre, el cual permite el funcionamiento simultáneo de la línea telefónica y la transmisión de datos. Este equipo se denomina *splitter* ya que realiza el proceso de filtrado de la señal de voz y la de datos. DSL no necesita amplificadores ni repetidores entre el equipo del cliente y el primer nodo de red.

Como variantes de la tecnología XDSL según la distancia que se cubre entre módems, la velocidad de transmisión y la simetría del tráfico se tienen las siguientes:

- HDSL (*High-bit-rate Digital Subscriber Line*)
- S-HDSL (*Single-Pair High-bit-rate Digital Subscriber Line*)
- SDSL (*Symmetric Digital Subscriber Line*)
- ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*)
- RADSL (*Rate Adaptive Digital Subscriber Line*)
- VDSL (*Very High-bit-rate Digital Subscriber Line*)

TIPO	Vel. Max. Subida	Vel. Max. Bajada	Dist. Maxima.
HDSL	2 Mbps	2 Mbps	3.5 Km
S-HDSL	2 Mbps	2 Mbps	5.4 Km
SDSL	1.5 Mbps	1.5 Mbps	3.5 Km
ADSL	1 Mbps	8 Mbps	5 Km
RADSL	1 Mbps	7 Mbps	7 Km
VDSL	1.6 Mbps	13 Mbps	1.5 Km
	3.2 Mbps	26 Mbps	0.9 Km
	6.4 Mbps	52 Mbps	0.3 Km
IDSL	144 Kbps	144 Kbps	8 Km

Tabla 2.3 Características de la tecnologías XDSL⁴⁰

2.3.2.2 Fibra ptica / Coaxial

La introducción de la fibra óptica en el nodo de acceso permite el disponer de un medio de transmisión de gran ancho de banda para el soporte de servicios de banda ancha, tanto actual como futuro.

En función de la aplicación particular y de los servicios que serán entregados, se puede disponer de diversos tipos de accesos. Entre ellos se tiene:

- Redes Hbridas Fibra-Coaxial (HFC)
- Redes pticas Pasivas (PON)

a. Redes Hbridas Fibra-Coaxial (HFC)

Surgen como evolución de las primeras redes de televisión por cable (CATV) de cable coaxial, estas redes de acceso emplean fibra óptica en la red de *backbone*, desde la estación de generación de señales hasta los nodos ópticos, en donde realizando la conversión opto-eléctrica en las áreas de servicio, se extiende luego la red de distribución tradicional de cable coaxial.

Esta red tiene la capacidad de transportar servicios bidireccionales de telefonía y datos, utilizando un cable-mdjem, denominado así por ser un mdjem

⁴⁰ Sunrise Telecom, Pruebas de factibilidad y aceptación, Pruebas en XDSL, Edición Diciembre, 2003.

que opera sobre la red de televisión por cable. El servicio es compartido por los suscriptores que utilizan el canal.

HFC permite una transmisión de datos entre 3 y 50 Mbps a distancias no mayores a los 100 Kilómetros.

b. Redes Ópticas Pasivas (PON)

Utilizan componentes ópticos pasivos para guiar el tráfico por la red, eliminando de esta manera los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente. Tiene como elemento principal el dispositivo divisor óptico o *splitter*. La utilización de estos sistemas reduce los costos de la infraestructura de red.

Utiliza la multiplexación por división en longitud de onda WDM⁴¹ como técnica de transmisión y define una configuración punto a punto. Estas redes cubren principalmente el rango de servicios entre 1.5 y 155 Mbps que otras redes de acceso no llegan a cubrir.

2.3.2.3 Red Eléctrica

La tecnología PLC⁴² (*Power Line Communication*) permite la transmisión de datos sobre la red eléctrica de media y baja tensión.

Es una tecnología en desarrollo, que tiene como ventajas la utilización de una red existente de altísima penetración y donde dentro del hogar no es necesario montar otra red cableada. Para ello es necesario conectar un adaptador PLC (Módem PLC) a la toma eléctrica para convertirla en un punto de acceso a múltiples servicios de telecomunicaciones.

Es una red bidireccional de banda ancha que permite alcanzar velocidades de hasta 4.5 Mbps. Utiliza la banda de frecuencias altas, por encima de los 2MHz

⁴¹ *Wavelength Division Multiplexing*. Técnica que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o LED.

⁴² También se conoce como BPL (*Broadband over Power Lines*) o PTL (*Power Line Telecommunications*)

para los datos de manera de no interferir con la señal del servicio de energía eléctrica.

El área de cobertura de una estación maestra⁴³ varía entre 100 y 500 metros, dependiendo de las frecuencias de transmisión empleadas y el uso de repetidores intermedios.

2.3.3 TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE ÚLTIMA MILLA DE ACCESO INALÁMBRICO

Las tecnologías de transmisión de última milla de acceso inalámbrico se conectan utilizando ondas de radios entre el cliente y la red principal.

Son muy utilizadas en regiones donde las redes están aún en desarrollo, regiones de reciente apertura que necesitan un rápido despliegue de red y lugares donde la utilización de una red por cable resulta costosa o difícil de instalar.

Tienen como principales ventajas la reducción de costos y un tiempo menor de instalación del servicio.

Se tienen como tecnologías de este tipo las siguientes:

- *Wireless Local Loop (WLL)*
- *Broadband Wireless*
- Redes de Área Local inalámbricas (WLAN)
- Redes Ópticas Inalámbricas (*Optical Wireless*)
- Satélite

⁴³ Nodo conectado a Internet en una subestación eléctrica o centro de transformación.

2.3.3.1 *Wireless Local Loop (WLL)* ^{[9] [35]}

La tecnología WLL o Lazo Local Inalámbrico utiliza sistemas de radio omnidireccional de baja potencia entre 400 MHz y 40 GHz⁴⁴, para los cuales se requiere línea de vista. Para la comunicación se instala una estación transmisora y antenas receptoras en los sitios del abonado.

Permiten una velocidad de transmisión hasta 2 Mbps por usuario, presentando como ventaja que tiene un costo incremental mucho menor que el cobre. Utiliza una transmisión punto–multipunto y tiene un radio de cobertura por antena de 7 a 10 Km.

2.3.3.2 *Broadband Wireless* ^[9]

Fue originalmente desarrollado para competir con redes de CATV en el mercado de video.

Usan sistemas de microondas de tipo punto–multipunto como tecnología de acceso. Tiene una estructura de tipo celular, es decir, para brindar la cobertura su estudio se basa en celdas. Trabajan en distintas bandas de frecuencia.

Como redes de banda ancha se tiene:

- MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution Services*)
- LMDS (*Local Multipoint Distribution Services*)

a. MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution Services*)

Fue desarrollado para distribución inalámbrica de señales de TV, extendiéndose actualmente su uso al acceso de voz y datos.

⁴⁴ Rango de frecuencias de sistemas WLL, el rango de 3.4 – 3.6 GHz es el estandarizado alrededor del mundo para WLL.

Opera en la banda baja de frecuencias de microondas, típicamente entre 2.5 y 2.69 GHz⁴⁵. Para la comunicación entre los equipos se requiere tener línea de vista entre el transmisor y el receptor. Cubre un área típica de 40 a 50 Km. Comparte el ancho de banda entre todos los usuarios. Es vulnerable a la lluvia y puede soportar hasta 2000 suscriptores por sector, ofreciendo en ocasiones un rendimiento similar al de un cable módem en redes de CATV (picos de 1.5 Mbps).

b. LMDS (*Local Multipoint Distribution Services*)

Es un sistema de comunicación inalámbrico de banda ancha punto-multipunto que opera en la banda Ka o en la banda de frecuencia asignada por el ente regulador en cada país. Funciona basándose en una arquitectura celular, con un tamaño de celda menor a los 5 kilómetros. Es vulnerable a la lluvia.

Se consiguen tasas de datos de hasta 200 Mbps de subida y 1.5 Gbps de bajada. El área de cobertura típica varía entre 1 y 5 Km para tener una alta disponibilidad

2.3.3.3 WLAN

En los últimos años las redes inalámbricas han ocupado un lugar muy importante en el mercado de las redes de área local.

De estas las que han tenido mayor aceptación constituyen las redes basadas en el estándar IEEE 802.11b y 802.11a que funcionan en las bandas de los 2.4 y 5 GHz respectivamente. Permiten la transmisión de datos hasta 11 Mbps (802.11b) y 54 Mbps (802.11a), y se siguen desarrollando técnicas para superar estas velocidades.

Al ser utilizadas en una banda del espectro radioeléctrico considerado bandas ISM, el radio de cobertura de la señal depende en su mayoría de las

⁴⁵ Depende del rango en el espectro radioeléctrico asignado por cada país.

condiciones ambientales existentes, pues en esta banda operan varios dispositivos que causan gran interferencia si no se realiza una buena implantación de la red.

Tiene como componentes principales el terminal de usuario y punto de acceso. Las topologías de red pueden ser de infraestructura o punto-punto. Para la conexión hacia el backbone se utilizan *bridges* inalámbricos.

2.3.3.4 Optical Wireless

Denominada también *Free Space Optics* (FSO), se considera una solución alternativa a la fibra óptica, ya que por su alta capacidad se puede llegar a transmitir a velocidades entre 10 a 155 Mbps a frecuencias de 200.000 y 300.000 GHz⁴⁶.

Permite establecer conexiones de alta velocidad entre dos edificios o múltiples conexiones a distancias más cortas que requiere línea de vista entre los puntos. Su rendimiento y velocidad dependen de las condiciones climáticas existentes.

Las arquitecturas de red pueden ser de tres tipos: punto-punto, punto-multipunto o *Mesh*⁴⁷. El rango de cobertura depende de las características de los equipos y del medio ambiente.

Al ser una tecnología que utiliza el medio óptico para su transmisión, las señales enviadas son libres de interferencia con otras señales y frecuencias. La instalación de los equipos es rápida en comparación a otras tecnologías y su uso no necesita licencia.

⁴⁶ http://www.freespaceoptic.com/850nm_vs.htm

⁴⁷ Red *Mesh*. Tipo de red en el que cada nodo actúa como emisor y receptor, y los enlaces no son fijos. De este modo la información que pasa por estas redes no se conduce por rutas fijas.

2.3.3.5 Satélite

Los satélites de comunicación se encuentran formados por varios transpondedores, cada uno cubre con su haz un área de la Tierra con diámetros de cobertura entre 250 a 10.000 Km.

Operan en la banda C (4 y 6 GHz), Ku (11 y 14 GHz), Ka (20 y 30 GHz), banda L (1,7 y 1,5 GHz) y banda X (7,25 a 8,4 GHz), en las cuales las condiciones ambientales son un factor importante en la calidad del servicio. Las velocidades típicas de descarga están entre 64 y 2.048 Kbps.

Se utilizan diferentes frecuencias para la transmisión de datos desde y hacia el satélite, y debido a la distancia el tiempo de retardo en la transmisión desde la estación hasta el satélite depende del tipo (GEO, MEO, LEO).

Debido a que este tiempo de retardo es alto, se deben utilizar técnicas de acceso múltiple como ALOHA, FDMA, TDMA y CDMA.

2.4 SEGURIDAD DE REDES INALÁMBRICAS

La rápida convergencia de las tecnologías, la aparición de nuevas aplicaciones empresariales y la reducción de costos de los equipos de interconexión ha creado en los tiempos actuales un incremento a gran escala de redes, que hacen cada vez más necesaria la implantación de políticas de seguridad, que implican la asociación de procedimientos de seguridad y utilización de técnicas y estándares que protejan la información mientras viaja por una red.

Es por ello que al ser la seguridad de redes un tema muy amplio y que su detenido análisis esta fuera de los alcances de este proyecto, en el presente subcapítulo solo se mencionará la seguridad que concierne a las redes inalámbricas, indicando una corta descripción de los mecanismos y estándares que se utilizan en la actualidad, los principales tipos de ataques conocidos y

recomendaciones de las seguridades que se deben aplicar en una red inalámbrica.

Las redes inalámbricas requieren nuevos conceptos de seguridad que se obvian en las redes cableadas. Al utilizar un medio de transmisión no guiado hace que cualquier sujeto que se encuentre dentro del área de cobertura (puede incluso estar en movimiento) de un punto de acceso, pueda tener acceso a la red.

Entre estos conceptos se puede encontrar los mecanismos AAA (***Authentication, Authorization, Accounting***) que permitan a la red constatar que el cliente esta autorizado para acceder a ella, y protocolos que permitan mantener la confidencialidad e integridad de la información mientras esta viaja por el medio.

Con la autenticación (*authentication*) se garantiza que el sujeto es quien dice ser, la autorización (*authorization*) permite controlar el nivel de acceso de los usuarios a la red y la contabilidad o registro (*accounting*) es la habilidad de auditar las acciones de los usuarios en la red.

La confidencialidad permite proteger la información de publicaciones no autorizadas, utilizando generalmente la encriptación de datos, proceso que consiste en usar métodos para transformar la información legible en información con un formato ilegible.

La integridad es empleada para garantizar que la información no haya sido alterada de forma accidental o intencional durante su viaje por el medio de transmisión.

2.4.1 MECANISMOS DE SEGURIDAD^[17]

2.4.2.1 OSA (*Open System Authentication*)

Es un mecanismo de autenticación definido por el estándar IEEE 802.11 para autenticar todas las peticiones que recibe. Para ello solo es necesario que el

cliente tenga el SSID⁴⁸ correcto, por lo cual resulta un mecanismo de seguridad deficiente ya que no realiza comprobación del cliente y las tramas son enviadas en texto plano.

2.4.2.2 SKA (*Shared Key Authentication*)

Este mecanismo utiliza una llave secreta compartida que conoce tanto el punto de acceso como el cliente.

El proceso de autenticación se realiza de la siguiente forma:

- La estación que quiere autenticarse envía una petición de requerimiento al punto de acceso.
- El punto de acceso contesta enviando una trama que contiene 128 bytes de texto (desafío) a la estación.
- La estación recibe la trama con el desafío y lo devuelve encriptado con la llave compartida.
- El punto de acceso desencripta la trama y comprueba la identidad de la estación
- Si la comprobación es exitosa, se conecta la estación a la red.

2.4.2.3 ACL (*Access Control List*)

Este mecanismo consiste en la creación de una Lista de Control de Acceso que contiene las direcciones MAC de las tarjetas de red inalámbricas.

Constituye un mecanismo inseguro ya que las direcciones MAC viajan sin cifrar por el aire y empleando un *sniffer*, un atacante podría capturar direcciones MAC de tarjetas válidas, y luego asignarle una de estas direcciones capturadas a la tarjeta de su computador.

⁴⁸ *Service Set Identifier*. Código de máximo 32 caracteres alfanuméricos utilizado para identificar un equipo como parte de la red.

2.4.2.4 CNAC (*Closed Network Access Control*)

Este mecanismo permite el acceso a la red a aquellas estaciones que conozcan el nombre de la red (SSID), que actúa como contraseña.

2.4.2.5 VPN (*Virtual Private Network*)

Una red privada virtual emplea tecnologías de autenticación y cifrado para crear un canal virtual privado sobre una red de uso público, como es el caso del Internet. Su uso dentro de las redes inalámbricas se está masificando, debido a que funcionan sobre cualquier tipo de hardware inalámbrico.

Una VPN puede ser basada en hardware o a través de software, siendo lo más importante el protocolo que se utilice para la implementación, que pueda encapsular y encriptar los datos, autentique a los usuarios y pueda asignar direcciones IPs estáticas y/o dinámicas.

Para el funcionamiento de una VPN, es necesario tener una conexión a Internet, un servidor y un cliente VPN. El servidor VPN constituye un equipo conectado a Internet esperando por conexiones de usuarios VPN y si estos cumplen con el proceso de autenticación, aceptará la conexión y dará acceso a los recursos de la red interna. El cliente VPN puede ser un usuario remoto o un equipo de interconexión con otra red.

Para la creación del túnel que permita a la VPN establecer un canal virtual punto-punto se utilizan protocolos como IPSEC (*Internet Protocol Security Tunnel Mode*), PPTP (*Point to Point Tunneling Protocol*) y L2TP (*Layer To Tunneling Protocol*).



Figura 2.19 Red Privada Virtual para cliente inalámbrico^[34]

2.4.2 ESTÁNDARES Y PROTOCOLOS DE SEGURIDAD

2.4.2.1 Protocolos ULA^[16]

Los protocolos ULA⁴⁹ o protocolos de autenticación de capa superior permiten el intercambio de autenticación entre el cliente y un servidor de autenticación.

Los protocolos ULA son:

EAP-TLS (Extensible Authentication Protocol with Transport Layer Security): es un protocolo basado en certificados, los cuales deben estar instalados tanto en el servidor como en el cliente. La autenticación es mutua (el servidor autentica al cliente y viceversa). Para establecer el certificado necesita la configuración del equipo. Trabaja en base a la RFC 2716 y utiliza certificados X.509. Es necesaria una autoridad de certificación (CA).

PEAP (Protected Extensible Authentication Protocol): Desarrollado por Cisco, Microsoft y RSA Security. Realiza la autenticación basándose de contraseñas. Solución válida en entornos Microsoft-Cisco.

EAP-TTLS (Extensible Authentication Protocol with Tunneled Transport Layer Security): Desarrollado por Certicom y Funk Software. Se instala el

⁴⁹ ULA. *Upper Layer Authentication*. Autenticación Protocolo de Capa Superior.

certificado solo en el servidor de autenticación. Tiene un funcionamiento similar a PEAP y está diseñado para trabajar en equipos de redes 802.11.

LEAP (Lightweight Extensible Authentication Protocol): Es un protocolo propietario de Cisco Systems, que utiliza usuario y contraseña para la autenticación. Presenta soporte para claves WEP dinámicas.

EAP-MD5: Emplea el nombre de usuario y contraseña para la autenticación. La contraseña viaja cifrada empleando el algoritmo MD5. Es una técnica en desuso ya que entre sus problemas se puede encontrar que es susceptible a ataques de diccionario, no se puede autenticar el servidor y no se puede generar claves WEP dinámicas.

TKIP (Temporal Key Integrity Protocol): Establece una clave temporal de 128 bits basada en la dirección MAC del cliente y realiza un cambio automático cada 10.000 paquetes. Para evitar la inyección de tráfico realiza una enumeración de los paquetes.

CCMP (Counter Mode with CBC-MAC Protocol): Es un protocolo complementario a TKIP y utiliza AES con llaves de 128 bits. Utiliza el algoritmo de privacidad Counter Mode y el algoritmo de privacidad y autenticidad CBC-MAC. Para implementar estos algoritmos este protocolo necesita hardware especial para su funcionamiento.

MIC: El chequeo de integridad del mensaje MIC (*Message Integrity Check*) es un mensaje de 64 bits calculado usando el algoritmo de Michael utilizado para reforzar la integridad de los datos. Este mensaje se inserta en el paquete TKIP.

2.4.2.2 WEP^[6]

El protocolo de seguridad WEP (*Wired Equivalent Privacy*) incluido en el estándar IEEE 802.11, es un mecanismo opcional de seguridad para redes

inalámbricas con la intención de establecer una seguridad similar al de las redes cableadas.

Para encriptar la información que viaja por el medio, WEP utiliza el algoritmo RC4⁵⁰ y utiliza una llave secreta compartida entre el cliente y el punto de acceso. La integridad de la información se garantiza al utilizar el algoritmo de comprobación de integridad CRC-32. Para la autenticación se emplea OSA o PSK.

Ya que no está establecido un sistema de distribución automática de claves, es necesario escribir de forma manual la misma en cada uno de los equipos.

El proceso de encriptación de WEP es el siguiente:

- Se calcula un CRC-32 de los datos.
- Se agrega un vector de inicialización (IV) aleatorio de 24 bits concatenándolo con la clave compartida para generar la llave de cifrado (*seed*).
- Se encriptan los datos utilizando RC4, el cual genera una secuencia de caracteres pseudoaleatorios (*keystream*) a partir de la clave generada (*seed*).
- Se realiza una *operación XOR* entre el *keystream* y los datos para obtener el texto cifrado.
- Se transmite el vector de inicialización en texto plano y el texto cifrado dentro de la trama de datos IEEE 802.11.

En la actualidad se han encontrado grandes debilidades en la seguridad ofrecida por este protocolo, por lo cual en el caso de utilizarlo es conveniente hacerlo en conjunto con otros mecanismos de seguridad.

⁵⁰ Algoritmo de cifrado simétrico diseñado por la RSA. Genera una clave de flujo, la cual es pasada por una función XOR para producir el código cifrado. Para descifrar se utiliza la misma función de cifrado.

2.4.2.3 IEEE 802.11x

Este estándar fue creado originalmente por la IEEE para su uso en redes cableadas, luego se lo desarrolló para que se realice la autenticación en sistemas que utilizaban acceso dial-up a la red. En la actualidad se lo puede implementar en cualquier tipo de red inalámbrica.

Constituye un estándar de autenticación y control de acceso a la red basado en puertos. Emplea la arquitectura cliente-servidor.

Está formado por los siguientes componentes:

- El servidor de autenticación: Es el equipo que contiene la información de los clientes que pueden tener acceso a la red y está encargado de autorizar o denegar el acceso a la red. Aunque el estándar no indica que servidor utilizar, generalmente se maneja un servidor RADIUS especificado en la RFC 2058.
- El cliente: Es quien realiza la petición de acceso a la red.
- El equipo autenticador: Es el equipo encargado de recoger la petición del cliente y enviarla al servidor de autenticación. Este equipo puede ser el Punto de Acceso.

Para el proceso de autenticación se dan los siguientes pasos:

- El cliente envía una petición al autenticador indicando que desea iniciar el proceso de autenticación.
- El autenticador indica al cliente que se identifique mediante un EAP Request Identity.
- El cliente se identifica mediante un EAP Response Identity.
- Una vez que se recibe esta información, el autenticador la envía al servidor de autenticación.
- El servidor responde enviando un desafío que debe ser resuelto por el cliente.

- Este desafío es enviado al cliente por el autenticador a través de un mensaje EAP Auth Request.
- El cliente responde el desafío mediante un EAP Auth Response al servidor de autenticación a través del autenticador.
- Si la información de autenticación es correcta el servidor de autenticación indica al autenticador que permita el acceso al cliente al puerto.
- El autenticador envía un mensaje EAP Success al cliente indicando que tiene acceso a la red.

2.4.2.4 WPA

WPA (*Wireless Protected Access*) es un mecanismo de seguridad creado por la alianza Wi-Fi⁵¹ para corregir los problemas presentados por WEP. Constituye un subconjunto del estándar IEEE 802.11i.

Como características se tiene que fue diseñado para utilizar un servidor de autenticación (normalmente un servidor RADIUS) que distribuye automáticamente claves diferentes a cada usuario (a través del estándar IEEE 802.11x). Incluye un contador de tramas para evitar ataques de repetición (*replay attacks*).

Al igual que WEP utiliza cifrado RC4, se emplea TKIP para la generación temporal de claves y MIC (en reemplazo de CRC-32) para asegurar la integridad de la información.

WPA presenta dos modos de funcionamiento:

- WPA-PSK⁵²: Es la versión doméstica de WPA y utiliza clave compartida en las estaciones y el Punto de Acceso. Para no ser susceptible de

⁵¹ Asociación internacional no lucrativa creada en 1999 para certificar la interoperabilidad de productos de redes locales inalámbricas basados en el estándar IEEE 802.11.

⁵² *PreShared Key*. Clave pre-compartida.

ataques de diccionario se recomienda utilizar llaves mayores a 20 bytes.

- WPA-EAP: Para uso empresarial emplea el protocolo EAP y un servidor (normalmente RADIUS) de para la autenticación, autorización y contabilidad de los usuarios.

A pesar de que genera túneles de cifrado para cada usuario, en la actualidad se puede romper esta seguridad con técnicas de *sniffing* como el ARP *cache poisoning*.

2.4.2.5 IEEE 802.11i

WPA2 es el nombre que la alianza Wi-Fi asignó al estándar IEEE 802.11i, creado para solucionar las vulnerabilidades de seguridad de WEP.

Su funcionamiento es similar a WPA pero utiliza el algoritmo de cifrado AES en lugar de RC4. Dentro de la arquitectura utiliza 802.11x para la autenticación, RSN⁵³ para registro, y CCMP como obligatorio para la autenticación e integridad de la información y el protocolo TKIP como opcional.

Gran cantidad de equipo antiguo no puede implementar este estándar ya que para el funcionamiento de estos algoritmos es necesario hardware de altas prestaciones y AES no está diseñada para ser compatible con versiones anteriores de software. WPA2 se puede implementar en redes Ad hoc.

2.4.3 ATAQUES EN REDES INALÁMBRICAS ^[18]

Un ataque en una red se define como una técnica específica usada para explotar una vulnerabilidad de la misma. Estos ataques pueden ir desde mantenerse escuchando el canal para obtener información de la red hasta realizar

⁵³ RSN. *Robust Security Network*. Mecanismo de seguridad de 802.11i.

acciones que impliquen la normal operatividad de la red y disponibilidad de la información.

A continuación se mencionan los ataques más comunes que se realizan a una red inalámbrica.

2.4.3.1 *Wardriving*

Técnica utilizada para detectar redes con el fin de poder acceder a aquellas que no presentan seguridad alguna. Normalmente para este tipo de ataque el sujeto utiliza su vehículo, de ahí su nombre. El equipo necesario para este tipo de ataques es un computador portátil, una tarjeta inalámbrica, una antena y un software de detección de redes inalámbricas.

2.4.3.2 *Warchalking*

El *warchalking* consiste en la captura de tráfico por parte de una estación que no pertenece a la red. Si no se tiene cifrado es una técnica muy sencilla para poder recrear la información que fue transmitida.

2.4.3.3 *Parking*

Consiste en tratar de ingresar a una red empresarial desde un lugar fuera de las instalaciones de la misma pero que se encuentre dentro del área de cobertura del punto de acceso como es el caso del estacionamiento, de ahí el nombre de esta técnica.

2.4.4.4 *WEP cracking*

Se utilizan las debilidades que presenta WEP para poder acceder a la información que fue enviada utilizando esta técnica de cifrado, para ello puede romperse una llave WEP de 128 bits en muy poco tiempo capturando alrededor

de 700 MB de datos. Desde ese momento el atacante tiene acceso a la red cifrada.

2.4.4.5 *Man-in-the-Middle*

Ataque en el que se intenta interceptar el tráfico entre el punto de acceso y el cliente. Es un ataque muy peligroso ya que el cliente no tiene forma de ser advertido. Usualmente se lo utiliza para poder obtener la MAC de la víctima y asociarse al punto de acceso.

2.4.4.6 *ESSID oculto*

En este ataque se está escuchando el canal esperando la conexión de un cliente, para luego enviarle tramas de desasociación forzando la reconexión para ver el ESSID (*Extended Service Set Identifier*).

2.4.4.7 *Evil twin*

Este tipo de ataque se realiza cuando un atacante clona un punto de acceso legítimo de una red para poder suplantar la identidad del mismo y poder obtener la información de todos los usuarios que se conecten a dicho punto de acceso.

2.4.4.8 *ARP Cache Poisoning*

Ataque utilizado para envenenar la caché ARP de los equipos inalámbricos de interconexión para obtener y/o cambiar las direcciones MAC asociadas.

2.4.4.9 DoS

En la DoS o Denegación del Servicio el atacante envía cientos o miles de peticiones para asociarse al punto de acceso, simulando ser varios usuarios legítimos.

Si el punto de acceso cree que estas peticiones son legítimas, asignará una dirección IP a cada supuesto cliente, llegando un momento a quedar sin direcciones IP disponibles para los usuarios legítimos. Cuando un usuario realice una petición de conexión al punto de acceso, este denegará el servicio.

2.4.4.10 Ataques a la dirección MAC

En este tipo de ataque se intenta capturar una dirección MAC válida que viaja por el interfaz aire con el fin de suplantar la identidad del usuario. Este tipo de ataque se lo utiliza también para DoS.

2.4.4.11 Ataques de repetición

Ataque que consiste en la captura de por lo menos un paquete desde el cliente al punto de acceso. Reenviando este paquete de petición, hacemos que el punto de acceso responda a dicha petición válida consiguiendo más tráfico y capturándolo. De esta forma se puede conseguir información importante para poder tener acceso a la red.

2.4.4.12 Ataques de Internet

Constituyen todo tipo de ataques desde el Internet cuyo fin sea tratar de obtener y/o dañar la información que pasa por la red inalámbrica.

Entre los ataques más conocidos tenemos los virus, gusanos, caballos de Troya, *port scanning*, *spoofing* y el *sniffing*.

2.4.4 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS

Para mantener una red inalámbrica con un alto nivel de seguridad son recomendables las siguientes acciones:

En cuanto al software y protocolos a utilizar.

- Utilizar un protocolo que presente una fuerte seguridad de red.
- Emplear mecanismos de seguridad como VPN.
- Manejar software de detección de equipos ajenos a la empresa.

De la autenticación.

- Realizar autenticación por usuario.
- Establecer autenticación de los equipos basándose en la dirección MAC.
- Autenticación bidireccional de ser posible.

De los equipos y la red.

- Segregar⁵⁴ la red inalámbrica. No conectar directamente a la red interna y utilizar *gateways*.
- Establecer un grupo de trabajo para los usuarios inalámbricos.
- Limitar el área de cobertura. Puede ser costoso.
- Activar el mayor nivel de seguridad soportado por los equipos y la red.
- Si se utiliza protocolos y estándares propietarios, Implementar en lo posible una infraestructura de red con equipos del mismo fabricante, para obligar al atacante a usar un equipo similar.

De las contraseñas.

- Cambiar los valores de cales predeterminadas en los equipos
- Utilizar contraseñas fuertes y hacer se cambio periódico.
- Cerrar la red a dispositivos ajenos. Desactivar la difusión del SSID.

⁵⁴ Separar, dividir, apartar, discriminar.

Para las políticas de seguridad.

- Establecer políticas de seguridad para acceso remoto a los equipos.
- Emplear *firewalls* y antivirus en los equipos usuarios.
- Educar a los usuarios sobre políticas inalámbricas para que manejen mejor la seguridad de sus equipos.
- Establecer el número máximo de equipos a conectarse en la red.
- Evitar en lo posible utilizar el servicio de DHCP.

Como aplicaciones que ayuden a detectar vulnerabilidades en una red inalámbrica se puede encontrar:

- Para descubrir redes: Airfart Kismet, Airtraf, , WifiScanner
- Para ruptura de cifrado: Airsnort, WEP_tools, Wepcrack, WepAttack
- Para medir nivel de señal: Wavemon
- Para inyección de tráfico: Wepwedgie

Además existen distribuciones basadas en software libre que contienen todas las aplicaciones para analizar y realizar pruebas en redes inalámbricas como CD Auditor y PHLAK.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL CENTRO DE PROVISIÓN DE SERVICIOS

3.1 DIMENSIONAMIENTO DEL ENLACE HACIA EL ISP

Para el dimensionamiento del enlace requerido por el centro de provisión de Internet hacia el ISP, se realizó un estudio del número de usuarios actuales y potenciales que necesitan el servicio, con su respectiva capacidad demandada. Esta capacidad demandada se estableció consultando en su mayoría a las mismas empresas estableciendo como valor mínimo de capacidad ofertada 64 Kbps y en aquellas que no se pudo consultar se tomó en cuenta la actividad que realiza la empresa y su necesidad del servicio. Los resultados se muestran en el Anexo B indicando el lote en que se encuentra la empresa, su nombre y si es un cliente actual, potencial o no es un cliente. En el caso de que sea un cliente actual o potencial se indica el ancho de banda requerido por la empresa, y si no es cliente la causa es que el lote se encuentra desocupado, el lote se encuentra ocupado pero la empresa no se encuentra en funcionamiento o la empresa se encuentra en funcionamiento pero no requiere el servicio. La tabla 3.1 indica las empresas que serían clientes actuales del servicio:

# LOTE	EMPRESA	CAPACIDAD (Kbps)
1 A	ESPROP	64
24 A	ECUAMATRIZ	64
26 A	IMVAB	128
36 A	LA FABRIL	128
51 A	TEXTILES BUENAÑO	64
64 A	CALZADO NOBIS	64
65 A	JEANS MAKAMBA, CEPIA	128
69 A	CAUCHO SIERRA	128
88 A	CURTIEMBRE	64
122 A	TEXTILES	64
1 B	TECNORIZO	128
14 B	IMPODUKAN	64
6 D	PLASTICAUCHO	256
18 E	PLASTICOS BROTHERS	64
33 E	EL PERAL	64
34 E	ANDELAS	64
Capacidad total requerida:		1536

Tabla 3.1 Clientes actuales de Internet

Los clientes potenciales son mostrados en la tabla 3.2:

# LOTE	EMPRESA	CAPACIDAD (Kbps)
5 A	PROCARNICOS	64
13 A	BODEGA KR	64
32 A	LA FORTALEZA	64
59 A	QUIMIMAQ	64
61 A	IVMAGAR	64
63 A	SUELAS AMAZONAS	64
70 A	SU VELA	64
76 A	CALZADO MISHHELL	64
107 A	TENERIA BARRERA	64
108 A	PROMEPEL	64
113 A	J Y M SERVICIOS	64
7 B	EVELISA	64
15 E	BIOBLIMENTAR	64
Capacidad total requerida:		832

Tabla 3.2 Clientes potenciales de Internet

De estos valores se puede establecer:

ITEM	CAPACIDAD
Capacidad de clientes actuales:	1536 Kbps
Capacidad del Centro:	256 Kbps
Capacidad total actual necesaria:	1792 Kbps
Capacidad de clientes potenciales:	832 Kbps
Capacidad de reserva de clientes potenciales:	192 Kbps
Capacidad potencial total necesaria :	1088 Kbps
Capacidad total requerida:	
Capacidad actual + Capacidad potencial	2816 Kbps

Tabla 3.3 Capacidad total requerida de Internet

Para el presente diseño se tomará en cuenta la capacidad total actual necesaria como valor para el inicio del funcionamiento del centro, ya que como base del diseño se tendrá que la capacidad asignada a cada cliente no manejará tipo alguno de compartición. El valor de la capacidad total requerida se utilizará para el dimensionamiento de los enlaces, selección de equipos y para el estudio económico respectivo.

Se tomará el valor de 2048 Kbps o 1 E1⁵⁵ como valor demandado en el caso de que la diferencia de costo con la capacidad total actual necesaria sea mínima.

La asignación de direcciones IPs en el diseño pretende que por lo menos cada cliente maneje una (1) dirección IP pública y tener una base sobre la cual dimensionar la red de IPs públicas a solicitar al proveedor de Internet

Se manejará la siguiente distribución para la asignación de direcciones IP:

- A los usuarios de 64 Kbps se les asignará una dirección IP pública.
- Para los usuarios de 128 y 256 Kbps se entregará una subred con máscara 255.255.255.248 con seis direcciones IP públicas utilizables.

El número de subredes con IPs públicas necesarias será:

ITEM	CANTIDAD
Cientes actuales	
Direcciones IP para clientes de 64 Kbps	10
Subredes con mascara 255.255.255.248 para clientes de 128 y 256 Kbps	6
Cientes potenciales	
Direcciones IP para clientes de 64 Kbps	13
Subredes con mascara 255.255.255.248 para clientes de 128 y 256 Kbps	-
Centro de provisión	
Subredes con mascara 255.255.255.248	1

Tabla 3.4 Requerimientos de direcciones IP públicas del centro

Con estos valores el centro de provisión necesitará:

Demanda Actual:

- 1 Subred con máscara 255.255.255.240 que permite utilizar 14 direcciones IP públicas para los usuarios de 64 Kbps.

⁵⁵ E1: Formato europeo de transmisión digital definido por la UIT equivalente a 2048 Kbps.

- 7 Subredes con máscara 255.255.255.248 para los usuarios de 128 y 256 Kbps.

Demanda Potencial:

- 2 Subredes con máscara 255.255.255.240 para los usuarios de 64 Kbps.
- 7 Subredes con máscara 255.255.255.248 para los usuarios de 128 y 256 Kbps.

3.2 ESTUDIO Y ELECCIÓN TÉCNICA DEL PROVEEDOR DE INTERNET

Para el estudio y elección del proveedor de Internet se solicitó una proforma de prestación de servicios a tres (3) empresas proveedoras del servicio de Internet (ISP) que tienen los respectivos permisos de funcionamiento en el país. De esta proforma y mediante comunicación directa con personal del departamento de ventas de cada empresa, se realizaron las debidas consultas para determinar los siguientes factores:

Factores Socio-Legales:

- Empresa con permisos de funcionamiento de ISP en el país.
- Empresa con sólida presencia en el Ecuador.

Factores Técnicos:

- Capacidad de brindar el Ancho de Banda actual necesario.
- Capacidad de cubrir la demanda de subredes de IPs públicas actuales.
- Capacidad de cubrir la demanda futura de subredes de IPs públicas potenciales.
- Capacidad de cubrir la capacidad total demandada por el centro.
- Soporte técnico de trabajo 7 X 24.
- Backup de Servicio (proveedor internacional alterno)

- Cumple los índices de disponibilidad y tasa de errores establecidos por la SENATEL.
- Proveedor proporciona equipo de conectividad en el lado del cliente.
- Última milla propia del proveedor

Factores Económicos:

- Costo mensual del servicio
- Costo de instalación

Las alternativas corresponden a ISPs consultados que ofrecen el servicio en la región cuyos nombres no se mencionan debido a la privacidad solicitada en el momento de pedir los costos del servicio. Los resultados se indican en la tabla 3.5.

ESTUDIO PROVEEDOR DE SERVICIOS

FACTOR	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	ALTERNATIVA C
<i>Factores Socio-Legales:</i>			
Empresa con permisos de funcionamiento de ISP en el país.	Si	Si	Si
Empresa de sólida presencia en el Ecuador.	Si	Si	Si
<i>Factores Técnicos:</i>			
Capacidad de brindar el Ancho de Banda actual necesario.	Si	Si	Si
Capacidad de cubrir la demanda de subredes de IPs públicas actuales.	Si	Si	Si
Capacidad de brindar un enlace que soporte a futuro la capacidad total requerido.	Si	Si	Si
Capacidad de brindar a futuro el Ancho de Banda potencial necesario.	Si	Si	Si
Capacidad de cubrir la demanda futura de subredes de IPs públicas potenciales.	Si	Si	Si
Medio de transmisión de la última milla	Radio	Radio	Radio
Soporte técnico de trabajo 7 X 24.	Si	Si	Si
Backup de Servicio (proveedor internacional alterno)	Si	Si	Si
Supera los índices de disponibilidad y tasa de errores establecidos por la SENATEL	Si	Si	Si
Proveedor proporciona equipo de conectividad en el lado del cliente	Si	Si	Si
Última milla propia del proveedor	No	Si	Si
<i>Factores Económicos:</i>			
Costo mensual del servicio	2280	2560	1850
Costo de instalación	680	500	450

Tabla 3.5 Resultados de estudio de proveedor de Internet

Como se puede observar las tres alternativas presentan similares características técnicas y utilizan como medio de transmisión en la última milla un enlace inalámbrico punto-punto por radio, tecnología que cubre sin problemas las necesidades de capacidad potencial total requerida y es la que generalmente se utiliza para dar servicio a clientes ubicados en áreas geográficas distantes.

Basados en esto y tomando en cuenta el costo de las ofertas, la Alternativa **C** es la elegida para este diseño.

3.3 DISEÑO DEL ACCESO DE ÚLTIMA MILLA PARA LOS USUARIOS DEL PIA

3.3.1 ESCENARIO

El escenario tomado en cuenta corresponde a la prestación del servicio de Internet con una última milla inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11 a los usuarios actuales y potenciales en el PIA, cuya ubicación en el parque se muestra en la figura 3.1.



Figura 3.1 Mapa de clientes actuales y potenciales del PIA

Las características ambientales del PIA corresponden a una región de clima templado seco con un bajo índice de lluvias.

3.3.2 TECNOLOGÍA

Para el presente diseño se utilizará en el acceso de última milla una red inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11g, que trabaja en la banda de frecuencia de 2.4 a 2.4835 GHz en el país, debido a:

- El área geográfica donde se encuentra el PIA y su actual infraestructura la presentan como la mejor alternativa en instalación y costos.
- Facilidad de uso
- No necesita licencia por uso del espectro radioeléctrico.
- El marco legal de telecomunicaciones del Ecuador permite su funcionamiento.
- Rápida integración a redes cableadas existentes.
- Gran aceptación y amplia variedad de equipos en el mercado de redes.
- Costos de instalación de red y equipos menores que en otras tecnologías.
- Escalabilidad futura.
- Presenta mayores velocidades de transmisión de datos que el estándar IEEE 802.11b.
- Presenta un mayor desarrollo y oferta de equipos en el mercado frente a IEEE 802.11a.

3.3.3 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ACCESO

La ubicación de los puntos de acceso para el presente diseño ha sido elegida tomando en cuenta aquellas zonas en la que se puede concentrar un número considerable de usuarios actuales y potenciales. Estas zonas en el diseño de la red inalámbrica pasarán a ser las áreas de cobertura, donde el Punto de Acceso se lo ubicará en el centro de las mismas, con el fin de utilizar las antenas propias de los equipos (omnidireccionales) si el estudio de coberturas lo confirma.

3.3.3.1 Ubicación preliminar de Puntos de Acceso

La figura 3.2 muestra un gráfico preliminar de la posible ubicación de los puntos de acceso y su área de cobertura para el diseño.

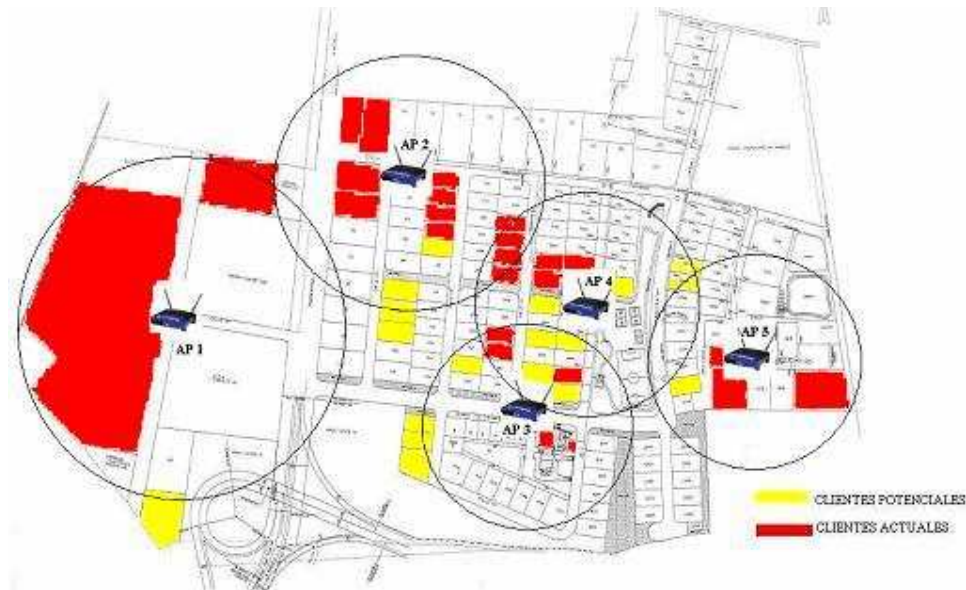


Figura 3.2 Distribución preliminar de Puntos de acceso y cobertura

La distribución de las empresas por punto de acceso sería:

Punto de Acceso 1	Punto de Acceso 2	Punto de Acceso 3	Punto de Acceso 4	Punto de Acceso 5
Plasticaucho	Esrom	Bodega KR	Ecuamatriz	J y M Servicios
Bioblimentar	Procarnicos	La Fortaleza	Imvab	Textiles
Plasticos Brothers	Tecnorizo	La Fabril	Textiles Buenaño	Impodukan
	Evelisa	Suelas Amazonas	Quimimag	El Peral
		Calzado Nobis	Promepel	Andelas
		Caucho Sierra	Jeans Makamba, Cepia	
		Su vela	Calzado mishell	
		Curtiembre	Teneria Barrera	
			lvmagar	

Tabla 3.6 Distribución de los usuarios actuales y potenciales por punto de acceso

La tabla 3.7 indica los anchos de banda concentrados en cada punto de acceso, resultante de la suma de las capacidades de los clientes que cubre y muestra la distancia de la empresa más lejana a la que brindaría el servicio.

Punto de Acceso	Ancho de Banda Kbps	Distancia más lejana m
1	384	275
2	320	203
3	640	198
4	704	183
5	320	185

Tabla 3.7 Ancho de banda requerido y distancia más lejana en cada punto de acceso

De los datos indicados en la tabla 3.7 se puede concluir que este diseño preliminar es válido ya que el mayor ancho de banda y la distancia más lejana se encuentran dentro de los límites teóricos de funcionamiento de un Punto de Acceso para trabajar en exteriores bajo el estándar IEEE 802.11g indicados por varios fabricantes.

3.3.3.2 Asignación de Canales

Dentro del diseño de una red inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11 se debe realizar la asignación de los canales en que trabajará cada Punto de Acceso. Como se indica en la sección 2.1.3.1, para el diseño de la red se debe utilizar 3 canales no superpuestos de los 11 disponibles para evitar la interferencia entre Puntos de Acceso, por ello se utilizará los canales 1, 6 y 11 para la transmisión de datos en los distintos Puntos de Acceso de la red inalámbrica basados en los siguientes aspectos:

- Se utilizarán las configuraciones de Sistemas Punto-Punto, Punto-Multipunto y Móviles para el diseño de la red inalámbrica cumpliendo el Artículo 7 de la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha que permite su funcionamiento.
- Se utilizará una canal para la comunicación entre los Puntos de Acceso con el centro de provisión para que la red utilice en su totalidad únicamente equipos del estándar IEEE 802.11g en la banda de frecuencia de 2.4 GHz.

- En cada ubicación se empleará un Punto de Acceso como nodo de comunicación con los clientes y un Punto de Acceso para la comunicación con el centro de provisión.

Para ello será necesario realizar correcciones al diseño previo, las cuales son indicadas en la sección 3.3.3.3

3.3.3.3 Correcciones del Diseño

Se realizaron las siguientes correcciones y modificaciones en el diseño para utilizar en la red inalámbrica únicamente los canales 1, 6 y 11 con el fin de garantizar que no exista interferencia entre los puntos de acceso:

- Tanto el Punto de Acceso 1 y 2 utilizarán el mismo canal de comunicación para los clientes. Se garantizará que no existan interferencias cambiando la ubicación del Punto de Acceso 1 y colocándole una antena externa direccional de 90° para la brindar el servicio. Para su comprobación se realizarán pruebas.

- El Punto de Acceso 4 utilizará una antena direccional de 120° con el fin de utilizar el mismo canal que utilizan los Puntos de Acceso de comunicación con el centro de provisión y que no existan interferencias. Para ello la ubicación de las antenas de los dos Puntos de Acceso (el de nodo de acceso de los clientes y el de comunicación con el centro) será de forma tal que su haz de transmisión sea opuesto.

- Las antenas utilizadas por los Puntos de Acceso que se conectarán con el Punto de Acceso del centro serán antenas altamente direccionales.

Por esto la asignación de canales para los distintos Puntos de Acceso de la red inalámbrica será:

Punto de Acceso	Canal
Enlace 1-3	11
Enlace 2-3	11
Enlace 4-3	11
Enlace 5-3	11
Punto de Acceso 1	1
Punto de Acceso 2	1
Punto de Acceso 3	6
Punto de Acceso 4	11
Punto de Acceso 5	1

Tabla 3.8 Asignación de canales

La tabla 3.9 indica la nueva distribución de las empresas y la tabla 3.10 los anchos de banda y distancias extremas de cada punto de acceso:

Punto de Acceso 1	Punto de Acceso 2	Punto de Acceso 3	Punto de Acceso 4	Punto de Acceso 5
Plasticaucho	Esprom	Bodega KR	Ecuamatrix	J y M Servicios
Bioblimentar	Procamicos	La Fortaleza	Imvab	Textiles
	Tecnorizo	La Fabril	Textiles Buenaño	Impodukan
	Evelisa	Suelas Amazonas	Quimimaq	El Peral
	Plasticos Brothers	Calzado Nobis	Promepel	Andelas
		Caucho Sierra	Jeans Makamba, Cepia	
		Su vela	Calzado mishell	
		Curtiembre	Teneria Barrera	
		Immagar		

Tabla 3.9 Distribución de los usuarios actuales y potenciales por punto de acceso corregida

Punto de Acceso	Ancho de Banda Kbps	Distancia más lejana m
1	320	293
2	384	203
3	704	198
4	640	201
5	320	185

Tabla 3.10 Ancho de banda requerido y distancia más lejana en cada punto de acceso corregida

La ubicación de Puntos de Acceso con las correcciones realizadas se muestra en la figura 3.3:

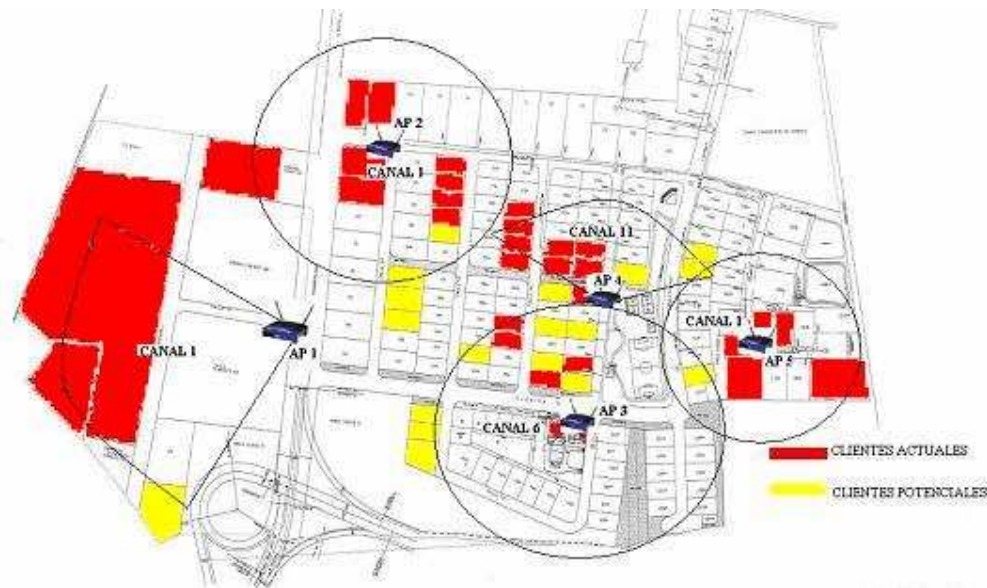


Figura 3.3 Ubicación y área de cobertura de Puntos de Acceso corregida

3.3.4 ANÁLISIS DEL ENLACE ENTRE LOS PUNTOS DE ACCESO

Para el análisis de los enlaces que conecten los distintos Puntos de Acceso y distribuyan el servicio de Internet desde el Centro de provisión hasta cada uno de los clientes se tomará en cuenta el diseño realizado en la sección 3.3.3, y los datos de alturas y ubicaciones entre el Centro de provisión y cada uno de los Puntos de Acceso. El Centro de provisión se lo ubicará tentativamente en una de las oficinas de la empresa del lote 88 a, para aprovechar la ubicación del Punto de Acceso 3 que se encuentra en el punto más alto del PIA de donde se tiene línea de vista con los demás Puntos de Acceso, con el fin de facilitar la configuración de la red y la optimización de recursos.

Los datos de las distancias y alturas del Punto de Acceso de la celda 3 respecto a los demás Puntos de Acceso son los siguientes:

Punto de Acceso	Altura m	Distancia m
1	35,6	459,38
2	8,75	511,57
3	0	0
4	15,12	163,21
5	21,3	329,68

Tabla 3.11 Alturas y Distancias entre los Puntos de Acceso

3.3.4.1 Zona de Fresnel

La Zona de Fresnel constituye una zona de despeje adicional que se debe tener en consideración a más de tener línea de vista entre los puntos donde se colocarán las antenas.

La curvatura de la tierra incide directamente para el cálculo de las zonas de Fresnel, especialmente en radio enlaces que se encuentran separados grandes distancias. Para ello se adiciona un factor h_k al valor de la altura entre los puntos y está definido por la ecuación:

$$h_k = \frac{d_1 * d_2}{2 * K_e * R_t} \quad \text{Ec. 3.1 [20]}$$

Donde:

d_1 : Distancia del transmisor al plano considerado (m)

d_2 : Distancia del receptor al plano considerado (m)

K_e : Constante del radio de la Tierra que varía según la zona donde se instale el enlace

Para zonas frías tiene un valor de 6/5 a 4/3

Para zonas templadas un valor de 4/3

Para zonas tropicales un valor de 4/3 a 2/3

R_t : Radio efectivo de la Tierra = 6370 Km (m)

El factor K_e establece dos condiciones para los enlaces de radiocomunicaciones:

- Si el factor es de 4/3, la primera zona de Fresnel debe estar libre en un 100% (en la práctica se asume el valor de 60%).
- Si el factor es de 2/3, la primera zona de Fresnel debe estar libre en un 60 %.

Realizando un cálculo del valor de h_k correspondiente al enlace entre los Puntos de Acceso 2 y 3 cuya distancia es la más amplia se tiene:

$d_1 = d_2 = 511.57 \text{ m.} / 2 = 255.79 \text{ m.}$ (Para obtener el valor h_k más grande del diseño)

$K_e = 4/3$

$R_t = 6370000 \text{ m.}$

$$h_k = \frac{255.79^2}{2 * 4/3 * 6370000}$$

$$h_k = 3.85 * 10^{-3} \text{ m.}$$

Obtenido este valor se puede concluir que al ser la distancia relativamente corta entre los enlaces se despreciará este cálculo para los valores de la primera zona de Fresnel en el diseño.

La fórmula empleada para el cálculo de la primera zona de Fresnel es:

$$R_1 = \sqrt{\frac{c * d_1 * d_2}{f * d}} \quad \text{Ec. 3.2} \quad [20]$$

Donde:

R_1 : Radio de la Primera Zona de Fresnel (m)

d_1 : Distancia del transmisor al plano considerado (m)

d_2 : Distancia del receptor al plano considerado (m)

- c: Velocidad de la luz (3×10^8 m/s)
 f: Frecuencia de trabajo del enlace (Hz)
 d: Distancia total del enlace (m)

Calculando el radio máximo ($d_1=d_2$) de la primera zona de Fresnel para los enlaces se obtiene los siguientes valores:

Punto de Acceso	Distancia m	1ra. Zona Fresnel Radio (m)	Radio de despeje (60 %) m
1	459,38	3,75	2,25
2	511,57	3,95	2,37
3	0	0	0
4	163,21	2,23	1,338
5	329,68	3,17	1,902

Tabla 3.12 Valores de Primera Zona de Fresnel Para enlaces entre Puntos de Acceso

Estos valores se cumplen en el diseño, ya que al realizar las pruebas en el parque se puede observar que todas las construcciones en el trayecto de los enlaces 2-3⁵⁶, 4-3 y 5-3 dejan un margen de 2.6 m. de altura libre respecto a la línea de vista y para el enlace 1-3 un margen mayor a 3.5 m.

3.3.4.2 Balance de Enlaces

El cálculo del valor de potencia de recepción se lo realiza a partir del estudio de ganancias y pérdidas en un radio enlace en espacio libre, donde se tienen distintos factores como el nivel de potencia de transmisión, ganancia de los equipos del enlace, pérdidas en los equipos del enlace, características de las antenas utilizadas, condiciones ambientales y pérdidas de propagación, distancia del enlace y frecuencia de trabajo.

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_b - L_f - L_p \quad \text{Ec. 3.3}^{[20]}$$

Donde:

⁵⁶ Enlace 2-3: Enlace entre el Punto de Acceso 2 y el Punto de Acceso 3.

P_{Rx} : Potencia de recepción (dB)

P_{Tx} : Potencia de transmisión (dB)

G_{Tx} : Ganancia de la antena de transmisión (dB)

G_{Rx} : Ganancia de la antena de recepción (dB)

L_b : Pérdida en el circuito de acoplamiento (dB)

L_f : Pérdida en guía de onda o alimentador de antena (dB)

L_p : Pérdida por propagación de espacio libre (dB)

La potencia de transmisión será el valor de potencia proporcionado por el equipo, para nuestro caso se tomará el valor de 18 dBm⁵⁷. La ganancia que brinden las antenas para el diseño será menor al máximo considerado para su funcionamiento en el país según la Norma de Implementación y Operación de Sistemas de Modulación de Banda Ancha.

No se tomarán valores para L_b de pérdidas ya que en el enlace no se tiene circuitos de acoplamiento; para el cálculo de pérdidas en guía de onda se tomará en cuenta que se utilizará 2 m de cable coaxial con atenuación de 0.22 dB/m para la conexión de una antena externa direccional de 5 dBi de ganancia en el Punto de Acceso 1, 2, 4 y 5. Como antena en el Punto de Acceso 3 se utilizarán las antenas propias del equipo, las cuales generalmente tienen una ganancia de 2 dBi.

El cálculo del total de pérdidas por espacio libre se lo establece mediante la fórmula:

$$L_p = 92.4 + 20 \log f + 20 \log d \quad \text{Ec. 3.4}^{[20]}$$

Donde:

f: frecuencia de trabajo (GHz)

d: Distancia total del enlace (Km)

⁵⁷ Valor promedio de potencia de un Punto de Acceso en el mercado.

Los resultados de la potencia de recepción para los distintos enlaces se indican en la tabla 3.13:

Enlace	Ptx dBm	Gtx dBi	Grx dBi	Lb dBm	Lf dBm	Lp dBm	Prx dBm
1-3	18	5	5	0	0,44	93,42	-65,86
2-3	18	5	2	0	0,44	94,36	-69,80
4-3	18	5	5	0	0,44	84,44	-56,88
5-3	18	5	2	0	0,44	90,54	-65,98

Tabla 3.13 Cálculo de la potencia de recepción de los enlaces entre Puntos de Acceso.

Al ser la sensibilidad mínima de recepción de los equipos inalámbricos alrededor de -84 dBm para 11 Mbps y los valores proporcionados en la tabla 3.8 superiores a este, se verifica que el nivel de señal de los enlaces proporcionará un buen funcionamiento del diseño.

3.3.4.3 Margen de Desvanecimiento y Proporción de Señal a Ruido

Además de los cálculos realizados en las secciones 3.3.4.1 y 3.3.4.2, es importante determinar el margen de desvanecimiento (FM), que constituye el valor de diferencia entre la potencia de recepción (P_{RX}) del enlace y el valor de sensibilidad mínimo del equipo. Es decir:

$$FM = P_{RX} - P_{RU} \quad \text{Ec. 3.5}^{[20]}$$

Con este valor se puede establecer a que velocidades puede trabajar el enlace al existir una posible fuente de ruido.

Los niveles de sensibilidad de algunas tarjetas inalámbricas en el mercado para las distintas velocidades de transmisión se indican en la tabla 3.14.

Los valores de FM de cada uno de los enlaces se presentan en la tabla 3.15.

Tarjeta	11 Mbps	5,5 Mbps	2 Mbps	1Mbps
	dB	dB	dB	dB
Sensibilidad				
Orinoco PCMCIA Silver/Gold	-82	-87	-91	-94
CISCO Aironet 350	-85	-89	-91	-94
SNR				
Orinoco PCMCIA Silver/Gold	16	11	7	4

Tabla 3.14 Niveles de sensibilidad y SNR de tarjetas inalámbricas⁵⁸

Enlace	Prx dBm	Pru (1 Mbps) dBm	FM dBm
1-3	-65,86	-94	28,14
2-3	-69,80	-94	24,20
4-3	-56,88	-94	37,12
5-3	-65,98	-94	28,02

Tabla 3.15 Valores obtenidos de Margen de Desvanecimiento (FM) de los enlaces

En esta tabla se puede verificar que todos los valores de margen de desvanecimiento de los enlaces son superiores a 20 dB⁵⁹ utilizando el valor de P_{RU} más crítico que corresponde a una conexión a 1 Mbps. Dicho valor está establecido para un margen de desvanecimiento en enlaces con condiciones adversas, como es el caso de este diseño que se encuentra ubicado en un parque industrial.

3.3.4.4 Diagrama de Red de Enlaces entre Puntos de Acceso

El diagrama de red de los enlaces que conectan los Puntos de Acceso es el siguiente:

⁵⁸ MenorcaWireless, Calculo de distancia alcance entre antenas , http://www.islademenorca.com/menorcawireless/sub_pags/distancia_antenas.html
⁵⁹ <http://www.scielo.cl/pdf/rfacing/v13n3/art06.pdf>, Página 41

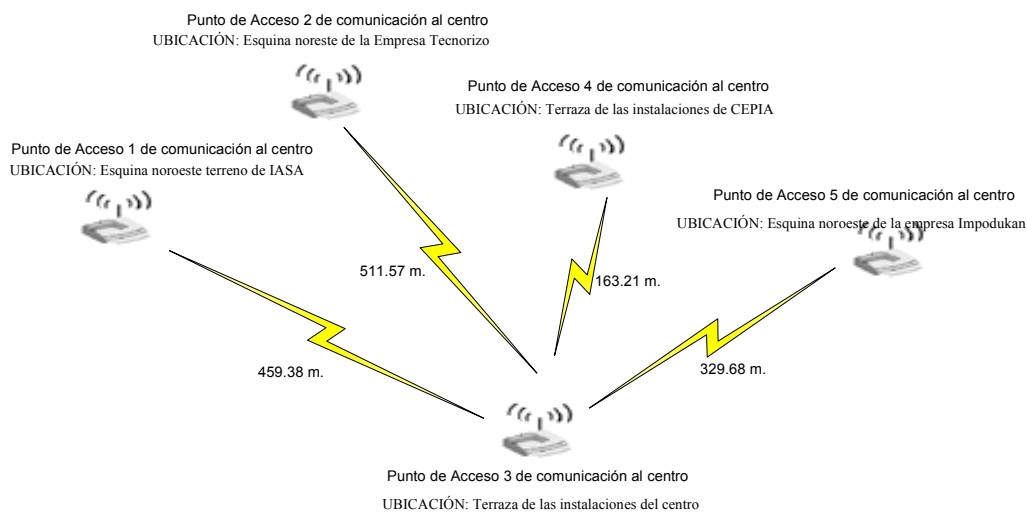


Figura 3.4 Diagrama de red de conexión de Puntos de Acceso.

3.3.5 ANÁLISIS DEL ENLACE ENTRE EL PUNTO DE ACCESO Y EL CLIENTE

El análisis del enlace entre los clientes y el Punto de Acceso respectivo se lo realizó determinando la distancia entre la ubicación tentativa del equipo inalámbrico en el lado del cliente y la ubicación del Punto de Acceso respectivo, con el fin de poder obtener los valores de margen de desvanecimiento en cada uno de los casos y validar el diseño.

A continuación se indican las antenas consideradas luego de realizar y justificar las correcciones en la sección 3.3.3.3:

- Para los Puntos de Acceso 2, 3, y 5 las originales del equipo, ubicado el Punto de Acceso 2 en un poste en la esquina noreste del terreno 4C donde funciona la empresa Tecnorizo, el Punto de Acceso 3 en la terraza de las instalaciones del centro. El Punto de Acceso 5 se colocará en un poste en la esquina noroeste del lote 14 B donde funciona la empresa Impodukan.
- Para el Punto de Acceso 1 una antena direccional de 90° externa de 5 dBi y ubicado en un poste en la esquina del terreno de IASA.

- Para el Punto de Acceso 4 una antena direccional de 120° externa de 5 dBi. Este Punto de acceso se colocará en la terraza de la construcción donde funciona CEPIA.
- Para el cliente se considera una antena externa acoplada a una tarjeta inalámbrica USB de 2 dBi.

El tipo de antena del cliente se considera debido a que por ser externa presenta mejores características de recepción de señal y USB puesto que se desconoce el tipo de computador del usuario (Computador de escritorio o portátil).

La tabla 3.16 muestra estos valores y los indicados en la sección 3.3.4.2 para realizar los cálculos.

Item	Valor
Potencia del transmisor	18 dBm
Ganancia de la antena del transmisor	2 dBi
Ganancia de la antena del receptor (AP2,AP3,AP5)	2 dBi
Ganancia de la antena del receptor (AP1,AP4)	5 dBi
Lb (AP2,AP3,AP5)	0 dB
Lb (AP1,AP4)	0,22 dB
Lf	0 dB
Pru	94 dB

Tabla 3.16 Valores para el cálculo del FM de los clientes.

Los resultados se muestran en la tabla 3.17.

Como se puede observar todos los valores de P_{RX} y FM son superiores a los mínimos establecidos para la situación más crítica, tanto para la potencia de recepción, el nivel de sensibilidad y la relación señal a ruido.

La figura 3.5 muestra el diagrama general de la red inalámbrica, con los puntos de acceso al cliente y los puntos de acceso de comunicación al centro, indicando los canales utilizados en cada uno.

No	CLIENTE	Distancia km	Lp dB	Prx dBm	FM dB
Punto de Acceso 1					
1	Plasticaucho	0,290	89,431	-64,651	29,349
2	Bioblimentar	0,293	89,521	-64,741	29,259
Punto de Acceso 2					
3	Plasticos Brothers	0,200	86,204	-64,204	29,796
4	Esprom	0,025	68,142	-46,142	47,858
5	Procarnicos	0,150	83,705	-61,705	32,295
6	Tecnorizo	0,100	80,183	-58,183	35,817
7	Evelisa	0,203	86,333	-64,333	29,667
Punto de Acceso 3					
8	Bodega KR	0,198	86,117	-64,117	29,883
9	La Fortaleza	0,150	83,705	-61,705	32,295
10	La Fabril	0,175	85,044	-63,044	30,956
11	Suelas Amazonas	0,110	81,011	-59,011	34,989
12	Calzado Nobis	0,075	77,685	-55,685	38,315
13	Caucho Sierra	0,100	80,183	-58,183	35,817
14	Su vela	0,075	77,685	-55,685	38,315
15	Curtiembre	0,010	60,183	-38,183	55,817
16	Ivmagar	0,150	83,705	-61,705	32,295
Punto de Acceso 4					
17	Ecuamatriz	0,198	86,117	-61,337	32,663
18	Imvab	0,160	84,266	-59,486	34,514
19	Textiles Buenaño	0,125	82,122	-57,342	36,658
20	Quimimaq	0,078	78,025	-53,245	40,755
21	Jeans Makamba, Cepia	0,035	71,065	-46,285	47,715
22	Calzado mishell	0,100	80,183	-55,403	38,597
23	Teneria Barrera	0,201	86,247	-61,467	32,533
24	Promepel	0,188	85,666	-60,886	33,114
Punto de Acceso 5					
25	J y M Servicios	0,140	83,106	-61,106	32,894
26	Textiles	0,030	69,726	-47,726	46,274
27	Impodukan	0,025	68,142	-46,142	47,858
28	El Peral	0,125	82,122	-60,122	33,878
29	Andelas	0,183	85,432	-63,432	30,568

Tabla 3.17 Valores de potencia de recepción y margen de desvanecimiento de los clientes.

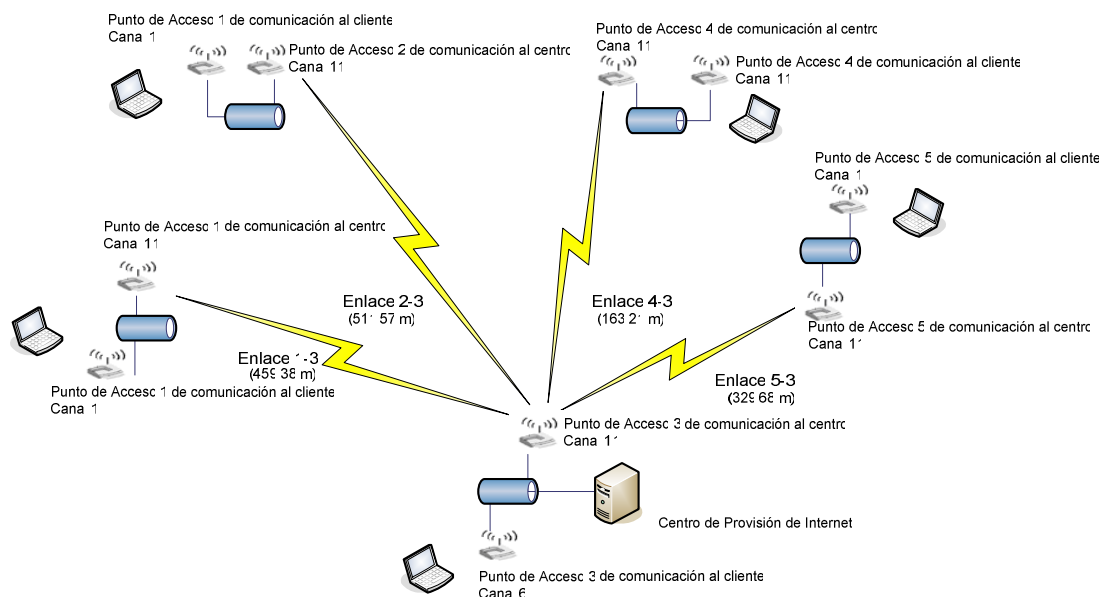


Figura 3.5 Diagrama general de la red inalámbrica.

3.4 SERVICIOS QUE OFRECE EL CENTRO DE PROVISIÓN DE INTERNET [22]

El centro de provisión de Internet como parte de sus objetivos planteados en base a las necesidades de las pequeñas y medianas empresas que funcionan en el parque industrial Ambato, ofrecerá servicios de valor agregado a más de brindar el servicio de Internet.

Estos servicios permiten a una empresa mejorar la comunicación y el intercambio de información con sus sucursales, clientes, proveedores y demás personas en el mundo, lo que da como resultado un aumento en la productividad de la empresa. Para que estos servicios funcionen es necesario implantar un servidor, que constituye un computador o programa de software que prestará los servicios (correo electrónico, Web, etc.) a los clientes.

Cuando un sistema computacional se convierte en servidor, la estabilidad, disponibilidad y rendimiento constituyen un asunto importante. Estos tres factores se pueden mejorar normalmente utilizando hardware de alta prestación que implica un mayor costo y el encarecimiento del diseño. Otra alternativa, y la se aplicará en el centro, es la de utilizar software disponible en el mercado que aproveche al máximo los recursos de hardware disponibles en los equipos con el fin de que la relación costo-beneficio-calidad de servicio sea la óptima.

Con el fin de que los usuarios del centro de provisión de Internet obtengan mejores ventajas de las brindadas por un proveedor de Internet a un costo menor, se ofrecerán los siguientes servicios:

- Servicio de *Web Hosting*
- Servicio de Nombres de Dominio
- Servicio de Correo Electrónico
- Servicio de Autenticación

Todos estos servidores funcionarán cada uno en un equipo exclusivo sobre un sistema operativo GNU/Linux Red Hat 9 por poseer las siguientes ventajas:

- Software Gratuito.
- Licencia GPL⁶⁰.
- Rápidas actualizaciones en la seguridad y rendimiento de los servicios en comparación a un servidor que necesita licencia ya que su código fuente es abierto y modificable.
- Menor presencia de ataques de virus informáticos.
- Sistema operativo más estable y que obtiene mejor utilidad del hardware disponible.
- Configuración personalizada según los requerimientos solicitados en los servicios a un nivel de capa más bajo.

⁶⁰ *General Public License*. Licencia Pública General. Permite copiar el software y obtener, alterar, recompilar y distribuir el código fuente, con la restricción de no poder cambiar el estado libre de la licencia.

- Utilización en servidores de trabajo crítico de grandes empresas que garantiza su funcionamiento ininterrumpido.
- Las actualizaciones y/o modificaciones en el software/hardware no necesitan apagar o reiniciar el sistema.
- Los servicios pueden funcionar a nivel de consola sin la necesidad de una interfaz gráfica lo que permite el ahorro de recursos.
- Variedad de aplicaciones de servicios gratuitas.

Los requerimientos de hardware para que Linux Red Hat 9 funcione correctamente son:

RED HAT 9	CPU	ESPACIO EN DISCO DURO	MEMORIA
Mínimo para modo texto	Pentium	850 MB	64 MB
Mínimo para modo gráfico	Pentium 200 MHz	2GB	128 MB
Recomendado para modo gráfico	Pentium 400 MHz	5 GB	192 MB

Tabla 3.18 Requerimientos de Hardware de Red Hat 9.

Para todos los equipos servidores del centro se requiere que posean una unidad de CD ROM y *Floppy* de 1.44 MB, con el fin de tener un dispositivo de acceso para recuperación del sistema en caso de una posible falla.

3.4.1 SERVICIO DE WEB HOSTING

Este servicio permite el alojamiento, acceso y mantenimiento del sitio Web de un cliente en un equipo del centro, para se encuentre siempre disponible en Internet.

La aplicación que se utilizará para el servidor Web será Apache Web Server, ya que entre sus ventajas se tiene que constituye el mayor servidor Web de software libre utilizado en el mundo, permite una programación personalizada y detallada de la configuración del servicio, y existen actualizaciones constantes de vulnerabilidades y mejoras.

A cada usuario se asignará un espacio de 20 MB de almacenamiento en el servidor para alojamiento del sitio Web.

Este servicio necesita una cantidad considerable de recursos de procesamiento y memoria debido al acceso simultáneo de gran cantidad de personas a las páginas de las empresas a las que se prestará el servicio, por lo que se asignará un equipo servidor con las siguientes características de *hardware* para un buen funcionamiento:

- Velocidad de procesamiento de 3 GB.
- Memoria RAM de 512 MB.
- Capacidad de almacenamiento superior a 20 GB, que constituye la cantidad total de almacenamiento requerida para brindar *Web Hosting* a todos los clientes del centro y para poder instalar tanto el sistema operativo como aplicaciones relacionadas al servicio.
- 1 tarjeta de red Ethernet 10BaseT/100BaseTX con puerto RJ45.

3.4.2 SERVICIO DE NOMBRES DE DOMINIO

En el caso del centro de provisión de Internet el servidor DNS será el encargado de administrar los dominios de las empresas que lo requieran y de resolver los nombres de los distintos servidores del centro.

Como servidor DNS se empleará BIND (*Berkeley Internet Name Domain*) pues presenta un funcionamiento estable, esta ampliamente difundido su uso y se encuentra dentro de los paquetes de instalación de Linux Red Hat 9.

Este servicio requiere gran capacidad de procesamiento debido a que debe responder de forma rápida las peticiones de resolución de nombres de los usuarios. Las características que debe tener el equipo son:

- Velocidad de procesamiento de 3 GB.

- Memoria RAM de 256 MB.
- Capacidad de almacenamiento 10 GB, para instalación del sistema operativo incluido el servidor BIND.
- 1 tarjeta de red Ethernet 10BaseT/100BaseTX con puerto RJ45.

3.4.3 SERVICIO DE CORREO ELECTRÓNICO

Los usuarios del centro tendrán una cuenta de correo de tipo POP en el servidor con una capacidad máxima de 20 MB. Los usuarios podrán manejar sus correos desde cualquier aplicación de software cliente de correo electrónico en sus computadores.

Sendmail se utilizará como servidor de correo del centro de provisión de Internet.

Este servicio requiere una cantidad considerable de recursos de procesamiento, memoria y almacenamiento, por lo que se destinará un equipo con las siguientes características de *hardware*:

- Velocidad de procesamiento de 3 GB.
- Memoria RAM de 512 MB.
- Capacidad de almacenamiento superior a 20 GB, que constituye la cantidad total de almacenamiento requerida para almacenamiento de los correos electrónicos de todos los clientes del centro e instalación del sistema operativo y Sendmail.
- 1 tarjeta de red Ethernet 10BaseT/100BaseTX con puerto RJ45.

3.4.4 SERVICIO DE AUTENTICACIÓN

El servicio de autenticación dentro de un proveedor de Internet constituye uno de los servicios de importancia crucial, ya que es el encargado de permitir o denegar a los usuarios el acceso a los distintos servicios.

Por ello en el centro de provisión de Internet se empleará un servidor RADIUS con autenticación EAP-TLS cuyas características y funcionamiento los se indican en las secciones 2.4.2.1 y 2.4.2.3, ya que constituye un servidor muy robusto en cuanto a la seguridad de la información de contraseñas y las alternativas de configuración son diversas.

Como aplicación de servidor RADIUS para Linux se utilizará FreeRadius.

Las características de *hardware* que requiere el servicio para un normal funcionamiento son:

- Velocidad de procesamiento superior a 2 GB.
- Memoria RAM de 256 MB.
- Capacidad de almacenamiento 10 GB, para instalación del sistema operativo incluido el servidor FreeRadius.
- 1 tarjeta de red Ethernet 10BaseT/100BaseTX con puerto RJ45.

La tabla 3.19 resume los requerimientos de *hardware* y *software* de los servidores del centro de provisión de Internet.

ITEM	SERVIDORES			
	WEB HOSTING	DNS	CORREO ELECTRÓNICO	AUTENTICACIÓN
Software				
Sistema Operativo	Linux Red Hat 9	Linux Red Hat 9	Linux Red Hat 9	Linux Red Hat 9
Servidor	Apache Web Server	BIND	Sendmail	FreeRadius
Hardware				
Velocidad de Procesamiento	3 GB	3 GB	3 GB	2 GB
Memoria RAM	512 MB	256 MB	512 MB	256 MB
Capacidad de Almacenamiento	20 GB	10 GB	20 GB	10 GB
Tarjeta de Red	Ethernet 10/100 RJ45	Ethernet 10/100 RJ45	Ethernet 10/100 RJ45	Ethernet 10/100 RJ45

Tabla 3.19 Requisitos de hardware y software de los equipos servidores del centro

3.4.5 DIAGRAMA DE LA RED DE SERVICIOS

Luego de haber seleccionado los servicios que se prestarán adicionalmente a la provisión de Internet a las empresas que forman parte del PIA, la red de servicios establecida se muestra en la figura 3.7.

Adicionalmente está colocado un *firewall* luego del *router* de acceso al Internet como un mecanismo de seguridad a través del cual solo pase el tráfico autorizado a la red utilizando listas de acceso.

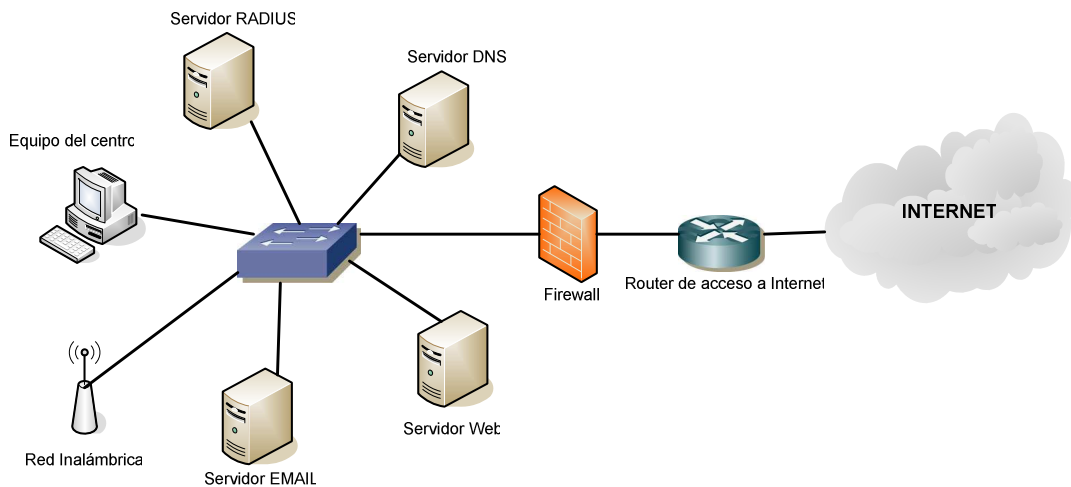


Figura 3.6 Red de servicios del centro de provisión de Internet.

3.5 DEFINICIÓN DE POLÍTICAS DE SEGURIDAD ^[23]

Las políticas de seguridad de una red describen el nivel de seguridad que debe aplicarse en la red para mantener de forma protegida los recursos y la información con que se cuenta, y las medidas técnicas necesarias para alcanzar dicho nivel de seguridad. Además permiten tener una perspectiva de posibles incidentes y los procedimientos para afrontarlos de una forma rápida.

Dichas políticas en el caso de una empresa que presta servicios a través de su red a clientes externos, como es el caso de este diseño, deben indicar el grado de responsabilidad tanto del cliente como de la empresa y en ningún momento deben comprometer la confidencialidad de la información de los clientes.

Para el centro de provisión de Internet se han establecido políticas para lograr un alto nivel de seguridad donde la complejidad de administración de la red

y el sistema sea media, y el costo de su implantación sea bajo. Los siguientes aspectos se tomaron en cuenta para su creación:

- Políticas para el manejo de información en el centro.
- Políticas que restrinjan el acceso indebido a la red inalámbrica.
- Políticas que permitan la continuidad de operación del centro y de los servicios que presta.

La tabla 3.20 indica las políticas de seguridad que se definirán en el centro de provisión de Internet.

Todas estas políticas de seguridad no serán suficientes si no se crea una cultura de seguridad en todos los implicados, ya que la seguridad de un sistema no constituye un proyecto sino una forma de vida en la que es importante la constante educación y permanente búsqueda de nuevas vulnerabilidades y mejoras.

3.6 ESTUDIO Y ELECCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS

3.6.1 ESTUDIO Y ELECCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS DE LA RED INALÁMBRICA ^[24] ^[25] ^[26]

Del diseño de la red inalámbrica realizado en la sección 3.3 se tiene las siguientes características necesarias en los Puntos de Acceso para el correcto funcionamiento y operatividad de la red:

Puntos de Acceso para enlace a los clientes:

- Rango de cobertura de 200 m.
- Configuración remota.
- Permitir autenticación EAP-TLS.
- Permitir autenticación por MAC.

SEGURIDAD EN EL CENTRO

PROPÓSITO: Evitar el acceso no autorizado a equipos e información del centro de provisión de Internet.

POLÍTICAS:

- Los servidores y equipos de red se encontrarán ubicados en un cuarto con acceso restringido al técnico y al administrador del centro.
- Los computadores del centro estarán dedicados al uso exclusivo de las tareas del centro.
- Las contraseñas de los usuarios de red del centro deberán estar compuestas por un mínimo de 6 caracteres alfanuméricos.
- Se utilizará protector de pantalla cuando no se utilice el computador asignado.
- Los documentos del centro se almacenarán dentro de un archivador con su respectiva cerradura.
- El manejo de llaves estará a cargo del administrador del centro y de la persona que designe.
- Dentro del centro se tendrá una alarma de seguridad.
- Dentro del centro se deberá tener alarmas contra humo y un extintor de incendio.
- El centro dispondrá de un breaker principal para la alimentación de la energía eléctrica al cuarto de servidores.
- El centro dispondrá un sistema de puesta a tierra apropiado para las condiciones del centro.
- El administrador del centro establecerá un procedimiento de mantenimiento para todos los equipos del centro.
- El administrador establecerá un documento que indique claramente las funciones, obligaciones y consecuencias por incumplimiento de cada empleado del centro.
- El administrador establecerá un procedimiento para respaldo, recuperación de datos, y respuesta ante desastres e incidentes de seguridad.
- El administrador definirá los medios para la gestión, notificación y estadística de eventos en los equipos que conforman la red de servicio de Internet del centro.
- Ningún equipo de red o servicio estará colocado en el piso para evitar problemas en caso de inundación.
- Todo el cableado del centro estará respectivamente etiquetado y ordenado.
- Se definirá un procedimiento para el almacenamiento de contraseñas de las cuentas activas de acceso a la red.
- El manejo de claves de acceso de los clientes a la red y servicios estará a cargo del técnico y el administrador del centro.
- El administrador del centro definirá un procedimiento para el mantenimiento de accesos a equipos del centro y cuentas de acceso de los clientes.

SEGURIDAD PARA LOS USUARIOS

PROPÓSITO: Evitar el acceso no autorizado a la red del centro de provisión de Internet e información de los clientes.

POLÍTICAS:

- Las contraseñas de los usuarios para ingreso al servicio de Internet deberán estar compuestas por un mínimo de 6 caracteres alfanuméricos.
- Los usuarios tienen restringida la distribución indebida del certificado de cliente para la autenticación en la red.
- Es responsabilidad de los usuarios el uso debido del usuario y contraseña de acceso a la red.
- Es responsabilidad de los usuarios el uso debido de los servicios prestados por el centro de provisión de Internet.
- Es responsabilidad de los usuarios la información que se maneje a través de los servicios prestados por el centro de provisión de Internet.

SEGURIDAD PARA LOS SERVIDORES

PROPÓSITO: Evitar el acceso no autorizado a información confidencial y crítica de los servidores del centro de provisión de Internet.

POLÍTICAS:

- Las contraseñas de acceso al gestor de arranque de los servidores deberán estar compuestas por un mínimo de 6 caracteres alfanuméricos y se utilizará la opción de cifrado para su almacenamiento.
- Las contraseñas de root y usuarios de los servidores deberán estar compuestas por un mínimo de 6 caracteres alfanuméricos.
- Las contraseñas de root serán diferentes para cada uno de los servidores del centro de provisión de Internet.
- Se evitará utilizar el uso de la cuenta de root en los servidores, excepto para acciones que lo determinen necesario.
- Se eliminará de los servidores toda cuenta de invitado o cuenta que por defecto no solicite contraseña.
- Para conexiones remotas por consola a los servidores, se utilizará el protocolo SSH y queda prohibido el uso de la cuenta root.
- Cada uno de los servidores estará conectado a un UPS y a un dispositivo supresor de picos.
- Cada servidor tendrá una lista de acceso activada (iptables) que solo permita el uso de los puertos del servicio que presta y de aplicaciones permitidas por el administrador (Ej. SSH).
- Establecer los permisos necesarios a los archivos de configuración de cada uno de los servicios únicamente para el root y la cuenta del administrador del servicio.
- Mantener una copia de las configuraciones de los servidores en un sitio seguro y en base a procedimiento establecido por el administrador del centro.
- Se utilizará herramientas de detección de intrusos y anomalías en la red.
- Para los servicios de Web Hosting y DNS se colocarán los archivos de configuración dentro de una jaula CHROOT.
- Para el servicio de Correo Electrónico se utilizará programas Antivirus y AntiSpam para los correos que llegan a las cuentas de los usuarios creadas.

SEGURIDAD PARA LA RED INALÁMBRICA

PROPÓSITO: Evitar el acceso no autorizado a la red inalámbrica y uso de servicios del centro de provisión de Internet.

POLÍTICAS :

- Se cambiará las contraseñas predeterminadas de los equipos de la red inalámbrica.
- Se colocará los equipos de la red en un lugar que presente las protecciones físicas necesarias para su funcionamiento.
- Se utilizará un protocolo de autenticación de encriptación para el ingreso a la red por parte de los usuarios.
- Se desactivará la difusión del SSID.
- Se establecerá el número máximo de equipos a conectarse en la red en función de los usuarios del centro de provisión de Internet.
- No se utilizará el servicio de DHCP para la asignación de direcciones a los usuarios del centro.

- Permitir conectividad con tarjetas inalámbricas de distintos fabricantes.
- Permitir conectividad con sistemas operativos GNU/Linux y Microsoft Windows en los clientes.
- Antena externa de fábrica.
- Potencia de transmisión mínima de 18 dBm.
- Estándar IEEE 802.11g.
- Capacidad de configuración y administración remota.
- Soporte de IEEE 802.11x y WEP.
- Capacidad de alimentación PoE.

Puntos de Acceso para enlaces al centro:

- Rango de cobertura de 400 m.
- Configuración remota.
- Modo de trabajo Punto-Punto.
- Antena externa de fábrica.
- Permitir cambio de la antena externa.
- Potencia de transmisión mínima de 18 dBm.
- Estándar IEEE 802.11g.
- Capacidad de configuración y administración remota.
- Soporte de IEEE 802.11x y WEP.
- Capacidad de alimentación PoE.

Con estos datos y teniendo como base la adquisición de equipos de un fabricante representativo en el mercado, con un costo relativamente bajo sin que se afecte la calidad del servicio, se tienen las alternativas indicadas en la tabla 3.21.

Estos equipos permiten trabajar con el estándar IEEE 802.11g con soporte de antena externa y permiten la conexión de tarjetas inalámbricas de distintos fabricantes funcionando en sistemas operativos Windows y Linux.

El equipo Cisco Aironet 1100 provee una mayor área de cobertura, soporte de VPNs, gestión del equipo por el protocolo SNMP. El equipo Linksys WAP54G

cumple con los requerimientos solicitados en el diseño a un costo mucho menor (una quinta parte) al equipo Cisco con un nivel de potencia de transmisión superior (el doble) al equipo DLink DWL-200AP, el cual a pesar de presentar el menor costo entre los tres equipos, no posee capacidad de gestión remota y tiene un nivel de potencia de transmisión menor al mínimo requerido en el diseño.

Nombre del equipo	Requerimientos mínimos para el diseño	Linksys Wireless-G Access Point WAP54G	D-Link AirPlus Xtreme G DWL-2000AP	Cisco Aironet 1100
Características técnicas:				
Tipo de dispositivo	Punto de acceso inalámbrico externo	Punto de acceso inalámbrico externo	Punto de acceso inalámbrico externo	Punto de acceso inalámbrico externo
Potencia de Transmisión	18 dBm	18 dBm (64 mW)	15 dBm (32 mW)	20 dBm (100 mW)
Soporte antena externa	Si	Si	Si	Si
Formato código de línea		DBPSK, DQPSK, CCK, OFDM	DBPSK, DQPSK, CCK, 64 QAM, BPSK, QPSK, 16 QAM, PBCC, OFDM	DBPSK, DQPSK, CCK, 64 QAM, BPSK, QPSK, 16 QAM
Protocolo de interconexión de datos	IEEE 802.11g	IEEE 802.11b, IEEE 802.11g	IEEE 802.11b, IEEE 802.11g	IEEE 802.11b, IEEE 802.11g
Método de espectro expandido		OFDM, DSSS	OFDM, DSSS	OFDM, DSSS
Red / Protocolo de transporte		TCP/IP, IPX/SPX, NetBEUI/NetBIOS	TCP/IP, IPX/SPX, NetBEUI/NetBIOS	TCP/IP, IPX/SPX, NetBEUI/NetBIOS
Protocolo de gestión remota		-	-	SNMP, Telnet, HTTP
Banda de frecuencia	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Alcance máximo en interior		100 m	100 m	124 m
Alcance máximo al aire libre	400 m	400 m	400 m	610 m
Indicadores de estado		Actividad de enlace, alimentación	Actividad de enlace, alimentación	Estado puerto, error
Características adicionales		-	Soporte de DHCP	Soporte de DHCP, soporte BOOTP, soporte VLAN, activable
Configuración remota	Si	HTTP, wireless configuration		HTTP
Algoritmo de cifrado	WEP, WPA	WEP de 128 bits, ncriptación de 64 bits WEP, WPA de 256 bits	MD5, WEP de 128 bits, WEP de 256 bits, encriptación de 64 bits WEP, TLS	RC4, AES, WEP de 128 bits, WEP de 40 bits, TKIP, WPA
Filtrado MAC	Si	Si	-	Si
Método de autenticación		Identificación de conjunto de servicios de radio (SSID)	Identificación de conjunto de servicios de radio (SSID)	RADIUS
Tipo de antena de fábrica	Externa	Externa	Externa	Interna integrada
Cantidad de antenas		2	1	-
Interfaces		1 x red - Radio-Ethernet	1 x red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45	1 x red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45
Sistemas Operativos en el cliente	Windows, Linux	Windows, Linux	Windows, Linux	Windows, Linux
Operatividad con dispositivos cliente de distinto fabricante	Si	Si	Si	Si
RAM instalada (máx.)		-	-	16 MB
Memoria flash instalada (máx.)		-	-	8 MB Flash
Precio		USD 83,6	USD 60,30	USD 570,50

Tabla 3.21 Cuadro comparativo de características de Puntos de Acceso.^{[24][25][26]}

Por cumplir los requerimientos y luego de realizar el estudio entre las alternativas se elige al equipo Linksys WAP54G como el Punto de Acceso para el servicio a los clientes y para los enlaces al centro.

Para el equipo del cliente se sugiere el uso de una tarjeta inalámbrica con interfaz USB y antena externa por presentar las siguientes ventajas:

- Fácil instalación en computadores de escritorio y portátiles.
- Presenta mejor compatibilidad con sistemas operativos LINUX y Microsoft Windows
- Al tener la antena externa, se logra un mejor nivel de la señal.
- El cambio de la tarjeta de un equipo a otro por el usuario es rápido y sencillo.

Las configuraciones y pruebas del diseño se realizaron utilizando una tarjeta USB Linksys WUSB54G, por lo cual será la empleada para el estudio económico. Las características se indican en el Anexo C.

3.6.2 ESTUDIO Y ELECCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS SERVIDORES ^[27] ^[28] ^[29]

Para la elección de los equipos servidores en los cuales funcionarán los distintos servicios mencionados en la sección 3.4 es importante considerar los siguientes aspectos:

- Los equipos seleccionados deberán trabajar ininterrumpidamente.
- Al trabajar los servicios con sistema operativo Linux es importante que existan los *drivers* para los distintos dispositivos.
- Al trabajar los servicios con sistema operativo Linux se tiene un obtiene una mejor utilidad de las características de los equipos.
- Se debe tener en cuenta la capacidad de procesamiento necesaria del servicio.

- Se debe tener en cuenta la capacidad de almacenamiento necesaria del servicio.
- Se debe tener en cuenta la cantidad de memoria requerida por el servicio.
- Se debe tener en cuenta los requerimientos mínimos de hardware para un óptimo funcionamiento del sistema operativo.
- Se debe tener en cuenta la cantidad de usuarios de red.

Las opciones de servidores y sus características se muestran en la tabla 3.22. Adicionalmente a estas opciones estaría la de ensamblar un servidor genérico, alternativa que no fue tomada en cuenta debido a que los servicios son críticos para la operación del centro, la relación costo-beneficio es aceptable, la operación de los equipos es ininterrumpida y se tiene soporte técnico del fabricante.

ITEM	Características Mínimas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Nombre del producto		IBM Xserie 336 X 88372EG SR2*36,4 G M32	Compaq PR. ML370 G4 311135-421 SR 0 G M360	Dell Power Edge 430 SC	Compaq PR. ML110 359661-421 SR 80 G M3000
Rack - Torre		Rack	Torre	Torre	Torre
Marca		IBM	Compaq	Dell	Compaq
Capacidad del Disco Duro	20 GB	72.8 GB	80 GB	80 GB	80 GB
Tarjeta de red	1	1	1	1	1
CD Rom	48x	52x	52x	48x	52x
Floppy 1,44M	Si	Si	Si	Si	Si
Tecnología Hyper Threading		Si	Si	No	Si
Marca Chipset		Intel	Intel	Intel	Intel
Marca del Procesador		Intel	Intel	Intel	Intel
Memoria RAM	512 MB	1024 MB	1024 MB	512 MB	256 MB
Número de Procesadores	1	2	2	1	1
Procesador Intel	Pentium 4	Xeon	Xeon	Pentium 4	Pentium 4
Tipo de Computador	Servidor	Servidor	Servidor	Servidor	Servidor
Velocidad del procesador	2 GB	3.2 GB	3.6 GB	3 GB	3 GB
Precio USD		1.512,64	2.289,82	719,99 USD	1.075,63

Tabla 3.22 Cuadro comparativo de alternativas de Servidores.^{[27][28][29]}

De las opciones indicadas se puede observar que todas las alternativas utilizan el mismo *chipset* y procesador, y presentan valores cercanos en capacidad y velocidad de procesamiento, los cuales son aceptables para el tipo de servicio y cantidad de usuarios del centro.

Las alternativas 1 y 2 tienen similares características, diferenciándose únicamente en su precio. La alternativa 3 tiene ventaja frente a las demás por su costo pero no cuenta con la tecnología *Hyperthreading*, propiedad que en ambientes de alta disponibilidad es necesaria en la actualidad. La cantidad de memoria que posee pese a ser menor que la ofrecida por las opciones anteriores permite un funcionamiento adecuado de los servicios con el número de usuarios esperado.

La alternativa 4 ofrece un valor de memoria muy bajo, presentando el riesgo de que las aplicaciones no funcionen en un nivel adecuado.

De este análisis y tomando en cuenta la relación costo-beneficio se elige la alternativa 3 como la opción de equipo para cada uno de los servidores del centro de provisión de Internet.

3.7 CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS

3.7.1 CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS DE LA RED INALÁMBRICA

a. Puntos de Acceso

El punto de acceso Linksys WAP54G presenta una interfaz de gráfica Web que permite una configuración del equipo rápida y sencilla.



Figura 3.7 Interfaz gráfica de configuración del WAP54G

El primer paso que a realizar es indicar el ESSID, el canal de operación, la dirección IP, máscara de subred y la dirección del *gateway* de la red a la que está conectado. Como parte de las políticas de seguridad del proyecto se debe cambiar las contraseñas de administración por defecto en el equipo y deshabilitar el *broadcast* ESSID.

Local IP Address: . . .


Subnet Mask: . . .

Wireless Network Mode:

Wireless Network Name (SSID):

Wireless Channel:

Wireless SSID Broadcast: Enable Disable



Status : SES Inactive

Password:

Re-enter to confirm:

Figura 3.8 Configuración inicial del WAP54G

La configuración del modo de funcionamiento de los distintos puntos de acceso es la siguiente:

- Los puntos de acceso de comunicación al centro ubicados junto a los puntos de acceso de conexión de los clientes estarán en modo punto-punto.
- El punto de acceso concentrador de los puntos de acceso de comunicación al centro estará configurado en modo punto-multipunto.
- Los puntos de acceso de conexión de los clientes se configurarán en modo Punto de Acceso.

Se utilizará el filtrado de direcciones MAC para permitir únicamente el acceso a la red de los usuarios permitidos.

Wireless MAC Filter: Enable Disable

Prevent: Prevent PCs listed from accessing the wireless

Permit only: Permit only PCs listed to access the wireless network

MAC 01: MAC 11:

MAC 02: MAC 12:

MAC 03: MAC 13:

MAC 04: MAC 14:

MAC 05: MAC 15:

MAC 06: MAC 16:

... ..

Figura 3.9 Filtrado MAC del WAP54G

Se debe configurar el modo de autenticación que emplearán los clientes para acceder a la red y a los servicios que prestará el centro, en el punto de acceso para que funcione como un cliente RADIUS indicando el método de seguridad, dirección IP y puerto del servidor RADIUS, y el algoritmo WPA con la compartida.

Security Mode: ▼

WPA Algorithms: ▼

RADIUS Server Address: . . .

RADIUS Port:

Shared Key:

Key Renewal Timeout: seconds

Figura 3.10 Configuración inicial del WAP54G

b. Tarjeta de red inalámbrica del cliente

El instalador de la tarjeta de red inalámbrica Linksys WUSB54G indicada en la sección 3.6.1 para el cliente, presenta una interfaz gráfica de configuración Web que facilita su instalación tanto en ambientes Windows y Linux.

El primer paso que presenta es la selección de la red en que trabajará la tarjeta (Infraestructura o Ad hoc) y el nombre del SSID de la red. Luego es necesario indicar el método de seguridad que emplea la red para dar acceso a los dispositivos clientes.

LINKSYS®

Wireless Mode

2 These are Wireless Mode settings for the Wireless-G USB Network Adapter. If you are connecting the adapter through an **access point** to an Ethernet (Wired) network, select **Infrastructure Mode**. (The Wireless Mode can be changed later by using the Wireless Network Monitor.)

Please choose the Wireless Mode that best suits your needs.

- Infrastructure Mode**
In Infrastructure Mode, the wireless devices communicate with each other and to a wired network through an access point.
- Ad-Hoc Mode**
Ad-hoc Mode enables a group of wireless devices to communicate with each other without using an access point.

Please enter the SSID for your wireless network.

SSID The SSID (Service Set Identifier) is the network name shared by all devices in a wireless network.
Note: The SSID is case-sensitive.

Back | Next

Wireless-G USB Network Adapter Setup Wizard v4.0 Model No. **WUSB54G**

Figura 3.11 Selección de tipo de red y SSID

LINKSYS®

Wireless Security

3 These are the Wireless Security Settings for the Wireless-G USB Network Adapter. These settings should be the same for all the devices in your wireless network.

Security Disabled
WEP
PSK
PSK+RADIUS
RADIUS

Please select the wireless security method used by your existing wireless network. WEP stands for Wired Equivalent Privacy. PSK (Pre-Shared Key) is a security standard stronger than WEP encryption. RADIUS stands for Remote Authentication Dial-in User Service.

Back | Next

Wireless-G USB Network Adapter Setup Wizard v4.0 Model No. **WUSB54G**

Figura 3.12 Selección del método de seguridad de red

Al seleccionar como método de seguridad RADIUS en la siguiente ventana se debe indicar el método de autenticación que utiliza el servidor, el nombre de usuario para autenticar, la dirección IP del servidor RADIUS y el nombre del certificado cliente.

LINKSYS®

Wireless Security - RADIUS

4 These are the Wireless Security settings for the Wireless-G USB Network Adapter. Select the Authentication and Encryption settings for your network. Select the Certificate and enter the Login Name used for authentication.

Authentication EAP-TLS Please select the authentication method that you use to access your network.

Login Name andres Enter the Login Name used for authentication.

Server Name 192.168.1.10 Enter the Server Name used for authentication.

Certificate usuario1 Please select the certificate used for authentication.

Back Next

Wireless-G USB Network Adapter Setup Wizard v4.0 Model No. **WUSB54G**

Figura 3.13 Configuración parámetros RADIUS

Luego es necesario configurar el sistema para la conexión con la red inalámbrica. Se debe copiar el certificado cliente otorgado por el servidor en el computador del usuario y ejecutarlo para que se instale en el sistema. Este certificado se seleccionará al momento de realizar la configuración para la conexión con la red inalámbrica⁶¹.

3.7.2 CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS SERVIDORES

Los archivos de configuración de los distintos servidores y el firewall se presentan en el anexo D.

⁶¹ Los detalles de la configuración en clientes Linux y Windows se indican detalladamente en la página oficial de FreeRadius (<http://www.freeradius.org>).

3.8 PRUEBAS DE CAMPO

Las pruebas de la red inalámbrica se realizaron con permisos de CEPIA en las instalaciones del PIA, entidad que brindó todas las facilidades del caso. Los equipos utilizados para validar el diseño fueron:

- Dos puntos de Acceso Linksys WAP54G.
- Una antena externa SMC SMCHMANT – 5 EZ.
- Dos computadores portátiles, un HPz189 y un Toshiba A80.
- Una tarjeta inalámbrica Linksys WUSB54G con cable de conexión USB a un computador y antena externa integrada.
- Software de medición de señal de redes inalámbricas NetStumbler versión 0.4.0

Se debe indicar que las pruebas se hicieron en un día laborable a media mañana, hora en que todas las empresas se encuentran trabajando, para simular un ambiente de normal funcionamiento del servicio.

Para comprobar la conectividad de los enlaces entre puntos de acceso, se colocó un punto de acceso en las instalaciones donde se ubicará el centro (denominado para las pruebas punto de acceso concentrador) utilizando las antenas propias del equipo. El otro se lo colocó en los lugares donde se ubicarán los puntos de acceso de comunicación al centro (denominado para las pruebas punto de acceso de comunicación). Las ubicaciones físicas fueron:

- El punto de acceso concentrador se lo colocó la terraza de las instalaciones del centro, ubicado en un departamento construido en el lote 88 a.
- Para el enlace de comunicaciones con el centro 1, se colocó el punto de acceso de comunicación en un poste ubicado en la esquina del terreno de IASA.

- Para el enlace de comunicaciones con el centro **2**, se colocó el punto de acceso de comunicación en un poste ubicado en la esquina noreste del terreno 4C donde funciona la empresa Tecnorizo.
- Para el enlace de comunicaciones con el centro **4**, se colocó el punto de acceso de comunicación en la terraza de la construcción donde funciona CEPIA.
- Para el enlace de comunicaciones con el centro **5**, se colocó el punto de acceso de comunicación en un poste ubicado en la esquina noroeste del lote 14 B donde funciona la empresa Impodukan.

Se utilizó el modo de funcionamiento de punto de acceso en el punto de acceso concentrador y el modo de funcionamiento de punto de acceso cliente en los puntos de acceso de comunicación para medir el nivel de señal empleando el software NetStumbler en un computador portátil presentando los siguientes resultados:

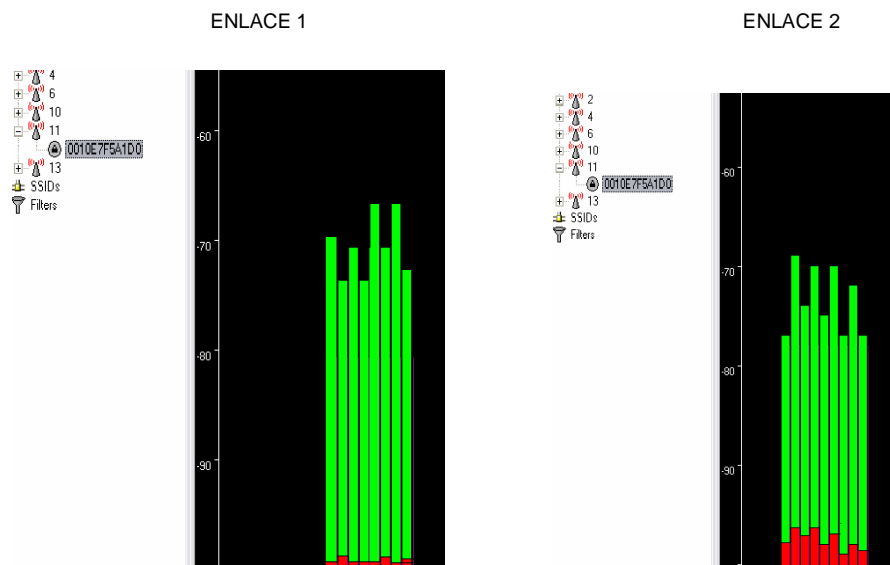


Figura 3.14 Enlace de comunicación 1 y 2 ⁶²

⁶² Los valores en verde indican el valor de señal y los valores en rojo el nivel de ruido.

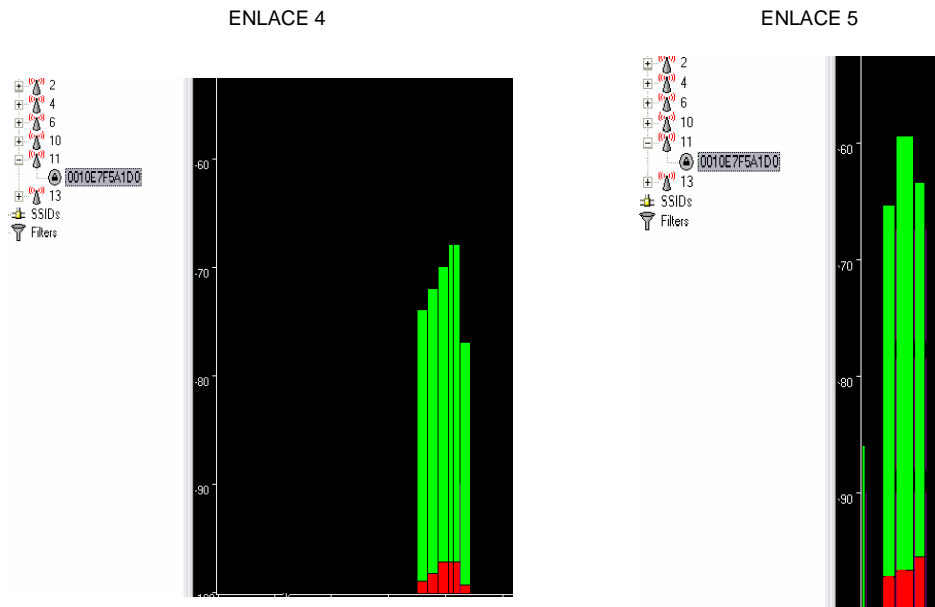


Figura 3.15 Enlace de comunicación 4 y 5

ENLACE DE COMUNICACIÓN	NIVEL DE SEÑAL PROMEDIO MEDIDO (dB)	NIVEL DE RUIDO PROMEDIO MEDIDO (dB)	DIFERENCIA ENTRE SEÑAL Y RUIDO (dB)
1	-71	-99	28
2	-74	-98	24
4	-72	-97	25
5	-62	-97,5	35,5

Tabla 3.23 Valores de señal y ruido medidos en las pruebas de los enlaces.

- Todos los enlaces presentaron un nivel de ruido muy bajo a pesar de estar funcionando todas las empresas.
- Los niveles de señal medidos son menores a los teóricos indicados en la tabla 3.13 excepto en el enlace 5, pero permiten la comunicación con el centro ya que son superiores al valor de sensibilidad mínima de recepción del punto de acceso seleccionado (-84 dBm).
- La diferencia entre el nivel de señal y el nivel de ruido es superior al valor de PRU más crítico correspondiente a una conexión a 1 Mbps.

Es por ello que se puede concluir que el diseño de los enlaces entre puntos de acceso es válido teniendo como base las pruebas realizadas que confirman el diseño teórico.



Figura 3.16 Ubicación del punto de acceso concentrador



Figura 3.17 Vista del punto de acceso concentrador desde el punto de acceso 2



Figura 3.18 Vista del punto de acceso concentrador desde el punto de acceso 1



Figura 3.19 Vista del punto de acceso concentrador desde el punto de acceso 5



Figura 3.20 Vista del punto de acceso concentrador desde los bajos del punto de acceso 4

Para las pruebas de conexión de los clientes con el punto de acceso se consideró realizarlas en la ubicación del cliente más lejano a cada punto de acceso.

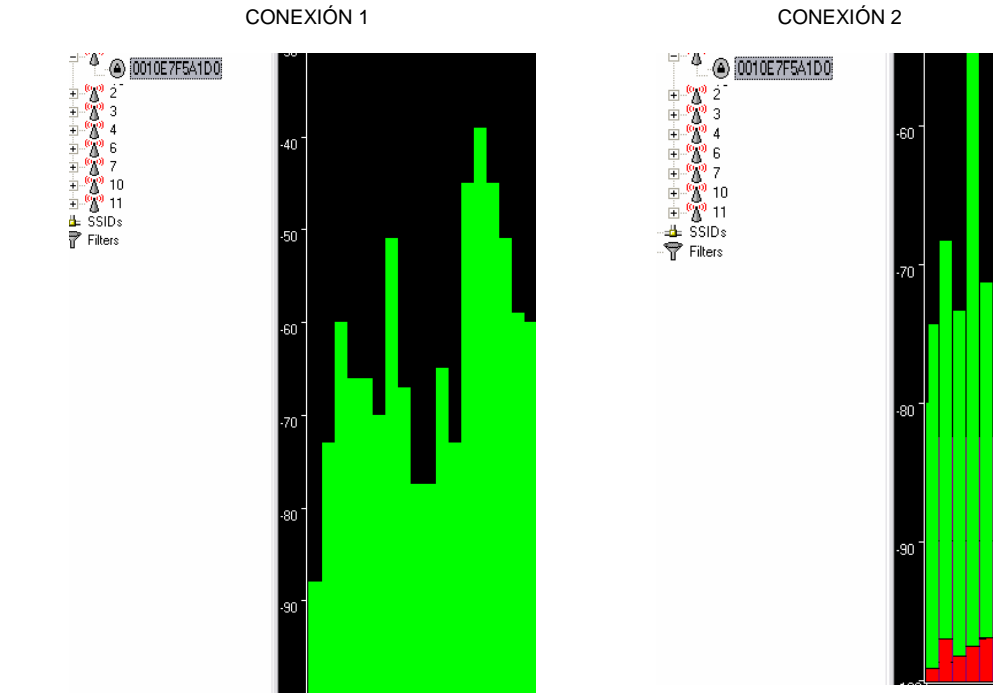


Figura 3.21 Conexión del cliente con el punto de acceso 1 y 2

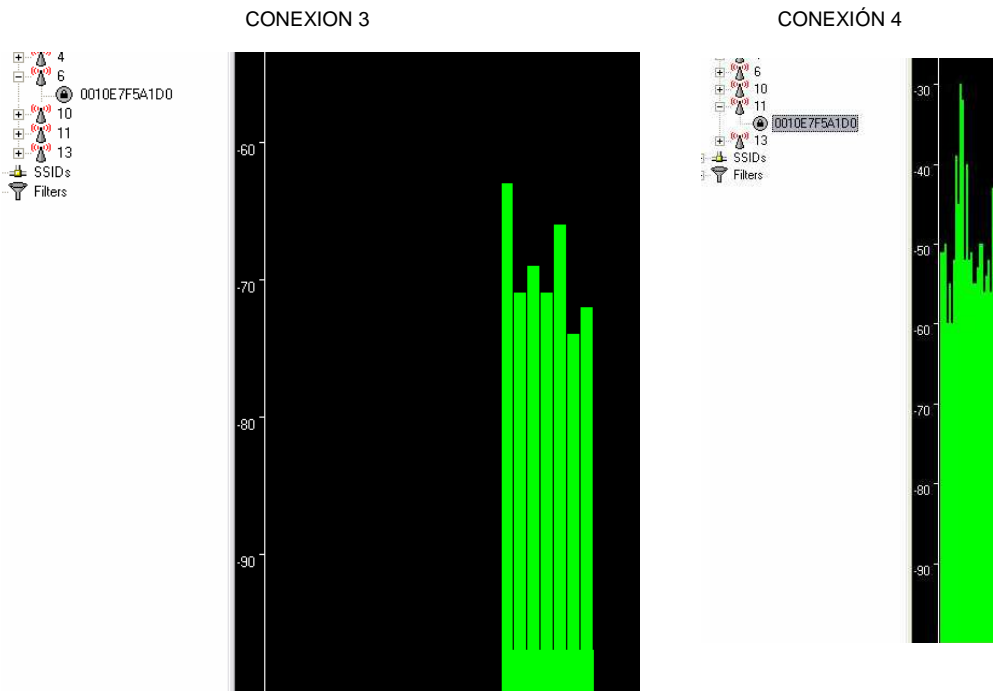


Figura 3.22 Conexión del cliente con el punto de acceso 3 y 4

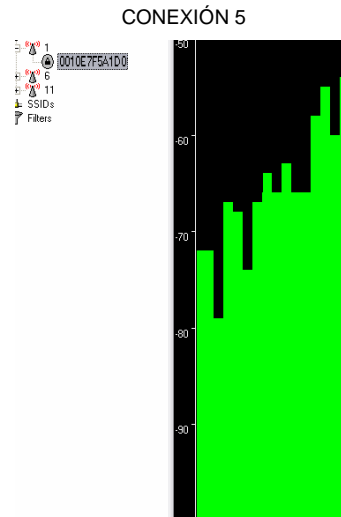


Figura 3.23 Conexión del cliente con el punto de acceso 5

Como se puede observar en las gráficas, en todas las pruebas desde las ubicaciones de los clientes la conexión presenta valores superiores al valor de sensibilidad mínima de recepción del punto de acceso seleccionado para el diseño, por lo cual se puede validar la distribución de clientes por punto de acceso y el diseño teórico.

3.9 PROTOTIPO

El prototipo se lo realizará utilizando el siguiente esquema en el cual se indican los equipos a utilizar, para demostrar el funcionamiento y validez del proyecto.

Para los equipos servidores y el firewall del centro de provisión de Internet se utilizará el siguiente esquema:

- Se utilizarán tres computadores de escritorio con *hardware* que soporte el sistema operativo Linux y los servicios indicados en la sección 3.4,
 - o Uno para los servicios de correo electrónico y *Web Hosting*.
 - o Uno para los servicios de DNS y autenticación.
 - o Uno para el *firewall* de seguridad.

Como equipo de conexión de los clientes inalámbricos se empleará un punto de acceso con capacidad de funcionamiento del cliente RADIUS con similares características del seleccionado en la sección 3.6.

Los siguientes equipos cliente serán los empleados para validar el funcionamiento tanto en ambientes Windows y Linux por los usuarios:

- Un computador portátil cliente Windows con tarjeta de conexión inalámbrica.
- Un computador de escritorio cliente Linux. con tarjeta de conexión inalámbrica.

Las pruebas de conectividad de red presentadas a continuación se las realizó utilizando un cliente Linux con sistema operativo Linux Knoppix, el cual presenta un asistente para conexiones inalámbricas con interfaz gráfica. En la figura 3.24 se presenta la interfaz cuando se detecta una red inalámbrica:

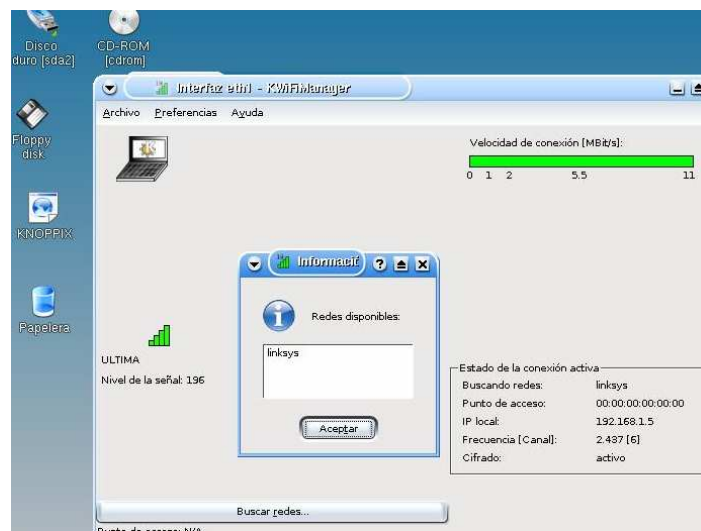


Figura 3.24 Interfaz de detección de red inalámbrica en Knoppix

Una vez que se acepta la conexión a la red se verifica el estado de la misma enviando un paquete ICMP (*ping*) a una de los equipos de la red de servidores.

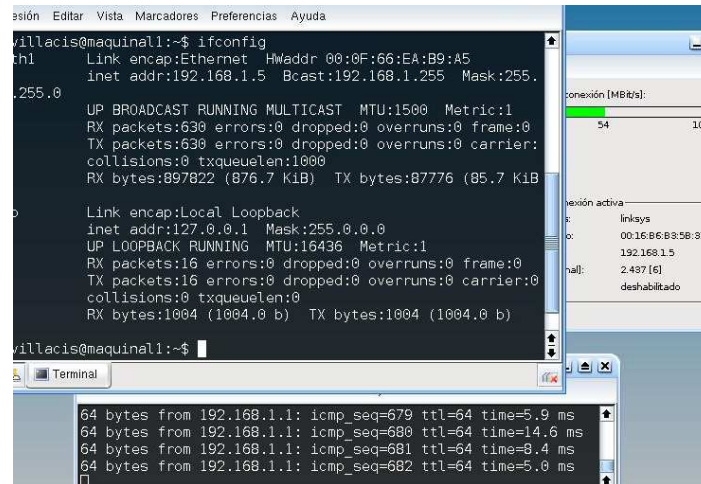


Figura 3.25 Verificación de conectividad con la red inalámbrica en Knoppix

Realizando cambios en los permisos de acceso a un usuario en el Servidor RADIUS o en el Punto de Acceso, al intentar conectarse se tendrá como respuesta una conexión fallida.

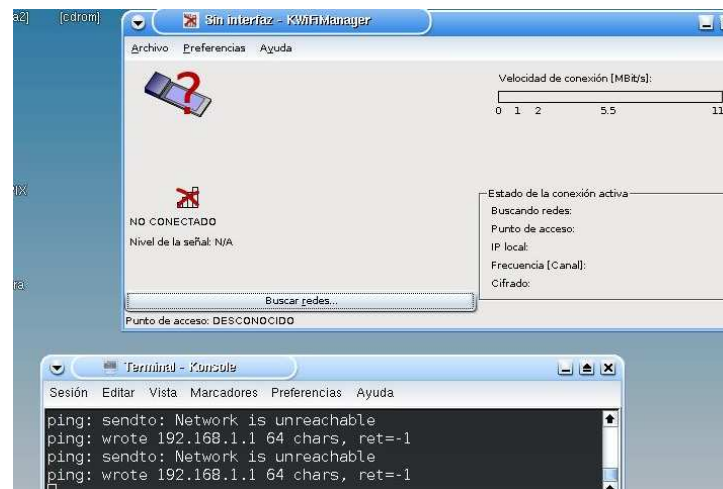


Figura 3.26 Intento fallido de conexión con la red inalámbrica en Knoppix

Estas pruebas se realizaron también en un cliente Windows con sistema operativo Microsoft Windows XP Profesional, obteniendo los mismos resultados para cada uno de los intentos.

CAPÍTULO 4

ESTUDIO LEGAL Y ADMINISTRACIÓN DEL CENTRO DE PROVISIÓN DE INTERNET

Al constituir el entorno legal en las telecomunicaciones un aspecto muy importante para el funcionamiento e implementación de un proyecto, en el presente capítulo se realizará un estudio del uso del espectro radioeléctrico en el Ecuador y de las leyes que rigen en nuestro país, para establecer los requisitos que debe cumplir el centro como proveedor de servicio de Internet para las empresas del parque industrial Ambato.

Como la administración del PIA está a cargo de la Corporación de Empresas del Parque Industrial Ambato (CEPIA), es primordial realizar un análisis de la forma en que se prestarán los servicios del centro de provisión de Internet al PIA, por lo que se hará un análisis del centro como un departamento del PIA y otro como un centro que preste servicios como una empresa privada. De los resultados de dichos estudios se evaluará y recomendará la alternativa que presente mejores ventajas al centro para su funcionamiento y sostenibilidad en el tiempo.

4.1 ESTUDIO LEGAL DEL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN EL PAÍS ^[30]

El Ecuador en vista de la necesidad de tener un marco legal para las telecomunicaciones acorde al creciente aumento de los servicios y tecnologías en este campo expidió mediante Registro Oficial No. 770 el 30 de agosto de 1995 la Ley Reformatoria de la Ley Especial de Telecomunicaciones y su reforma mediante la Ley para la Transformación Económica del Ecuador en el suplemento del Registro Oficial No. 34 el 13 de marzo del 2000⁶³, con el fin de tener un

⁶³ Reforma que consagra el régimen de libre competencia para la prestación de todos los servicios de telecomunicaciones.

documento que asegure la adecuada regulación y expansión de los sistemas radioeléctricos y servicios de telecomunicaciones al país, además de mejorar permanentemente la prestación de los servicios existentes.

Esta ley define los términos técnicos de telecomunicaciones y aquellos que no se nombren en ella, indica que se utilizarán los datos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)⁶⁴. Define también el espectro radioeléctrico como un recurso natural de propiedad del Estado, quien tendrá como función principal su administración y control, y será el encargado de dirigir, regular y controlar todas las actividades de telecomunicaciones.

Indica claramente que la prestación de servicios por parte de una empresa legalmente autorizada está sujeta al pago de tarifas que serán reguladas en los respectivos contratos de concesión y/o autorización, donde los pliegos tarifarios de cada uno de los servicios están establecidos por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), quien será el ente regulador y administrador de las telecomunicaciones.

El ente encargado de la ejecución de la política de telecomunicaciones en el país es la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), quien entre sus principales funciones tiene que ejercer la gestión y administración del espectro radioeléctrico, así como elaborar el plan de frecuencias y normas de homologación de equipos para su funcionamiento en el país y suscribir los contratos de autorización y/o concesión para el uso del espectro radioeléctrico autorizados por el CONATEL.

La Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTEL) es el ente encargado de hacer cumplir las resoluciones del CONATEL, controlar y monitorear el espectro radioeléctrico, controlar las empresas que exploten servicios de telecomunicaciones, supervisar que se desarrolle un mercado de libre

⁶⁴ Organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

competencia y sancionar a las personas que incurran en las infracciones indicadas en esta ley.

También se define claramente en esta ley los derechos de los usuarios a los servicios de telecomunicaciones y de las sanciones respectivas por delitos cometidos contra las telecomunicaciones.

Como documento que establece las normas y procedimientos generales para los servicios de telecomunicaciones y el uso del espectro radioeléctrico se encuentra el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada mediante Registro Oficial No. 404 el 23 de agosto del 2001.

El reglamento en su Artículo 11 y 12 indica que “los servicios de valor agregado son aquellos que utilizan servicios finales⁶⁵ de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido neto de la información transmitida”, los cuales requerirán un permiso para su operación. El Artículo 83 en lo referente del régimen tarifario indica que “los servicios de telecomunicaciones deberán ser prestados en régimen de libre competencia, por lo tanto los proveedores de servicios de telecomunicaciones, podrán establecer o modificar libremente las tarifas a los abonados por los servicios que prestan, de forma que asegure la operación y prestación eficiente del servicio, con la debida calidad”.

El Reglamento de Radiocomunicaciones expedido mediante Resolución No. 556-21-CONATEL-2000, tiene por objeto fomentar el uso y explotación del espectro radioeléctrico y de los servicios de radiocomunicación de una manera eficiente a fin de obtener el máximo provecho de este recurso.

El reglamento que da los índices y tablas para el cálculo de tarifas por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico es el Reglamento de Derechos de

⁶⁵ Servicios que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios (Artículo 6 del Reglamento).

Concesión y Tarifas por el uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico por Resolución No. 769-31-CONATEL-2003

Ya que el centro de provisión del servicio de Internet utilizará para la última milla equipos que trabajan con el estándar IEEE 802.11g, en la banda de frecuencia de 2.4 GHz, es importante mencionar que en la banda entre 2.400 y 2.483,5 MHz se encuentra la banda frecuencial para aplicaciones de investigación, científicas y médicas (ICM) de lo indicado en el cuadro de atribución de frecuencias del espectro radioeléctrico en el Ecuador⁶⁶ y de lo indicado en el Artículo 6 de la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (Resolución No. 417-15-CONATEL-2005). Esta banda no requiere licencia para su uso y las especificaciones técnicas para trabajo de los equipos que operen se encuentran en los anexos 1 y 2⁶⁷ de la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación digital de Banda Ancha.

4.2 ESTUDIO LEGAL DEL CENTRO COMO PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET ^[30]

Realizado el estudio en sección 4.1 del uso del espectro radioeléctrico y de la reglamentación de las telecomunicaciones en el país, se puede determinar los siguientes permisos y requisitos necesarios para que el centro de provisión de Internet cumpla con las leyes para su funcionamiento:

- Para poder brindar el servicio de Internet a usuarios se debe tener Permiso de Funcionamiento de Servicios de Valor Agregado (ISP) cuyos requisitos se indican en el Anexo E. Este permiso permite operación nacional de funcionamiento, tiene un valor de 500 dólares americanos y una duración de 10 años prorrogables por igual período de tiempo, previa presentación de solicitud escrita con tres meses de anticipación al vencimiento del plazo.

⁶⁶ Ver Anexo E

⁶⁷ Ver Anexo E

- Para poder brindar servicios de última milla inalámbrica en la banda de frecuencias de 2.4 GHz con equipos que trabajen con el estándar IEEE 802.11g se debe cumplir la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, expedida el 13 de octubre del 2005 y reemplaza a la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado con Resolución No. 538-20-CONATEL-2000 del 30 de Noviembre del 2000⁶⁸. El permiso de operación es de 5 años renovables previa solicitud del interesado dentro del plazo de 30 días previos al vencimiento. En las disposiciones transitorias se indica claramente que las tarifas por uso de frecuencias de espectro ensanchado se aplicarán a todos los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha y se indican en el Reglamento de Derechos de Concesión y Tarifas por el uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

Dicho Reglamento en su Artículo 19 indica que:

“ Los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, en las bandas que el CONATEL determine, pagarán una tarifa por uso de frecuencias por anticipado por un período de un año según la ecuación:

$$TA(US\$) = Ka * a_6 * B_6 * B * NTE$$

Donde:

TA (US\$) = Tarifa anual en dólares de los Estados Unidos de América.

Ka = Factor de ajuste por inflación.

a_6 = Coeficiente de valoración del espectro para los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (De acuerdo a la Tabla No.1, Anexo 5).

B_6 = Coeficiente de corrección para los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.

⁶⁸ Ver Anexo E

B = Constante de servicio para los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (De acuerdo a la Tabla No.2, Anexo 5).

NTE = Es el número total de estaciones fijas y móviles de acuerdo al sistema. ”

De lo indicado por la SENATEL este valor lo debe pagar la empresa que presta los servicios portadores, que es la encargada de la implantación de la red inalámbrica. Para el diseño se tomará la figura en que el centro realizará la instalación del acceso de última milla inalámbrica basados que en que éste esquema es permitido siempre y cuando la empresa que preste el servicio portador aparece como la responsable de la instalación ante la SENATEL. El valor será calculado en el capítulo 5 y agregado a los costos anuales de operación.

Los equipos utilizados para el diseño cumplen la Norma vigente, ya que:

- La potencia pico del equipo Linksys (64mW) a una frecuencia de operación entre 2.400 y 2.483.5 MHz (802.11g) en una configuración Punto-Punto es menor a la máxima permitida por la Norma (1000 mW).
- Se cumple lo establecido en la tabla 2 del anexo, ya que la potencia del transmisor (equipo Linksys) es menor a 100 mW con antenas directivas y exteriores en áreas públicas y privadas.

4.3 ESTUDIO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL CENTRO COMO UN DEPARTAMENTO DEL PIA

La administración del centro de provisión de Internet constituye un estudio importante, ya que de este análisis dependerá como se tendrá la interacción del mismo con las empresas que forman el PIA, su funcionamiento y su planificación para sostenerse en el tiempo.

El centro en el caso de que se implemente como un departamento del PIA, sería administrado por CEPIA, por lo cual se tienen las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- La entidad que realizaría los trámites y sería responsable del centro ante la SENATEL sería el CEPIA.
- Mayor aceptación de parte de los socios de CEPIA por el servicio.
- No existirían gastos por arriendo de local.

Desventajas:

- La compra de equipos, tecnología y definición de servicios serían adquiridos por decisión de CEPIA.
- El estudio de tarifación y contratación de personal estaría a cargo de CEPIA.
- El funcionamiento del centro dependería de las decisiones que tomen el Comité Ejecutivo de CEPIA y los socios del parque, por lo que el establecimiento de costos y estimaciones futuras serían dependientes de terceros al centro.

4.4 ESTUDIO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL CENTRO COMO UNA EMPRESA PRIVADA

En el caso de que la administración se la realice como una empresa privada que preste servicios a CEPIA, la figura que se utilizaría podría ser la de una entidad natural o jurídica, cuya elección dependería de las características de la(s) persona(s) interesadas en la implementación del diseño, por lo que su estudio detallado está fuera de los alcances de este proyecto.

Esta entidad sería la responsable ante la SENATEL y CEPIA del centro de provisión de Internet.

Como principales ventajas y desventajas de esta alternativa se tendría:

Ventajas:

- El centro es independiente de tomar decisiones.
- Independencia de ampliar el servicio a usuarios en los alrededores del PIA.

Desventajas:

- Competición constante del centro por la prestación del servicio al CEPIA con otros proveedores.
- Realizar un acuerdo con CEPIA para el arriendo de instalaciones y permisos de funcionamiento e implantación de equipos en las instalaciones del PIA, lo que implica mayores gastos al centro.

4.5 ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE ADMINISTRACIÓN DEL CENTRO

Realizado el estudio de las dos alternativas para la administración del centro, en las cuales se pueden observar claramente sus ventajas y desventajas la elección se la realizó en base a los siguientes factores:

Dependencia de decisiones:

Como una empresa privada el centro presentaría una independencia de las decisiones que tome el comité ejecutivo de CEPIA y sería el responsable de sus propias decisiones.

Dependencia Económica:

Como una empresa privada el centro tendría la facilidad de buscar nuevas alternativas de ingresos económicos.

Sostenibilidad:

Al ser una empresa privada y dependiendo de las proyecciones de crecimiento, el centro podría brindar sus servicios a usuarios a los alrededores del PIA.

Garantía de contratación del servicio:

Existiría una mayor garantía de contratación siendo un departamento del CEPIA.

Por esto la alternativa que presenta mejores ventajas al centro de provisión de Internet es la que se lo cree y administre como una empresa privada e independiente del PIA.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO

El estudio Económico y Financiero en un proyecto tiene como finalidad brindar información a las personas involucradas y otras cercanas, como puede ser el caso de inversionistas, el estado de los ingresos y egresos, determinar los precios o tarifas de sus productos y/o servicios, y poder justificar su viabilidad, rentabilidad y sostenibilidad en el tiempo a través de indicadores económicos.

5.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL

Para el presupuesto referencial del centro de Internet se tomaron en cuenta los siguientes costos necesarios para que empiece su funcionamiento y provisión de servicios:

- Costos de equipos de la red inalámbrica e instalación
- Costos de equipos de la red de servidores e instalación
- Costos de utilitarios del Centro
- Costos de permisos de funcionamiento del Centro
- Costos de instalación del enlace de Internet Dedicado

Dentro de los equipos de la red inalámbrica están los Puntos de Acceso e implementos necesarios para su montaje cuyos precios y características se muestran en la tabla 5.1.

La tabla 5.2 indica los costos de los equipos de la red de servidores y de los elementos para el cableado estructurado del centro.

EQUIPOS DE LA RED INALÁMBRICA				
Item	Descripción	Precio Unitario USD	Cantidad	Precio Total USD
Puntos de Acceso	Punto de Acceso Linksys WAP54G Soporte Estándares: IEEE 802.11g, IEEE 802.11b Velocidades: 1, 2, 5.5, 11, 24, 36, 48, 54 Mbps Alcance de cobertura externo: 400 m Potencia de transmisión: 18 dBm (64 mW) Antenas externas 2	83,60	10	836,00
Antenas	SMC SMCHMANT-5 EZ Connect Antena Ganancia 5dBi Conector: RP SMA Incorpora dos convertidores para conexiones MMCX y TNC Impedancia: 50 ohmios Dimensiones: 75 x 72 x 12 mm	39,95	7	279,65
Cables	Patch cords, 3 pies, Cat 5e	1,20	4	4,80
Mástiles	Mástil 3 m	40,00	1	40,00
	Mástil 5 m.	60,00	4	240,00
Equipos de soporte	Elementos de amarre Caja de protección para el Punto de Acceso	10,00	5	50,00
Supresor de energía	Regleta corta picos de 6 tomas	5,00	4	20,00
Trabajo de instalación	Instalación de mástiles Instalación de acometida eléctrica Colocación de Puntos de Acceso	150,00	1	150,00
TOTAL USD sin IVA:				1.620,45

Tabla 5.1 Equipos de la red inalámbrica.

EQUIPOS DE LA RED DE SERVIDORES				
Item	Descripción	Precio Unitario USD	Cantidad	Precio Total USD
Servidores	Servidor Dell Power Edge 430 SC Tipo Torre Disco duro de 80 GB Memoria RAM 512MB 1 Procesador Intel 3GB	719,99	5	3.599,95
	Disco Duro 80GB SATA	66,88	1	66,88
	Tarjeta de red adicional	99,00	1	99,00
	Teclado y Mouse	20,00	1	20,00
	Monitor LCD 17"	297,50	1	297,50
	Floppy 1,44MB	29,00	1	29,00
Switch	Switch 24 Puertos	150,00	1	150,00
UPS	UPS 1000VA 8 salidas Conexión USB y RJ11	200,00	1	200,00
Cables	Patch cords, 3 pies, Cat 5e	1,20	12	14,40
	Patch cords, 7 pies, Cat 5e	1,80	14	25,20
	Bobina de cable UTP Cat5e (305m)	73,20	1	73,20
Patch Panel	Patch Panel 24 Puertos Cat5E	57,00	1	57,00
Rack	Rack de piso abierto	101,70	1	101,70
Sistema de puesta a tierra	Elementos Montaje Instalación	80,00	1	80,00
Supresor de energía	Regleta corta picos de 6 tomas	5,00	7	35,00
Configuración e instalación de equipos	Configuración de equipos Instalación de equipos	80,00	6	480,00
Elementos de cableado estructurado e instalación	Canaletas Elementos de amarre Uniones Codos Manguera de PVC Instalación	520,00	1	520,00
TOTAL USD sin IVA:				5.848,83

Tabla 5.2 Equipos de la red de servidores.

Dentro de los costos de utilitarios del centro se encuentran los costos de los computadores que utilizará el personal para sus labores, equipos de oficina, línea telefónica y artículos varios para el funcionamiento del centro.

UTILITARIOS DEL CENTRO				
Item	Descripción	Precio Unitario USD	Cantidad	Precio Total USD
Computadores	Computador Genérico Tipo Torre	628,75	4	2.515,00
	Disco duro de 80 GB Memoria RAM 512MB 1 Procesador Intel 2,8GB			
Impresora	Impresora de inyección, Copiadora, Fax	263,75	1	263,75
Equipos de oficina	Escritorios	600,00	1	600,00
	Sillas			
	Mesas			
	Librero Archivadores			
Equipamiento para funcionamiento del centro	Papelera, Folders, Separadores y Papelera	400,00	1	400,00
	Sellos, Manuales y Libros			
	Cafetera, Vajilla, Utensilios de Limpieza			
	Calculadora, Grapadora, Perforadora de papel			
Acceso telefónico	Línea telefónica comercial para uso del centro	200,00	1	200,00
TOTAL USD sin IVA:				3.978,75

Tabla 5.3 Utilitarios del Centro.

El permiso de funcionamiento de ISP por brindar el centro servicios de valor agregado es de USD 500, válido por diez años y prorrogable previa solicitud.

PERMISO DE FUNCIONAMIENTO DEL CENTRO			
Item	Costo Anual USD	Costo Mensual USD	Costo 10 años USD
Permiso ISP	50,00	4,17	500,00

Tabla 5.4 Costo de permisos de funcionamiento del Centro.

Luego de haber seleccionado el proveedor de Internet en la sección 3.2 y de calcular la capacidad demandada por aumento de clientes en la sección 3.1, la tarifa mensual del servicio es:

INTERNET		
Item	Costo Anual USD sin IVA	Costo Mensual USD sin IVA
Costo enlace 2048 Kbps Internet*	22.200,00	1.850,00
Costo enlace 2304 Kbps Internet**	24.697,50	2.058,13
Costo enlace 2816 Kbps Internet***	29.692,50	2.474,38

* Costo del enlace para el primer año.

** Costo del enlace para el segundo año.

*** Costo del enlace del tercer año en adelante.

Tabla 5.5 Costos de instalación y tarifa mensual del enlace de Internet Dedicado.

Sumando todos estos costos se obtiene el costo de inversión inicial:

COSTO DE INVERSION INICIAL	
Equipos de la red inalámbrica	1.620,45
Equipos de la red de servidores	5.848,83
Utilitarios del Centro	3.978,75
Permiso ISP	500,00
Costo instalación enlace de Internet	450,00
TOTAL SIN IVA USD	12.398,03
IVA 12%	1.487,76
TOTAL CON IVA USD	13.885,79

Tabla 5.6 Costo de inversión inicial.

Para los costos de operación se deben tomar en cuenta todos los valores que en el transcurso del tiempo el centro de provisión debe desembolsar. Estos valores son los siguientes:

- Costos de mantenimiento
- Costos de sueldos al personal
- Costos administrativos
- Permisos de funcionamiento de equipos
- Tarifa mensual del enlace de Internet Dedicado

Estos costos en cada una de las tablas incluyen lo impuestos de ley.

Para los costos de mantenimiento se incluyeron valores para el mantenimiento preventivo y/o correctivo de los equipos, y un valor por costo de reposición estimando un tiempo de vida útil de 10 años, considerado como tiempo de vida promedio en equipos por los fabricantes.

MAINTENIMIENTO			
Mantenimiento Servidores		Costo Mensual	Costo Anual
	Reposición equipos	44,74	536,88
	Mantenimiento	50,00	600,00
Mantenimiento Red		Costo Mensual	Costo Anual
	Reposición de red	11,84	142,07
	Mantenimiento	50,00	600,00
	TOTAL USD	156,58	1.878,95

Tabla 5.7 Costos de mantenimiento.

Se contratará tres personas en el centro para realizar las funciones de manejo de contabilidad y atención al cliente, soporte técnico y administración del centro, cuyos salarios en el tiempo se indican en la tabla 5.8. Para sueldos del personal se consideró el sueldo promedio por cargo en el país con un aumento estimado anual del 10% para tener una estimación real en el tiempo por costos de salarios.

COSTO DE SUELDOS Y SALARIOS								
Item	Descripción	Salario Mensual Año 1	Aumento Anual Salario	Salario Anual Año 1	Salario Anual Año 2	Salario Anual Año 3	Salario Anual Año 4	Salario Anual Año 5
	Administrador	500,00	10%	6.000,00	6.600,00	7.260,00	7.986,00	8.784,60
Salarios	Técnico de Soporte	350,00		4.200,00	4.620,00	5.082,00	5.590,20	6.149,22
	Secretaria-Recepcionista	250,00		3.000,00	3.300,00	3.630,00	3.993,00	4.392,30
TOTAL USD				13.200,00	14.520,00	15.972,00	17.569,20	19.326,12

Tabla 5.8 Costos de sueldos y salarios.

En los costos de administración se tiene el pago de arriendo del local, costos de publicidad, gastos administrativos que el centro genere y el pago de servicios de energía eléctrica, agua y teléfono.

COSTO ADMINISTRATIVO			
Item	Descripción	Costo	Costo Anual
Gastos Administrativos	Útiles de oficina	150,00	1.800,00
Servicios Básicos	Energía Eléctrica	200,00	2.400,00
	Agua		
	Teléfono		
Arriendo de local	Arriendo	300,00	3.600,00
Publicidad	Publicidad	50,00	600,00
TOTAL USD		700,00	8.400,00

Tabla 5.9 Costos administrativos.

Para determinar los valores de permisos de funcionamiento del centro y equipos, se tomó en cuenta los artículos pertinentes de la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación de Banda Ancha indicados en la sección 4.2 y cuyos cálculos son los siguientes:

Datos:

$K_a = 1$, valor indicado en el artículo 3 de la Norma.

$a_6 = 6,40$, de acuerdo a la Tabla 1 del anexo 5 de la Norma

$B_6 = 1$, valor indicado en el artículo 3 de la Norma.

$B = 12$, de acuerdo a la Tabla 2 del Anexo 5 de la Norma

$NTE = 26$, para el primer año correspondiente a 16 clientes actuales y 10 Puntos de Acceso.

34, para el segundo año correspondiente a 24 clientes (16 clientes actuales y 8 clientes potenciales) y 10 Puntos de Acceso.

39, para el tercer año y en adelante correspondiente a 29 clientes (16 clientes actuales y 13 clientes potenciales) y 10 Puntos de Acceso.

Cálculos:

$$TA(\text{US\$}) = K_a * a_6 * B_6 * B * NTE$$

$$TA(\text{US\$}) = 1 * 6,40 * 1 * 12 * 26$$

$$TA(\text{US\$}) = 1.996,80, \text{ para el primer año.}$$

Los resultados de los cálculos se presentan en la tabla 5.10.

PERMISO DE FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS		
Item	Costo Anual USD	Costo Mensual USD
Permiso funcionamiento equipos 1er año	1.996,80	166,40
Permiso funcionamiento equipos 2er año	2.611,20	217,60
Permiso funcionamiento equipos 3er año y en adelante	2.995,20	249,60

Tabla 5.10 Costos de funcionamiento de equipos.

La tabla 5.11 muestra el total de costos por operación del centro:

RESUMEN DE COSTOS					
Item	Costo Anual Año 1	Costo Anual Año 2	Costo Anual Año 3	Costo Anual Año 4	Costo Anual Año 5
Costo Mantenimiento	1.878,95	1.878,95	1.878,95	1.878,95	1.878,95
Costo de Sueldos y Salarios	13.200,00	14.520,00	15.972,00	17.569,20	19.326,12
Costo Administrativo	8.400,00	8.400,00	8.400,00	8.400,00	8.400,00
Costo Permisos Funcionamiento Senatel	1.996,80	2.611,20	2.995,20	2.995,20	2.995,20
Costo de enlace de Internet	22.200,00	24.697,50	29.692,50	29.692,50	29.692,50
TOTAL DE COSTOS USD	47.675,75	52.107,65	58.938,65	60.535,85	62.292,77

Tabla 5.11 Costos de operación del centro.

5.2 ESTUDIO DE TARIFACIÓN ^[31]

El sistema de tarifación empleado por una empresa de servicios constituye uno de los aspectos más importantes a considerar, ya que del mismo dependen los ingresos que se van a obtener y estimar la rentabilidad en el tiempo.

Entre los esquemas de tarifación más utilizados por los proveedores de servicios de Internet encontramos: tarifación basada en el acceso, basada en el tiempo y basada en el volumen.

La tarifación basada en el acceso utiliza como parámetro de cobro el ancho de banda contratado, resultando para el cliente el pago de una tarifa plana por el servicio independiente del tiempo de conexión y volumen de datos transferidos.

La tarifación basada en el tiempo utiliza la duración del acceso al servicio como medida de cobro al cliente. Es utilizada principalmente en esquemas Dial up.

Una tarifación basada en el volumen realiza la facturación tomando en cuenta el volumen de tráfico cursado entre el proveedor de servicio de Internet y el cliente.

Para calcular el costo de la tarifa para un usuario del centro de provisión de Internet se utilizará el esquema de tarifa plana por ancho de banda contratado, ya que presenta las siguientes ventajas para el centro y para el cliente:

- Permite tener una estimación exacta de los ingresos mensuales por el servicio.
- No se requiere una compleja estructura en el centro para medir el uso del servicio.
- El cliente conoce la tarifa a pagar independiente del uso del servicio.
- El cliente puede conectar en su red el número de estaciones que desee al servicio.
- Modelo de tarificación mas difundido por los proveedores de Internet.
- Al proporcionar al cliente una dirección IP fija puede tener un computador que brinde servicio dedicado en Internet como Web o correo electrónico.

Luego de tener los valores de costos operativos en la sección 5.1, será necesario calcular el número equivalente a usuarios de 64 Kbps de los clientes del centro, con el fin de calcular una tarifa promedio con los datos de cinco años de servicio. Este cálculo permite tener una estimación muy cercana de los ingresos proyectados en el tiempo al inicio del proyecto y no indica necesariamente que los costos para un cliente que solicite un servicio mayor a 64 kbps tenga que pagar su equivalente correspondiente.

Los resultados se indican en la tabla 5.12 y el valor de la tarifa promedio en la tabla 5.13.

RELACIÓN A CLIENTES DE 64 Kbps	
Cientes 1er. Año	Equivalencia
10 usuarios actuales de 64 Kbps	10 usuarios de 64 Kbps
5 usuarios actuales de 128 Kbps	10 usuarios de 64 Kbps
1 usuario actual de 256 Kbps	4 usuarios de 64 Kbps
Total clientes en el primer año	24 usuarios de 64 Kbps
Cientes Adicionales 2do. Año	Equivalencia
8 usuarios potenciales de 64 Kbps	8 usuarios de 64 Kbps
Total clientes en el segundo año	32 usuarios de 64 Kbps
Cientes Adicionales desde 3do. Año	Equivalencia
5 usuarios potenciales de 64 Kbps	5 usuarios de 64 Kbps
Total clientes desde el tercer año	37 usuarios de 64 Kbps

Tabla 5.12 Equivalencia a clientes de 64 Kbps.

COSTO POR USUARIO DE 64 Kbps					
Item	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos USD	47.675,75	52.107,65	58.938,65	60.535,85	62.292,77
Número de usuarios	24,00	32,00	37,00	37,00	37,00
Costo mensual por usuario USD	165,54	135,70	132,74	136,34	140,30
Costo promedio mensual por usuario USD	142,12				

Tabla 5.13 Cálculo de la tarifa mensual promedio de servicio para un usuario.

Al cobrar esta tarifa no se obtendría ninguna ganancia, por lo que se agregará un valor del 20%⁶⁹ para que el negocio sea rentable. Este valor no constituye la rentabilidad real del centro, ya que no se toman aún en cuenta el pago de utilidades e impuestos.

TARIFA MENSUAL	
Item	Valor
Costo Promedio USD	142,12
Porcentaje Rentabilidad	20%
Costo del servicio USD	170,55

Tabla 5.14 Costo de la tarifa mensual a usuarios por acceso de Internet de 64 Kbps.

Los costos para los accesos de 64, 128 y 256 Kbps que el centro cobraría a sus clientes se indican en la tabla 5.15.

⁶⁹ Tomando como referencia el valor mínimo de rentabilidad de un negocio con ingresos menores a USD 25.000 para que sea viable. Fuente: <http://www.fao.org/DOCREP/003/V8490S/v8490s09.htm>

TARIFA MENSUAL POR ENLACE	
Item	Valor
Enlace de 64 Kbps	170,55
Enlace de 128 Kbps	289,93
Enlace de 256 Kbps	511,65

Tabla 5.15 Costo de tarifas mensuales por enlace⁷⁰.

5.3 ANÁLISIS FINANCIERO PARA LA EMPRESA ^[32]

Dentro del análisis financiero de la empresa se debe realizar el flujo de fondos, que permite obtener las utilidades netas del proyecto después de realizar el estudio de los ingresos, egresos y pago de utilidades e impuestos.

Se tomará la misma tarifa mensual y costo del enlace de Internet para los 5 primeros años de funcionamiento del centro, debido a que en el tiempo se realizaría el ajuste en la tarifa dependiendo del costo anual del enlace con el fin de que los ingresos-egresos del centro no disminuyan la rentabilidad. Los datos de ingresos y egresos que generará el centro son los siguientes:

INGRESOS						
Item	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Número de usuarios		16	24	29	29	29
Ingresos Mensuales USD		3.682,82	5.063,21	5.920,96	5.920,96	5.920,96
Ingresos Anuales USD		44.193,81	60.758,58	71.051,56	71.051,56	71.051,56

Tabla 5.16 Ingresos del centro.

COSTOS						
Item	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Costos Anuales USD		47.675,75	52.107,65	58.938,65	60.535,85	62.292,77

Tabla 5.17 Egresos del centro.

La tabla 5.18 indica el flujo de fondos para el centro de provisión de Internet en el cual se puede observar que durante el tercer año de funcionamiento se empiezan a percibir ganancias.

⁷⁰ Para los costos de enlaces de 128 y 256 Kbps se calcularon porcentajes de descuento de 85% y 75% respectivamente en base a valores promedio de enlaces indicados por 2 ISPs nacionales.

FLUJO DE FONDOS							
Valor	Item	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
(+)	Ingresos		44.193,81	60.758,58	71.051,56	71.051,56	71.051,56
(-)	Costos		47.675,75	52.107,65	58.938,65	60.535,85	62.292,77
	UTILIDAD ANTES DE PARTICIPACIÓN E IMPUESTOS		-3.481,94	8.650,93	12.112,91	10.515,71	8.758,79
(-)	Participación a trabajadores (15% de la utilidad)		0,00	1.297,64	1.816,94	1.577,36	1.313,82
	UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO A LA RENTA		-3.481,94	7.353,29	10.295,97	8.938,35	7.444,97
(-)	Impuesto a la renta (25%)		0,00	1.838,32	2.573,99	2.234,59	1.861,24
	UTILIDAD NETA		-3.481,94	5.514,97	7.721,98	6.703,76	5.583,73
(-)	costos de inversión	13.885,79					
	FLUJO DE FONDOS	-13.885,79	-3.481,94	5.514,97	7.721,98	6.703,76	5.583,73

Tabla 5.18 Flujo de Fondos del centro.

Los valores del flujo de fondos incremental serán los mismos del flujo de fondos al no existir flujo de fondos sin realizar el proyecto, puesto que no existe un centro de provisión previo al diseño.

Flujo de Fondos Incremental						
Item	0	1	2	3	4	5
Flujo con proyecto	-13.885,79	-3481,94	5.514,97	7.721,98	6.703,76	5.583,73
Flujo sin proyecto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Flujo de Fondos Incremental	-13.885,79	-3481,94	5.514,97	7.721,98	6.703,76	5.583,73

Tabla 5.19 Flujo de Fondos Incremental.

La evaluación del proyecto se la realizará a través de indicadores de rentabilidad para poder tener una base para la toma de decisiones y anticipar al futuro posibles desviaciones o problemas a largo plazo. Los indicadores que se utilizarán para medir la solvencia y sostenibilidad del proyecto son los siguientes:

- Valor Presente Neto
- Relación Costo – Beneficio
- Tasa Interna de Retorno

La base de tiempo que se tomará en cuenta para el cálculo de estos indicadores es de 5 años.

El Valor Presente Neto (VPN) es muy utilizado por dos razones, la primera porque es de fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman a pesos actuales para poder determinar en valores actuales los ingresos y egresos del proyecto.

Si:

VPN > 0, el proyecto es aceptable ya que representa ganancias.

VPN = 0, el proyecto es indiferente.

VPN < 0, el proyecto representa pérdidas frente a un interés de oportunidad o alternativa de inversión.

El VPN es calculado con la fórmula:^[32]

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{FFNI_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

FFNI_t = Flujo de fondos neto incremental en ese período.

i = tasa de interés de oportunidad.

t = período.

La relación Costo – Beneficio constituye el factor entre los ingresos y egresos del proyecto. Si la relación es mayor a 1, el proyecto es rentable.

$$Costo - Beneficio = \frac{Ingresos}{Egresos}$$

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés necesaria para que el VPN tenga un valor de cero. Sirve para medir la rentabilidad del proyecto y realizar un análisis con otras alternativas. Se calcula con la formula:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{FFNI_t}{(1+TIR)^t}$$

Los cálculos de estos indicadores para el proyecto se presentan en la tabla 5.20.

Valor Presente Neto						
Item	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Valor Presente Neto Parcial	-13.885,79	-3.347,05	5.095,96	6.858,87	5.723,80	4.582,80
VALOR PRESENTE Neto	5.028,58					

Tasa Interna de Retorno						
Item	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Valor Presente Neto Parcial	-13.885,79	-3.347,05	5.095,96	6.858,87	5.723,80	4.582,80
TIR	8%					

Relación Costo-Beneficio						
Item	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos		44.193,81	60.758,58	71.051,56	71.051,56	71.051,56
Costos		47.675,75	52.107,65	58.938,65	60.535,85	62.292,77
Relación Costo-Beneficio		0,927	1,166	1,206	1,174	1,141

Tabla 5.20 Indicadores de rentabilidad del centro.

Como se puede observar el proyecto es rentable por presentar los siguientes valores:

- VPN de 5.028.58 tomando como interés de oportunidad el valor de 4,03% correspondiente a la tasa de interés pasiva para depósitos en bancos privados del Ecuador⁷¹
- Relación Costo-Beneficio superior a 1 desde el tercer año de funcionamiento.
- Una TIR del 8% que constituye un valor superior a la tasa de interés pasiva para depósitos en bancos privados del Ecuador.

De la gráfica del flujo de fondos en el tiempo se puede apreciar que la inversión se recupera a inicios del segundo año de funcionamiento.

⁷¹ Fuente Banco Central del Ecuador. Tasa de interés del 16 de Julio del 2006.

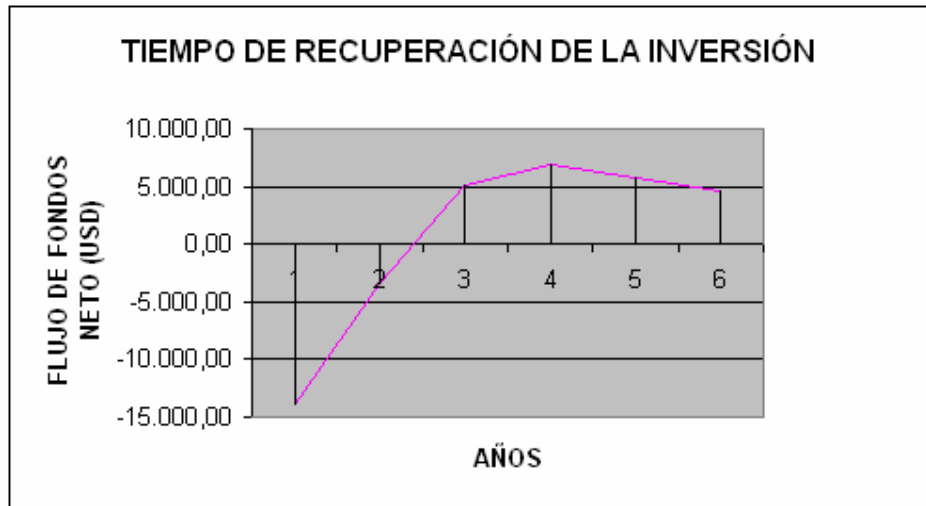


Figura 5.1 Tiempo de recuperación de la inversión

5.4 ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL CLIENTE

El análisis económico para el usuario considera todos los elementos necesarios para que pueda acceder al servicio de Internet desde su red. Estos elementos al tratarse de un acceso de última milla inalámbrico para la conexión al centro de provisión de Internet constituyen únicamente la tarjeta inalámbrica USB indicada en la sección 3.6.1. Por lo tanto el costo de equipos para el cliente será:

EQUIPOS DE LA RED INALÁMBRICA		
Item	Descripción	Precio
NIC	Tarjeta inalámbrica USB Linksys WUSB54G Conexión a computadores de sobremesa y portátiles Velocidad hasta 54Mbps Puerto USB 2.0 Compatible con redes Wireless-B Protección de encriptación WPA	33,00
Instalación	Instalación	20,00
TOTAL (Equipos + instalación) con IVA USD:		53,00

Tabla 5.21 Costo equipos para el cliente del centro.

5.5 COMPARACIÓN CON OTRAS ALTERNATIVAS

Para la comparación de las opciones que el usuario puede escoger en la provisión del servicio de Internet es importante mencionar que la infraestructura de ADSL y cable módem no se encuentra instalada en el PIA al momento del diseño del proyecto. Las alternativas a comparar frente al servicio brindado por el centro de provisión de Internet se muestran en la tabla 5.22.

Alternativas de provisión de Internet			
Alternativa	Características	Ventajas y desventajas del servicio del centro	Costo Promedio Mensual
DialUp	Ancho de banda hasta 56 Kbps. Acceso compartido a Internet. Costo por uso de línea telefónica.	Velocidades de conexión a Internet de los clientes superiores a 56 Kbps Acceso dedicado a Internet. Pago único por el servicio. Compra de equipo para conectividad al servicio.	USD 16 1 Línea Dialup
Internet Dedicado por cobre	Acceso dedicado o compartido a Internet. Implantación y arriendo de equipo de conectividad en el lado del cliente. Utilización del cobre del proveedor telefónico. Pago por parte del cliente del costo de última milla y su instalación.	Bajo costo de equipo de conectividad del cliente. El cliente no paga por la última milla. Bajo costo de instalación del servicio. Equipo de conectividad de propiedad del cliente.	USD 170 1 Enlace de 64 Kbps
Internet Dedicado inalámbrico	Acceso dedicado o compartido a Internet. Implantación de equipo de conectividad en el lado del cliente. Instalación de equipo de última milla en el lado del cliente. Pago por parte del cliente del costo de última milla y su instalación	Bajo costo de equipo de conectividad del cliente. El cliente no paga por la última milla. Bajo costo de instalación del servicio. Equipo de conectividad de propiedad del cliente.	USD 210 1 Enlace de 64 Kbps

Tabla 5.22 Alternativas de servicio de Internet.⁷²

5.6 ANÁLISIS DE RIESGO E INCERTIDUMBRE

El mayor riesgo que puede presentar el centro de provisión de Internet es que su cartera de clientes disminuya a causa de nuevos proveedores o la aparición de nuevas tecnologías en el mercado que hagan optar por una mejor opción de servicio.

⁷² Los costos de Internet Dedicado por cobre e inalámbrico corresponden al costo promedio de un enlace de 64 Kbps consultado a 2 ISPs, para clientes ubicados en zonas geográficas donde no existe infraestructura de acceso previa.

Por esto en el caso de que el centro presente problemas económicos debido al recorte de ingresos por ausencia de usuarios del PIA, se tomará como alternativa extender sus servicios a los alrededores del parque, donde se encuentra un área comercial e industrial en crecimiento con clientes potenciales que demandan el servicio.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Para el desarrollo de un proyecto el primer punto y el más importante que se debe tener en cuenta es identificar claramente el problema, teniendo un contacto directo con los involucrados, con el fin de conocer sus necesidades y establecer las actividades que en conjunto representen una solución.

El uso de un análisis FODA permite conocer los factores internos y externos al proyecto permitiendo aprovechar las oportunidades del mercado y establecer mecanismos para superar condiciones adversas que puedan surgir.

Es importante conocer a fondo como funciona la tecnología que se desea implantar para establecer sus ventajas y las limitaciones que presenta frente a otras disponibles, para sacar su mayor provecho. En el caso de la tecnología inalámbrica utilizada en el proyecto se la eligió por ser la que mejores prestaciones en instalación y costo representaba.

Para el diseño de una red inalámbrica se deben tener en cuenta todos los factores relacionados a su funcionamiento, para determinar las situaciones que pueden afectar el normal funcionamiento como es el caso de fallas en la seguridad y condiciones naturales o artificiales en el medio que puedan ser causa de interferencias.

Además de utilizar el estudio de ganancias y pérdidas para indicar el correcto funcionamiento de un enlace, es importante realizar pruebas de campo que validen el diseño, en las que se simule todas las condiciones posibles a presentarse durante el funcionamiento de la red en el tiempo

La aparición de nuevas tecnologías y equipos en el mercado constituye un aspecto muy importante al momento de diseñar una red, en especial si se trata de una red inalámbrica puesto que en la actualidad presenta un acelerado desarrollo. Por ello para la selección de equipos se debe escoger aquellos que presenten la última tecnología debidamente probada y basada en estándares, con garantía del fabricante de ser compatibles con otros fabricantes. Esto se debe considerar para evitar la actualización o cambio de equipos en el corto y mediano plazo.

Para la elección de equipos es importante tener en cuenta el costo frente a las características técnicas que presenta el equipo y que son necesarias en el diseño para obtener el mayor provecho de la relación costo-beneficio.

El desarrollo actual de las telecomunicaciones obliga a las personas que trabajan en el mercado de redes de información estar al tanto de las novedades que se presentan en todos los ámbitos, puesto que de ello depende la permanencia del negocio en el mercado.

El uso de un sistema operativo y aplicaciones de software libre reduce los costos del diseño al no necesitar licencias para su uso. Permite una configuración a un nivel más bajo, presenta menos problemas de ataques de seguridad y el desarrollo de mejoras en las aplicaciones es permanente.

Debido al trabajo ininterrumpido y crítico de los servicios que presta un centro de provisión de Internet, es importante tomar en cuenta los requerimientos de *hardware* y *software* para los equipos en que funcionen, y dependiendo de los recursos económicos con que se cuente, dedicar un equipo para cada servicio con el fin de evitar posibles problemas de continuidad del servicio a los clientes.

El establecimiento y aplicación de políticas de seguridad en una empresa constituye el primer paso para mantener integra su información y la de los usuarios a quien ofrece sus servicios. En el caso de un centro de provisión de Internet con acceso de última milla inalámbrico es de vital importancia establecer un documento que indique los procedimientos para el manejo de información y

equipos, así como configurar los mecanismos de seguridad a implantar en la red y servidores con el fin de evitar el acceso no autorizado de usuarios.

Es necesario el uso de un *firewall* de seguridad después del *router* entregado por el proveedor de Internet para tener una herramienta adicional de seguridad de la red, evitando intrusiones que puedan afectar el servicio y normal funcionamiento del centro.

Es importante conocer el marco legal del Ecuador en el ámbito de las de telecomunicaciones para saber claramente los equipos y tecnologías cuyo funcionamiento están autorizadas en el país, evitando de esta manera tener problemas durante el desarrollo del proyecto.

Analizar la forma de administración de un centro de provisión de Internet constituye un aspecto crucial para su funcionamiento en el tiempo, puesto que toda decisión que se tome definirá su permanencia en el mercado.

Se debe realizar en todo proyecto un estudio financiero para la empresa con el objetivo de tener un documento que indique si su implementación es viable frente a otras alternativas, además de conocer si es rentable y sustentable.

Para el estudio de tarificación es importante conocer que requerimientos necesita el diseño para poder aplicarlo, así como su comparación con otras alternativas con el fin de establecer el mejor modelo que presente el mejor beneficio para el centro y el cliente.

Los valores indicados por los índices de rentabilidad confirman la viabilidad del proyecto, así como su rentabilidad y sostenibilidad en el tiempo. Además actualmente el Ecuador esta presentando un alto índice de crecimiento de usuarios que demandan Internet, por lo cual este proyecto presenta una alta probabilidad de crecer y ampliar su cartera de clientes.

6.2 RECOMENDACIONES

Es necesario en todo proyecto contar con información de primera línea acerca de los requerimientos de los implicados en el mismo, por lo que se recomienda el uso de medios de información directos como es el caso de una encuesta.

Tener un completo conocimiento de los requerimientos y características de la red y servicios que se va a ofrecer, para seleccionar correctamente los equipos.

Utilizar equipos de fabricantes que presten el soporte técnico necesario en caso de necesitarlo.

Tener conocimiento de los planes de desarrollo de las personas y entidades relacionadas al proyecto para poder tener una herramienta adicional para su crecimiento.

Mantener una constante búsqueda de nuevas alternativas de desarrollo del proyecto que impliquen el aumento de los ingresos y la reducción de costos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CEPIA, Revista CEPIA, Publicidad & Producción, Edición Feb-Mar 2005, Ambato, 2005.
- [2] CEPIA, Revista CEPIA, Publicidad & Producción, Edición Feb-Mar 2005, Ambato, 2005.
- [3] http://www.asetesis.com/seleccion_muestra.htm, Selección de la muestra.
- [4] CEPIA, Revista CEPIA, Publicidad & Producción, Edición Feb-Mar 2005, Ambato, 2005 .
- [5] ROMERO, Narcisa, Comercialización, Quito, 2004.
- [6] IEEE, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, IEEE, Edición de 1999, EEUU, 1999.
- [7] TANENBAUM, Andrew, Redes de Computadoras, 4ta. Edición, Ed. Pearson, México, 2003.
- [8] STALLINGS, William, comunicaciones y Redes de Computadores, 6ta. Edición, Ed. Prentice Hall, España, 2002.
- [9] NEWBRIDGE, Newbridge Networks — Leadership in Broadband Wireless Solutions, 2000
- [10] Baradello, Carlos, Key Building Blocks of a Wi-Fi Network, Artículo 1 de Noviembre 2003, 2003.
- [11] <http://vgg.sci.uma.es/redes/equipos.html>, Equipos de red inalámbrica.
- [12] <http://web.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/antenas.html>, Antenas.
- [13] <http://www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml>, Tecnologías de acceso de última milla.
- [14] http://www.arturosoria.com/eprofecias/art/wireless_seguridad.asp, Seguridad inalámbrica.
- [15] http://dns.bdat.net/seguridad_en_redes_inalambricas.html, Seguridad en redes inalámbricas.
- [16] http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/eap_methods.pdf, Métodos EAP.
- [17] Vincent, Miguel, Seguridad de redes inalámbricas, Artículo de la Universidad de Valencia, Valencia, 2001.

- [18] Madrid, Juan, Seguridad en redes inalámbricas 802.11, Universidad ICESI, Colombia, 2004.
- [19] Gast, Mathew, 802.11 Wireless Networks, 1ra Edición, Ed. O'Really, EEUU, 2002.
- [20] Pazmiño, Giovanni, Diseño de una Red Inalámbrica para Interconexión de la Matriz de la Empresa Viseo Audio Sistema Sony con sus Sucursales, EPN, 2002
- [21] <http://www.redhat.com>, Página Web oficial de RedHat Linux.
- [22] IBM, Linux Red Hat Administration Course, Edición 2003, EEUU, 2003
- [23] EPN, Curso de seguridad de redes, Quito, 2003
- [24] <http://www.cisco.com>, Página Web oficial de equipos Cisco.
- [25] <http://www.linksys.com>, Página Web oficial de equipos Linksys.
- [26] <http://www.dlink.com>, Página Web oficial de equipos Dlink.
- [27] <http://www.dell.com>, Página Web oficial de equipos Dell.
- [28] <http://ibm.com>, Página Web oficial de equipos IBM.
- [29] <http://www.hp.com>, Página Web oficial de equipos HP y Compaq.
- [30] <http://www.conatel.gov.ec>, Página Web oficial del CONATEL.
- [31] Caicedo, Karen, Planificación de un proveedor de servicios de Internet y Diseño de su Sistema de Seguridad, EPN, Quito, 2001.
- [32] Sánchez, Tarquino, Formulación, Evaluación y Gestión de Proyectos, EPN, Quito, 2004.
- [33] <http://www.interlan.com.co/antenas.htm>, Antenas.
- [34] <http://www.ixbt.com/comm/wrls-smc-80211b.shtml>, Equipos Inalámbricos.
- [35] <http://www.upslp.edu.mx/ponencias/OscarRdzMor.pdf>, WLL.

ANEXOS

ANEXO A

**ENCUESTA DE USO DE INTERNET
EMPRESARIAL POR PARTE DE LAS
INDUSTRIAS DEL PARQUE
INDUSTRIAL AMBATO**

INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA:

Nombre de la Empresa: _____

Nombre de persona de contacto: _____

Tipo de Actividad: _____

Teléfono: _____

Correo electrónico: _____

INFORMACIÓN TECNOLOGÍA Y COMERCIAL DE LA EMPRESA:

1. ¿Cuál es el número de trabajadores que tiene su empresa?

- 1 a 10 _____
11 a 25 _____
26 a 50 _____
51 o más _____

2. ¿Tiene su empresa sucursales?

- Sí _____ No _____

3. Ingresos Anuales (Opcional):

- 1 a 25000 USD _____
25001 USD a 50000 USD _____
50001 USD a 100000 USD _____
100001 USD o más _____

4. ¿De cuantos computadores dispone su empresa?

- 0 a 5 _____
6 a 10 _____
11 o más _____

4.1 En caso de tener computadores en su empresa ¿Con qué sistema operativo trabajan?

- Windows _____
Unix / Linux _____
Macintosh _____
Otros (Especifique) _____

5. ¿Dispone su empresa de red computacional?

- Sí _____ No _____

5.1 En caso de disponer de red ¿Qué tecnología utiliza?

- Ethernet _____
Fast Ethernet _____
Gigabit Ethernet _____
Otros (Especifique) _____

6. ¿Tiene su empresa acceso a Internet?

- Sí _____ No _____

6.1 En caso de no tener Internet ¿Cuál es la causa principal por la que no dispone del servicio?

- Alto costo del servicio en el sector _____
Ausencia de proveedor en el sector _____
Falta de infraestructura para el servicio _____
No hay necesidad de implantarlo _____

Los datos suministrados por las personas en esta encuesta son absolutamente confidenciales y no podrán utilizarse con fines fiscales ni judiciales ni para otros propósitos diferentes al propiamente estadístico.

6.2 En caso de tener Internet ¿De qué tipo de acceso a Internet dispone?

- Dial up (telefónico) _____
Cable Modem _____
ADSL _____
Otros (Especifique) _____

6.3 En caso de tener Internet ¿Cómo califica la calidad de servicio de su Proveedor?

- Buena _____
Regular _____
Mala _____

6.4 En caso de tener Internet ¿Por cuánto tiempo Internet ha sido parte de su empresa?

- No esta seguro _____
2 últimos años o menos _____
Entre 2 y 5 años _____
5 años o más _____

7. ¿Su empresa dispone de sitio Web?

- Sí _____ No _____

8. ¿Utiliza su empresa una VPN (Red privada virtual) para conexiones remotas?

- Sí _____ No _____

9. ¿Su empresa realiza transacciones comerciales por Internet (e-commerce)?

- Sí _____ No _____

Información para suscripción y uso del Internet

10. ¿Principalmente para qué utiliza/ría Internet en su empresa?

- Uso de correo electrónico _____
Para obtener información _____
Para contactar con cliente/proveedores _____
Para generar imagen de marca _____
Para comercio electrónico _____
Otros (Especifique) _____

11. ¿Con qué frecuencia accede/ría al Internet para usos empresariales?

- Más de tres veces al día _____
De una a dos veces al día _____
De tres a cinco veces por semana _____
De una a dos veces por semana _____
Una vez cada dos semanas _____
Una vez cada tres semanas _____
Una vez al mes _____
Nunca _____

12. Coloque en orden de importancia (1 más importante – 6 menos importante) los factores para la elección de un servicio de Internet:

- Costo _____
Calidad de Servicio _____
Soporte Técnico _____
Presencia del distribuidor en el medio _____
Seguridad de la información _____
Capacidad _____

13. Indicar las necesidades que enfrenta actualmente o a corto plazo su empresa:

- Internet _____
Correo electrónico empresarial _____
Web Hosting (Alojamiento Web) _____
Administración de Dominio _____

ANEXO B

CUADRO DE CAPACIDAD DE INTERNET DE EMPRESAS DEL PIA

LOTE	EMPRESA	CLIENTE ACTUAL (Kbps)	CLIENTE POTENCIAL (Kbps)	NO CLIENTE	PUNTO DE ACCESO
1 A	ESPROM	64			2
2 A	ESPROM				
3 A	ESPROM				
4 A	ESPROM				
5 A	PROCARNICOS		64		2
6 A	DESOCUPADO			X	
7 A	DESOCUPADO			X	
8 A	DESOCUPADO			X	
9 A	DESOCUPADO			X	
10 A	DESOCUPADO			X	
11 A	DESOCUPADO			X	
12 A	INDAN			X	
13 A	BODEGA KR		64		3
14 A	BODEGA KR				
15 A	BODEGA KR				
16 A	MECANICA			X	
17 A	MECANICA				
18 A	DESOCUPADO				
19 A	MOSEICA			X	
20 A	TEXTILES CEPEDA			X	
21 A	ESPROM - DESOCUPADO			X	
22 A	MADERAS ECUATORIALES			X	
23 A	MADERAS ECUATORIALES			X	
24 A	ECUAMATRIZ	64			4
25 A	ECUAMATRIZ				
26 A	IMVAB	128			4
27 A	IMVAB				
28 A	DESOCUPADO			X	
29 A	DESOCUPADO			X	
30 A	DESOCUPADO			X	
31 A	DESOCUPADO			X	
32 A	LA FORTALEZA		64		3
33 A	PICOSA			X	
34 A	BODEGA			X	
35 A	TEXTILES			X	
36 A	LA FABRIL	128			3
37 A	LA FABRIL				
38 A	LA FORTALEZA				
39 A	PICOSA				
40 A	DESOCUPADO			X	
41 A	DESOCUPADO			X	
42 A	DESOCUPADO			X	
43 A	DESOCUPADO			X	
44 A	DESOCUPADO			X	
45 A	DESOCUPADO			X	
46 A	DESOCUPADO			X	
47 A	ASERRADERO			X	

48 A	ASERRADERO				
49 A	FACERQUIM			X	
50 A	DESOCUPADO			X	
51 A	TEXTILES BUENAÑO	64			4
52 A	TEXTILES BUENAÑO				
53 A	DESOCUPADO			X	
54 A	DESOCUPADO			X	
55 A	DESOCUPADO			X	
56 A	DESOCUPADO			X	
57 A	TEXTILES BUENAÑO				
58 A	TEXTILES BUENAÑO				
59 A	QUIMIMAQ		64		4
60 A	PROVAB			X	
61 A	IVMAGAR		64		3
62 A	DIPOR - DESOCUPADO			X	
63 A	SUELAS AMAZONAS		64		3
64 A	CALZADO NOBIS	64			3
65 A	JEANS MAKAMBA, CEPIA	128			4
66 A	DIOCESIS			X	
67 A	INMAGAR				
68 A	DESOCUPADO				
69 A	CAUCHO SIERRA	128			3
70 A	SU VELA		64		3
71 A	DESOCUPADO			X	
72 A	DESOCUPADO			X	
73 A	DESOCUPADO			X	
74 A	DESOCUPADO			X	
75 A	MANTENIMIENTO ZAGAL			X	
76 A	CALZADO MISHELL		64		4
77 A	DESOCUPADO			X	
78 A	DESOCUPADO			X	
79 A	DESOCUPADO			X	
80 A	ECOCEM			X	
81 A	ECOCEM				
82 A	ECOCEM				
83 A	DESOCUPADO			X	
84 A	DESOCUPADO			X	
85 A	DESOCUPADO			X	
86 A	AYASA			X	
87 A	BANCO DEL PICHINCHA			X	
88 A	CURTIEMBRE	64			3
104 A	TENERIA VICTORIA			X	
105 A	TENERIA VICTORIA				
106 A	MIGUEL GARCIA			X	
107 A	TENERIA BARRERA		64		4
108 A	PROMEPEL		64		4
109 A	PROMEPEL				
110 A	DESOCUPADO			X	
111 A	DON ALI			X	
112 A	JOSE LLERENA			X	
113 A	J Y M SERVICIOS		64		5
114 A	DESOCUPADO			X	

115 A	DESOCUPADO			X	
116 A	DESOCUPADO			X	
117 A	DESOCUPADO			X	
118 A	PROMEPEL				
119 A	PROMEPEL				
120 A	PROMEPEL				
121 A	DESOCUPADO			X	
122 A	TEXTILES	64			5
123 A	DESOCUPADO			X	
124 A	DESOCUPADO			X	
125 A	DESOCUPADO			X	
126 A	DESOCUPADO			X	
127 A	DESOCUPADO			X	
128 A	DESOCUPADO			X	
129 A	DESOCUPADO			X	
130 A	DESOCUPADO			X	
131 A	DESOCUPADO			X	
132 A	DESOCUPADO			X	
133 A	DESOCUPADO			X	
134 A	DESOCUPADO			X	
1 B	TECNORIZO	128			2
2 B	PINTURAS CONDOR			X	
3 B	PINTURAS CONDOR				
4 B	DISRIBUIDOR DEL AUSTRO			X	
5 B	DESOCUPADO				
6 B	RIBURCION				
7 B	EVELISA		64		2
8 B	EVELISA				
9 B	EVELISA				
10 B	DESOCUPADO				
11 B	DESOCUPADO				
12 B	DESOCUPADO			X	
13 B	DESOCUPADO			X	
14 B	IMPODUKAN	64			5
15 B	IMPODUKAN				
16 B	DESOCUPADO			X	
17 B	DESOCUPADO				
18 B	DESOCUPADO				
1 C	TECNORIZO				
2 C	PICASA			X	
3 C	FABIASA			X	
4 C	TECNORIZO				
5 C	TECNORIZO				
6 C	JEANS VELASCO			X	
7 C	JEANS VELASCO				
8 C	CAUCHO			X	
9 C	MOVARPAN			X	
10 C	MOVARPAN				
11 C	MOVARPAN				
13 C	DESOCUPADO			X	
14 C	DESOCUPADO			X	
1 D	DIPOR				

2 D	DESOCUPADO			X	
3 D	CURTIDURIA PICO			X	
4 D	CURTIDURIA ZUÑIGA			X	
5 D	DESOCUPADO				
6 D	PLASTICAUCHO	256			1
1 E	FABIASA				
2 E	SIDERURGICA			X	
3 E	PLASTICAUCHO				
4 E	PLASTICAUCHO				
5 E	PLASTICAUCHO				
6 E	PLASTICAUCHO				
7 E	PLASTICAUCHO				
8 E	PLASTICAUCHO				
9 E	PLASTICAUCHO				
10 E	PLASTICAUCHO				
11 E	PLASTICAUCHO				
14 E	COFIMODA			X	
15 E	BIOBLIMENTAR		64		1
18 E	PLASTICOS BROTHERS	64			2
30 E	DESOCUPADO			X	
31 E	DESOCUPADO			X	
32 E	DESOCUPADO				
33 E	EL PERAL	64			5
34 E	ANDELAS	64			5

ANEXO C

Dell Power Edge SC 430, CD-R 48x

+++ ESPECIFICACIONES +++	
Tipo	Torre
Disco Duro	80 GB 600 GB almacenamiento máximo
RAM	512 MB Soporta hasta 4 GB
Pantalla	N/A
Sistema Operativo	No incluye
Software incluido	OpenManage
Unidades	CD-ROM 48x
Puertos	7 USB y 1 RJ-45
Tarjeta de red	Puerto de Red Gigabit 10/100/1000
+++ MAS DETALLES +++	
Uso recomendado	Compartir archivos e impresoras, acceso a Internet, e-mail, aplicaciones, servidor Web
Pantalla	N/A
Garantía	3 años

ANEXO D

Configuración de los archivos del BIND:

```
# vi /var/named/chroot/etc/named.conf
```

```
named.conf:
```

```
zone "cepia.com.ec" IN {  
    type master;  
    file "named.cepia.com.ec";  
};
```

```
zone "1.168.192.in-addr.arpa" IN {  
    type master;  
    file "named.192.168.1";  
};
```

```
zone "localhost" IN {  
    type master;  
    file "localhost.zone";  
    allow-update { none; };  
};
```

```
zone "0.0.127.in-addr.arpa" IN {  
    type master;  
    file "127.0.0.zone";  
    allow-update { none; };  
};
```

```
include "/etc/rndc.key";
```

```
# vi /var/named/chroot/etc/named.cepia.com.ec
```

```
named.cepia.com.ec:
```

```
$TTL      86400
```

```
@          IN SOA  dns-server.cepia.com.ec. root.dns-  
server.cepia.com.ec(
```

```
                                2006061301      ; serial (d.  
adams)                                ;  
                                28800           ; refresh  
                                7200           ; retry  
                                604800        ; expiry  
                                86400 )        ; minimum TTL
```

```
radius-server    IN NS      dns-server.cepia.com.ec.  
radius-server    IN A      192.168.0.10  
dns-server       IN A      192.168.0.11  
mail-server      IN A      192.168.0.12  
web-server       IN A      192.168.0.13  
fw-server        IN A      192.168.0.14  
centro-server    IN A      192.168.0.15  
                 IN A      127.0.0.1  
                 IN AAAA   ::1
```

```
# vi /var/named/chroot/etc/named.192.168.1
```

```
named.192.168.1
```

```
$TTL      86400
```

```

@                IN SOA  dns-server.cepia.com.ec. root.dns-
server.cepia.com.ec. (
2006061601      ; serial (d. adams)
                                28800          ; refresh
                                7200           ; retry
                                604800        ; expiry
                                86400 )       ; minimum TTL

                IN NS      dns-server.cepia.com.ec.

10              IN PTR     radius-server.cepia.com.ec.
11              IN PTR     dns-server.cepia.com.ec.
12              IN PTR     mail-server.cepia.com.ec.
13              IN PTR     web-server.cepia.com.ec.
14              IN PTR     fw-server.cepia.com.ec.
15              IN PTR     centro-server.cepia.com.ec.
                IN A       127.0.0.1
                IN AAAA    ::1

```

Se ejecuta en cada servidor los siguientes comandos y se coloca el respectivo nombre del equipo+dominio:

```

# hostname dns-server.cepia.com.ec
# vi /etc/sysconfig/network
# vi /etc/resolv.conf

```

Se ejecuta el siguiente comando que permite que el servidor se ejecute cuando el sistema inicia. Luego se inicia el servicio:

```

# chkconfig named on
# service named start

```

Se instala el servidor apache en el sistema

```

# cd /usr/src/
# tar xzvf /root/httpd-2.0.58.tar.gz
# cd httpd-2.0.58/
# ./configure --enable-mods-shared=all --enable-ssl=shared --enable-so
| tee configure.out
# make
# make install

```

Se configura el servidor de modo que se inicie automáticamente cuando de inicie el sistema

```

# /usr/local/apache2/bin/apachectl start
# vi /etc/rc.local
# vi /root/.bash_profile
# reboot
# chkconfig httpd on

```

Se crean los directorios en donde se almacenara la información del sitio Web de cada empresa

```

# vi /usr/local/apache2/conf/httpd.conf
# mkdir /usr/local/apache2/htdocs-website1
# vi /usr/local/apache2/htdocs-website1/index.html
# mkdir /usr/local/apache2/htdocs-website2

```

```
# vi /usr/local/apache2/htdocs-website2/index.html
# mkdir /usr/local/apache2/htdocs-website3
# vi /usr/local/apache2/htdocs-website3/index.html
# mkdir /usr/local/apache2/htdocs-website4
# vi /usr/local/apache2/htdocs-website4/index.html
# mkdir /usr/local/apache2/htdocs-website5
# vi /usr/local/apache2/htdocs-website5/index.html
.....
```

Se procede a configurar el archivo de configuración del servidor Apache:

```
# vi /usr/local/apache2/conf/httpd.conf
```

La configuración básica para que funcione el servicio de hosting es crear las entradas de hosting (en nuestro caso basado en nombres):

```
NameVirtualHost 192.168.1.13
<VirtualHost 192.168.1.13>
#   ServerAdmin webmaster@dummy-host.example.com
DocumentRoot /usr/local/apache2/htdocs
ServerName web-server.cepia.com.ec
DirectoryIndex index.html
#   ErrorLog logs/dummy-host.example.com-error_log
#   CustomLog logs/dummy-host.example.com-access_log common
</VirtualHost empresa1>
#   ServerAdmin webmaster@dummy-host.example.com
DocumentRoot /usr/local/apache2/htdocs-website1
ServerName empresa1.cepia.com.ec
ServerAlias empresa1
DirectoryIndex index.html
#   ErrorLog logs/dummy-host.example.com-error_log
#   CustomLog logs/dummy-host.example.com-access_log common
</VirtualHost>
<VirtualHost empresa2>
#   ServerAdmin webmaster@dummy-host.example.com
DocumentRoot /usr/local/apache2/htdocs-website2
ServerName empresa2.cepia.com.ec
ServerAlias empresa2
#   ErrorLog logs/dummy-host.example.com-error_log
#   CustomLog logs/dummy-host.example.com-access_log common
</VirtualHost>
<VirtualHost empresa3>
#   ServerAdmin webmaster@dummy-host.example.com
DocumentRoot /usr/local/apache2/htdocs-website3
ServerName empresa3.cepia.com.ec
ServerAlias empresa3
#   ErrorLog logs/dummy-host.example.com-error_log
#   CustomLog logs/dummy-host.example.com-access_log common
</VirtualHost>
<VirtualHost empresa4>
#   ServerAdmin webmaster@dummy-host.example.com
DocumentRoot /usr/local/apache2/htdocs-website4
ServerName empresa4.cepia.com.ec
ServerAlias empresa4
#   ErrorLog logs/dummy-host.example.com-error_log
#   CustomLog logs/dummy-host.example.com-access_log common
</VirtualHost>
<VirtualHost empresa5>
#   ServerAdmin webmaster@dummy-host.example.com
DocumentRoot /usr/local/apache2/htdocs-website5
```

```
ServerName empresa5.cepia.com.ec
ServerAlias empresa5
#   ErrorLog logs/dummy-host.example.com-error_log
#   CustomLog logs/dummy-host.example.com-access_log common
</VirtualHost>
```

.....
Se revisa la configuracion y se reinicia el servicio:

```
# apachectl configtest
# apachectl restart
```

Configuración del Servidor Radius

Instalación:

```
# tar xzvf freeradius-1.1.0.tar.gz
# cd freeradius-1.1.0
# ./configure
# make
# make install
```

Se deben crear Certificados para servidor y cliente:

- Debe estar instalado openssl
 - Se edita el archivo xextensions para crear adiciones en el certificado del cliente y pueda funcionar en WINDOWS
- ```
vi xextensions
```

```
[xclient_ext]
extendedKeyUsage = 1.3.6.1.5.5.7.3.2
[xserver_ext]
extendedKeyUsage = 1.3.6.1.5.5.7.3.1
```

- En el directorio donde se encuentra el file openssl.cnf procedemos a crear los certificados y llaves para el servidor y el cliente

Creación del certificado del servidor:

```
openssl req -new -nodes -keyout server_key.pem \
-out server_req.pem -days 730 -config ./openssl.cnf
openssl ca -config ./openssl.cnf -policy policy_anything \
-out server_cert.pem -extensions xpserver_ext \
-extfile ./xextensions -infile ./server_req.pem
cat server_key.pem server_cert.pem > server_keycert.pem
```

Creación del certificado del cliente:

```
openssl req -new -keyout client_key.pem \
-out client_req.pem -days 730 -config ./openssl.cnf
openssl ca -config ./openssl.cnf -policy policy_anything \
-out client_cert.pem -extensions xclient_ext \
-extfile ./xextensions -infile ./client_req.pem
openssl pkcs12 -export -in client_cert.pem \
-inkey client_key.pem -out client_cert.p12 -clcerts
cat client_key.pem client_cert.p12 > client_keycert.pem
```

- Los certificados del servidor se los colocarÃ; en el directorio:  
/usr/local/etc/raddb/certs/
- El certificado de la CA se los colocarÃ; en:  
/usr/local/etc/raddb/andresCA/cacert.pem

El directorio de archivos de configuración del servidor Radius  
Freeradius es:

```
/usr/local/etc/raddb/
```

Se deben realizar cambios en los siguientes archivos de configuración:

```
radiusd.conf
eap.conf
users
clients.conf
```

La configuración de los archivos es la siguiente:

radiusd.conf:

Se cambia el user y group por la cuenta en la que corre el  
radius server:

```
user = radius
group = radius
```

eap.conf:

```
eap {
 default_eap_type = ttls
 timer_expire = 60
 ignore_unknown_eap_types = no
 cisco_accounting_username_bug = no
 tls {
 private_key_password = a0703538215v
 private_key_file =
${raddbdir}/certs/server_keycert.pem
 certificate_file =
${raddbdir}/certs/server_keycert.pem
 CA_file =
${raddbdir}/certs/andresCA/cacert.pem
 dh_file = ${raddbdir}/certs/dh
 random_file = ${raddbdir}/certs/random
 }
 ttls {
 default_eap_type = md5
 }
}
```

users:

Se crean los usuarios que se van a conectar en la red:

```
"andres" Auth-Type := EAP

"empresal" Auth-Type := EAP

"empresa2" Auth-Type := EAP

.....

"test" Auth-Type := Local, User-Password == "test"
 Reply-Message = "Hello, %u"
```



clients.conf

```
client 127.0.0.1 {
 secret = test123
 shortname = localhost
 nastype = other
}
client 192.168.1.1 {
 secret = test123
 shortname = linksys
 nastype = other
}
```

Comando de verificación de funcionamiento de servidor Radius:

```
radtest test test localhost 0 test123
```

Ejecutar servidor Radius:

```
radiusd -X
```

Contenido del certificado del cliente:

```
cat client_keycert.pem
```

```
-----BEGIN RSA PRIVATE KEY-----
```

```
Proc-Type: 4, ENCRYPTED
```

```
DEK-Info: DES-EDE3-CBC,1CE1C37277215CDC
```

```
YFhbS4hxQcFwa67hbrSof/0uTty2o/zsBkp/IcM3EyjwX3P4xzhki9i36bMuJtOL
VvE62k+Ar8VfLFW75BAqnqulV/z+CWBUiOFz7hj4OMQ9nno4fZjGykZd9fU+2BOY
w82LGepCnNZKnDnYDHHAVL2o3iv98gErtuUhGFrXKIh4lSpeh/sFvn3xR519XQV
SntGotR7lieJkN/gokMrsYKldJAOJlQ3nJ4e8FDC9StaLY5syGGqEhimChUNjJI1
5vEvqIEkMlh3iLfWdeK247CSOE2NmdRBQ7P5KcEITHWXH0XxBVJLNrkH+D8v6xh6
moPTdB+8SEXka6mJ805sVH5qvkCSmNaiLd2gXKIuYsxXhH2aqqg7GemOEbhcvupz
ELyj7xETJ60KlXaBVodsmkLdSLAgydcK5QxwGAuNaUcyDqek73/fyL2hWuaVsrtK
JiSxZvNDVdlEnctnVVxQAO2wrcz0jbr1YRIfNkYpGhMt7NaqK5zvVUwicobx6Bn
VRctng3KOVit0LZXPl+20tLDAGmBkNbLFQoDZNhe0a82g8ZAbGR6Ju7eEOPcmuqg
EQXxvnpmoTV+qkAzO3Vgr8KqI18SU7qAbJgwoROfU8+hIb9M5AHxABWj jVeF0s74
EPrKsAFgPz jPrUJCNEnb6EmY/HT6T2x11aUzYb4TpxfcUEadHuIcFliwqc0sA5Mi
AYscMaSY9rf6E7VDS7KvUkxX+upbeSJRw+XtOkwiRCPn8aV8kTUQr/NKNJ2hlf7W
T94FQ4mrsOhJjULyq9Lz8JGt/kX5HRtkQ3+4NHe6UqizAlNmuydMCw==
```

```
-----END RSA PRIVATE KEY-----
```

```
-----BEGIN CERTIFICATE-----
```

```
MIICkzCCAfygAwIBAgIBAJANBgkqhkiG9w0BAQQFADCBjTELMAkGA1UEBhMCRUMx
EzARBgNVBAGTC1r1bmd1cmFodWExDzANBgNVBACTBkFtYmF0bzEOMAwGA1UEChMF
Q0VQSUEExETAPBgNVBAsTCeLudGVybV0MQ8wDQYDVQQDEwZhbWVhZjZlcmVhZjZl
hkiG9w0BCQEFWFuZHZHJlc3ZpbGxhY0B5YWhvby51czAeFw0wNjA4MDEwMjUwNDha
Fw0wNzA4MDEwMjUwNDhaMHgxCzAJBgNVBAYTAkVDMRMwEQYDVQQIEWpUdW5ndXJh
aHVhMQ8wDQYDVQQHEwZBbWVhZjZlcmVhZjZlcmVhZjZlcmVhZjZlcmVhZjZlcmVh
c3Vhcm1vMTEgMB4GCSqGSIb3DQEJARYRdXNlYXJpbzFAeWFob28uZXNwZjZlcmVh
ZjZlcmVhZjZlcmVhZjZlcmVhZjZlcmVhZjZlcmVhZjZlcmVhZjZlcmVhZjZlcmVh
KoZlIhvcNAQEBBQADgY0AMIGJAoGBAJjrGfXXZcM4QQtRlARbE+SkgN+hdhVlSI8S
RTUvBVgGdAQUvCz3VASlenmC0YeVAdfkJI6iZ/LlNikGsxL5RhrfKHBfKXwgQKaX
6s+2bbW4alBlI2yydgoV9rLMybUjEnbhUpYlIndJDO5gPbzRiYj0bTRVY1DB7/a0
C/80ggBdAgMBAAGjFzAVMBMGAlUdJQQMMAoGCCsGAQUFBwMCMAoGCCsGSIb3DQEB
BAUAA4GBACdy00t4L0JxGX7mVYNKzOkp9SLLBEf5RV+sHHHzL/atn1FBGkaVTLs
n0lSFIM4EulZ+jsTKy386KvaIwJSNBc8P0uWL+W6qV3RdX+l7wYMU13hFOgk4cFc
0sjsrUWTiloWnBTj75QXOhJUEZ+TmYK27qLR6LVs4j1R/VK29TCg
```

```
-----END CERTIFICATE-----
```

# **ANEXO E**

## DE VALOR AGREGADO

### ISP

#### PERSONAS JURÍDICAS:

1. Solicitud dirigida al Señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones.
2. Escritura de constitución de la empresa domiciliada en el país.
3. Copia certificada o protocolizada del nombramiento del Representante Legal, debidamente inscrito en el Registro Mercantil.
4. Certificado de obligaciones emitido por la Superintendencia de Compañías.
5. Copia del RUC.
6. Copia de la cédula de identidad del Representante Legal.
7. Copia del último certificado de votación, del Representante Legal.
8. Certificado de la Superintendencia de Telecomunicaciones respecto de la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante y sus accionistas incluida la información de imposición de sanciones en el caso de haberlas.
9. Anteproyecto técnico elaborado y suscrito por un ingeniero en electrónica y/o telecomunicaciones (debidamente colegiado, adjuntar copia de la licencia profesional y el pago del uno por mil a la SIDE).

El Anteproyecto Técnico debe contener lo siguiente:

1. Diagrama técnico detallado del sistema.
2. Descripción y alcance detallado de cada servicio que desea ofrecer.
3. Conexión Internacional: si es infraestructura propia presentar la correspondiente solicitud de Concesión de Uso de Frecuencias, con todos los requisitos que se establecen para el efecto, y si es provista por una empresa portadora autorizada, deberá presentar la carta compromiso de la provisión del servicio.
4. Conexión entre Nodos: si es infraestructura propia presentar la correspondiente solicitud de permiso de Concesión de uso de frecuencias, con todos los requisitos que se establecen para el efecto, y si es provista por una empresa portadora autorizada, deberá presentar la carta compromiso de la provisión del servicio.
5. Modalidades de acceso: descripción detallada de las mismas.
6. Ubicación geográfica inicial del sistema, especificando la dirección de cada Nodo y su descripción técnica.
7. Diagrama técnico detallado de cada Nodo, y especificaciones técnicas de los equipos.
8. Estudio y proyecto de factibilidad económica, mismo que debe incluir: inversión inicial y de los 3 primeros años, recuperación y plan comercial.
9. Requerimientos de conexión con alguna red pública de Telecomunicaciones.

Para efecto del estudio técnico se considera como Nodo al sitio de concentración y distribución de usuarios. Nodo principal aquel Nodo por el cual se realiza la conexión Internacional. El Reglamento para la Explotación de Servicios de Valor Agregado fue expedido mediante resolución 071-03-CONATEL-2002 y publicado en el Registro Oficial No 545 del 01 de Abril del 2002.

## **PERSONAS NATURALES:**

1. Solicitud dirigida al Señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones.
2. Copia del RUC.
3. Copia de la cédula de identidad del solicitante.
4. Copia del último certificado de votación, del solicitante.
5. Certificado de la Superintendencia de Telecomunicaciones respecto de la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante y sus accionistas incluida la información de imposición de sanciones en el caso de haberlas.
6. Anteproyecto técnico elaborado y suscrito por un ingeniero en electrónica y/o telecomunicaciones (debidamente colegiado, adjuntar copia de la licencia profesional y el pago del uno por mil a la SIDE).

El Anteproyecto Técnico debe contener lo siguiente:

1. Diagrama técnico detallado del sistema.
2. Descripción y alcance detallado de cada servicio que desea ofrecer.
3. Conexión Internacional: si es infraestructura propia presentar la correspondiente solicitud de Concesión de Uso de Frecuencias, con todos los requisitos que se establecen para el efecto, y si es provista por una empresa portadora autorizada, deberá presentar la carta compromiso de la provisión del servicio.
4. Conexión entre Nodos: si es infraestructura propia presentar la correspondiente solicitud de permiso de Concesión de uso de frecuencias, con todos los requisitos que se establecen para el efecto, y si es provista por una empresa portadora autorizada, deberá presentar la carta compromiso de la provisión del servicio.
5. Modalidades de acceso: descripción detallada de las mismas.
6. Ubicación geográfica inicial del sistema, especificando la dirección de cada Nodo y su descripción técnica.
7. Diagrama técnico detallado de cada Nodo, y especificaciones técnicas de los equipos.
8. Estudio y proyecto de factibilidad económica, mismo que debe incluir: inversión inicial y de los 3 primeros años, recuperación y plan comercial.
9. Requerimientos de conexión con alguna red pública de Telecomunicaciones.

Para efecto del estudio técnico se considera como Nodo al sitio de concentración y distribución de usuarios. Nodo principal aquel Nodo(s) por el cual se realiza la conexión Internacional. El Reglamento para la Explotación de Servicios de Valor Agregado fue expedido mediante resolución 071-03-CONATEL-2002 y publicado en el Registro Oficial No 545 del 01 de Abril del 2002.

## **OTROS DERECHOS**

Mediante Resolución 072-03-CONATEL-2002 el Consejo Nacional de Telecomunicaciones resuelve determinar como valor de permiso para la prestación de servicios de valor agregado el valor de USD 500 dólares de los Estados Unidos de América.

## **DURACION**

El título habilitante para la prestación de servicios de valor agregado tendrá una duración de 10 años, prorrogables por igual período de tiempo, a solicitud escrita del interesado, presentada con tres meses de anticipación al vencimiento del plazo original, siempre y cuando el prestador haya cumplido con los términos y condiciones del título habilitante.

## **Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha**

**(Resolución No. 417-15-CONATEL-2005)**

### **El Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL**

Considerando:

Que el artículo 247 de la Constitución Política de la República, así como también el artículo 47 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, disponen que el Espectro Radioeléctrico es un recurso natural limitado perteneciente al dominio público del Estado; en consecuencia es inalienable e imprescriptible;

Que de conformidad con lo señalado en el artículo innumerado primero del artículo 10 de la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones es el ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el país;

Que el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT la Nota 5.150, establece que las bandas 902 - 928 MHz, 2400 - 2500 MHz y 5725 - 5875 MHz están asignadas para aplicaciones industriales, científicas y medicas (ICM);

Que como parte de las Resolución 229 de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2003 (CMR-03), celebrada en Ginebra, se estableció la utilización de las bandas 5150-5250 MHz, 5250-5350 MHz y 5470-5725 MHz para el servicio móvil para la implementación de Sistemas de Acceso Inalámbrico (WAS), incluidas las redes radioeléctricas de área local (RLAN);

Que la implementación y operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, permiten utilizar una baja densidad espectral de potencia, que minimiza la posibilidad de interferencia;

Que los sistemas de modulación digital de banda ancha pueden coexistir con sistemas de banda angosta, lo que hace posible aumentar la eficiencia de utilización del Espectro Radioeléctrico;

Que es necesario que la administración ecuatoriana se asegure que los sistemas que emplean técnicas de modulación digital de banda ancha, como es el caso de Sistemas de Acceso Inalámbrico (WAS), incluidas las Redes Radioeléctricas de Área Local (RLAN), cumplan con las técnicas de reducción de la interferencia requeridas, de acuerdo al tipo de equipos y la observancia de normas;

Que los avances tecnológicos y los nuevos servicios de telecomunicaciones, hacen necesario designar dentro del territorio nacional bandas de frecuencias radioeléctricas, para operar sistemas de telecomunicaciones sin causar interferencia perjudicial a un sistema que esté operando a título primario;

Que se hace necesaria la regulación para la operación e implementación de sistemas que emplean Modulación Digital de Banda Ancha; y,

En ejercicio de las atribuciones legales que le confiere el artículo 10, artículo innumerado tercero, y demás normas pertinentes de la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, y en concordancia con lo dispuesto en el artículo 41 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada,

Resuelve:

Expedir la siguiente **NORMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA.**

## **Capítulo I OBJETO, TÉRMINOS Y DEFINICIONES**

**Art. 1.-Objeto.**-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.

**Art.-2.-Términos y Definiciones.**-En todo aquello que no se encuentre definido técnicamente en el glosario de términos y definiciones de la presente norma, se aplicarán los términos y definiciones que constan en la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, su Reglamento General, el Reglamento de Radiocomunicaciones y el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

## **Capítulo II DISPOSICIONES GENERALES**

**Art.3.-Competencia.**-El Secretario Nacional de Telecomunicaciones, por delegación del CONATEL, aprobará la operación de sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha mediante la emisión de un certificado de registro.

**Art.4.-Atribución.**-La atribución de los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha es a título secundario, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y en el Plan Nacional de Frecuencias.

## **Capítulo III NORMA TÉCNICA**

**Art.5.-Características de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.**-Los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha son aquellos que se caracterizan por:

- a. Una distribución de la energía media de la señal transmitida, dentro de una anchura de banda mucho mayor que la convencional, y con un nivel bajo de potencia;
- b. La utilización de técnicas de modulación que proporcionan una señal resistente a las interferencias;

- c. Permitir a diferentes usuarios utilizar simultáneamente la misma banda de frecuencias;
- d. Coexistir con sistemas de Banda Angosta, lo que hace posible aumentar la eficiencia de utilización del Espectro Radioeléctrico; y,
- e. Operar en Bandas de frecuencias inscritas en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias.

**Art.6.-Bandas de Frecuencias.-**Se aprobará la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen técnicas de modulación digital de banda ancha en las siguientes bandas de frecuencias:

BANDA (MHz)ASIGNACIÓN

902 - 928ICM

2400 - 2483.5ICM

5150 - 5250INI

5250 - 5350INI

5470 - 5725INI

5725 - 5850ICM, INI

El CONATEL aprobará y establecerá las características técnicas de operación de sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha en bandas distintas a las indicadas en la presente norma, previo estudio sustentado y emitido por la SNT.

**Art.7.-Configuración de Sistemas que emplean Modulación Digital de Banda Ancha.-**La operación de los sistemas con técnicas de modulación digital de banda ancha se aprobará en las siguientes configuraciones:

Sistemas punto - punto.

Sistemas punto - multipunto.

Sistemas móviles.

**Art.8.-Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.-**Se establecen los límites de potencia para cada una de las bandas de acuerdo con el Anexo 1; así como los límites de emisiones no deseadas de acuerdo con el anexo 2 de la presente norma.

## **Capítulo IV HOMOLOGACIÓN**

**Art.9.-Homologación.-**Todos los equipos que utilicen Modulación Digital de Banda Ancha deberán ser homologados por la SUPTEL, de acuerdo con los anexos 1 y 2 de la presente norma.



**Art. 10.- Bases de la Homologación.-** La homologación de los equipos se efectuará en base a las características estipuladas en el catálogo técnico del equipo, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento para Homologación de Equipos de Telecomunicaciones.

## **Capítulo V SOLICITUD Y REGISTRO**

**Art. 11.- Solicitud de Registro.-** La SNT llevará un registro de los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, siempre y cuando estén exentos de requerir autorización del CONATEL de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Radiocomunicaciones. Para la inscripción en este registro, los interesados en cualquier parte del territorio nacional, deberán presentar una solicitud con todos los requisitos para su aprobación dirigida a la SNT, cumpliendo con los datos consignados en el formulario técnico que para el efecto pondrá a disposición la SNT.

**Art. 12.- Certificados de Registro.-** Una vez presentada la documentación y previo el análisis respectivo, la SNT procederá con la emisión del certificado de Registro de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha que será entregado al interesado, el cual incluirá la descripción del sistema registrado.

El certificado de registro será otorgado por la SNT, en el término máximo de diez (10) días a partir de la presentación de la solicitud, previo el pago de los valores establecidos en el Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico, vigente a la fecha de registro, más los impuestos de ley.

**Art. 13.- Vigencia del Registro.-** El certificado de Registro para la operación de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha tendrá una duración de cinco años y podrá ser renovado, previa solicitud del interesado, dentro del plazo de treinta (30) días anteriores a su vencimiento, previo el pago correspondiente.

De no darse cumplimiento a lo establecido en el párrafo anterior el certificado quedará anulado de manera automática, y el usuario o concesionario no estará autorizado para operar el sistema.

## **Capítulo VI DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL USUARIO**

**Art. 14.- Respeto de los Sistemas de Explotación.-** Cuando la aplicación que se dé a un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha corresponda a la prestación de un Servicio de Telecomunicaciones, el concesionario deberá contar con el título habilitante respectivo, de conformidad con la normativa vigente.

**Art. 15.- Respeto de los Sistemas Privados.-** Cuando la aplicación que se dé a un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha corresponda a sistemas privados, es decir que se prohíbe expresamente el alquiler del sistema a terceras personas, el concesionario deberá obtener previamente el título habilitante respectivo, de conformidad con la normativa vigente.

**Art. 16.- Interferencia.-** Si un equipo o sistema ocasiona interferencia perjudicial a un sistema autorizado que está operando a título primario, aun si dicho equipo o sistema

cumple con las características técnicas establecidas en los reglamentos y normas pertinentes, deberá suspender inmediatamente la operación del mismo. La operación no podrá reanudarse, hasta que la SUPTEL envíe un informe técnico favorable indicando que se ha subsanado la interferencia perjudicial.

**Art. 17.- Modificaciones.-** Los usuarios que requieran modificar la ubicación de sus sitios de transmisión o la información de las características técnicas registradas en la SNT, deberán solicitar previamente dicha modificación a la SNT a fin de que sea autorizada por la referida entidad.

Los usuarios que requieran interrumpir el proceso de registro de un “Certificado de Registro de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha”, únicamente lo podrán realizar por voluntad del concesionario o usuario, expresada mediante solicitud escrita dentro de las 48 horas posteriores a la solicitud original.

**Art. 18.- Responsabilidad.-** El usuario de sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha es responsable de asegurar que las emisiones se encuentren dentro de la banda de frecuencias de operación y de cumplir con todas las condiciones técnicas especificadas en el certificado de registro, de conformidad con lo preceptuado en la presente norma.

## **Capítulo VII CONTROL**

**Art. 19.- Control.-** La SUPTEL realizará el control de los sistemas que utilicen Modulación Digital de Banda Ancha y vigilará que éstos cumplan con lo dispuesto en la presente norma y las disposiciones reglamentarias pertinentes.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES**

**ANCHURA DE BANDA DE EMISIÓN:** Para los propósitos de aplicación de la presente norma, la anchura de banda deberá ser determinada midiendo la densidad espectral de potencia de la señal entre dos puntos que estén 26 dB por debajo del nivel máximo de la portadora modulada a ambos extremos de la frecuencia central de portadora.

**BANDA DE FRECUENCIAS ASIGNADAS:** Banda de frecuencias en el interior de la cual se autoriza la emisión de una estación determinada.

**CONATEL:** Consejo Nacional de Telecomunicaciones, ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el país.

**DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA:** La densidad espectral de potencia es la energía total de salida por unidad de ancho de banda de un pulso o secuencia de pulsos para los cuales la potencia de transmisión es al pico o el máximo nivel y dividida para la duración total de pulsos. Este tiempo total no incluye el tiempo entre pulsos durante el cual la potencia transmitida es nula o está bajo su máximo nivel.

**DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA PICO:** La densidad espectral de potencia pico es la máxima densidad espectral de potencia, dentro del ancho de banda específico de medición.

**DENSIDAD MEDIA DE LA P.I.R.E.:** La P.I.R.E. radiada durante la ráfaga de transmisión correspondiente a la potencia máxima, de aplicarse un control de potencia.

**DFS (Dynamic Frequency Selection):** Selección Dinámica de Frecuencia, es un mecanismo que dinámicamente detecta canales desde otros sistemas y permite una operación co-canal con otros sistemas tales como radares.

**EMISIÓN FUERA DE BANDA:** Emisión en una o varias frecuencias situadas inmediatamente fuera de la anchura de banda necesaria, resultante del proceso de modulación, excluyendo las emisiones no esenciales.

**FRECUENCIA ASIGNADA:** Frecuencia central de la banda de frecuencias asignadas a una estación.

**INTERFERENCIA:** Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.

**INTERFERENCIA PERJUDICIAL:** Interferencia que compromete el funcionamiento de un servicio de radionavegación o de otros servicios de seguridad, o que degrada gravemente, interrumpe repetidamente o impide el funcionamiento de un servicio de radiocomunicación.

**LÍMITES DE EMISIONES NO DESEADAS:** Se refiere a las emisiones pico fuera de las bandas de frecuencia de operación.

**MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA:** Utilización de diferentes técnicas de modulación digital en una anchura de banda asignada con una densidad espectral de potencia baja compatible con la utilización eficaz del espectro; al permitir la coexistencia de múltiples sistemas en una misma anchura de banda.

**P.I.R.E. (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente):** Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a una antena isotrópica, en una dirección determinada.

**POTENCIA PICO TRANSMITIDA:** La potencia máxima transmitida medida sobre un intervalo de tiempo máximo de  $30/B$  (donde  $B$  es la anchura de banda de emisión a 26 dB de la señal en Hertz) o la duración del pulso transmitido por un equipo, se toma el valor que sea menor, bajo todas las condiciones de modulación.

**POTENCIA TRANSMITIDA:** Es la energía total transmitida sobre un intervalo de tiempo de hasta  $30/B$  (donde  $B$  es la anchura de banda de emisión de la señal a 26 dB de la señal en Hertz) o la duración del pulso de transmisión, se toma el valor que sea menor, dividido para la duración del intervalo.

**RADIODETERMINACIÓN:** Determinación de la posición, velocidad u otras características de un objeto, u obtención de información relativa a estos parámetros, mediante las propiedades de propagación de las ondas radioeléctricas.

RLAN (Radio Local Área Network): Red Radioeléctrica de Área Local, que constituye una radiocomunicación entre computadores, aparatos electrónicos y dispositivos físicamente cercanos.

SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA: Sistemas de radiocomunicaciones que utilizan técnicas de codificación o modulación digital, cuyos equipos funcionan de conformidad con los límites de potencia y la densidad media de P.I.R.E. que se establecen en la presente norma, en las bandas de frecuencias que determine el CONATEL.

SISTEMA PUNTO - PUNTO: Sistema de radiocomunicación que permite enlazar dos estaciones fijas distantes, empleando antenas direccionales en ambos extremos, estableciendo comunicación unidireccional o bidireccional.

SISTEMA PUNTO - MULTIPUNTO: Sistema de radiocomunicación que permite enlazar una estación fija central con varias estaciones fijas distantes. Las estaciones fijas distantes emplean antenas direccionales para comunicarse en forma unidireccional o bidireccional con la estación fija central.

SISTEMA MÓVIL: Sistema de radiocomunicaciones que permite enlazar una estación fija central con una o varias estaciones destinadas a ser utilizadas en movimiento o mientras estén detenidas en puntos no determinados.

SNT: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, ente encargado de la ejecución de las políticas de telecomunicaciones en el país.

SUPTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones, ente encargado del control y monitoreo del espectro radioeléctrico y de los sistemas y servicios de radiocomunicación.

TPC (Transmit Power Control): Control de Potencia Transmitida, es una característica que habilita a los equipos que operan en las bandas de la presente norma, para conmutar dinámicamente varios niveles de transmisión de potencia en los procesos de transmisión de datos.

WAS (Wireless Access Systems): Sistemas de Acceso Inalámbrico, el término de sistemas de acceso inalámbrico se aplicará a todas las tecnologías de radiocomunicación de banda ancha y baja potencia, en la cual la forma de acceso en que los usuarios obtienen un servicio de telecomunicaciones es mediante enlaces ópticos o de radiofrecuencia.

## **DISPOSICIONES TRANSITORIAS**

**Primera.-** Todos los beneficiarios de los certificados de Registro para Uso de Tecnología de Espectro Ensanchado otorgados con anterioridad a la presente norma y que se encuentren vigentes deberán proceder a registrarse en la SNT como sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha de conformidad con lo dispuesto en esta norma dentro de un plazo de 30 días anteriores al vencimiento del período anual de pago. Los certificados de Registro para Uso de Tecnología de Espectro Ensanchado, deberán ser

canjeados por su correspondiente certificado de registro para uso de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

**Segunda.-** La tarifa por uso de frecuencias de Espectro Ensanchado de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico que se encuentra vigente se aplicará a todos los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.

Los pagos por el certificado de registro para la operación de los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha se realizarán en forma anual, en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

### **DISPOSICIÓN FINAL**

Deróguese la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado aprobado con la Resolución 538-20-CONATEL-2000, publicada en el Registro Oficial 215 del 30 de noviembre del 2000; así como todas las disposiciones que se opongan al contenido de la presente norma.

La presente norma entrará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial, y de su ejecución encárguese a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

Dado en Quito, a 13 de octubre del 2005.

### **ANEXOS**

#### **NORMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA**

[ANEXO 1](#)

[ANEXO 2](#)

SISTEMAS QUE OPERAN EN BANDAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA  
(Sustituido por el Art. 18 de la Res. 416-15-CONATEL-2005 R.O. 142, 10-XI-2005)

Valor de  $\alpha_6$  Sistema

6.40 Modulación Digital de Banda Ancha

Tabla 1: (Sustituido por el Art. 18 de la Res. 416-15-CONATEL-2005 R.O. 142, 10-XI-2005) Coeficiente de valoración del espectro  $\alpha_6$  para sistemas que operen en bandas de Modulación Digital de Banda Ancha.

Valor de B Sistema

12 Sistemas punto-punto, Sistemas punto-multipunto y sistemas móviles

Tabla 2: (Sustituido por el Art. 18 de la Res. 416-15-CONATEL-2005 R.O. 142, 10-XI-2005) Valor de la constante B para los sistemas que operen en bandas de Modulación Digital de Banda Ancha.

## Características Técnicas de los Sistemas de Modulación

Digital de Banda Ancha

### SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA

Tipo de Configuración del Sistema Bandas de Operación (MHz) Potencia

Pico Máxima del Transmisor (mW) P.I.R.E.

(mW) Densidad de P.I.R.E. (mW/MHz)

Punto-punto 902 -

928250-----

Punto-multipunto

Móviles

Punto-punto 2400 -

2483.51000-----

Punto-multipunto

Móviles

Punto-punto 5150 -

525050 i20010

Punto-multipunto

Móviles

Punto-punto 5250 -

5350--20010

Punto-multipunto 250

ii100050

Móviles

Punto-punto 5470 -

5725250 ii100050

Punto-multipunto

Móviles

Punto-punto 5725 -

58501000-----

Punto-multipunto

Móviles

i) 50 mW o  $(4 + 10 \log B)$  dBm, la que sea menor

ii) 250 mW o  $(11 + 10 \log B)$  dBm, la que sea menor

Donde:

B es la anchura de emisión en MHz

i) Si la ganancia de la antena direccional empleada

exclusivamente en los sistemas fijos punto - punto y que operan en la banda 2400 - 2483.5 MHz es superior a 6 dBi, deberá reducirse la potencia máxima de salida del transmisor, esto es 1 Watt, en 1dB por cada 3 dB de ganancia de la antena que exceda los 6 dBi.

ii) Cuando en las bandas de 5150 - 5250 MHz, 5250 - 5350 MHz

y 5470 - 5725 MHz, se utilicen en equipos con antenas de transmisión de ganancia direccional mayor a 6 dBi, la potencia de transmisión pico y la densidad espectral de potencia pico deberán ser reducidas en la cantidad de dB que superen la ganancia de la antena direccional que exceda los 6 dBi.

iii) Cualquier dispositivo que opere en la banda de 5150 -

5250 MHz deberá utilizar una antena de transmisión que sea parte integral del dispositivo.

iv) Dentro de la banda de 5150 - 5250 MHz y 5250 - 5350 MHz,

los dispositivos que emplean Modulación Digital de Banda Ancha que estuvieran

restringidos a operaciones al interior de recintos cerrados, deberán contar con sistemas que dispongan de selección dinámica de frecuencia (DFS) de acuerdo a la Recomendación UIT-R

M.1652 sobre sistemas de acceso de radio incluyendo RLAN en 5000 MHz.

En estas bandas, la densidad espectral de la P.I.R.E. media no debe exceder 0.04mW/4kHz medida en cualquier ancho de banda de 4 kHz o lo que es lo mismo 10mW/MHz.

v) En las bandas de 5250 - 5350 MHz y 5470 - 5725 MHz los usuarios de sistemas móviles deben emplear controles de potencia en el transmisor capaces de garantizar una reducción media de por lo menos 3 dB de la potencia de salida media máxima de los sistemas o, en caso de no emplearse controles de potencia de transmisor, que la P.I.R.E. máxima se reduzca en 3 dB. Los usuarios de sistemas móviles deberán aplicar las medidas de reducción de la interferencia que contempla la Recomendación UIT-R M.1652, a fin de asegurar un comportamiento compatible con los sistemas de radiodeterminación.

vi) En la banda de 5250 - 5350 MHz, los sistemas que funcionen con una P.I.R.E. media máxima de 1 W y una densidad de P.I.R.E. media máxima de 50 mW/MHz en cualquier banda de 1 MHz, y cuando funcionen con una P.I.R.E. media superior a 200 mW deberán cumplir con la densidad de P.I.R.E. de acuerdo a la Tabla No.

1 del presente anexo:

Densidad de P.I.R.E. dB(W/MHz)Intervalo de  $\emptyset$

130° <  $\emptyset$  <

8°

-13-0.716\* ( $\emptyset$ -8)8°

<  $\emptyset$  < 40°

-35.9-1.22\* ( $\emptyset$ -40)40°

<  $\emptyset$  < 45°

-42 $\emptyset$  > 45°

Tabla No. 1

Donde:

$\emptyset$ : Es el ángulo, expresado en grados, por encima del plano horizontal local (de la Tierra).

vii) Los sistemas que operen en la banda de 5725 - 5850 MHz pueden emplear antenas de transmisión con ganancia direccional mayor a 6 dBi y de hasta 23 dBi sin la correspondiente reducción en la potencia pico de salida del transmisor.

Si emplean ganancia direccional en la antena mayor a 23 dBi, será requerida una reducción de 1 dB en la potencia pico del transmisor y en la densidad espectral de potencia pico por cada dB que la ganancia de la antena exceda a los 23 dBi.

viii) Los equipos que emplean Modulación Digital de Banda Ancha que requieren autorización de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Radiocomunicaciones, deben cumplir con lo establecido en la Tabla No. 2 del presente anexo:

Equipos con Potencia (P)antenas aéreas

P < 100 Mw directivas públicas o privadas

P < 300 mW, exteriores públicas

300 < P < 1000 mW, cualquier



tipo de antenas públicas o  
privadas  
Tabla. No. 2

## ANEXO 2

### Límites de Emisiones no Deseadas en las Bandas de Operación de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha

Las emisiones pico fuera de las bandas de frecuencia de operación deberán ser atenuadas de acuerdo con los siguientes límites:

- a) En las bandas de 902-928 MHz y 2400-2483.5 MHz, para cualquier ancho de banda de 100 kHz fuera de la banda de frecuencias de operación de los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, la potencia radiada por el equipo deberá estar al menos 20 dB por debajo de dicha potencia en el ancho de banda de 100 kHz que contenga el mayor nivel de potencia deseada; y,
- b) En las bandas de 5150 - 5250 MHz, 5250 - 5350 MHz, 5470 - 5725 MHz y 5725 - 5850 MHz, deberán cumplir con lo establecido en la Tabla No. 3:

Banda de Operación (MHz) Rango de frecuencias considerado (MHz) P.I.R.E. para emisiones fuera de banda (dBm/MHz)

|             |         |      |
|-------------|---------|------|
| 5150 - 5250 | <       | 5150 |
| >           | 5250-27 |      |
| 5250 - 5350 | <       | 5250 |
| >           | 5350-27 |      |
| 5470 - 5725 | <       | 5470 |
| >           | 5725-27 |      |
| 5725 - 5850 | <       | 5725 |
| 5850 - 5860 | -       | 17   |
| <           | 5715    |      |
| >           | 5860-27 |      |

Tabla No. 3