

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE ÁREA LOCAL PARA LOS EDIFICIOS LA TRIBUNA Y VILLAFUERTE DE PETROPRODUCCIÓN BAJO EL ESTÁNDAR IEEE 802.11g Y SU INTERCONECTIVIDAD

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

BOLAÑOS CALUÑA EMILIO IVÁN

DIRECTOR: ING. PABLO HIDALGO L.

QUITO, SEPTIEMBRE 2008

ING. PABLO HIDALGO LASCANO: phidalgo@ieee.org

**EMILIO BOLAÑOS CALUÑA: ebolanos@petroproduccion.com.ec
emiliobol@gmail.com**

DECLARACIÓN

Yo, Emilio Iván Bolaños Caluña declaro bajo juramento 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.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Emilio Bolaños Caluña

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor Emilio Iván Bolaños Caluña, bajo mi supervisión.

Ing. Pablo Hidalgo L.
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso por su amor incondicional y su gran misericordia.

A mi madre Teresa por ser ejemplo de esfuerzo, valor y fe. Agradezco tu amor y apoyo en todo momento.

A Jonathan mi hermano por su amistad y afecto.

A la Escuela Politécnica Nacional por sus extraordinarios profesores y maestros que me han guiado por el camino del conocimiento y profesionalismo. Mi agradecimiento especial al Ingeniero Pablo Hidalgo L., por su valioso tiempo y el aporte en el desarrollo de este trabajo.

A todos mis amigos y compañeros de PETROPRODUCCIÓN en especial al Ingeniero William Pazmiño C., por brindarme todas las facilidades administrativas y técnicas.

エミリオ
イバヌ

DEDICATORIA

Al Gran Señor Dios por ser el eje principal en mi vida.

¡Cuán Grande Eres, Señor!

Tu poder es el que conserva todas las cosas.

Tu sabiduría es la única vasta y profunda.

Eres un mar sin playa, un sol sin contorno.

Tu tiempo es ahora y por siempre.

Tu lugar está en todas partes.

John Mason C.

También dedico este trabajo a mi madre Teresa y mi hermano Jonathan por su amor, apoyo y confianza en todos estos años.

エミリオ
イバヌ

CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
RESUMEN	XVI
PRESENTACIÓN.....	XVII

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTO TEÓRICO DE REDES INALÁMBRICAS	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	1
1.2.1. PILA DE PROTOCOLOS.....	3
1.2.2. REDES 802.11	3
1.2.2.1. IEEE 802.11.....	5
1.2.2.2. IEEE 802.11b.....	5
1.2.2.3. IEEE 802.11a.....	5
1.2.2.4. IEEE 802.11g.....	6
1.2.2.5. TGn (Futuro 802.11n).....	6
1.2.2.6. Cuadro Comparativo de Tecnologías IEEE 802.11	7
1.2.3. TOPOLOGÍAS PARA REDES 802.11.....	7
1.2.3.1. Componentes Físicos	7
1.2.3.2. Redes Independientes o <i>Ad-Hoc</i>	10
1.2.3.3. Redes de Infraestructura	10
1.2.4. <i>BLUETOOTH</i>	12
1.2.5. <i>WiMAX</i>	13
1.3. CAPA FÍSICA DE 802.11.....	14
1.3.1. CAPA FÍSICA DE ESPECTRO DISPERSO DE SALTO DE FRECUENCIA (FHSS)	16
1.3.2. CAPA FÍSICA DE ESPECTRO DISPERSO DE SECUENCIA DIRECTA (DSSS).....	18
1.3.3. CAPA FÍSICA DE LUZ INFRARROJA (IR).....	19
1.3.4. CAPA FÍSICA DE MULTIPLEXADO DE DIVISIÓN DE FRECUENCIA ORTOGONAL (OFDM 802.11a)	20
1.3.5. CAPA FÍSICA DE SECUENCIA DIRECTA DE ALTA TASA (HR/DSSS 802.11b).....	22
1.3.6. CAPA FÍSICA DE VELOCIDAD EXTENDIDA (ERP 802.11g)	24
1.3.7. CAPA FÍSICA DE ALTO RENDIMIENTO (MIMO 802.11n)	25
1.3.7.1. <i>Multiple-Inputs/Multiple-Outputs (MIMO)</i>	25
1.3.7.2. <i>WWiSE</i>	26
1.3.7.3. <i>TGnSync</i>	27

1.4.	CAPA DE ACCESO AL MEDIO DE 802.11.....	28
1.4.1.	PROCEDIMIENTO RTS/CTS.....	29
1.4.2.	FUNCIONES DE COORDINACIÓN MAC	30
1.4.2.1.	Función de Coordinación Distribuida (DCF).....	30
1.4.2.1.1.	<i>Detección o Escucha de Portadora Física</i>	31
1.4.2.1.2.	<i>Detección o Escucha de Portadora Virtual</i>	32
1.4.2.2.	Función de Coordinación Centralizada (PCF)	33
1.4.2.2.1.	<i>Funcionamiento de PCF</i>	34
1.4.3.	FORMATO DE LA TRAMA 802.11.....	35
1.4.3.1.	Trama de Datos.....	35
1.4.3.2.	Trama de Control.....	36
1.4.3.3.	Trama de Administración	37
1.4.4.	SERVICIOS DE RED PARA 802.11.....	37
1.4.4.1.	Servicios del Sistema de Distribución	37
1.4.4.2.	Servicios de Estación.....	38
1.4.4.2.1.	<i>Servicios de Administración de Espectro</i>	38
1.5.	CALIDAD DE SERVICIO QoS EN REDES INALÁMBRICAS	39
1.5.1.	LIMITACIONES DE PCF PARA EL SOPORTE DE QoS.....	40
1.5.2.	IEEE 802.11e	40
1.5.3.	ACCESO AL CANAL MEJORADO (EDCA)	41
1.5.4.	ACCESO AL CANAL CONTROLADO HCF (HCCA)	42
1.5.5.	ESPECIFICACIONES DE TRÁFICO (TSPEC)	43

CAPÍTULO 2

2.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE DATOS DE PETROPRODUCCIÓN EN EL DISTRITO QUITO	44
2.1	PETROPRODUCCIÓN	44
2.1.1	MISIÓN.....	44
2.1.2	VISIÓN	44
2.1.3	OBJETIVOS.....	44
2.1.4	ESTRATEGIAS	45
2.2	INFRAESTRUCTURA	45
2.2.1	INFORMACIÓN DEL SITIO.....	46
2.3	RED DE DATOS DE PETROPRODUCCIÓN.....	47
2.3.1	RED DE DATOS PARA EL EDIFICIO VILLAFUERTE	49
2.3.1.1	Enlace Microonda	49
2.3.1.2	Red de Área Local	53
2.3.1.3	Servidores	56
2.3.1.3.1	<i>Servidores WEB</i>	56
2.3.1.3.2	<i>Servidor FTP</i>	57
2.3.1.3.3	<i>Servidor Microsoft Exchange</i>	57
2.3.1.3.4	<i>Servidor Microsoft E-Learning</i>	57
2.3.1.3.5	<i>Servidor Active Directory y Nombres de Dominio</i>	58
2.3.1.3.6	<i>Servidor Microsoft Systems Management Server</i>	58
2.3.1.3.7	<i>Servidor Cisco CallManager y DHCP</i>	58
2.3.1.3.8	<i>Servidor Proxy y Firewall</i>	59
2.3.1.3.9	<i>Servidor Kaspersky</i>	59
2.3.1.3.10	<i>Servidores AS/400</i>	60

2.3.1.3.11	Servidor de Base de Datos Oracle	61
2.3.1.3.12	Servidor Bizagi BPM	61
2.3.1.3.13	Servidor IBM Lotus Domino	61
2.3.1.3.14	Servidor DB2 y Business Objects	62
2.3.1.3.15	Servidor Resolve IT	62
2.3.1.3.16	Cuadro Comparativo de Servidores	62
2.3.2	RED DE DATOS PARA EL EDIFICIO LA TRIBUNA	62
2.3.2.1	Enlace Microonda	66
2.3.2.2	Red de Área Local	67
2.3.2.3	Servidores	68
2.3.2.3.1	Cuadro Comparativo de Servidores	69
2.4	ANÁLISIS DE TRÁFICO DE RED	71
2.4.1	INTERFAZ INTERNA	71
2.4.2	INTERFAZ EXTERNA	72
2.4.3	INTERFAZ DMZ	72
2.4.4	VOLÚMENES DE INFORMACIÓN TRANSFERIDOS	73
2.4.4.1	Volumen de Información por Protocolo	74
2.4.4.2	Volumen de Información por Subred	75
2.4.4.3	Volumen de Información por Día de la Semana	76
2.4.4.4	Volumen de Información por Hora del Día	77
2.4.4.5	Ataques y Páginas Bloqueadas	78

CAPÍTULO 3

3.	DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA	81
3.1.	REQUERIMIENTOS DE LA RED INALÁMBRICA	81
3.1.1.	ACCESIBILIDAD A LOS RECURSOS DE RED	81
3.1.2.	SEGURIDAD A NIVEL EMPRESARIAL	81
3.1.3.	EXTENSIÓN E INTEGRACIÓN DE SERVICIOS DE RED	81
3.1.4.	SEGMENTACIÓN DE USUARIOS	82
3.1.5.	MANEJO CENTRALIZADO	82
3.1.6.	ARQUITECTURA Y PLATAFORMA DE LA RED	82
3.1.6.1	Cisco Unified Wireless Network	82
3.2.	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA	83
3.2.1.	PÉRDIDAS DE SEÑAL	83
3.2.2.	ROAMING	84
3.2.3.	CAPACIDAD Y COBERTURA	85
3.2.4.	SITE SURVEY	86
3.2.5.	EQUIPAMIENTO 802.11	87
3.2.5.1	Puntos de Acceso	87
3.2.5.2	Controladores de Puntos de Acceso	87
3.2.5.3	Antenas	88
3.2.5.4	Analizadores de Red Inalámbrica	89
3.2.6.	ADMINISTRACIÓN CENTRALIZADA (LWAPP)	89
3.2.7.	SEGURIDAD PARA REDES WI-FI	90
3.2.7.1	Filtrado de Direcciones MAC	91
3.2.7.2	WEP (Wired Equivalent Privacy)	91
3.2.7.3	Autenticación con IEEE 802.1X	92
3.2.7.4	WPA (Wi-Fi Protected Access)	93
3.2.7.4.1	WPA Versión 1 (WPA)	94

3.2.7.4.2	WPA Versión 2 (WPA2)	94
3.2.7.4.3	Modalidades de Operación	95
3.2.7.5	Comparación de Estándares de Seguridad de Redes Inalámbricas <i>Wi-Fi</i>	96
3.2.7.6	Políticas de Seguridad	96
3.3.	ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA RED INALÁMBRICA	97
3.3.1.	CONSIDERACIONES DE RENDIMIENTO	98
3.3.2.	ÁREA DE COBERTURA	98
3.3.3.	DENSIDAD DE USUARIOS	99
3.3.4.	SERVICIOS Y APLICACIONES SOBRE LA RED INALÁMBRICA	99
3.3.5.	SEGURIDAD	100
3.3.6.	INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA	100
3.4.	DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO	101
3.4.1.	PERFILES Y GRUPOS DE USUARIOS	101
3.4.2.	CAPACIDAD DE DATOS PARA CADA USUARIO DEL GRUPO DE USUARIO NORMAL	102
3.4.2.1	Correo Electrónico	103
3.4.2.2	Internet	103
3.4.2.3	Antivirus	103
3.4.2.4	DNS y <i>Active Directory</i>	104
3.4.2.5	Bases de Datos	104
3.4.2.6	SMS (Actualización de Parches y <i>Software</i>)	104
3.4.2.7	Voz sobre IP (VoIP)	104
3.4.2.8	Video-Conferencia	105
3.4.2.9	Otras Aplicaciones	105
3.4.3.	CAPACIDAD DE DATOS PARA CADA USUARIO DEL GRUPO DE USUARIO AVANZADO	106
3.4.4.	CAPACIDAD DE DATOS PARA CADA USUARIO DEL GRUPO DE USUARIO INVITADO	107
3.4.5.	CUADRO COMPARATIVO DE GRUPOS DE USUARIO	108
3.5.	DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA PARA PETROPRODUCCIÓN QUITO	109
3.5.1.	TECNOLOGÍA INALÁMBRICA	109
3.5.1.1	Selección de la Tecnología Inalámbrica	110
3.5.2.	ARQUITECTURA DE RED INALÁMBRICA	111
3.5.2.1	Puntos de Acceso LWAPP (AP LWAPP)	111
3.5.2.2	<i>Wireless LAN Controller</i> (WLC)	112
3.5.2.3	<i>Wireless Control System</i> (WCS)	115
3.5.2.4	<i>Cisco Unified Wireless Network</i>	115
3.5.2.4.1	<i>Modelo Jerárquico</i>	116
3.5.2.5	Arquitectura de Seguridad para la Red Inalámbrica	120
3.5.2.5.1	<i>Funcionamiento de la Arquitectura de Seguridad</i>	122
3.5.3.	EQUIPOS PARA EL DISEÑO	124
3.5.3.1	Puntos de Acceso AP LWAPP	124
3.5.3.2	Controlador de Puntos de Acceso	126
3.5.3.3	<i>Software</i> de Administración y Monitoreo	127
3.5.3.4	Equipamiento Adicional	128
3.5.4.	RED INALÁMBRICA PARA EL EDIFICIO VILLAFUERTE	128
3.5.4.1	Determinación del Número de Usuarios Beneficiados y del Número de Puntos de Acceso	130
3.5.4.2	Pruebas de <i>Site Survey</i>	139
3.5.4.3	Ubicación Física de los Puntos de Acceso	143
3.5.5.	RED INALÁMBRICA PARA EL EDIFICIO LA TRIBUNA	149

3.5.5.1	Determinación del Número de Usuarios Beneficiados y del Número de Puntos de Acceso.....	150
3.5.5.2	Pruebas de <i>Site Survey</i>	159
3.5.5.3	Ubicación Física de los Puntos de Acceso.....	163
3.6.	ANÁLISIS DE INTERCONECTIVIDAD DE LAS REDES INALÁMBRICAS	172
3.6.1.	CONEXIÓN MEDIANTE UN ENLACE DE FIBRA ÓPTICA.....	172
3.6.1.1	Funcionamiento de Sistemas Basados en F.O.....	172
3.6.1.2	Fibra Multimodo.....	175
3.6.1.3	Fibra Monomodo.....	175
3.6.1.4	<i>Wi-Fiber</i>	175
3.6.2.	CONEXIÓN MEDIANTE UN ENLACE <i>WI-FI</i>	175
3.6.3.	CONEXIÓN MEDIANTE UN ENLACE MICROONDA.....	176
3.6.3.1	Funcionamiento de Sistemas Microondas.....	178
3.7.	SELECCIÓN Y DISEÑO DE INTERCONECTIVIDAD DE LAS REDES INALÁMBRICAS.....	178
3.7.1.	ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA.....	180
3.7.1.1	Red de Voz y Datos para PETROPRODUCCIÓN.....	182
3.7.1.2	Esquema de Seguridad para el Enlace <i>Wi-Fi</i>	184
3.7.2.	EQUIPOS PARA EL DISEÑO.....	187
3.8.	PLAN DE MIGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS.....	188
3.8.1.	TECNOLOGÍA 802.11n.....	188
3.8.2.	ADQUISICIÓN DE NUEVOS EQUIPOS.....	189
3.8.2.1	Puntos de Acceso de la Serie <i>Cisco Aironet 1250</i>	190
3.8.3.	UBICACIÓN ESTRATÉGICA DE NUEVOS EQUIPOS.....	191
3.8.4.	VENTAJAS E INCONVENIENTES.....	192

CAPÍTULO 4

4.	ANÁLISIS TÉCNICO-FINANCIERO DE LA SOLUCIÓN DE LA RED INALÁMBRICA.....	194
4.1.	PRECIOS DE EQUIPOS	194
4.1.1.	PROPUESTA ECONÓMICA DE UNIPLEX S.A.....	196
4.1.2.	PROPUESTA ECONÓMICA DE COMWARE DEL ECUADOR S.A.....	197
4.1.3.	PROPUESTA ECONÓMICA DE TECNOPLUS CÍA. LTDA.....	198
4.1.4.	PROPUESTA ECONÓMICA DE AKROS SOLUTIONS.....	199
4.2.	COSTOS ADICIONALES	200
4.2.1.	CABLEADO ESTRUCTURADO.....	200
4.2.2.	<i>HARDWARE Y SOFTWARE</i>	200
4.2.3.	IMPREVISTOS.....	203
4.3.	EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....	203
4.3.1.	VENTAJAS EMPRESARIALES ESENCIALES.....	204
4.3.2.	VENTAJAS OPERATIVAS.....	205
4.3.3.	VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	205
4.3.3.1	Ingresos.....	206
4.3.3.2	Costos de Inversión.....	206
4.3.3.2.1	<i>Comparación de Propuestas de los Proveedores</i>	206

4.3.3.2	<i>Inversión del Proyecto</i>	210
4.3.3.3	Costos de Operación y Mantenimiento	211
4.3.3.4	Flujo de Fondos Neto Puro	211
4.3.3.5	Indicadores de Rentabilidad.....	215

CAPÍTULO 5

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	217
5.1.	CONCLUSIONES.....	217
5.2.	RECOMENDACIONES.....	219

GLOSARIO

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

- ANEXO A - MANUAL DE USUARIO *CISCO SYSTEMS AIRONET 1200 SERIES ACCESS POINT*
- ANEXO B - MANUAL DE USUARIO *SENAO WIRELESS MULTI-CLIENT BRIDGE/ACCESS POINT*
- ANEXO C - MANUAL DE USUARIO *WG-CPE-200-14 ACCESS POINT/CLIENT BRIDGE*
- ANEXO D - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ESQUIPOS UTILIZADOS (*DATA SHEET*)
 - *CISCO AIRONET WIRELESS ACCESS POINTS*
 - *CISCO WIRELESS LAN CONTROLLERS*
 - *CISCO WIRELESS CONTROL SYSTEM (WCS)*
 - *CISCO AIRONET 2.4 GHZ AND 5 GHZ ANTENNAS AND ACCESSORIES-COMPLETE THE WIRELESS SOLUTION*

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1	Tecnologías Inalámbricas.....	2
Figura 1.2	Familia de la Tecnología de Red IEEE 802.....	3
Figura 1.3	Componentes Físicos de 802.11.....	9
Figura 1.4	Topología <i>Ad-Hoc</i> , BSS Independiente.....	10
Figura 1.5	Topología de Infraestructura, BSS de Infraestructura.....	11
Figura 1.6	Conjunto de Servicio Extendido ESS.....	11
Figura 1.7	Arquitectura Lógica de la Capa Física y Capa de Enlace de 802.11.....	15
Figura 1.8	Tecnologías de Capa Física 802.11.....	16
Figura 1.9	Salto de Frecuencia.....	16
Figura 1.10	Codificación <i>Barker</i>	19
Figura 1.11	Estructura de un canal OFDM.....	21
Figura 1.12	Canales Operativos para 802.11a según EE.UU.....	22
Figura 1.13	Localización de Canales DSSS.....	23
Figura 1.14	Transmisión 802.11b a 5,5 Mbps.....	23
Figura 1.15	Transmisión 802.11b a 11 Mbps.....	24
Figura 1.16	Técnicas de Modulación para 802.11g.....	25
Figura 1.17	Configuración de antenas MIMO.....	26
Figura 1.18	Estructura de un canal de 20 MHz y 40 MHz según WWiSE.....	27
Figura 1.19	Estructura de un canal de 20 MHz y 40 MHz según TGnSync.....	28
Figura 1.20	Problema de nodos ocultos.....	29
Figura 1.21	Procedimiento RTS/CTS.....	29
Figura 1.22	Funciones de Coordinación MAC.....	30
Figura 1.23	Modelo de funcionamiento de DCF.....	32
Figura 1.24	Utilización de NAV para la detección de portadora virtual.....	32
Figura 1.25	Esquema de funcionamiento de períodos de contienda.....	33
Figura 1.26	Utilización de PCF.....	35
Figura 1.27	Trama de Datos y Campo de Control de Trama.....	36
Figura 1.28	Tramas de Control RTS y CTS.....	36
Figura 1.29	Trama de Administración Genérica.....	37
Figura 1.30	Esquema de Funcionamiento HCF.....	41

CAPÍTULO 2

Figura 2.1	Edificio Villafuerte.....	46
Figura 2.2	Edificio La Tribuna.....	47
Figura 2.3	Separación Geográfica entre los dos edificios.....	48

Figura 2.4	Enlaces microonda para datos de PETROPRODUCCIÓN.....	49
Figura 2.5	Red de Datos de PETROPRODUCCIÓN.....	50
Figura 2.6	Equipos de microonda y antena en el Edificio Villafuerte.....	52
Figura 2.7	Equipos de interconectividad en el Edificio Villafuerte – Mezanine.....	54
Figura 2.8	Equipos de interconectividad en el Edificio Villafuerte – Cuarto de Servidores.....	56
Figura 2.9	Interfaces del <i>Proxy-Firewall Astaro Security Gateway</i>	60
Figura 2.10	Equipos de microonda y antena en el Ed. La Tribuna.....	66
Figura 2.11	Equipos de interconectividad en el Edificio La Tribuna – Piso 7.....	69
Figura 2.12	Tráfico de Datos para la Interfaz Interna	71
Figura 2.13	Tráfico de Datos para la Interfaz Externa	72
Figura 2.14	Tráfico de Datos para la Interfaz DMZ	73
Figura 2.15	Volumen de información utilizado por cada protocolo.....	74
Figura 2.16	Volumen de información utilizado por subred o departamento	75
Figura 2.17	Volumen de información utilizado por día de la semana (Línea 3D).....	76
Figura 2.18	Volumen de información utilizado por día de la semana (Columnas 3D).....	77
Figura 2.19	Volumen de información utilizado por hora del día	77
Figura 2.20	Número de ataques por hora del día	78
Figura 2.21	Porcentaje de bloqueos de páginas WEB sospechosas	80

CAPÍTULO 3

Figura 3.2	<i>Roaming</i> entre dos zonas de cobertura.....	85
Figura 3.2	Arquitectura de red inalámbrica centralizada mediante LWAPP	90
Figura 3.3	Mecanismo de Autenticación con 802.1X	93
Figura 3.4	Túnel de comunicación entre los AP LWAPP y el WLC	112
Figura 3.5	Arquitectura Distribuida del WLC.....	113
Figura 3.6	Segmentación de usuarios mediante VLANs	114
Figura 3.7	Visualización de la cobertura y rendimiento mediante WCS	115
Figura 3.8	Red Inalámbrica Unificada de PETROPRODUCCIÓN.....	117
Figura 3.9	Modelo Jerárquico de la Red Inalámbrica Unificada	118
Figura 3.10	Arquitectura de Seguridad para la Red Inalámbrica Unificada	121
Figura 3.11	Procedimientos de Autenticación y Autorización para la Red Inalámbrica Unificada	122
Figura 3.12	<i>Cisco Aironet</i> Serie 1200 para Puntos de Acceso	126
Figura 3.13	<i>Cisco Wireless LAN Controller (WLC)</i> Serie 4400.....	127
Figura 3.14	<i>Cisco Wireless Control System (WCS)</i> reporte de cobertura.....	128
Figura 3.15	Repisa de madera para ubicación de un determinado Punto de Acceso.....	129
Figura 3.16	<i>Site Survey</i> Nivel de Señal a 2.4 GHz - Ed. Villafuerte.....	140
Figura 3.17	<i>Site Survey</i> Nivel de Ruido a 2.4 GHz - Ed. Villafuerte.....	140
Figura 3.18	<i>Site Survey</i> Relación Señal a Ruido - Ed. Villafuerte.....	141

Figura 3.19	<i>Site Survey</i> Velocidad de Conexión a 2.4 GHz - Ed. Villafuerte.....	141
Figura 3.20	<i>Site Survey</i> Relación Señal a Ruido Vista 3D - Ed. Villafuerte.....	142
Figura 3.21	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Planta Baja....	143
Figura 3.22	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Mezzanine.....	144
Figura 3.23	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Primer Piso.....	144
Figura 3.24	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Segundo Piso.....	145
Figura 3.25	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Tercer Piso.....	145
Figura 3.26	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Cuarto Piso.....	146
Figura 3.27	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Quinto Piso.....	146
Figura 3.28	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Sexto Piso.....	147
Figura 3.29	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Séptimo Piso.....	147
Figura 3.30	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Octavo Piso.....	148
Figura 3.31	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Noveno Piso.....	148
Figura 3.32	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Planta Alta.....	149
Figura 3.33	<i>Site Survey</i> Nivel de Señal a 2.4 GHz - Ed. La Tribuna.....	160
Figura 3.34	<i>Site Survey</i> Nivel de Ruido a 2.4 GHz - Ed. La Tribuna.....	161
Figura 3.35	<i>Site Survey</i> Relación Señal a Ruido - Ed. La Tribuna.....	161
Figura 3.36	<i>Site Survey</i> Velocidad de Conexión a 2.4 GHz - Ed. La Tribuna.....	162
Figura 3.37	<i>Site Survey</i> Relación Señal a Ruido Vista 3D - Ed. La Tribuna.....	162
Figura 3.38	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Planta Baja.....	164
Figura 3.39	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Mezzanine.....	164
Figura 3.40	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Primer Piso.....	165
Figura 3.41	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Segundo Piso.....	165

Figura 3.42	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Tercer Piso.....	166
Figura 3.43	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Cuarto Piso.....	166
Figura 3.44	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Quinto Piso.....	167
Figura 3.45	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Sexto Piso.....	167
Figura 3.46	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Séptimo Piso.....	168
Figura 3.47	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Octavo Piso.....	168
Figura 3.48	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Noveno Piso.....	169
Figura 3.49	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Décimo Piso.....	169
Figura 3.50	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Décimo Primer Piso.....	170
Figura 3.51	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Décimo Segundo Piso.....	170
Figura 3.52	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Décimo Tercer Piso.....	171
Figura 3.53	Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Décimo Cuarto Piso.....	171
Figura 3.54	Interconectividad de las redes de información mediante un sistema de Fibra Óptica.....	174
Figura 3.55	Interconectividad de las redes de información mediante un sistema <i>Wi-Fi</i> 802.11a	177
Figura 3.56	Interconectividad de las redes de información mediante un sistema Microonda.....	179
Figura 3.57	Esquema General de la Red de Voz de PETROPRODUCCIÓN.....	183
Figura 3.58	Enlace de Redes de Información de PETROPRODUCCIÓN.....	185
Figura 3.59	Arquitectura de Seguridad para el Enlace <i>Wi-Fi</i> 802.11a.....	186
Figura 3.60	<i>Cisco Aironet</i> Serie 1400 para Puntos de Acceso en modo <i>bridge</i>	187
Figura 3.61	<i>Cisco Aironet</i> Serie 1250 para Puntos de Acceso con soporte de 802.11n.....	190
Figura 3.62	Ubicación Física del Punto de Acceso con soporte de 802.11n <i>Draft</i> 2.0 para el Edificio Villafuerte.....	192
Figura 3.63	Ubicación Física del Punto de Acceso con soporte de 802.11n <i>Draft</i> 2.0 para el Edificio La Tribuna.....	193

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 Flujo de Fondos del Proyecto.....215

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1	Conjunto de estándares IEEE 802.11.....	4
Tabla 1.2	Cuadro Comparativo de Tecnologías IEEE 802.11.....	8
Tabla 1.3	Especificaciones del Estándar 802.16.....	14
Tabla 1.4	Canales utilizados en FHSS para diferentes dominios normativos.....	17
Tabla 1.5	Canales utilizados en DSSS para diferentes dominios normativos.....	19
Tabla 1.6	Servicios de Red para 802.11.....	39
Tabla 1.7	Prioridad de usuario y categoría de acceso.....	42

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1	Ubicación Geográfica del Ed. VILLAFUERTE y Ed. LA TRIBUNA.....	47
Tabla 2.2	Características del equipo de radio microonda – Ed. Villafuerte	52
Tabla 2.3	Características de las antenas para el enlace microonda – Ed. Villafuerte	52
Tabla 2.4	Información Técnica del enlace Edificio Villafuerte – Cerro del Pichincha	53
Tabla 2.5	Equipos de interconectividad para el Edificio Villafuerte	55
Tabla 2.6	Servidores para el Edificio Villafuerte	63
Tabla 2.7	Características del equipo de radio microonda – Ed. La Tribuna	66
Tabla 2.8	Características de las antenas para el enlace microonda – Ed. La Tribuna	67
Tabla 2.9	Información Técnica del enlace Edificio La Tribuna – Cerro del Pichincha	67
Tabla 2.10	Equipos de interconectividad para el Edificio La Tribuna	68
Tabla 2.11	Servidores para el Edificio La Tribuna	70
Tabla 2.12	Eventos generados por cada protocolo	74
Tabla 2.13	Volumen de información y eventos generados por subred	75
Tabla 2.14	Volumen de información y eventos generados por día de la semana	76
Tabla 2.15	Categorías y bloqueos de páginas WEB.....	79

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1	Estándares de Seguridad para redes inalámbricas <i>Wi-Fi</i>	96
Tabla 3.2	Grupo de Usuario para la red inalámbricas <i>Wi-Fi</i>	102
Tabla 3.3	Capacidad de datos para cada usuario del grupo normal.....	105
Tabla 3.4	Capacidad de datos para cada usuario del grupo avanzado.....	106
Tabla 3.5	Capacidad de datos para cada usuario del grupo invitado.....	107
Tabla 3.6	Capacidad de datos para cada usuario perteneciente a un determinado grupo.....	108

Tabla 3.7	Comparación de los estándares inalámbricos de alto rendimiento.....	110
Tabla 3.8	Tipo de Tráfico 802.11 manipulado por el AP LWAPP y el WLC.....	112
Tabla 3.9	Grupo de Usuario con su respectiva VLAN y SSID.....	114
Tabla 3.10	Funciones de Seguridad y Acceso para cada dispositivo de la Red Inalámbrica Unificada.....	125
Tabla 3.11	Capacidad de datos para cada tipo de usuario inalámbrico.....	131
Tabla 3.12	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Planta Baja.....	132
Tabla 3.13	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Mezzanine.....	132
Tabla 3.14	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Primer Piso.....	133
Tabla 3.15	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Segundo Piso.....	133
Tabla 3.16	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Tercer Piso.....	134
Tabla 3.17	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Cuarto Piso.....	135
Tabla 3.18	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Quinto Piso.....	135
Tabla 3.19	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Sexto Piso.....	136
Tabla 3.20	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Séptimo Piso.....	136
Tabla 3.21	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Octavo Piso.....	137
Tabla 3.22	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Noveno Piso.....	138
Tabla 3.23	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Décimo Piso.....	138
Tabla 3.24	Datos obtenidos del <i>Site Survey</i> para el Edificio Villafuerte- Planta Baja.....	139
Tabla 3.25	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Planta Baja.....	150
Tabla 3.26	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Mezzanine.....	151
Tabla 3.27	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Primer Piso.....	151
Tabla 3.28	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Segundo Piso.....	152

Tabla 3.29	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Tercer Piso.....	152
Tabla 3.30	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Cuarto Piso.....	153
Tabla 3.31	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Quinto Piso.....	153
Tabla 3.32	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Sexto Piso.....	154
Tabla 3.33	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Séptimo Piso.....	155
Tabla 3.34	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Octavo Piso.....	155
Tabla 3.35	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Noveno Piso.....	156
Tabla 3.36	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Décimo Piso.....	156
Tabla 3.37	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Décimo Primer Piso.....	157
Tabla 3.38	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Décimo Segundo Piso.....	158
Tabla 3.39	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Décimo Tercer Piso.....	158
Tabla 3.40	Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Décimo Cuarto Piso.....	159
Tabla 3.41	Datos obtenidos del <i>Site Survey</i> para el Edificio La Tribuna – 13vo Piso	160
Tabla 3.42	Características de los Tipos de Interconectividad para PETROPRODUCCIÓN.....	181

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1	Equipos para la Red Inalámbrica Unificada de PETROPRODUCCIÓN.....	195
Tabla 4.2	Propuesta Económica de Uniplex S.A.....	196
Tabla 4.3	Propuesta Económica de ComWare del Ecuador S.A.....	197
Tabla 4.4	Propuesta Económica de Tecnoplus Cía.Ltda.....	198
Tabla 4.5	Propuesta Económica de Akros Solutions.....	199
Tabla 4.6	Costos del cableado de datos y eléctrico para la red inalámbrica.....	201
Tabla 4.7	Mínimos requerimientos para el servidor WCS.....	202
Tabla 4.8	Servidor <i>Dell WS PRECISION</i> 690 para WCS.....	202
Tabla 4.9	Costos estimados para imprevistos.....	203
Tabla 4.10	Ingresos por reducción de costos de capital.....	207

Tabla 4.11	Comparación de ofertas de Proveedores para PETROPRODUCCIÓN.....	208
Tabla 4.12	Inversión total del proyecto.....	210
Tabla 4.13	Costos de operación y mantenimiento.....	211
Tabla 4.14	Costos Operativos del proyecto.....	212
Tabla 4.15	Depreciación para los Activos Fijos y Nominales.....	213
Tabla 4.16	Flujo de Fondos Neto Puro para el proyecto.....	214
Tabla 4.17	Indicadores de Rentabilidad.....	215

RESUMEN

El presente trabajo diseña y planifica una Red Inalámbrica Unificada para los Edificios Villafuerte y La Tribuna de PETROPRODUCCIÓN. Además se analiza tres formas de interconectividad entre ambas redes inalámbricas, que son: un enlace microonda, un enlace *Wi-Fi* y un enlace dedicado de fibra óptica; de las alternativas anteriormente señaladas se diseña la mejor opción dependiendo de los intereses técnicos y financieros de la empresa.

Se realiza una introducción teórica al estándar de comunicaciones inalámbricas IEEE 802.11 en sus especificaciones 802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n haciendo énfasis en los procesos y mecanismos de la Capa Física PHY y la Capa de Acceso al Medio MAC. Además se describe de forma breve el estándar 802.11e para soporte de calidad de servicio (QoS) en redes inalámbricas.

Se determina y analiza cómo se encuentra el estado actual de la Red de Datos de PETROPRODUCCIÓN, este estudio incluye: el *backbone* de microondas, aplicaciones y servicios de la Intranet y los dispositivos activos en cada una de las edificaciones. Además se presenta el volumen de información transferido por ciertos parámetros como: subred, protocolo, día de la semana, ataques y bloqueos de páginas WEB, etc.

Se determina los requerimientos de diseño para la implementación de la red inalámbrica de PETROPRODUCCIÓN. Se utiliza la plataforma de redes inalámbricas de *Cisco Systems* denominada *Cisco Unified Wireless Network* que está orientada a empresas de media y gran escala; mediante esta arquitectura se espera que los usuarios inalámbricos tengan todos los beneficios y ventajas para el acceso a los recursos de red y que la red inalámbrica *Wi-Fi* sea integral y compatible con la infraestructura de datos ya instalada.

Finalmente se realiza un análisis financiero del proyecto para determinar, mediante indicadores de rentabilidad, la viabilidad de implementación de la Red Inalámbrica Unificada para PETROPRODUCCIÓN.

PRESENTACIÓN

Las redes inalámbricas de área local (WLAN) juegan en la actualidad un papel muy importante en el desarrollo y productividad de las empresas y compañías.

Este tipo de redes facilita la interconexión de equipos y dispositivos proporcionando un acceso móvil a los servicios y aplicaciones de la red desde cualquier parte.

Los muchos beneficios y ventajas que ofrecen las WLAN deber ser diseñadas y planificadas de tal forma, que únicamente los usuarios legítimos aprovechen al máximo la flexibilidad y movilidad.

La mayoría de las redes inalámbricas instaladas no cuentan con todas las características de seguridad, calidad de servicio (QoS) para soporte de aplicaciones de voz y video, *roaming*, planificación y selección de los canales de operación, administración y monitoreo de la red, planes de contingencia y procesos a seguir cuando existan inconvenientes, etc. Por estas razones este tipo de redes se convierten en una problemática en vez de una solución.

Para evitar éstos y futuros inconvenientes es imprescindible el diseño, planificación y estudio previo a la implantación de cualquier red inalámbrica.

Al ser PETROPRODUCCIÓN una empresa de gran tamaño en cuanto al número de usuarios móviles e inalámbricos, se debe planificar una red inalámbrica integral, escalable y segura.

Es por este motivo que se presenta el siguiente trabajo, desarrollado con la finalidad de establecer el diseño y planificación de una Arquitectura de Red Inalámbrica Unificada para PETROPRODUCCIÓN; de tal forma que tome en cuenta todas las características anteriormente descritas.

CAPÍTULO 1



1. FUNDAMENTO TEÓRICO DE REDES INALÁMBRICAS

1.1. INTRODUCCIÓN

La gran aceptación en el mercado y el rápido desarrollo de las tecnologías inalámbricas 802.11 (*Wi-Fi*), 802.15.1 (*Bluetooth*), 802.16 (*WiMAX*), etc. han revolucionado las comunicaciones a nivel mundial al brindar gran flexibilidad y movilidad a usuarios que necesitan acceder a información en cualquier parte y a cualquier hora.

De esta manera se permite incrementar la productividad y eficiencia en las empresas donde las redes inalámbricas son instaladas; cualquier usuario legítimo conectado a una red inalámbrica puede fácilmente transmitir y recibir datos, voz y video en tiempo real.

Las redes inalámbricas son un complemento esencial de las redes cableadas; se pueden mezclar las redes cableadas y las inalámbricas obteniendo así una “Red Híbrida”, considerando que el sistema cableado sea la parte principal y la red inalámbrica proporcione movilidad y flexibilidad adicional [4].

1.2. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

Al igual que las redes tradicionales cableadas, las redes inalámbricas pueden ser clasificadas dependiendo del alcance o cobertura [4]:

- WWAN (*Wireless Wide Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Extendida.
- WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Metropolitana.
- WLAN (*Wireless Local Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Local.
- WPAN (*Wireless Personal Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Personal.

La figura 1.1 muestra las tecnologías de redes inalámbricas dependiendo de la cobertura.

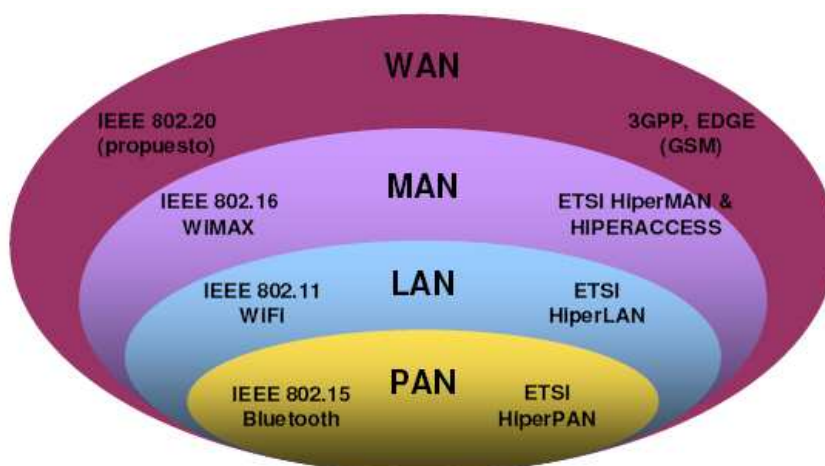


Figura 1.1 Tecnologías Inalámbricas [20]¹

Las redes WLAN pueden definirse como una red de alcance local² que tiene como medio de transmisión las ondas electromagnéticas en un medio no guiado.

Las redes WLAN cumplen con los estándares genéricos aplicables a las redes tradicionales IEEE 802.3 o equivalentes, sin embargo las redes inalámbricas necesitan una normativa específica adicional para el uso de recursos de Radio Frecuencia (*Radio Frequency*, RF) o para el uso de recursos de Luz Infrarroja (*Infrared Light*, IR). Estas normativas definen de forma detallada los protocolos de la Capa Física (*Physical Layer*, PHY) y de la Capa de Control de Acceso al Medio (*Medium Access Control*, MAC) [17].

En 1997 el IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) generó el primer estándar para redes WLAN denominado IEEE 802.11 [2]. Desde entonces organismos normativos internacionales como la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) han desarrollado sus propios estándares para redes inalámbricas de corto y largo alcance.

¹ El número entre corchetes indica la referencia bibliográfica de la cual se tomó el gráfico, tabla o texto. Si no se tiene presente este número, significa que el gráfico o tabla fue creado por el autor.

² Red que cubre un entorno geográfico limitado hasta 100 metros.

1.2.1. PILA DE PROTOCOLOS

Las especificaciones del IEEE 802 se centran en las dos capas inferiores del modelo OSI¹. Como se muestra en la figura 1.2 todas las redes 802 tienen un componente MAC² y un componente físico PHY³.

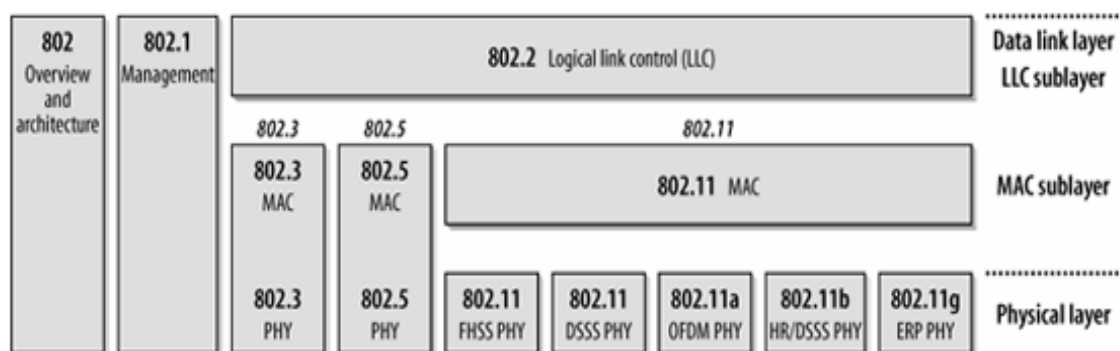


Figura 1.2 Familia de la Tecnología de Red IEEE 802 [6]

1.2.2. REDES 802.11

En tan solo unos pocos años las WLAN han pasado de tener un alto precio y de ser una tecnología curiosa para algunos expertos, a ser una tecnología predominante [7]. La tecnología inalámbrica más exitosa es sin duda el conjunto de estándares 802.11 conocido comercialmente como *Wi-Fi*⁴ (*Wireless Fidelity*, Fidelidad Inalámbrica), convirtiéndose así en el estándar de facto para las WLAN debido a la implementación en múltiples productos comerciales.

La tabla 1.1 especifica el conjunto de estándares IEEE 802.11; cabe mencionar que las letras minúsculas indican estándares dependientes que no se pueden tomar en cuenta sin su estándar principal, mientras que las letras mayúsculas indican especificaciones totalmente independientes.

¹ OSI (*Open Systems Interconnection*, Interconexión de Sistemas Abiertos).

² Es un conjunto de reglas para determinar la forma de cómo acceder al medio y enviar datos.

³ La capa física proporciona los detalles de la transmisión y recepción de datos.

⁴ *Wi-Fi* es el programa de certificación de interoperatividad de la *Wi-Fi Alliance* la asociación comercial más importante de equipamiento 802.11.

ESTÁNDAR	ESPECIFICACIÓN
802.11	Primer estándar en 1997. Especifica la Capa MAC y las técnicas de salto de frecuencia (FHSS) y modulación de secuencia directa (DSSS) originales más lentas.
802.11a	Segundo estándar de capa física en 1999 pero los productos comerciales no se lanzaron hasta finales del 2000.
802.11b	Tercer estándar de capa física en 1999, pero segunda fase de elaboración de productos.
TGc	Grupo de tarea que realizó una corrección al ejemplo de codificación en 802.11a. Como era una corrección, no existe un 802.11c.
802.11d	Amplía el salto de frecuencia en PHY para su uso en múltiples dominios de regulación.
802.11e	Produce extensiones de calidad de servicio (QoS) para la capa MAC. Se implanta de manera comercial con el nombre de <i>Wi-Fi Multi-Media</i> (WMM).
802.11f	Protocolo que permite las transiciones de datos (<i>Roaming</i>) entre puntos de acceso unidos directamente.
802.11g	PHY estandarizada en el 2003 para redes en la banda ISM ¹ de 2.4 GHz.
802.11h	Estándar para hacer compatible a 802.11a con las regulaciones de emisiones de radio europeas.
802.11i	Mejoras para la seguridad en la capa de enlace.
802.11j	Mejoras a 802.11a para ajustarse a las regulaciones de emisión de radio japonesas.
TGk (futuro 802.11k)	Grupo de tarea para mejorar la comunicación entre clientes y la red, incluyendo la administración y el uso eficiente de los recursos de radio frecuencia.
TGm	Grupo de tarea para incorporar cambios realizados por 802.11a, 802.11b y 802.11d así como cambios realizados por TGc en la especificación 802.11. Se considera un mantenimiento de los estándares.
TGn (futuro 802.11n)	Grupo de tarea para crear un estándar de alto rendimiento. El objetivo del diseño es un rendimiento superior a 100 Mbps.
TGp (futuro 802.11p)	Grupo de tarea que adopta 802.11 para el uso en automóviles. El uso inicial es muy probable que sea un protocolo de estándar utilizado para peajes.
TGr (futuro 802.11r)	Mejora el proceso de transiciones rápidas (<i>Fast Roaming</i>) entre varios puntos de acceso.
TGs (futuro 802.11s)	Grupo de tarea que mejora 802.11 para su uso como tecnología de red de malla (<i>Mesh Networking</i>).
TGT (futuro 802.11T)	Grupo de tarea que diseña la especificación de pruebas y medidas de rendimiento para 802.11. Los resultados obtenidos serán independientes.
TGu (futuro 802.11u)	Grupo de tareas que modifica a 802.11 para ayudar en el trabajo e interoperabilidad con otras tecnologías de red.

Tabla 1.1 Conjunto de estándares IEEE 802.11 [7]

¹ ISM (*Industrial, Scientific and Medical*; Industrial, Científico y Médico) bandas de frecuencias sin licencia en la que operan varios dispositivos.

1.2.2.1. IEEE 802.11

En junio de 1997 el IEEE ratificó el estándar para redes inalámbricas IEEE 802.11, que llegaban a velocidades de 1 y 2 Mbps, con una modulación de señal de espectro expandido por secuencia directa DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*), y por salto de frecuencia FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) [2]; sin embargo a finales de 1999 se publican 2 suplementos al estándar original que son el IEEE 802.11a y el IEEE 802.11b.

1.2.2.2. IEEE 802.11b

IEEE 802.11b fue la segunda extensión del estándar original y fue la base para la mayoría de las redes de área local inalámbricas que existen en la actualidad [17].

Este estándar opera en la banda ISM de 2.4 GHz y utiliza como técnica de modulación HR/DSSS (*High-Rate Direct Sequence Spread Spectrum*) conjuntamente con la modulación CCK (*Complementary Code Keying*).

IEEE 802.11b tiene 11 canales de 22 MHz, de los cuales tres canales son no solapados, de esta forma se disponen de 3 Puntos de Acceso para diferentes canales en la misma área sin interferencia.

Los rangos de velocidad de datos que soporta 802.11b son 1, 2, 5.5 y 11 Mbps, y su alcance máximo es de 100 metros en condiciones ideales.

1.2.2.3. IEEE 802.11a

IEEE 802.11a fue la primera extensión del estándar original, opera en la banda de 5 GHz denominada U-NII (Infraestructura de Información Nacional sin Licencia) menos congestionada y con menos interferencias [17].

802.11a utiliza la modulación por Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), la cual divide una señal de datos a través de 52 subportadoras (48 subportadoras de datos y 4 subportadoras para sincronización) con canales de 20 MHz para proveer

transmisiones en velocidades de datos de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 ó 54 Mbps y con velocidades reales máximas de 25 Mbps [7].

IEEE 802.11a tiene 12 canales no solapados (8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto), de esta forma se disponen de 8 Puntos de Acceso para diferentes canales sin interferencia dentro de la misma área de cobertura.

1.2.2.4. IEEE 802.11g

La tercera extensión del estándar original es 802.11g. De forma similar a 802.11b, 802.11g opera en la banda de 2.4 GHz y las señales transmitidas utilizan 11 canales de 22 MHz cada uno, lo que es aproximadamente un tercio de la banda total. Esto limita el número de puntos de acceso no solapados a tres, de igual manera que 802.11b [2].

La técnica de modulación utilizada es OFDM en banda angosta, que funciona en los 2.4 GHz.

El estándar 802.11g provee transmisiones teóricas de hasta 54 Mbps y es capaz de alcanzar una velocidad real de hasta 23 Mbps [7]. Además es compatible con 802.11b.

1.2.2.5. TGn (Futuro 802.11n)

El IEEE 802.11n es una tecnología en desarrollo¹, en marzo de 2007 se aprobó el *Draft 2.0 (Draft-N)* de 802.11n por parte del IEEE y desde junio de 2007 la *Wi-Fi Alliance* está revisando los productos 802.11n del mercado para certificar que cumplan con el borrador 2.0 de esta tecnología.

Se espera que la tecnología final no tenga mayores cambios frente al *Draft 2.0*, y que los equipos 802.11n actuales puedan ser actualizados por *software*. Según el IEEE el estándar 802.11n podría ratificarse a finales de 2009.

¹ En Julio de 2008 el grupo de trabajo TGn realizó la votación para el Draft 5.0, sin embargo el grupo TGn decidió una reunión en septiembre de 2008 para lanzar a votación el Draft 6.0.

802.11n puede trabajar en dos bandas de frecuencia: 2.4 GHz (compatible con 802.11b y 802.11g) y 5 GHz (compatible con 802.11a); utiliza como técnica de modulación OFDM conjuntamente con MIMO (*Multiple Inputs Multiple Outputs*), la cual combina varias antenas de radio para aumentar la capacidad de las transmisiones de datos [24].

Se tiene una velocidad teórica de 124, 160, 300 y hasta 600 Mbps dependiendo del fabricante y una velocidad de transmisión real máxima de 300 Mbps [7].

1.2.2.6. Cuadro Comparativo de Tecnologías IEEE 802.11

La tabla 1.2 muestra una breve comparación de las especificaciones 802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n.

1.2.3. TOPOLOGÍAS PARA REDES 802.11

Dependiendo de las necesidades y requerimientos de interconectividad de alguna red, las redes WLAN ofrecen diferentes grados de complejidad. Los dispositivos 802.11 son muy fáciles de adquirir en el mercado, sin embargo la configuración y protección óptima de redes inalámbricas resulta compleja [41].

Las redes WLAN se configuran utilizando dos topologías básicas, las redes independientes o *Ad-Hoc* y redes dependientes o de infraestructura [4].

1.2.3.1. Componentes Físicos

Las redes 802.11 disponen de cuatro componentes:

- Sistemas de Distribución.
- Puntos de Acceso.
- Soporte o Medio Inalámbrico.
- Estación Inalámbrica.

La figura 1.3 muestra los componentes físicos de una red WLAN.

PARÁMETRO	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Frecuencia	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz hasta 40 GHz
Ancho de Banda	300 MHz	83.5 MHz	83.5 MHz	>1 GHz
Modulación	OFDM	HR/DSSS y CCK	OFDM	OFDM y MIMO
Ancho de Banda por Canal	20 MHz	22 MHz	22 MHz	20 MHz y 40 MHz
Canales no solapados	12 ¹	3	3	Depende del Fabricante
Tasa de Transmisión Teórica	De 6 a 54 Mbps	De 1 a 11 Mbps	De 1 a 54 Mbps	De 124 a 600 Mbps
Tasa de Transmisión Real Maxima ²	25 Mbps	5 Mbps	23 Mbps	300 Mbps
Rango de cobertura en interiores ³	10 – 40 metros	Más de 50 metros	30 – 50 metros	40 – 70 metros
Usuarios Simultáneos	64	32	50	Depende del Fabricante
Compatibilidad con otros Estándares WLAN	Incompatible con 802.11b/g	802.11g	802.11b	802.11 a/b/g

Tabla 1.2 Cuadro Comparativo de Tecnologías IEEE 802.11

El Sistema de Distribución es el componente lógico de 802.11 utilizado para enviar las tramas a su destino [7]; 802.11 no define ningún tipo de estándar para el Sistema de Distribución, sin embargo la comunicación podría realizarse por red cableada o inalámbrica.

¹ 802.11a tiene 8 canales no solapados para Puntos de Acceso y 4 para conexiones punto a punto

² Tasa de Transmisión aproximada en condiciones ideales.

³ Con Antenas Omni-direccionales de 2 dBi.

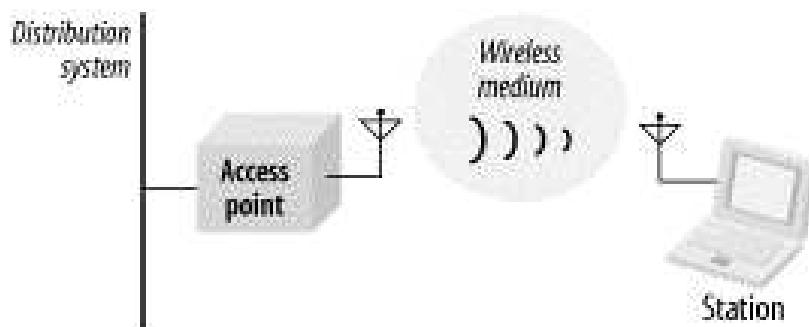


Figura 1.3 Componentes Físicos de 802.11 [6]

La especificación 802.11 admite explícitamente el uso del propio medio inalámbrico como sistemas de distribución. Normalmente la configuración del Sistema de Distribución Inalámbrico WDS (*Wireless Distribution System*) se denomina configuración de “Puente Inalámbrico” [7].

Los Puntos de Acceso (*Access Point*, AP) ejecutan la función de puente inalámbrico y coordinan la transmisión y recepción de paquetes de información dentro de un área de cobertura por medio de ondas de radio frecuencia (RF), además son los encargados de aceptar o denegar el acceso de una estación inalámbrica.

En la actualidad existen Puntos de Acceso de “poca densidad”, es decir con configuraciones y funcionalidades básicas, y Controladores de Puntos de Acceso que son dispositivos especializados en la administración, gestión y monitoreo de todos los Puntos de Acceso conectados, teniendo de esta forma un sistema centralizado.

Para proveer el Soporte o Medio Inalámbrico, el estándar 802.11 estandariza dos tipos de Capas Físicas: Radio Frecuencia (RF) e Infrarrojo (IR), siendo la mayormente aceptada e implementada en equipamiento 802.11 la Radio Frecuencia.

Las Estaciones son dispositivos informáticos con interfaces de redes inalámbricas que ofrecen movilidad y flexibilidad a los usuarios. Existe una gran variedad de interfaces inalámbricas como tarjetas USB, PCI o PCMCIA. Además existen

dispositivos que incorporan la tecnología 802.11 en el procesador como *Intel*, *Atheros* o *AMD*.

1.2.3.2. Redes Independientes o *Ad-Hoc*

La configuración más básica para redes inalámbricas es la *Ad-Hoc* (de igual a igual). En este tipo de topología no se requiere de ningún Punto de Acceso para la comunicación entre las estaciones, sino que los propios dispositivos inalámbricos se comunican entre sí siempre que se encuentren dentro del alcance directo de la comunicación.

Las redes *Ad-Hoc* normalmente están compuestas de dos o más dispositivos, por ejemplo: PDA¹, computadores portátiles o PCs² con tarjetas inalámbricas integradas.

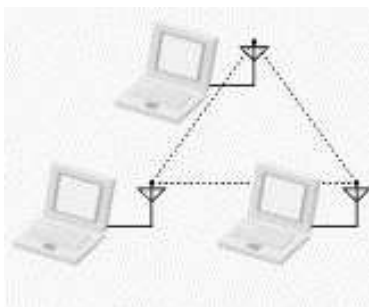


Figura 1.4 Topología *Ad-Hoc*, BSS Independiente [6]

Una red *Ad-Hoc* forma un Conjunto de Servicios Básicos Independiente IBSS (*Independent Basic Service Set*) donde no existe un Punto de Acceso dentro de este conjunto de servicios. Este tipo de redes tienden a ser temporales y se usan cuando varios usuarios se reúnen para compartir información entre sus computadoras portátiles y también con PDAs.

1.2.3.3. Redes de Infraestructura

Las redes de infraestructura se distinguen porque utilizan un Punto de Acceso

¹ *Personal Digital Assistant*, Asistente Personal Digital.

² *Personal Computer*, Computador Personal.

formando un BSS (*Basic Service Set*) de Infraestructura, de esta forma las estaciones móviles tienen que asociarse con un Punto de Acceso para obtener los servicios de red; siempre las estaciones móviles inician el proceso de asociación y los Puntos de Acceso pueden conceder o denegar el acceso basándose en el contenido de una petición de asociación.

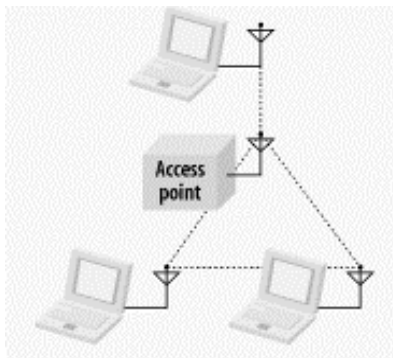


Figura 1.5 Topología de Infraestructura, BSS de Infraestructura [6]

Los BSS de Infraestructura se pueden enlazar en un Conjunto de Servicios Extendido ESS (*Extended Service Set*). Un ESS se crea encadenando los BSS entre sí con una Red Troncal (un sistema de distribución), como por ejemplo una red cableada; de esta forma se puede proporcionar acceso a servicios adicionales como Internet.

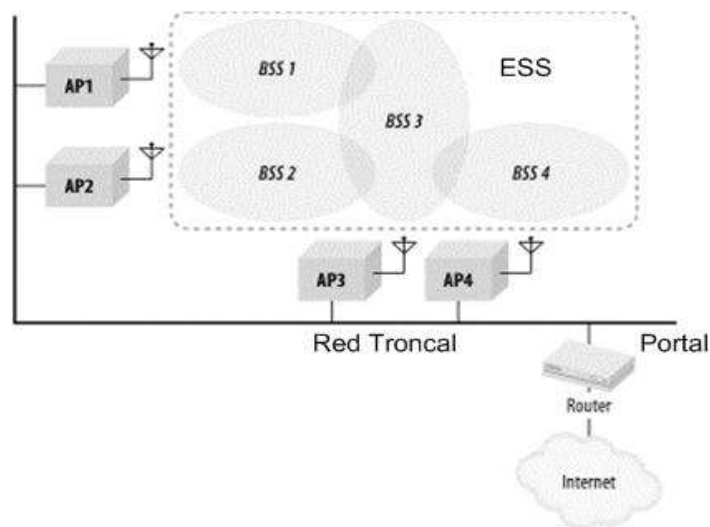


Figura 1.6 Conjunto de Servicio Extendido ESS [6]

Una configuración posible utiliza antenas direccionales con el objeto de enlazar redes que se encuentran separadas, un ejemplo de esta configuración se tiene cuando se enlaza redes de área local situadas en varios edificios [41].

1.2.4. *BLUETOOTH*

Diseñado inicialmente por *Ericsson* en 1998 con la intención de crear un *chip* estándar para la comunicación de radio, que fuese pequeño y barato de manera que se pudiese instalar en cualquier tipo de dispositivo [17].

Posteriormente se convirtió en el estándar IEEE 802.15.1. Una de las principales características de esta tecnología es su bajo consumo de energía¹.

Es una tecnología inalámbrica de corto alcance orientada a la transmisión de voz y datos. Funciona en la banda de frecuencia de 2.4 GHz y utiliza un esquema de modulación de salto de frecuencia FHSS.

Existen dos versiones de *Bluetooth* : *Bluetooth* 1.2 aprobada en Noviembre de 2003 que transmite a una velocidad de 1 Mbps y *Bluetooth* 2.0 adoptada en Noviembre de 2004 que transmite a 2 Mbps, con un radio de cobertura de 10 metros. Sin embargo existen dispositivos con cobertura de hasta 100 metros.

Bluetooth permite el soporte de diferentes perfiles de acceso en función de la información que desean intercambiar los dispositivos. La gestión de calidad de servicio se realiza de forma centralizada a través de un dispositivo denominado Maestro, el cual gestiona el acceso del resto de dispositivos Esclavos.

Bluetooth no es un competidor directo de 802.11, debido a que tiene como objetivo un tipo de conectividad a nivel personal (define una Red de Área Personal, PAN) limitado en un rango de aproximadamente 10 metros con velocidades de datos lentas. Por lo tanto, se convierte en un estándar auxiliar de 802.11 a/b/g debido a que proporciona conectividad entre los usuarios y sus dispositivos (teléfonos celulares, PDA, auriculares, periféricos, etc.), en tanto que los estándares 802.11 conectarán a los dispositivos con redes fijas o inalámbricas.

¹ *Bluetooth* usa 30 microamperios, una fracción de energía comparada con la que emplea un reloj de mano o un teléfono celular.

1.2.5. *WiMAX*

WiMAX es un estándar para la transmisión inalámbrica de datos en entornos metropolitanos, logrando una cobertura de hasta 48 kilómetros de radio con velocidades que alcanzan los 70 Mbps, utilizando una tecnología inalámbrica de banda ancha LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*) [20].

WiMAX engloba dos estándares, el IEEE 802.16 (estándar utilizado en América) y el *HyperMAN* (estándar utilizado en Europa).

En marzo de 2003 se ratificó el estándar IEEE 802.16a, funcionando en la banda de frecuencia de 2 a 11 GHz. En el 2005, se aprobó una extensión del estándar IEEE 802.16, el IEEE 802.16e, permitiendo el uso de terminales en movimiento.

El *WiMAX Forum* es un consorcio de empresas dedicadas a diseñar, probar y certificar los dispositivos que utilizan esta tecnología.

WiMAX ofrece soporte de calidad de servicio basado en planificación (asignación de un determinado tiempo al canal de comunicación) desde un nodo central denominado estación base a cada uno de los nodos secundarios (cliente).

El nodo central se encarga de organizar el acceso al medio en función de los requisitos indicados por cada cliente, otorgando un determinado tiempo de acceso en el cual no será interrumpido por ningún otro dispositivo.

La tabla 1.3 muestra las especificaciones del estándar 802.16., las cuales son:

- 802.16 (ratificada en el 2000)
- 802.16a (ratificada en el 2003)
- 802.16e (ratificada en el 2005)

De las especificaciones 802.16 anteriormente señaladas, la normativa mayormente difundida en el mercado es la 802.16e.

PARÁMETRO	802.16	802.16a	802.16e
Espectro	10 a 66 GHz	Menor de 11 GHz	Menor de 6 GHz
Funcionamiento	Solo con línea de vista LOS	Sin línea de vista directa NLOS	Sin línea de vista directa NLOS
Tasa de <i>bits</i>	32 – 134 Mbps	Hasta 75 Mbps	Hasta 15 Mbps
Ancho de Banda por Canal	20, 25 y 28 MHz	Seleccionables entre 1.25 a 20 MHz	Seleccionables entre 1.25 a 20 MHz
Modulación	QPSK, 16QAM y 64QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64Q AM
Movilidad	Sistema Fijo	Sistema Fijo	Movilidad Pedestre
Radio de Celda Típico	2 a 5 Km.	5 – 10 Km. Alcance máximo de 50 Km.	2 a 5 Km.

Tabla 1.3 Especificaciones del Estándar 802.16 [20]

1.3. CAPA FÍSICA DE 802.11

La Capa Física (PHY) se divide lógicamente en tres subcapas correspondientes a dos funciones de protocolos [13]:

- PLCP (*Physical Layer Converge Procedure*, Procedimiento de Convergencia de Capa Física).
- PMD (*Physical Medium Dependent*, Dependiente del Medio Físico)
- PLME (*Physical Layer Management Entity*, Subcapa de Administración a Nivel Físico).

La subcapa PLCP se encarga de evaluar la detección de portadora y de transformar la PDU MAC (unidades de datos MAC) a un formato adecuado para su transmisión y recepción a través de un sistema físico dependiente del medio.

La subcapa PMD especifica las técnicas de modulación y codificación a ser utilizadas y define las características del medio de transmisión inalámbrico.

Finalmente la subcapa de administración a nivel físico (*PHY Management* o PLME) determina ajustes de diferentes opciones de cada capa física.

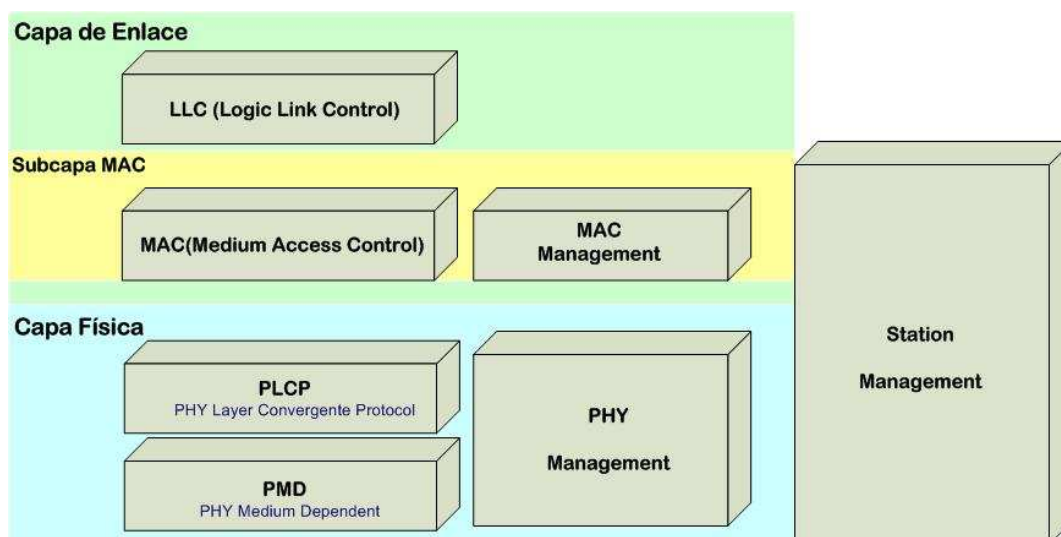


Figura 1.7 Arquitectura Lógica de la Capa Física y Capa de Enlace de 802.11

Diferentes tecnologías de capa física se definen para transmitir información por el medio inalámbrico.

En la revisión inicial de 802.11 publicada en 1997 se estandarizaron tres capas físicas [7]:

- Capa Física de Radio de Espectro Disperso de Salto de Frecuencia (FHSS, *Frequency-Hopping Spread Spectrum*).
- Capa Física de Radio de Espectro Disperso de Secuencia Directa (DSSS, *Direct-Sequence Spread Spectrum*).
- Capa Física de Luz Infrarroja (IR, *Infrared Light*).

Posteriormente en 1999, se desarrollaron tres capas físicas más basadas en la tecnología de radio y una que está en perfeccionamiento [7]:

- 802.11a: Capa Física de Multiplexado de División de Frecuencia Ortogonal (OFDM, *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).
- 802.11b: Capa Física de Secuencia Directa de Alta Tasa (HR/DS o HR/DSSS, *High-Rate Direct Sequence*).
- 802.11g: Capa Física de Velocidad Extendida (ERP, *Extended Rate PHY*).
- Futuro 802.11n: Capa Física MIMO PHY o PHY de Alto Rendimiento.

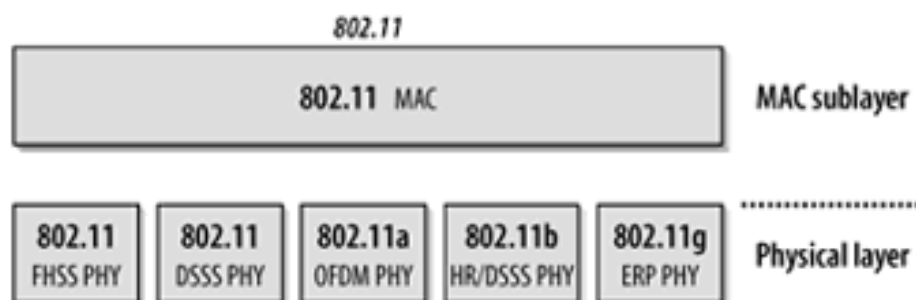


Figura 1.8 Tecnologías de Capa Física 802.11 [6]

1.3.1. CAPA FÍSICA DE ESPECTRO DISPERSO DE SALTO DE FRECUENCIA (FHSS)

La técnica FHSS consiste en modular la señal a transmitir con una portadora que “salta” de frecuencia en frecuencia dentro de una secuencia específica, en función del tiempo. Este cambio periódico de frecuencia de la portadora reduce la interferencia producida por otra señal originada por un sistema de banda estrecha.

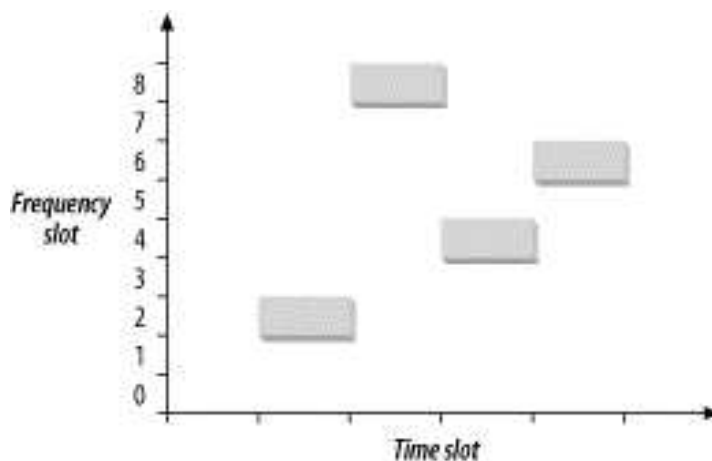


Figura 1.9 Salto de Frecuencia [6]

Un patrón de saltos determina las frecuencias de la portadora en cada momento. Para recibir correctamente la señal, el receptor debe conocer el patrón de saltos del emisor, y sincronizarse con éste, de manera de sintonizar la frecuencia correcta en el momento correcto.

IEEE 802.11 divide la banda ISM de microondas en una serie de canales de 1 MHz. Los canales se dividen por sus frecuencias centrales, que empiezan a 2,400 GHz para el canal 0. Los canales sucesivos se calculan añadiendo pasos de 1 MHz: el canal 1 tiene una frecuencia de 2,401 GHz, el canal 2 tiene una frecuencia de 2,402 GHz, así sucesivamente hasta el canal 95 a 2,495 GHz [7].

Las distintas autoridades normativas permiten el uso de partes distintas en la banda ISM; los dominios de regulación más importantes y los canales de uso, se muestran en la tabla 1.4.

Dominio Normativo	Canales Permitidos
EE.UU. (FCC) y Canadá (IC)	Del 2 al 79 (2,402 – 2,479 GHz)
Europa (ETSI) *excepto Francia y España	Del 2 al 79 (2,402 – 2,479 GHz)
Francia	Del 48 al 82 (2,448 – 2,482 GHz)
España	Del 47 al 73 (2,447 – 2,473 GHz)
Japón (MKK)	Del 73 al 95 (2,473 – 2,495 GHz)

Tabla 1.4 Canales utilizados en FHSS para diferentes dominios normativos [7]

Las principales reglas impuestas por el FCC (*Federal Communications Commission*, Comisión Federal de Comunicaciones) sobre la emisión en la banda ISM y el rendimiento máximo para la técnica FHSS son [7]:

- Existen al menos 75 canales de salto en la banda, que tiene 83,5 MHz de ancho de banda.
- Los canales de salto no pueden tener más de 1 MHz de ancho de banda.
- Los dispositivos tienen que utilizar todos los canales disponibles equitativamente. En un período de 30 segundos, no puede tardar más de 0,4 segundos en el uso de cualquier canal.

Las frecuencias de salto están divididas en tres patrones de saltos no superpuestos. Para EE.UU. y la mayor parte de Europa, estos patrones corresponden a las frecuencias de [7]:

- 2,402 MHz + (0,3,6,9,12,15,18,... 75 MHz)
- 2,402 MHz + (1,4,7,10,13,16,19,... 76 MHz)
- 2,402 MHz + (2,5,8,11,14,17,... 77 MHz)

Esto permite que hasta tres sistemas (Puntos de Acceso) puedan coexistir en la misma zona sin interferencias mutuas.

Utilizando una modulación directa de dos niveles GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*, Modulación por desplazamiento de Frecuencia Gaussianas) se tiene una velocidad de transmisión de datos de 1 Mbps. Utilizando una modulación de cuarto nivel GFSK se alcanza una velocidad de transmisión de 2 Mbps.

1.3.2. CAPA FÍSICA DE ESPECTRO DISPERSO DE SECUENCIA DIRECTA (DSSS)

La modulación de secuencia directa funciona aplicando una secuencia de *chips* para el flujo de datos. Un *chip* es un dígito binario utilizado por el proceso de propagación.

Los *bits* son datos de nivel superior mientras que los *chips* son números binarios utilizados en el proceso de codificación.

Cada *bit* se codifica utilizando toda la palabra de *Barker* como una secuencia de 11 *chips*, 802.11 utiliza la secuencia *Barker* {+1,-1,+1,+1,-1,+1,+1,+1,-1,-1,-1}, en donde los +1 se convierten en 1 y los -1 en 0, por lo que la secuencia de *Barker* se convierte en 10110111000, lo que se aplica a cada *bit* en el flujo de datos a través de un sumador módulo dos [7].

Cuando se codifica un bit cuyo valor es 1, todos los bits en el código de propagación cambian, para un bit 0 el código de propagación permanece de la misma forma.

La figura 1.10 muestra el esquema de codificación utilizando la secuencia *Barker*.

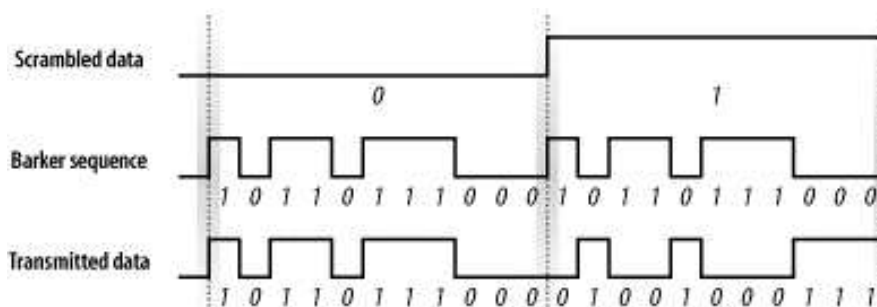


Figura 1.10 Codificación *Barker* [6]

DSSS tiene 14 canales en la banda de los 2 GHz y cada canal tiene un ancho de banda de 5 MHz. El canal 1 se coloca a 2,412 GHz; el canal 2 a 2,417 GHz; así sucesivamente hasta el canal 13 a 2,472 GHz.

La tabla 1.5 muestra los canales permitidos para cada autoridad normativa, el canal 10 se lo utiliza como operativo predeterminado.

Dominio Normativo	Canales Permitidos
EE.UU. (FCC) y Canadá (IC)	Del 1 al 11 (2,412 – 2,462 GHz)
Europa (ETSI) *excepto España	Del 1 al 13 (2,412 – 2,472 GHz)
España	Del 10 al 11 (2,457 – 2,462 GHz)
Japón (MKK)	Del 1 al 13 (2,412 – 2,462 GHz) y 14 (2,484 GHz)

Tabla 1.5 Canales utilizados en DSSS para diferentes dominios normativos [7]

Mediante una modulación de Fase Diferencial DPSK (*Differential Phase Shift Keying*) a 1 Mbaudio se transmite 1 *bit* por baudio permitiendo una velocidad de transmisión de 1 Mbps. Para un mayor rendimiento se utiliza una modulación de Fase de Cuadratura Diferencial DQPSK (*Differential Quadrature Phase Shift Keying*) para codificar 2 *bits* por baudio a 1 Mbaudio, permitiendo una velocidad de transmisión a 2 Mbps.

1.3.3. CAPA FÍSICA DE LUZ INFRARROJA (IR)

Los puertos infrarrojos son más baratos que los transceptores de radio, además la

luz infrarroja es muy tolerante a la interferencia de radiofrecuencia, porque las ondas de radio operan en una frecuencia totalmente diferente.

La Capa Física basada en luz infrarroja utiliza transmisión difusa con una longitud de onda de 0.85 a 0.95 micras, para permitir velocidades de transmisión de 1 y 2 Mbps [4].

Para 1 Mbps se utiliza un esquema de codificación en el cual un grupo de 4 *bits* se codifica como una palabra codificada de 16 *bits*, que contiene quince 0s y un 1, utilizando el código de *Gray*¹. Para 2 Mbps, la codificación toma 2 *bits* y produce una palabra codificada de 4 *bits* con tres 0s y un 1 [4].

Las LAN IR se basan en la dispersión de la luz infrarroja desde lugares altos (comúnmente techos), por lo que el rango de cobertura es mucho más corto. Además las señales de infrarrojos no pueden penetrar objetos opacos como las paredes.

No se ha creado ningún producto comercial basado en la Capa Física de Luz Infrarroja, sino que puertos infrarrojos en los equipos portátiles cumplen con un conjunto de estándares desarrollados por la *Infrared Data Association* (IrDA) y no por el IEEE 802.11 [7].

1.3.4. CAPA FÍSICA DE MULTIPLEXADO DE DIVISIÓN DE FRECUENCIA ORTOGONAL (OFDM 802.11a)

La técnica OFDM es un método que divide el ancho de banda disponible en sectores o canales denominados subportadoras y hace que éstas transmitan datos al mismo tiempo en paralelo; además OFDM realiza un multiplexado de datos sobre el conjunto de todas las subportadoras incrementando el rendimiento de transmisión.

¹ Mediante la codificación con el menor número de transiciones posibles el código de *Gray* tiene la propiedad de que un pequeño error en la sincronización en el tiempo lleva a un solo error de *bits* en la salida.

802.11a se diseñó originalmente para las bandas de Infraestructura de Información Nacional sin Autorización U-NII (*Unlicensed National Information Infrastructure*) para los EE.UU. Con el éxito en el mercado americano otros dominios reguladores desarrollaron normas para admitir a 802.11a, de esta forma se incorporó 802.11h para Europa y 802.11j para Japón.

La Capa Física OFDM distribuye el espectro en canales operativos, cada canal de 20 MHz está compuesto por 52 subportadoras, 4 de las cuales se utilizan como portadoras piloto para supervisar los desfases de rutas e ICI (*Inter-Carrier Interference*, Interferencia entre Portadoras), 48 subportadoras se utilizan para transmitir datos, las subportadoras se separan por 0,3125 MHz [7].

Como se indica en la figura 1.11, las subportadoras se numeran de -26 a 26, las subportadoras piloto se asignan a -21, -7, 7, y 21 y la subportadora 0 no se utiliza por motivos del procesamiento de señal.

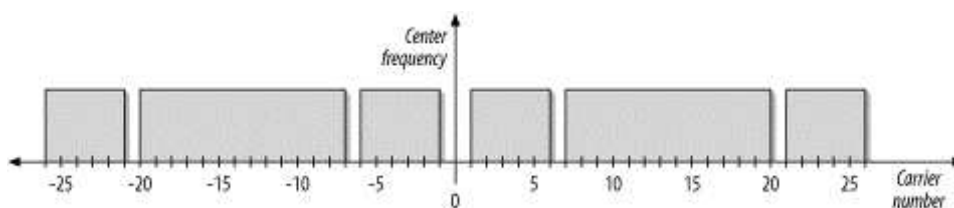


Figura 1.11 Estructura de un canal OFDM [6]

Los canales operativos se encuentran separados por 5 MHz; para la banda U-NII de 5 GHz se tiene un ancho de banda total de 300 MHz y soporta 12 canales operativos para los EE.UU.¹

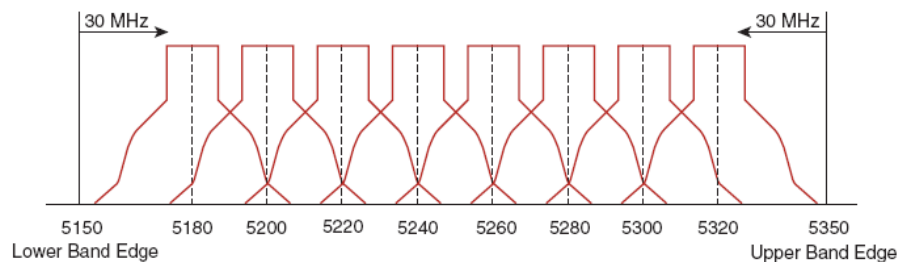
La banda U-NII se encuentra desglosada en tres bandas para los EE.UU.:

- Banda U-NII inferior (5,15-5,25 GHz)
- Banda U-NII media (5,25-5,35 GHz)
- Banda U-NII superior (5,725-5,825 GHz)

La figura 1.12 muestra los canales operativos en la banda U-NII para 802.11a.

¹ Ecuador utiliza los productos 802.11a certificados por la FCC de los EE.UU.

Banda U-NII inferior y media



Banda U-NII superior

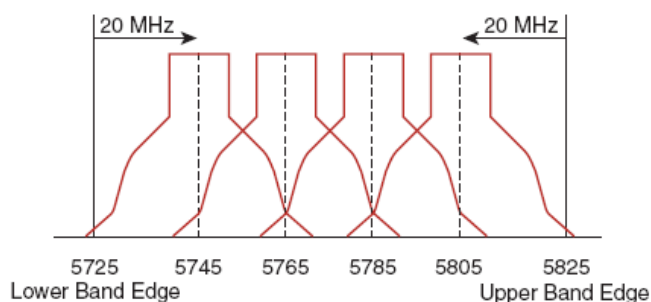


Figura 1.12 Canales Operativos para 802.11a según EE.UU. [6]

802.11a utiliza una técnica de Modulación de Amplitud de Cuadratura QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) en cada una de las subportadoras para transmitir datos a velocidades superiores (24 a 54 Mbps); las velocidades de transmisión más bajas (6 a 18 Mbps) utilizan BPSK (*Binary Phase Shift Keyed*) y QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*).

1.3.5. CAPA FÍSICA DE SECUENCIA DIRECTA DE ALTA TASA (HR/DSSS 802.11b)

De igual forma que la Capa Física DSSS, la Capa Física HR/DSSS para 802.11b utiliza 14 canales, cada canal tiene un ancho de banda de 22 MHz, separado del siguiente canal por 5 Mhz.

De los 14 canales disponibles las especificaciones del FCC determinan el uso de 11 canales de los cuales solo tres son no solapados (*non-overlapping*) los canales 1, 6 y 11; de esta forma tres sistemas (Puntos de Acceso) pueden ser localizados en la misma área sin interferencias.

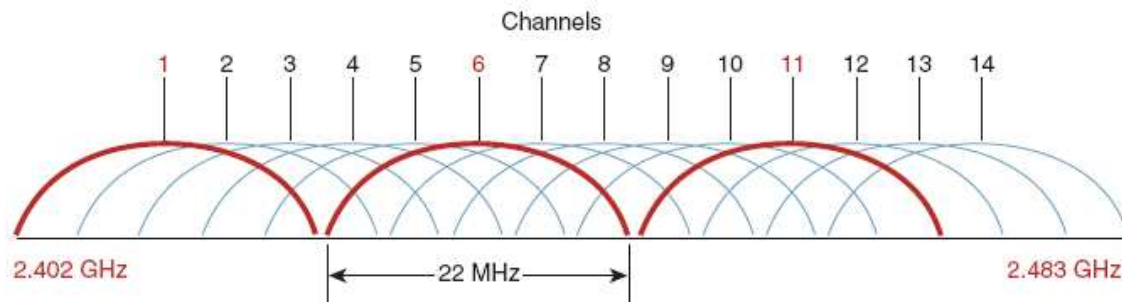


Figura 1.13 Localización de Canales DSSS [3]

La Capa Física HR/DSSS puede transmitir y recibir datos a 1 y 2 Mbps, para asegurar la compatibilidad con DSSS.

Para transmisiones a 5,5 y 11 Mbps, HR/DSSS utiliza técnicas de modulación de fase basadas en DQPSK y una codificación CCK (*Complementary Code Keying*).

La transmisión de datos a 5,5 Mbps codifica cuatro *bits* de datos en un símbolo, dos *bits* se codifican utilizando DQPSK convencional y los otros dos se codifican a través del contenido de la palabra clave con CCK.

La figura 1.14 muestra el proceso de codificación de los *bits* para transmisiones de datos a 5,5 Mbps.

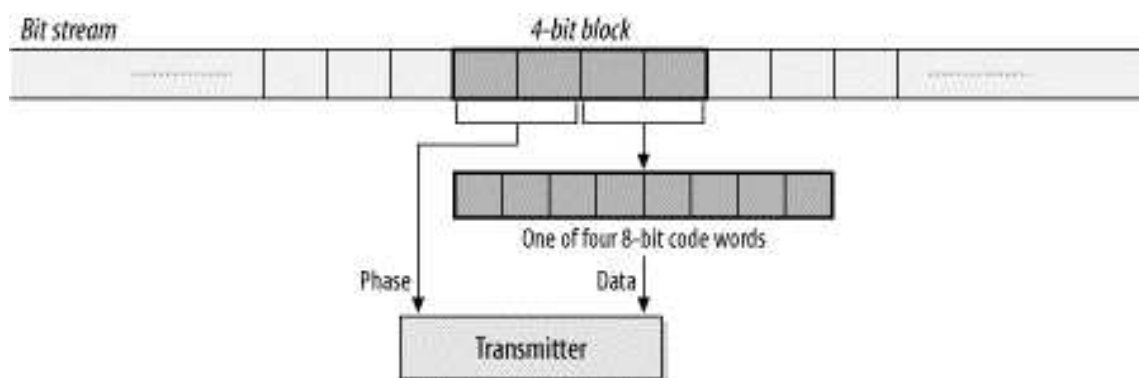


Figura 1.14 Transmisión de 802.11b a 5,5 Mbps [6]

Para proporcionar velocidades de transmisión a 11 Mbps, se tiene que codificar ocho *bits* con cada símbolo. De igual forma, los primeros dos *bits* se codifican a través de un desfase DQPSK entre el símbolo actual y el símbolo anterior, los seis *bits* restantes se codifican utilizando CCK.

La figura 1.15 muestra el proceso de codificación de los *bits* para transmisiones de datos a 11 Mbps.

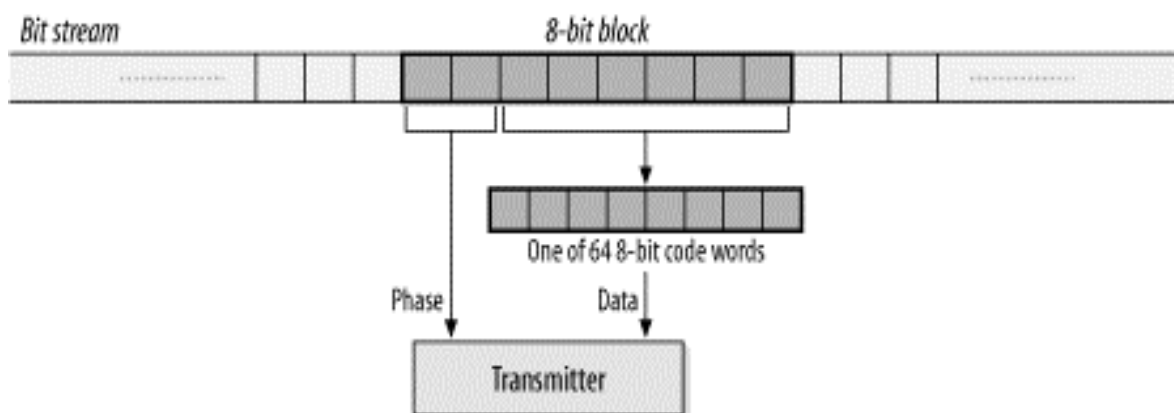


Figura 1.15 Transmisión de 802.11b a 11 Mbps [6]

1.3.6. CAPA FÍSICA DE VELOCIDAD EXTENDIDA (ERP 802.11g)

802.11g está compuesto por diversas especificaciones, se añade una normativa que comprende a varios tipos de ERP (Capa Física de Velocidad Extendida, *Extended Rate PHY*) [7]:

- ERP-DSSS y ERP-CCK

Estos módulos son compatibles hacia atrás con las especificaciones de secuencia directa DSSS original de 1 y 2 Mbps, así como las mejoras de 802.11b a 5,5 y 11 Mbps.

- ERP-OFDM

Éste es el módulo principal de 802.11g, ejecuta la misma funcionalidad de 802.11a en la banda de frecuencia ISM de 2,4 GHz. Admite las mismas velocidades que 802.11a de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps, siendo las velocidades de 6,12 y 24 obligatorias.

- ERP-PBCC y DSSS-OFDM

Estos módulos permiten una compatibilidad hacia atrás con la tecnología 802.11b, son módulos opcionales y la mayoría de los dispositivos 802.11g no la utilizan ampliamente.

Al igual que 802.11a, 802.11g utiliza diferentes técnicas de modulación dependiendo de la velocidad de transmisión de datos.

Modulation	Transmission Type	Bits per Subchannel	Data Rate (Mbps)
BPSK	DSSS	NA	1
QPSK	DSSS	NA	2
CCK	DSSS	NA	5.5
BPSK	OFDM	125	6
BPSK	OFDM	187.5	9
CCK	DSSS	NA	11
QPSK	OFDM	250	12
QPSK	OFDM	375	18
16-QAM	OFDM	500	24
16-QAM	OFDM	750	36
64-QAM	OFDM	1000	48
64-QAM	OFDM	1125	54

Figura 1.16 Técnicas de Modulación para 802.11g [6]

Dado que 802.11g adopta el plan de frecuencias de 802.11b se dispone de tres canales no solapados.

1.3.7. CAPA FÍSICA DE ALTO RENDIMIENTO (MIMO 802.11n)

El objetivo del Grupo de Trabajo TGn es conseguir un rendimiento neto de 100 Mbps mediante la mejora de la eficiencia de la Capa MAC o incrementando la velocidad de datos máxima de más de los 100 Mbps (o ambos) [7].

Se han presentado seis propuestas completas para estandarizar a 802.11n siendo las dos principales la de los grupos de trabajo TGnSync y WWiSE (*World-Wide Spectrum Efficiency*).

1.3.7.1. *Multiple-Inputs/Multiple-Outputs* (MIMO)

La base fundamental de MIMO es añadir una cadena de radio frecuencia RF a cada cadena del sistema; es decir, una cadena RF puede recibir o transmitir datos de forma simultánea incrementando el rendimiento. Esto se logra utilizando una

configuración de antenas MIMO “ $M \times N$ ”¹, de esta forma las señales se multiplexan en M antenas de transmisión y N antenas de recepción.

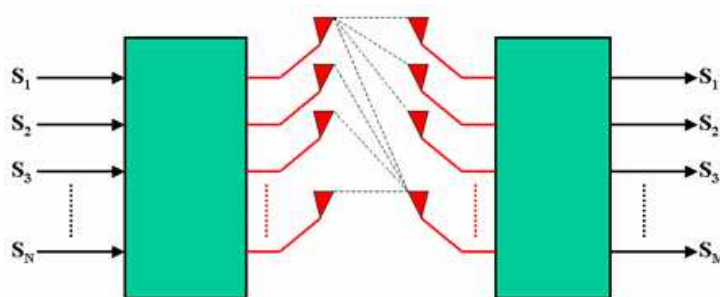


Figura 1.17 Configuración de antenas MIMO [24]

Ambas propuestas TGnSync y WWiSE utilizan la tecnología MIMO e incluyen un esquema de modulación OFDM similar a 802.11a.

1.3.7.2. WWiSE

El consorcio incluye a *Airgo, Broadcom, Conexant, Texas Instruments, Motorola y Nokia* entre las más importantes [7].

Esta propuesta se empeña en mejorar la eficiencia de la Capa MAC 802.11, de tal forma que para obtener una velocidad de datos de hasta 135 Mbps, se tiene que transmitir al menos 12 Kbytes en 960 microsegundos (obteniendo una velocidad de 100 Mbps).

Se utilizan tanto el canal de 20 MHz como el de 40 MHz; las operaciones de 40 MHz se las puede realizar utilizando solo un canal de 40 MHz o a través de dos canales de 20 MHz.

Cada canal de radio se divide en subportadoras de 0,3125 MHz; un canal de 20 MHz se divide en 56 subportadoras y los canales de 40 MHz que son opcionales se dividen en 112 subportadoras.

¹ M y N son enteros para hacer referencia al número de antenas del transmisor y el número de antenas del receptor. Se requiere de una operación mínima de 2×2 .

La figura 1.18 muestra la estructura de los canales operativos de 20 MHz como los de 40 MHz según las especificaciones WWiSE.

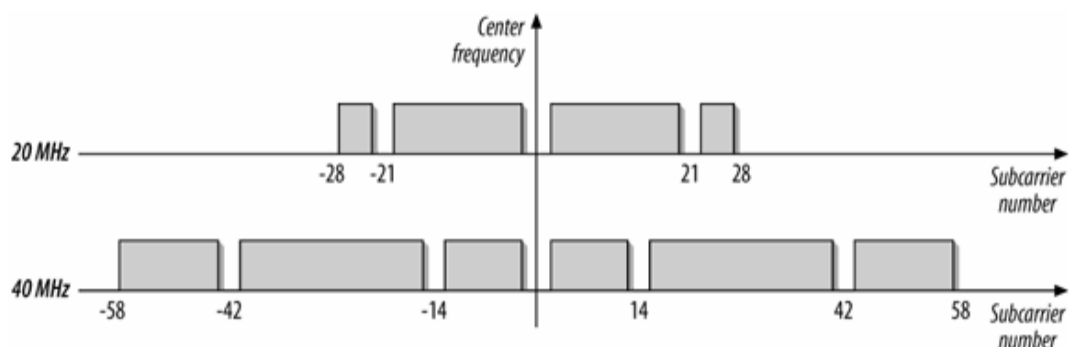


Figura 1.18 Estructura de un canal de 20 MHz y 40 MHz según WWiSE [6]

Mediante un sistema MIMO se necesitan menos subportadoras piloto, pudiendo dedicar más subportadoras para transmisión de datos. Los canales de 20 MHz tienen 54 subportadoras de datos y los canales de 40 MHz tienen el doble.

1.3.7.3. TGnSync

El consorcio TGnSync está compuesto por *Atheros*, *Agere*, *Intel*, *Qualcomm*, *Cisco* y *Nortel* e incluye otros fabricantes especializados en flujos de video HDTV y DVD como *Panasonic*, *Sony*, *Samsung* y *Toshiba* [7].

Esta propuesta incrementa la velocidad de datos incluyendo canales de 20 y 40 MHz e incorpora mejoras en la Capa MAC mediante la suma de tramas y de ráfagas, así como mejoras en los acuses de recibo.

Los canales de 20 y 40 MHz se dividen en subportadoras de 0,3125 MHz. El canal de 20 MHz es similar al de 802.11a, mientras que el canal de 40 MHz se forma por la unión de dos canales de 20 MHz, la banda espectral resultante se divide en 128 subcanales y la frecuencia central se localiza entre los subcanales de +23 y -23.

La figura 1.19 muestra la estructura de los canales operativos de 20 MHz como los de 40 MHz según las especificaciones TGnSync.

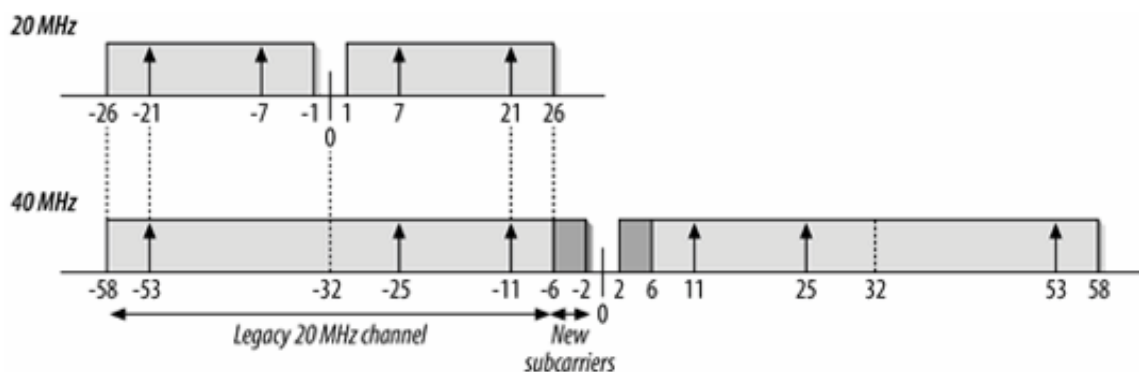


Figura 1.19 Estructura de un canal de 20 MHz y 40 MHz según TGnSync [6]

La propuesta TGnSync es la base principal para las especificaciones 802.11n, sin embargo el 802.11n *Draft-2.0* incluye algunas características de WWiSE.

1.4. CAPA DE ACCESO AL MEDIO DE 802.11

La capa de acceso al medio en 802.11 se encarga de proporcionar un servicio de datos fiable a los protocolos de capas superiores y al mismo tiempo permitir un acceso ordenado y equitativo al medio inalámbrico compartido.

Para proporcionar un acceso fiable el estándar 802.11 define un protocolo para el intercambio de tramas de información. La secuencia mínima en este intercambio consiste en el envío de una trama de información del origen al destino y un asentimiento o Acuse de Recibo ACK (*Acknowledgment*) enviado por el destino en el caso de que la primera trama haya sido recibida correctamente.

Todas las tramas a nivel MAC incorporan un campo de control de errores FCS (*Frame Check Sequence*, IEEE 32-bit CRC) que es comprobado en cada recepción. Si el origen no recibe el asentimiento o el campo de control falla, la trama es reenviada.

En redes inalámbricas existe el problema de los “nodos ocultos”; como ejemplo en la figura 1.20 los nodos 1 y 3 no pueden comunicarse directamente entre sí provocando problemas de colisiones.

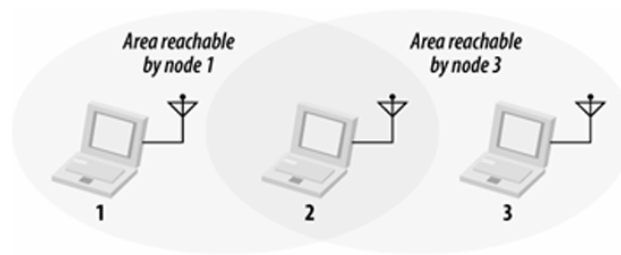


Figura 1.20 Problema de nodos ocultos [6]

Adicionalmente a este mecanismo básico de intercambio de tramas, existe una alternativa que proporciona una mayor robustez al protocolo y permite afrontar el problema de los nodos ocultos, conocido como procedimiento RTS/CTS.

1.4.1. PROCEDIMIENTO RTS/CTS

El procedimiento de transmisión de múltiples tramas RTS/CTS evita el problema de los nodos ocultos. Una estación o nodo que está haciendo uso de este mecanismo debe enviar una trama RTS (*Request To Send*) al destino antes de transmitir cualquier trama de datos MSDU (*Service Data Unit - MAC*).

La trama RTS sirve para diversos motivos, reserva el enlace de radio para la transmisión y silencia cualquier estación que pudiera estar escuchando. Una vez que la estación de destino recibe la trama RTS de manera correcta, entonces debe responder con una trama CTS (*Clear To Send*).

A partir de este momento la estación de origen podría comenzar a mandar las tramas MSDU de datos.

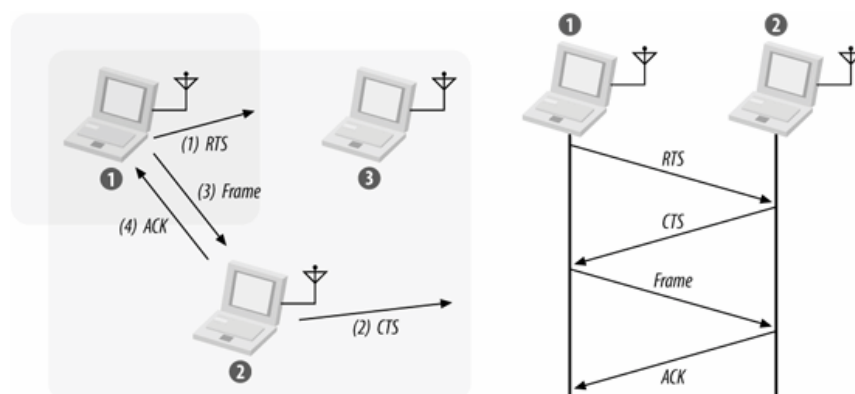


Figura 1.21 Procedimiento RTS/CTS [6]

Este mecanismo protege la transmisión entre estaciones frente a inesperadas transmisiones de estaciones ocultas. También es utilizado por 802.11g para protegerse frente a transmisiones provenientes de posibles estaciones 802.11b.

1.4.2. FUNCIONES DE COORDINACIÓN MAC

El estándar 802.11 define dos funciones de coordinación para el acceso al canal de transmisión [7]:

- Función de Coordinación Distribuida (DCF – *Distributed Coordination Function*).
- Función de Coordinación Centralizada (PCF – *Point Coordination Function*).

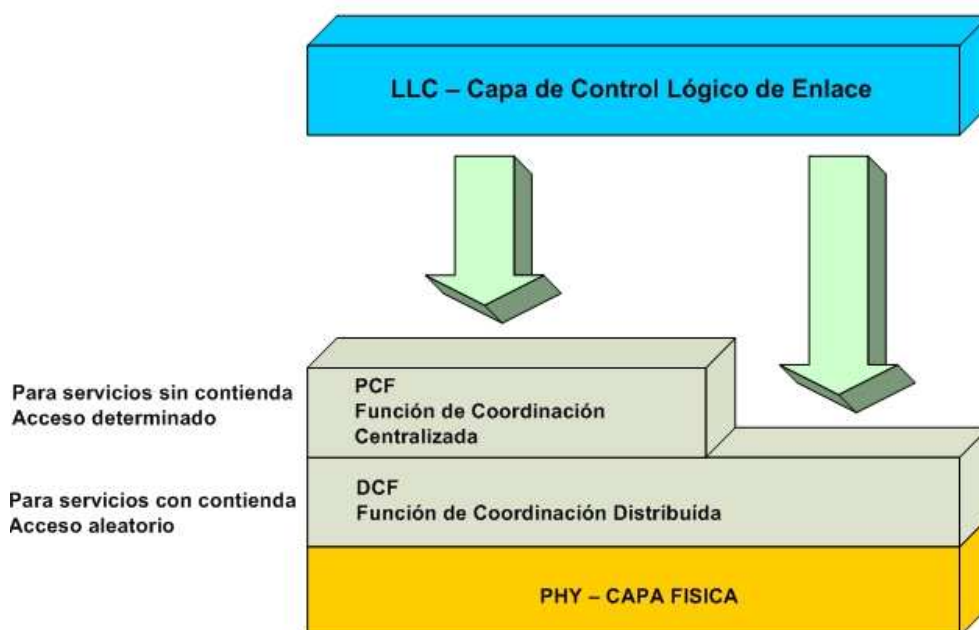


Figura 1.22 Funciones de Coordinación MAC

1.4.2.1. Función de Coordinación Distribuida (DCF)

La Función de Coordinación Distribuida proporciona un acceso compartido al medio entre dispositivos con la misma capa física mediante el uso de un protocolo basado en Acceso Múltiple con Detección de Portadora con Prevención de Colisiones CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance*) [5].

Todas las estaciones y dispositivos 802.11 deben incluir obligatoriamente a DCF, a diferencia del mecanismo PCF que es opcional.

1.4.2.1.1. Detección o Escucha de Portadora Física

La detección o escucha de portadora se realiza a través de mecanismos físicos y virtuales [5].

La detección física implica que cualquier estación antes de intentar una transmisión debe realizar una lectura de las condiciones del canal y comprobar que el medio está vacío por un período de tiempo IFS (*Inter Frame Space*). La duración de este período varía, pero la utilizada justo antes de una transmisión en condiciones normales es llamada DIFS (IFS de Función de Coordinación Distribuida).

Para evitar una colisión entre dos estaciones que quieran transmitir simultáneamente se utiliza un algoritmo de espera (*Backoff*) así como la espera de un período DIFS.

Cuando existen peticiones de transmisiones pendientes y el medio se encuentra ocupado, la estación espera hasta que el medio se encuentre vacío por un período DIFS. Entonces la estación escoge un número aleatorio entre un rango determinado y usa ese valor como espera adicional antes de transmitir.

El rango para elegir la espera aleatoria es llamado Ventana de Contienda CW (*Contention Window*), que varía de acuerdo con el número de retransmisiones previas.

Si se detecta que el medio pasa a estar ocupado durante el período de espera, el contador se detiene, y se reanuda cuando el medio vuelva a estar vacío después del período DIFS.

En la figura 1.23 se muestra el modelo de funcionamiento del mecanismo DCF.

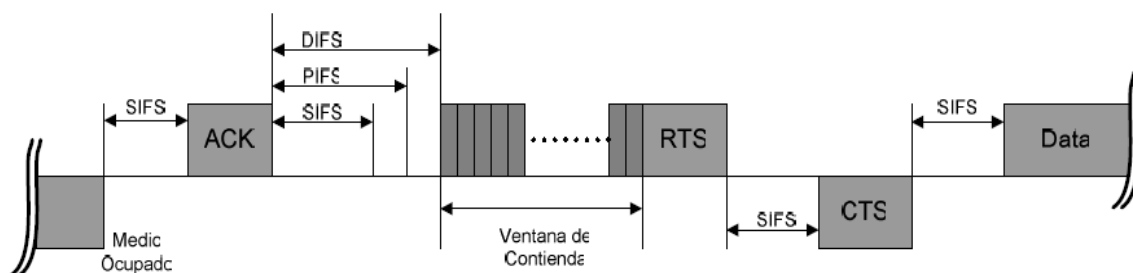


Figura 1.23 Modelo de funcionamiento de DCF [6]

1.4.2.1.2. *Detección o Escucha de Portadora Virtual*

La evasión de colisión se consigue a través del mecanismo de detección de portadora virtual.

Cada estación mantiene un contador interno llamado NAV (*Network Allocation Vector*), el cual indica cuando el medio se encuentra ocupado. El valor de la duración se incluye en cada trama transmitida por cada estación (incluyendo en tramas RTS, CTS y ACK) el cual indica cuánto tiempo durará la transmisión.

Todas las estaciones que se encuentren próximas reciben esta trama y usan este valor para actualizar su contador NAV. De forma que cuando una estación quiere comenzar una transmisión, en primer lugar comprueba que el contador NAV esté en cero.

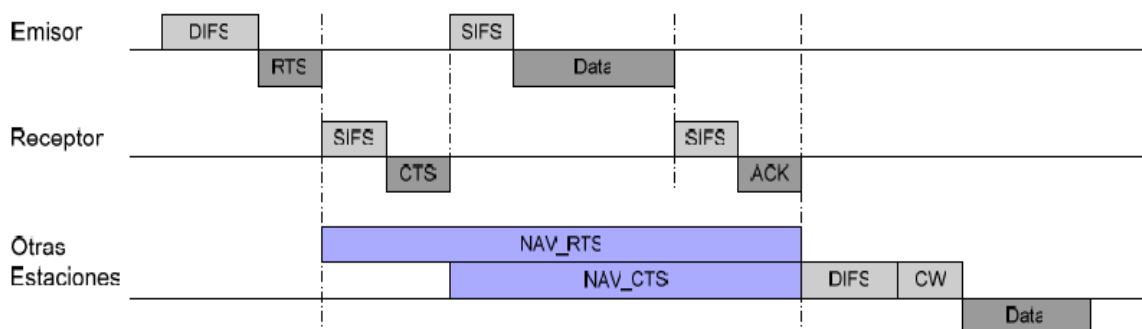


Figura 1.24 Utilización de NAV para la detección de portadora virtual [5]

Una vez que una estación consigue acceso al medio ésta puede transmitir la trama de datos MSDU. Entonces espera por un período de tiempo llamado SIFS (IFS corto) para transmitir el asentimiento ACK. La duración del período SIFS es

más corta que en el caso de DIFS, lo que proporciona a la trama de asentimiento ACK la mayor prioridad para acceder al medio.

1.4.2.2. Función de Coordinación Centralizada (PCF)

La Función de Coordinación Centralizada PCF es opcional y los dispositivos 802.11 no están obligados a implementarla. PCF está diseñado para ofrecer soporte de servicios con restricciones temporales para proporcionar calidad de servicio QoS (*Quality of Service*). Un nuevo elemento llamado Punto de Coordinación PC (*Point Coordinator*) que se encuentra implementado en el Punto de Acceso es el responsable de priorizar el acceso al medio de las estaciones inalámbricas.

El estándar 802.11 define dos períodos de tiempo entre el envío de dos mensajes de señalización de envío de tráfico DTIM (*Delivery Traffic Indication Message*), que son [5]:

- Período de contienda CP (*Contention Period*)
- Período libre de contienda CFP (*Contention Free Period*)

En general, el Punto de Acceso manda de forma periódica tramas *beacon*¹, aunque estas tramas pueden ser retrasadas si el medio está ocupado. Las tramas *beacon* (DTIM) son usadas por el PC para indicar el comienzo del CFP.

En la figura 1.25 se puede comprobar cómo se alternan los períodos CFP y CP.

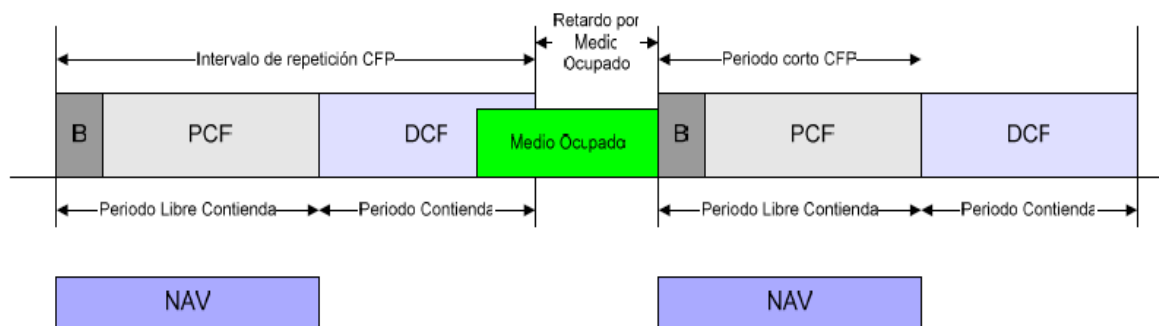


Figura 1.25 Esquema de funcionamiento de períodos de contienda [5]

¹ Tramas de sincronización que permiten anunciar la existencia de redes 802.11 próximas.

1.4.2.2.1. *Funcionamiento de PCF*

Durante el CP todas las estaciones compiten por el medio usando el mecanismo DCF.

Durante el CFP, el Punto de Acceso clasifica las transmisiones hacia o desde determinadas estaciones usando un mecanismo de sondeo. No existe contienda (competición por el canal) entre las estaciones durante el ciclo CFP.

El período CFP comienza cuando el Punto de Acceso consigue acceso al medio mediante el uso de un espacio de tiempo PIFS (IFS de Función de Coordinación Centralizada) a la llegada de una trama *beacon*. El tiempo PIFS es más corto que DIFS, pero mayor que SIFS, y de esta forma PCF logra mayor prioridad que DCF para el acceso pero no interrumpe ninguna comunicación DCF existente [5].

Una vez que PCF consigue el acceso al medio se utiliza el período de tiempo SIFS para el intercambio de tramas durante el ciclo CFP.

El sistema de sondeo comienza cuando el PC envía una trama *CF-Poll* a una de las posibles estaciones. Si el PC tiene alguna trama pendiente de envío, éste podría utilizar una trama de datos incorporando una trama *CF-Poll* (*piggy-backing*).

La estación sondeada puede responder con datos junto a una trama *CF-ACK*, o simplemente con una trama *CF-ACK* si no desea enviar más información. Una vez que el intercambio de tramas con una estación termina, el PC envía el *CF-Poll* a otra estación que estuviese en la lista de estaciones sondeables [5].

Cuando el PC ha terminado con todas las estaciones de la lista, o una vez que la duración del CFP ha expirado, el PC transmite por difusión una trama *CF-End* anunciando el final del ciclo CFP.

La figura 1.26 muestra el esquema de funcionamiento de PCF.

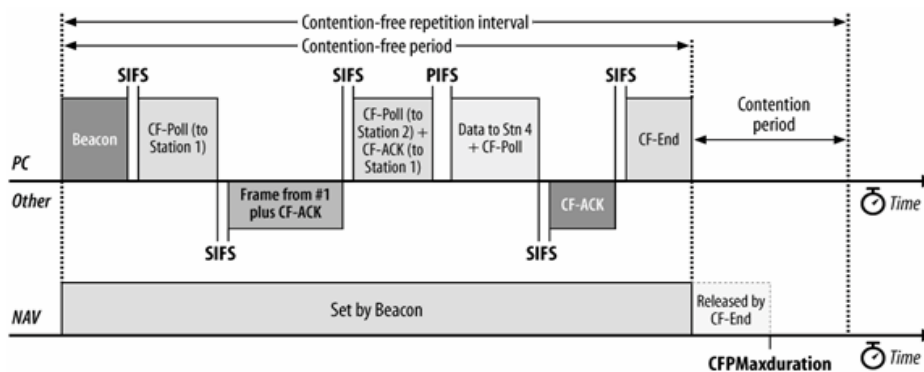


Figura 1.26 Utilización de PCF [6]

Cuando llega una trama *beacon* el contador NAV de todas las estaciones se inicializa al valor máximo para proteger el ciclo CFP de transmisiones no deseadas. Entonces el Punto de Acceso transmite por difusión la duración del ciclo CFP en la trama *beacon*, y el contador NAV se actualiza adecuadamente.

Cuando finaliza el ciclo CFP, todas las estaciones inicializan su contador NAV a cero cuando reciben la trama *CF-End*, o cuando la duración del CFP termina. Desde entonces hasta la siguiente trama DTIM todas las estaciones compiten por el medio usando DCF.

Este modo de funcionamiento permite que en una misma red coexistan estaciones con soporte PCF y DCF.

1.4.3. FORMATO DE LA TRAMA 802.11

Existen tres tipos principales de tramas:

- Tramas de Datos.
- Tramas de Control.
- Tramas de Administración.

1.4.3.1. Trama de Datos

Las tramas de datos transportan datos de protocolo de nivel superior en el cuerpo de la trama.

Cada trama de inicio con un subcampo de control de trama de dos *bytes*. En la figura 1.27 se muestra una trama de datos genérica MSDU.

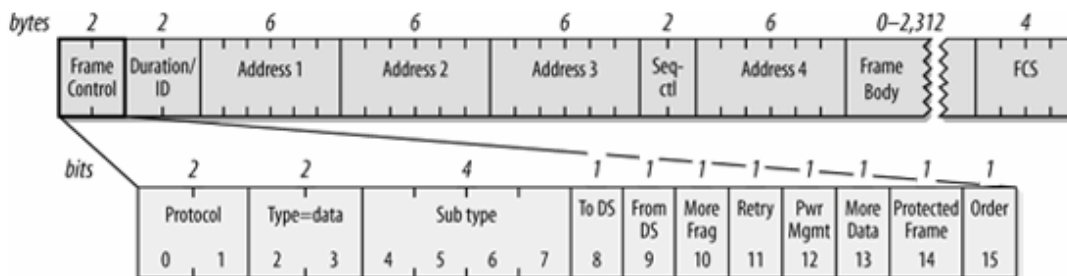


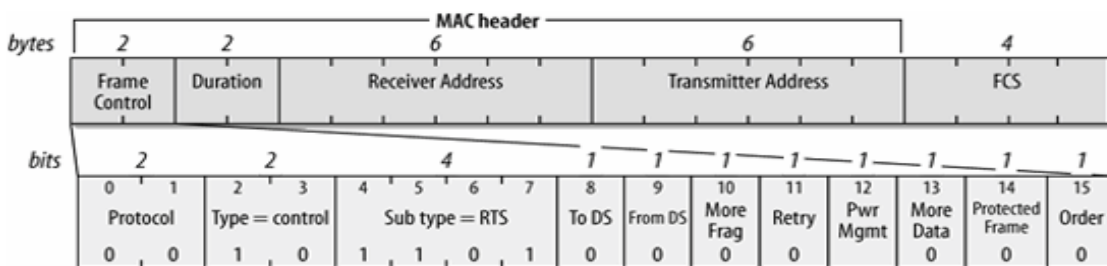
Figura 1.27 Trama de Datos y Campo de Control de Trama [6]

Dependiendo de la red, pueden existir diferentes variedades de tramas de Datos.

1.4.3.2. Trama de Control

Las tramas de control ayudan a la entrega de las tramas de datos, administran el acceso al medio inalámbrico, ejecutan operaciones de limpieza del área y funciones de mantenimiento asociadas a la portadora. Además proporcionan funciones de fiabilidad de la capa MAC.

TRAMA RTS



TRAMA CTS

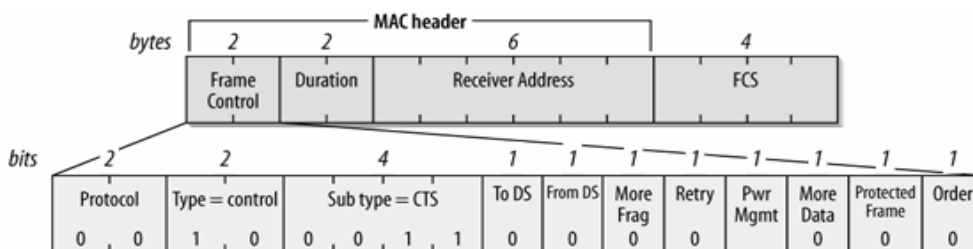


Figura 1.28 Tramas de Control RTS y CTS [6]

Dentro de este grupo están las tramas de Petición de Emisión (RTS), Autorización de Emisión (CTS), Acuse de Recibo (ACK), Sondeo de Ahorro de Potencia (*PS-Poll*) y las tramas libres de contienda.

1.4.3.3. Trama de Administración

Las tramas de Administración ejecutan funciones de supervisión, se utilizan para asociación y desasociación de estaciones inalámbricas.

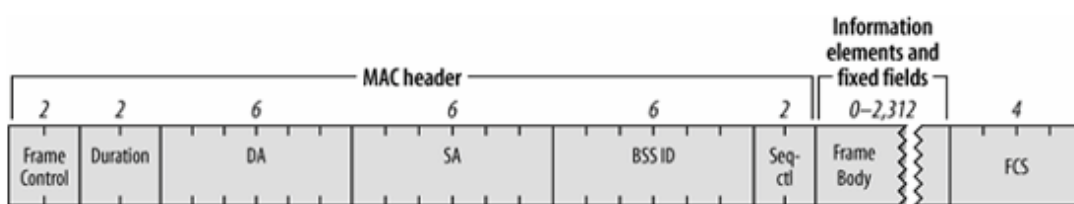


Figura 1.29 Trama de Administración Genérica [6]

Forman parte de este grupo las tramas *beacon* para sincronización y DTIM.

1.4.4. SERVICIOS DE RED PARA 802.11

Se definen nueve servicios para el estándar 802.11, sólo se utilizan tres de los servicios para transportar datos, los seis servicios restantes son operaciones de administración que permiten a la red registrar las estaciones móviles.

Se los puede agrupar en servicios del sistema de distribución, servicios de estación y servicios de administración de espectro que es un subgrupo especial de los servicios de estación [7].

1.4.4.1. Servicios del Sistema de Distribución

Los servicios de distribución conectan los Puntos de Acceso al Sistema de Distribución, permiten que los Puntos de Acceso extiendan los servicios de la red cableada a la red inalámbrica. Adicionalmente estos servicios se encargan de administrar la asociación de estaciones móviles.

Se tienen cinco servicios pertenecientes a este grupo, que son [7]:

- Distribución
- Integración
- Asociación
- Reasociación
- Desasociación

La tabla 1.6 muestra en detalle los servicios de red para el estándar 802.11.

1.4.4.2. Servicios de Estación

Forman parte de cualquier estación 802.11. Los servicios de estación permiten que una estación móvil se autentique para formar una asociación y pueda transmitir tramas de forma confidencial para proteger los mensajes a medida que recorren el enlace inalámbrico vulnerable.

Se tienen cuatro servicios pertenecientes a este grupo, que son [7]:

- Autenticación
- Desautenticación
- Confidencialidad
- Entrega de MSDU

1.4.4.2.1. Servicios de Administración de Espectro

Los servicios de administración de espectro son un subconjunto especial de los servicios de estación, están diseñados para permitir que la red inalámbrica reaccione ante determinadas condiciones de tal forma que cambie dinámicamente las configuraciones de radio frecuencia [7].

Estos servicios se definen dentro del estándar 802.11h para regulaciones europeas.

Se tienen dos servicios pertenecientes a este subgrupo, que son [7]:

- Control de Potencia de Transmisión TPC (*Transmit Power Control*)
- Selección Dinámica de Frecuencia DFS (*Dynamic Frequency Selection*)

SERVICIO	GRUPO	DESCRIPCIÓN
Distribución	Distribución	Servicio utilizado en la entrega de tramas para determinar la dirección de destino en redes de infraestructura.
Integración	Distribución	Entrega de tramas a una LAN IEEE 802 fuera de la red inalámbrica.
Asociación	Distribución	Utilizado para establecer conexión entre la estación móvil y el AP.
Reasociación	Distribución	Utilizado para cambiar de AP conectado, el AP sirve como pasarela a una estación móvil determinada.
Desasociación	Distribución	Elimina la comunicación de la estación con la red y la conexión con el AP.
Autenticación	Estación	Establece la identidad de la estación (dirección MAC) antes de establecer la asociación.
Desautenticación	Estación	Utilizado para terminar la autenticación y por ende la asociación.
Confidencialidad	Estación	Proporciona protección frente a escuchas secretas.
Entrega MSDU	Estación	Entrega de datos al destinatario.
Control de Potencia de Transmisión (TPC)	Estación /administración de espectro	Reduce la interferencia minimizando la potencia de transmisión de la estación.
Selección Dinámica de Frecuencia (DFS)	Estación /administración de espectro	Evita la interferencia con la operación de sistemas de radar en la banda de 5 GHz.

Tabla 1.6 Servicios de Red para 802.11 [7]

1.5. CALIDAD DE SERVICIO QoS EN REDES INALÁMBRICAS [5]

El IEEE decidió crear un grupo especializado para el soporte de calidad de servicio en redes inalámbricas, el grupo IEEE 802.11e. Este grupo distingue entre estaciones con soporte de calidad de servicio QSTA (*QoS Enhanced Station*) y estaciones que no lo soportan (STA), además se hace una distinción entre Puntos de Acceso con soporte de calidad de servicio QAP y sin soporte AP.

1.5.1. LIMITACIONES DE PCF PARA EL SOPORTE DE QoS

Con el mecanismo de acceso PCF existen varios problemas al proporcionar calidad de servicio; cabe destacar los retardos impredecibles de las tramas *beacon* y períodos de transmisión de duración desconocida de las estaciones en el período de contienda CP. De esta forma se degrada el soporte de calidad de servicio para diferentes tipos de tráfico.

1.5.2. IEEE 802.11e

Para el nivel de enlace la extensión 802.11e define una nueva función de coordinación llamada Función de Coordinación Híbrida HCF (*Hybrid Coordination Function*), la cual se emplea para el conjunto de servicios básicos con soporte de QoS (QBSS).

La función HCF define dos modos de operación:

- Acceso al canal distribuido mejorado EDCA (*Enhanced Distributed Channel Access*).
- Acceso al canal controlado HCF (*HCCA - HCF Controlled Channel Access*).

EDCA está diseñada para soportar la priorización de tráfico, mientras que HCCA soporta tráfico parametrizado.

El concepto básico de estas funciones de acceso al canal EDCA y HCCA es la oportunidad de transmisión TXOP (*Transmission Opportunity*). Un TXOP es un intervalo de tiempo limitado durante el cual una QSTA puede transmitir una serie de tramas.

La figura 1.30 muestra el esquema de funcionamiento de HCF.

Si el período TXOP se obtiene usando el acceso al canal basado en contienda entonces recibirá el nombre de EDCA-TXOP. Si por el contrario se obtiene a través de HCCA se conocerá como HCCA-TXOP.

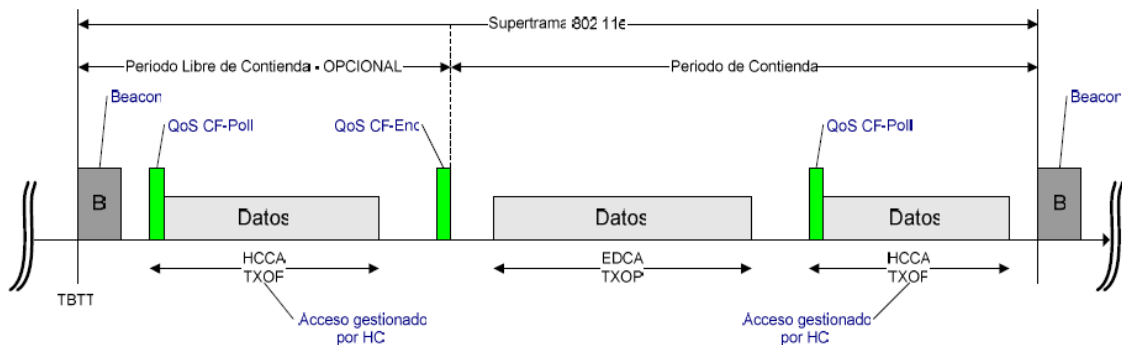


Figura 1.30 Esquema de Funcionamiento de HCF [5]

En la extensión 802.11e los asentimientos son opcionales, por tanto la capa MAC no deberá enviar mensajes ACK por cada trama recibida correctamente.

Esto implica que la fiabilidad de este tráfico se vería reducida, pero mejora el rendimiento general de la capa MAC para tráfico sensible a retardo, tal como sucede con VoIP y tráfico de video donde la información tiene valor durante un período de tiempo muy corto.

1.5.3. ACCESO AL CANAL MEJORADO (EDCA)

EDCA mejora el acceso original DCF para proporcionar soporte de calidad de servicio basado en priorización de tráfico para el período de colisión.

Esta priorización se consigue introduciendo cuatro categorías de acceso AC (*Access Category*), las cuales permiten el envío de tráfico asociado a prioridades de usuario, tal como define el estándar IEEE 802.1D¹.

En la tabla 1.7 se resume las prioridades relativas y la tabla de mapeo entre 802.1p² y las categorías de acceso 802.11e.

¹ Estándar para puentes MAC (*MAC Bridging*) incluye las técnicas de envío de paquetes, el Protocolo *Spanning Tree* y el funcionamiento de redes 802.11, entre algunos otros.

² Estándar que proporciona priorización de tráfico y filtrado *multicast* dinámico. Proporciona un mecanismo para implementar calidad de servicio a nivel MAC. IEEE 802.1p está integrado en los estándares IEEE 802.1D y IEEE 802.1Q.

Cada categoría de acceso dispone de su propia cola de transmisión caracterizada por determinados parámetros como el número de espacio arbitrario de tramas AIFSN (*Arbitrary Inter-Frame Space Number*), la ventana de contienda CW y el límite de oportunidad de transmisión (*TXOP limit*).

Prioridad	Prioridad 802.1p	Descripción 802.1p	Categoría de Acceso 802.11e	Descripción 802.11e
Menor ↓ Mayor	1	Background	AC-BK	Mejor Esfuerzo
	2	-	AC-BK	Mejor Esfuerzo
	0	Mejor Esfuerzo	AC-BE	Mejor Esfuerzo
	3	Excelente Esfuerzo	AC-BE	Prueba Video
	4	Carga Controlada	AC-VI	Video
	5	Video	AC-VI	Video
	6	Voz y Video	AC-VO	Voz
	7	Señalización Red	AC-VO	Voz

Tabla 1.7 Prioridad de usuario y categoría de acceso [5]

La priorización entre las diferentes categorías se consigue configurando adecuadamente los parámetros de cada cola de acceso.

1.5.4. ACCESO AL CANAL CONTROLADO HCF (HCCA)

HCCA es un componente de HCF que proporciona soporte de calidad de servicio basado en parametrización.

De igual forma que en PCF, HCCA proporciona acceso basado en sondeo al medio inalámbrico. Pero, a diferencia de PCF, el sondeo QoS puede tener lugar en el período CP y la planificación de paquetes se basa en los perfiles TSPECs (especificación de tráfico) admitidos.

El principal concepto en HCCA es la fase de acceso controlada CAP (*Controlled Access Phase*), que consiste en un intervalo de tiempo limitado formado por la concatenación de TXOPs-HCCA. En este caso el HC (*Hybrid Coordinator*) es el responsable de la clasificación y determinación de los CAP.

1.5.5. ESPECIFICACIONES DE TRÁFICO (TSPEC)

La especificación de tráfico (TSPEC) es el mecanismo de gestión de flujos de tráfico definido por el estándar 802.11e que proporciona un enlace de gestión entre protocolos de QoS de capas superiores, como *Intserv*¹ y *Diffserv*², con las funciones de acceso al canal de 802.11e.

Esta especificación describe las características de los flujos de tráfico, tales como el tamaño de los paquetes, el caudal o el retardo.

¹ Servicios Integrados.

² Servicios Diferenciados.

CAPÍTULO 2

A decorative graphic consisting of two curved, swoosh-like shapes in a dark grey color, one positioned above and one below the text 'CAPÍTULO 2'.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE DATOS DE PETROPRODUCCIÓN EN EL DISTRITO QUITO

2.1 PETROPRODUCCIÓN [53]

PETROPRODUCCIÓN es la Empresa Estatal de exploración y producción de Petróleos del Ecuador, filial de PETROECUADOR. Fue creada el 26 de septiembre de 1989 con el objetivo de explorar, explotar las cuencas sedimentarias o yacimientos hidrocarburíferos, operar los campos hidrocarburíferos asignados a PETROECUADOR y transportar el petróleo y gas hasta los principales centros de almacenamiento.

2.1.1 MISIÓN

Realizar la exploración y explotación de hidrocarburos de manera sustentable, en armonía con los recursos socio-ambientales, para contribuir al desarrollo económico y al progreso social del Ecuador.

2.1.2 VISIÓN

Mantener y proyectar su liderazgo en el país con talento humano competitivo, motivado y comprometido que cumpla estándares internacionales de gestión y se apoye en la tecnología de punta y en los recursos provenientes de la comercialización de hidrocarburos.

2.1.3 OBJETIVOS

- Perforar pozos exploratorios en los prospectos detectados por sísmica.
- Incrementar el volumen de reservas recuperables de crudo del país, en las áreas que se encuentren bajo la responsabilidad directa de la Empresa.
- Mantener e incrementar los volúmenes de producción de petróleo, mediante la perforación de nuevos pozos de desarrollo en los campos de explotación.

- Desarrollar las actividades de la Empresa, con estricto respeto a la ecología y velar por la protección y prevención ambiental, cumpliendo con la Ley Ambiental Nacional y normas internacionales.
- Optimizar los recursos que dispone la Empresa y la estandarización de equipos.

2.1.4 ESTRATEGIAS

- Licitación, adjudicación y suscripción de nuevos contratos de operación, buscando la mayor rentabilidad del país, para continuar con la exploración y explotación de hidrocarburos mediante la utilización de recursos propios o a través de modalidades permitidas por la Ley.
- Explorar nuevas áreas a fin de determinar trampas estructurales y estratigráficas con posibilidad de contener hidrocarburos.
- Recuperación mejorada y simulación matemática para compensar la declinación natural de los campos en producción.
- Reposicionar la imagen institucional mediante la certificación de procesos y procedimientos con normas internacionales.
- Optimizar y fortalecer el empleo de los recursos: humanos, económicos, tecnológicos y materiales, de forma que permitan elevar los niveles de eficiencia y eficacia de la Empresa, a través de la implementación de mecanismos de evaluación de gestión.

2.2 INFRAESTRUCTURA

PETROPRODUCCIÓN realiza la exploración y explotación de los recursos hidrocarburíferos en la región Amazónica del Ecuador; en campos ubicados en Lago Agrio, Sacha, Coca, Auca, Cuyabeno, Guarumo, etc. denominado a este sector como el Distrito Amazónico.

Para la gestión y operación administrativa, PETROPRODUCCIÓN dispone de dos edificios ubicados en la ciudad de Quito. Además en el sector del Valle de los Chillos específicamente en San Rafael se sitúa el Laboratorio de Geología y Yacimientos, y por último, en la ciudad de Guayaquil se encuentra el Centro de Investigaciones Geológicas.

Una de las funciones más críticas que posee PETROPRODUCCIÓN es la de brindar comunicaciones eficientes de voz y datos entre los empleados de la empresa que se encuentran ubicados en las diferentes dependencias.

PETROPRODUCCIÓN cuenta con una gran infraestructura de comunicaciones, de la cual la Unidad de Telecomunicaciones se encarga de las redes de microondas y telefónicas, mientras que la Unidad de Sistemas se encarga de las aplicaciones y la red de datos.

2.2.1 INFORMACIÓN DEL SITIO

En la ciudad de Quito se encuentran las dependencias administrativas principales de la empresa, aquí se concentra la mayor parte de la información la misma que es distribuida hacia todas las dependencias del país.

En el Edificio Villafuerte ubicado en la Av. 6 de Diciembre N34-290 y Gaspar Cañero, se encuentran los Departamentos Administrativos, la Unidad de Sistemas y la Unidad de Telecomunicaciones.



Figura 2.1 Edificio Villafuerte

En el Edificio La Tribuna ubicado en la Av. De Los Shyris N34-382 y Portugal, se encuentran los Departamentos de Operación e Investigación; adicionalmente en este edificio se sitúa la Vicepresidencia de PETROPRODUCCIÓN.



Figura 2.2 Edificio La Tribuna

En la tabla 2.1 se presenta la ubicación geográfica en latitud y longitud del Edificio Villafuerte y el Edificio La Tribuna.

EDIFICIO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN
VILLAFUERTE	00° 10' 58.90" S	78° 28' 42.95" W	2781 m.
LA TRIBUNA	00° 10' 56.55" S	78° 28' 54.29" W	2775 m.

Tabla 2.1 Ubicación Geográfica del Ed. VILLAFUERTE y Ed. LA TRIBUNA¹

La separación entre los dos edificios en línea recta es de 345 metros aproximadamente.

La figura 2.3 muestra la separación visual existente entre ambas edificaciones.

2.3 RED DE DATOS DE PETROPRODUCCIÓN

En la ciudad de Quito se encuentra la mayor parte de la infraestructura tecnológica de PETROPRODUCCIÓN; para el Distrito Amazónico la base principal de la infraestructura tecnológica se sitúa en la ciudad de Lago Agrio.

¹ Fuente : Google Earth



Figura 2.3 Separación Geográfica entre los dos edificios¹

Para la interconexión de las diferentes dependencias, PETROPRODUCCIÓN cuenta con una infraestructura de Red de Área Extendida (*Wide Area Network*, WAN), la cual utiliza enlaces vía microonda para la transmisión y recepción de voz y datos.

Para la comunicación entre los Edificios Villafuerte y La Tribuna se dispone de un enlace vía microonda desde el Edificio Villafuerte al Cerro del Pichincha y desde el Cerro del Pichincha hacia el Edificio La Tribuna; de esta forma se tienen 8 canales de 64 Kbps para datos (un total de 512 Kbps) y 22 canales de 64 Kbps para voz (un total de 1408 Kbps).

Las comunicaciones desde Quito hacia el Distrito Amazónico se realizan a través de un *backbone* de microondas desde el Cerro del Pichincha hacia la torre principal de transmisión y recepción en la ciudad de Lago Agrio; este enlace utiliza 8 canales de 64 Kbps para datos y 22 canales de 64 Kbps para voz.

En la figura 2.4 se esquematiza los enlaces microondas para datos de PETROPRODUCCIÓN hacia las diferentes dependencias del país.

¹ Fuente : Google Earth

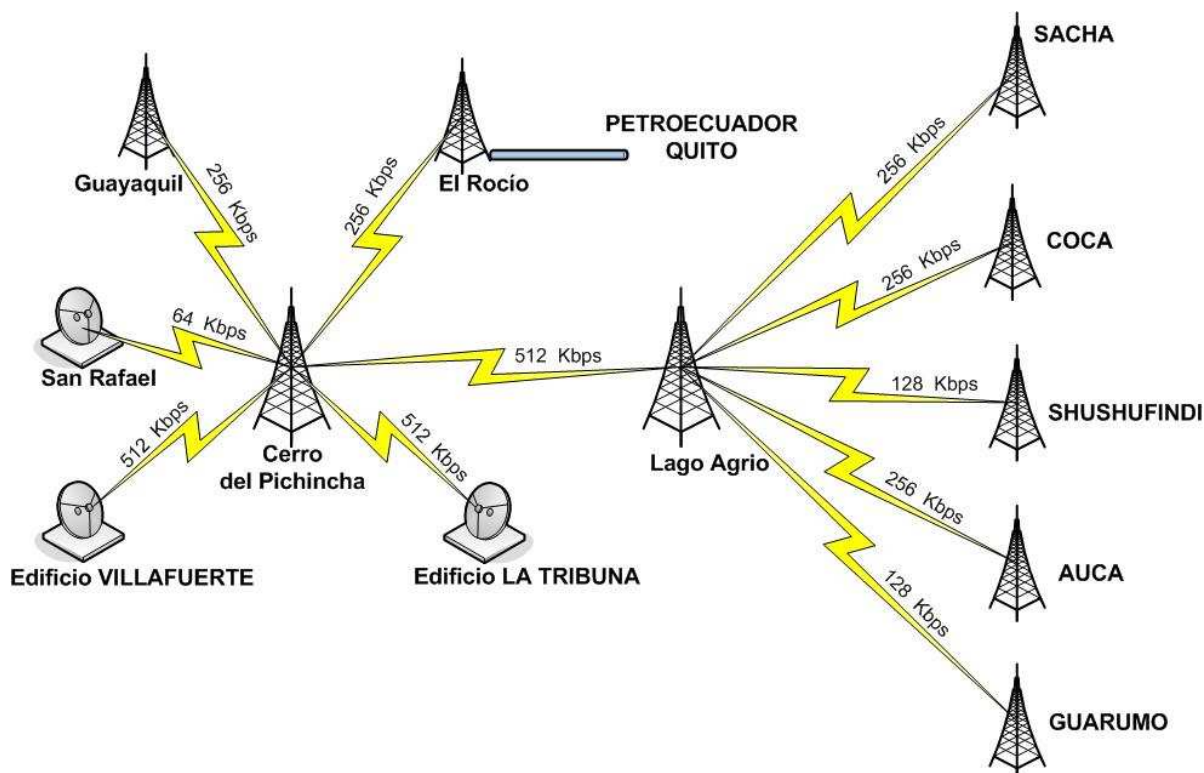


Figura 2.4 Enlaces microonda para datos de PETROPRODUCCIÓN

La figura 2.5 muestra la red de datos actual de PETROPRODUCCIÓN.

2.3.1 RED DE DATOS PARA EL EDIFICIO VILLAFUERTE

El Edificio Villafuerte tiene 1 Subsuelo, Planta Baja, Mezzanine y 10 Pisos; la red de datos para este edificio es de tipo red *Ethernet* en topología estrella.

2.3.1.1 Enlace Microonda

El enlace desde el Edificio Villafuerte hasta el Cerro del Pichincha tiene una capacidad de 1 E1, de los cuales 8 canales son para datos, 22 canales para voz y 2 canales para sincronización.

La infraestructura de radio microonda para el Edificio Villafuerte consta de un equipo digital Truepoint 5200, multiplexores Bayly para la transmisión de voz y datos con capacidad total de un E1 y una antena tipo parabólica de marca Andrew.



RED DE DATOS DE PETROPRODUCCIÓN

Emilio Bolaños ver 2.1

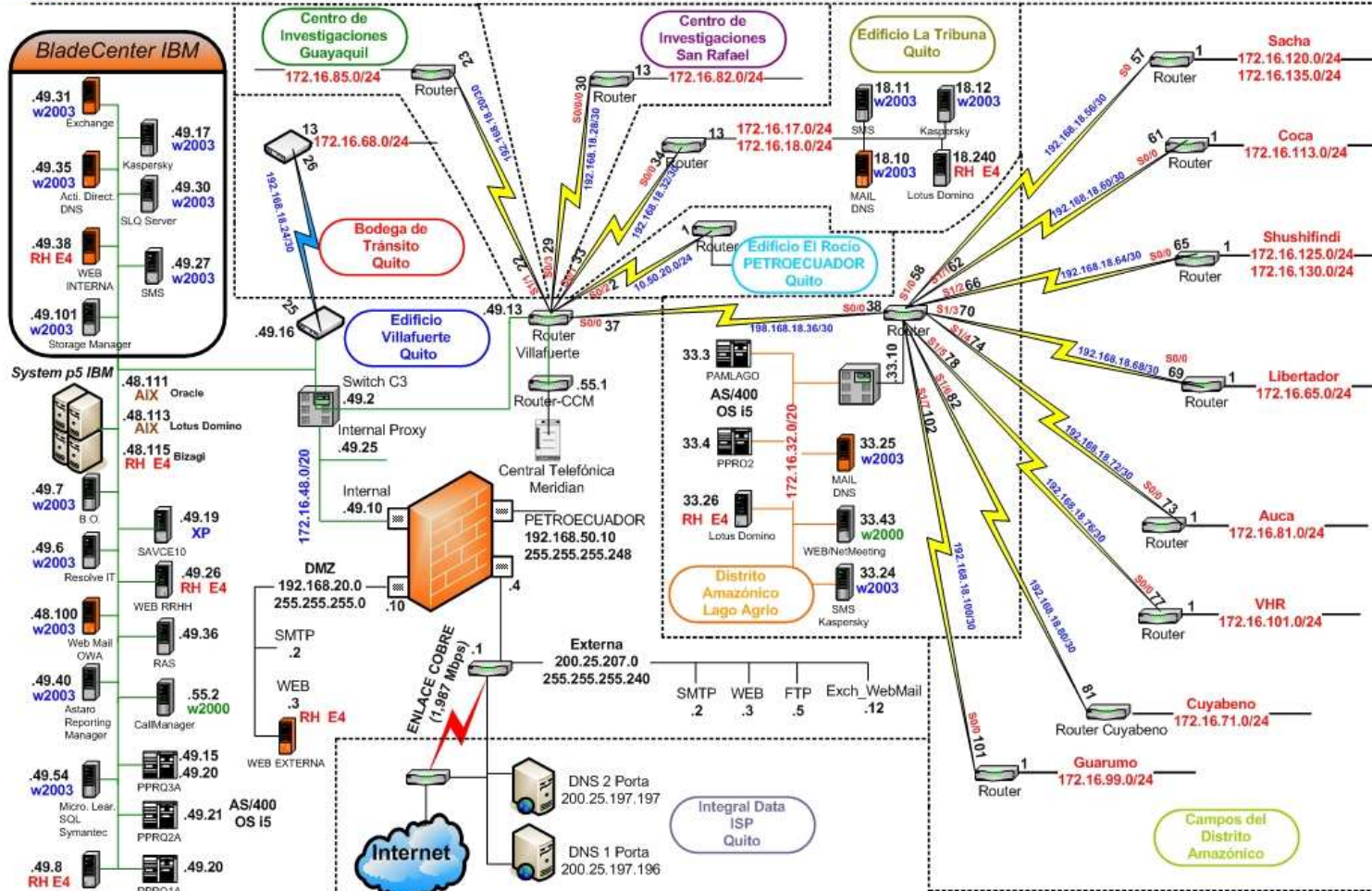
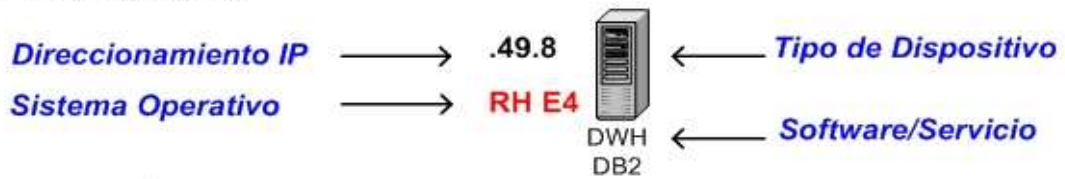


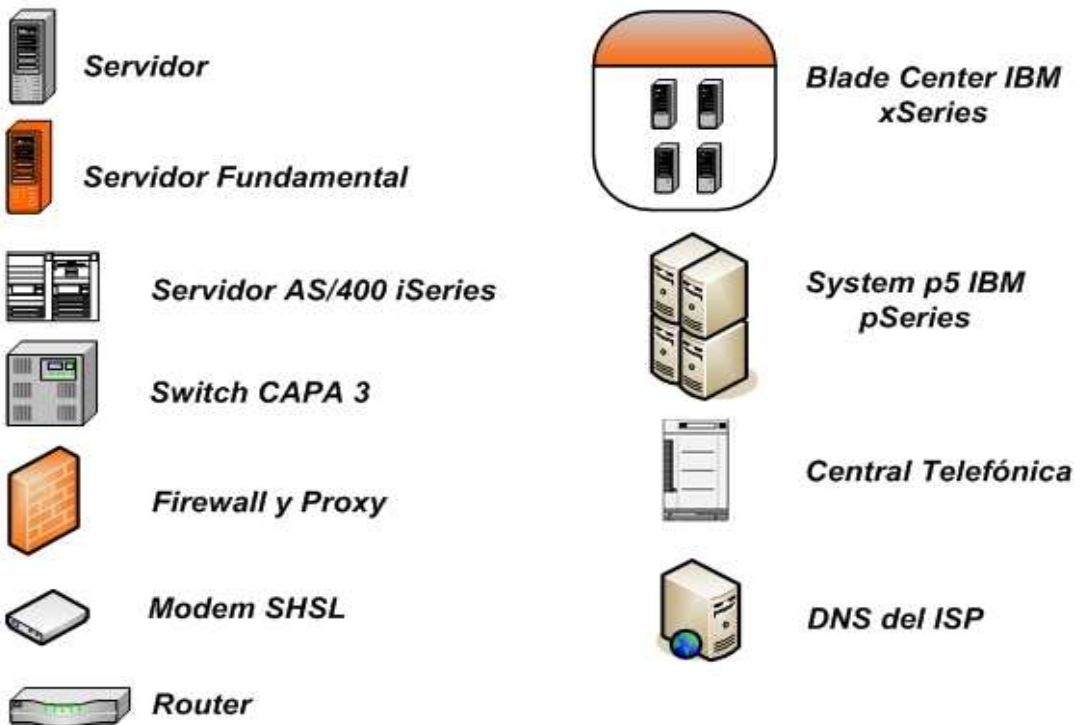
Figura 2.5 Red de Datos de PETROPRODUCCIÓN

NOMENCLATURA

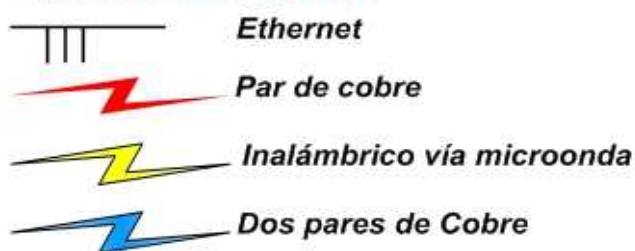


SIMBOLOGÍA

Tipo de Dispositivo



Tipo de Enlace de Datos



Sistema Operativo

w2003 *Microsoft Windows 2003 Server Enterprise*

RH E4 *Linux Red Hat Enterprise ver 4*

w2000 *Microsoft Windows 2000 Server*

AIX *AIX ver 5.3*

OS i5 *OS/400 i5*

Ubicación



La figura 2.6 muestra los equipos de microonda para este edificio.

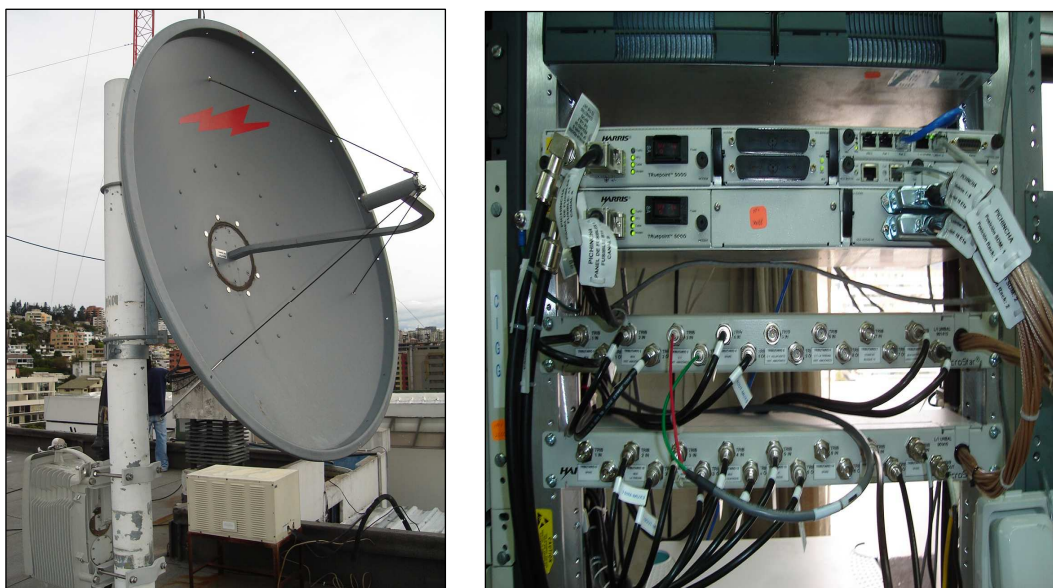


Figura 2.6 Equipos de microonda y antena en el Edificio Villafuerte

Las tablas 2.2 a 2.4 muestran en detalle las características del enlace de microonda desde el Edificio Villafuerte hasta el Cerro del Pichincha.

CARACTERÍSTICA	ED.VILLAFUERTE – CERRO PICHINCHA
MARCA	<i>HARRIS</i>
MODELO	<i>Truepoint 5200</i>
RANGO DE FRECUENCIA	7.125 – 8.500 GHz
CAPACIDAD	16 E1

Tabla 2.2 Características del equipo de radio microonda – Ed. Villafuerte

CARACTERÍSTICA	ED.VILLAFUERTE – CERRO PICHINCHA	
MARCA	<i>ANDREW</i>	
MODELO	PL4 – 71	
TIPO	Parabólica	
DIÁMETRO	1.2 m	
GANANCIA	37.0 dB	
ALTURA	35.0 m	60.0 m

Tabla 2.3 Características de las antenas para el enlace microonda – Ed. Villafuerte

CARACTERÍSTICA	ED.VILLAFUERTE	CERRO PICHINCHA
LATITUD	00° 10' 58.90" S	00° 10' 07.01" S
LONGITUD	78° 28' 42.95" W	78° 31' 29.27" W
ELEVACIÓN	2781 m	3858 m
ACIMUT ¹	285.44°	105.44°
DISTANCIA DE SEPARACIÓN	5.36 Km	
PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE	123.62 dB	
ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA	0.05 dB	
PÉRDIDAS ACU ² Tx	0.10 dB	
PÉRDIDAS ACU Rx	1.10 dB	
PÉRDIDAS TOTALES	130.06 dB	
NIVEL REQUERIDO PARA 10 ⁻³ BER ³	-87.0 dBm	
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN	8.08 GHz	
FRECUENCIA DE RECEPCIÓN	7.77 GHz	

Tabla 2.4 Información Técnica del enlace Edificio Villafuerte – Cerro del Pichincha

2.3.1.2 Red de Área Local

La red de área local para el Edificio Villafuerte es de tipo *Ethernet* en topología estrella con velocidades de transmisión de 10/100 Mbps para los usuarios y 1000 Mbps para los servidores.

Se tienen varias categorías para el cableado estructurado: CAT 5 y CAT5e para la mayoría de los usuarios y CAT6 para el Departamento de Sistemas y el Cuarto de Servidores. El Edificio Villafuerte cuenta con alrededor de 230 puntos de red distribuidos para todo el edificio.

Para la Capa de *Core* se disponen de dos equipos: un *Cisco Catalyst 4507* y un *IBM 8274* con velocidades de 10/100/1000 Mbps; de esta forma la Capa de Distribución cuenta con *Switches Cisco Catalyst 2900* de 48 y 24 puertos.

¹ Ángulo formado por el meridiano que pasa por la estación en que se efectúa la medición con la dirección de la estación escuchada.

² ACU (*Antena Couple Unit*, Unidad acopladora de antena)

³ *Bits Error Rate*: Tasa de errores de transmisión medida entre el número de bits con error comparados con el total de bits transmitidos.

Se tiene un *Router 2600* para las comunicaciones seriales V.35 con el equipo de microonda *Truepoint 5200*, que permiten la comunicación con el Edificio La Tribuna, Lago Agrio, San Rafael, PETROECUADOR y el Centro de Investigaciones Geológicas de Guayaquil.

Se cuenta con un *Router 1700* que permite la comunicación con el Proveedor de Servicio de Internet (ISP); se tiene un enlace de cobre dedicado con una velocidad de transmisión máxima de 2 Mbps, para proporcionar el servicio de Internet a toda la empresa.

La telefonía IP *Cisco CallManager* utiliza un *Router 2600* con tarjetas para voz que soportan el protocolo H.323 para la comunicación con la Central Telefónica *Meridian 1* de *Nortel* Opción 61 C; de esta forma los teléfonos IP *Cisco IP Phone 7960*¹ y PCs con *Cisco IP SoftPhone*² se comunican con cualquier extensión digital y analógica dentro de la empresa.

La tabla 2.5 muestra los dispositivos de interconectividad para el Edificio Villafuerte.



Figura 2.7 Equipos de interconectividad en el Edificio Villafuerte - Mezzanine

¹ Teléfono IP que soporta protocolos H.323, MGCP, SCCP, SIP de VoIP. Integra un conmutador *Ethernet* y tiene 2 puertos *Ethernet* de 10/100 Base-TX.

² Es un *software* que permite la emulación de un teléfono convencional en un computador.

No Equipos	Tipo de Equipo	Marca	Modelo	Capacidad
1	SWITCH ROUTER	CISCO	Catalyst 4507	10/100/1000 Base-TX X2 MOD
1	SWITCH ROUTER	IBM	IBM 8274	10/100/1000 Base-TX, X4 MOD
6	SWITCH	CISCO	Catalyst 2950	10/100 Base-TX 48x 1000 Base-T 2x
7	SWITCH	CISCO	Catalyst 2950	10/100 Base-TX 24x
4	SWITCH	CISCO	Catalyst 2900 XL	10/100 Base-TX 24x
1	SWITCH	3COM	OfficeConnect	10/100 Base-TX 8x 1000 Base-T 1x
2	ROUTER	CISCO	CISCO 2600	10/100 Base-TX SERIAL port
1	ROUTER	CISCO	CISCO 1700	10/100 Base-TX SERIAL port
2	MODEM G.SHSL	CISCO	CISCO 800	10 Base-T 4x XSDL 1x
2	MODEM ROUTER	TELLABS	TELLABS 8110	SERIAL V.35 1x 10 Base-T 1x
2	FIREWALL	CISCO	CISCO PIX 515E	10/100 Base-TX 1000 Base-T x6
1	BANDWIDTH MANAGEMENT	NET ENFORCE	AC-202	10/100 Base-TX 3x

Tabla 2.5 Equipos de interconectividad para el Edificio Villafuerte

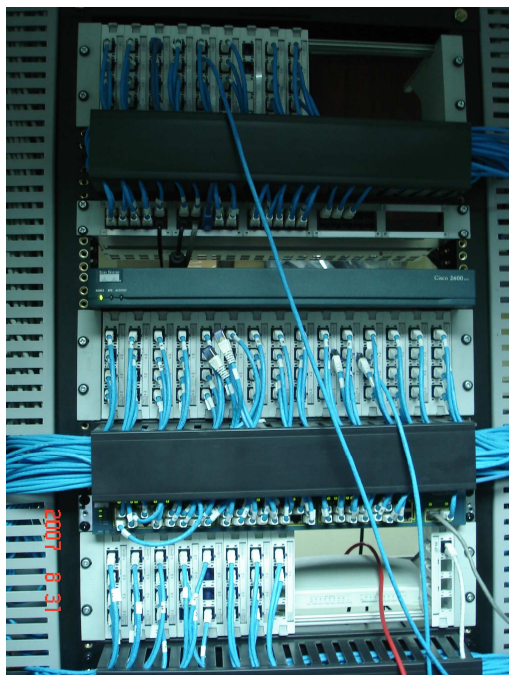


Figura 2.8 Equipos de interconectividad en el Edificio Villafuerte - Cuarto de Servidores

2.3.1.3 Servidores

Existen varios servidores instalados en la Intranet de PETROPRODUCCIÓN para satisfacer las necesidades computacionales de los empleados de esta empresa. En el Edificio Villafuerte se encuentran ubicados la mayoría de los servidores e infraestructura tecnológica; sin embargo, en el Edificio La Tribuna se sitúan servidores generales de correo, DNS y Antivirus.

2.3.1.3.1 Servidores WEB

PETROPRODUCCIÓN dispone de varios servidores WEB¹, siendo el de mayor importancia el servidor de la página WEB de la Intranet y el servidor de la página WEB Externa.

A través de la página WEB de la Intranet los empleados pueden acceder a varias aplicaciones como: El Sistema Integrado de Gestión, Base de Datos Técnica, Indicadores de Gestión, Información Empresarial, etc.

¹ Programa que implementa el protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) para transferencia de páginas de hipertexto o páginas HTML.

Existe un servidor dedicado a la página WEB Externa accesible desde Internet¹.

2.3.1.3.2 Servidor FTP

PETROPRODUCCIÓN tiene un solo servidor FTP² integrado con el servidor WEB de la página de la Intranet. Este servidor se encuentra dedicado para la transferencia de paquetes de programas y no para la documentación empresarial.

2.3.1.3.3 Servidor Microsoft Exchange

PETROPRODUCCIÓN dispone de tres servidores de correo electrónico y un servidor *WEB-MAIL* utilizando la plataforma de *Microsoft Exchange Server*; de esta forma los usuarios pueden acceder al correo electrónico empresarial desde la Intranet mediante el *Microsoft Office Outlook* y desde el Internet mediante el *Outlook Web Access (OWA)*.

Microsoft Exchange Server es una aplicación de la familia *Microsoft Server* que proporciona un sistema de mensajería confiable, correo electrónico con protección integrada contra virus y *spam*³, calendarios, contactos, tareas compartidas, etc. [51]

Los usuarios pueden tener acceso al correo electrónico, al correo de voz, los calendarios y los contactos desde una amplia variedad de dispositivos electrónicos y desde cualquier ubicación.

2.3.1.3.4 Servidor Microsoft E-Learning

PETROPRODUCCIÓN tiene a disposición un servidor de aprendizaje virtual mediante *Microsoft E-Learning*, permitiendo un aprendizaje integral de Productos *Microsoft* al incorporar evaluaciones, laboratorios, asesoría especializada de manera flexible, etc.

¹ Método de interconexión descentralizado de redes de computadoras implementado en un conjunto de protocolos denominados TCP/IP.

² Programa que implementa el protocolo FTP (*File Transfer Protocol*) para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP basado en la arquitectura cliente-servidor

³ Correo no solicitado o correo basura habitualmente de tipo publicitario, enviados en cantidades masivas.

2.3.1.3.5 Servidor Active Directory y Nombres de Dominio

PETROPRODUCCIÓN dispone de un servidor de *Active Directory* (AD) integrado con un Servidor de Nombres de Dominio (DNS) para el Edificio Villafuerte.

Active Directory es un *software* que incluye un conjunto de aplicaciones que permiten almacenar y organizar la información sobre los usuarios de la red de computadores y sobre los recursos de red, permitiendo a los administradores gestionar el acceso de usuarios a los recursos de red. *Active Directory* utiliza distintos protocolos como LDAP, DNS, DHCP, Kerberos, etc. [46]

2.3.1.3.6 Servidor Microsoft Systems Management Server

PETROPRODUCCIÓN dispone de dos servidores *Microsoft Systems Management Server* (SMS). Este servidor incluye un conjunto de herramientas para realizar inventarios de *hardware*, inventarios y medidas de *software*, distribución e instalación de *software*, solución de problemas a usuarios remotos y análisis de redes [50].

2.3.1.3.7 Servidor Cisco CallManager y DHCP

PETROPRODUCCIÓN cuenta con la versión 3.3 del *Cisco CallManager* integrado con el servicio de DHCP en un solo servidor. Se disponen de varios teléfonos IP *Cisco IP Phone 7960*, además varios usuarios utilizan el *Cisco IP SoftPhone* para realizar llamadas.

El *Cisco CallManager* es un producto basado en el *Software Cisco IOS* que ofrece servicios de procesamiento de llamadas.

El *Cisco CallManager* ofrece un conjunto extenso de servicios de comunicaciones IP, los cuales generalmente están disponibles en sistemas de telefonía y en los PBXs (*Private Branch Exchange*), como el tomar llamadas, seguimiento de llamadas, servicio día/noche, grupos de búsqueda, servicios de *beepers*, comunicaciones internas, etc. [28]

2.3.1.3.8 Servidor Proxy y Firewall

PETROPRODUCCIÓN dispone de un servidor *Proxy*¹ integrado con un *Firewall*² para la protección de ataques externos de Internet sobre la red LAN, WAN y la red DMZ³.

Se utiliza *Astaro Security Gateway* versión 6.3 que es un *software* especializado de *Proxy-Firewall* que permite la filtración de contenido (virus y protector de navegación) e inspección de paquetes de acuerdo con las políticas de seguridad implementadas en la empresa.

Para el manejo y visualización de reportes e informes sobre el uso de Internet, ancho de banda, bloqueos y categorización de páginas WEB, número y categorización de ataques, etc. se cuenta con *Astaro Report Manager* versión 4.2 que básicamente toma la información de los filtros de contenido de *Astaro Security Gateway* y los presenta de una manera más efectiva.

La figura 2.9 muestra cada una de las interfaces del *Proxy-Firewall Astaro Security Gateway*.

2.3.1.3.9 Servidor Kaspersky

PETROPRODUCCIÓN dispone de dos servidores de antivirus: uno en el Edificio Villafuerte y otro en el Edificio La Tribuna. Mediante estos servidores se puede dar protección contra amenazas de virus y *spyware*⁴.

¹ *Software y/o Hardware* que permite el acceso a Internet a todos los equipos de una organización cuando sólo se dispone de una única dirección IP.

² *Software y/o Hardware* que permite controlar las comunicaciones, aceptándolas o prohibiéndolas dependiendo de políticas de seguridad.

³ *Demilitarized Zone*, Zona Desmilitarizada; es una red perimetral de seguridad informática que permite que los equipos (*hosts* y servidores) puedan dar servicios a la red externa a la vez que protegen la red interna en el caso de que intrusos comprometan la seguridad de los equipos situados en la zona desmilitarizada y no en la red interna.

⁴ *Software* que recopila información de un computador y después transmite esta información a una entidad externa sin el conocimiento o el consentimiento del propietario del computador.

Kaspersky Anti-Virus es un programa antivirus destinado a proteger los servidores, estaciones de trabajo y computadores de archivos y programas maliciosos.

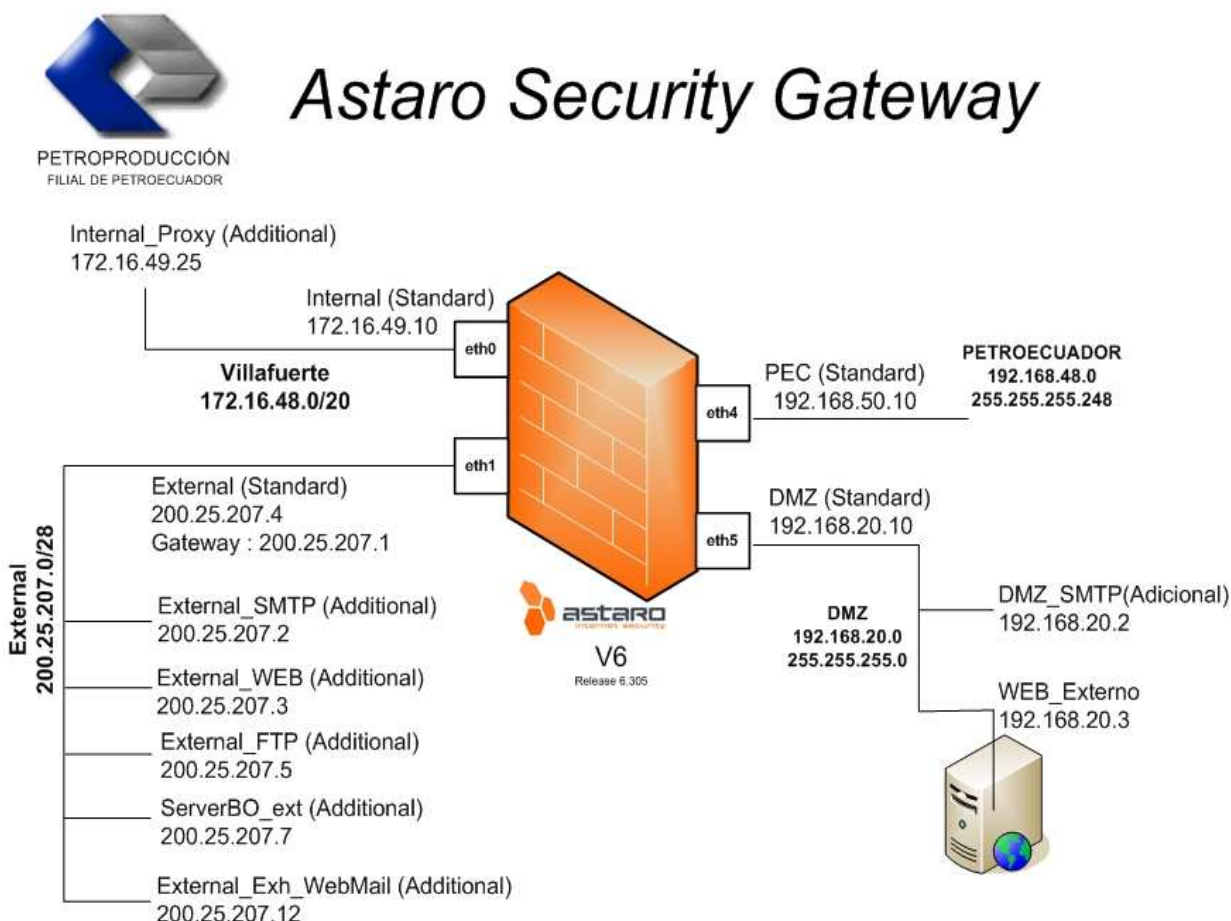


Figura 2.9 Interfaces del Proxy-Firewall Astaro Security Gateway

2.3.1.3.10 Servidores AS/400

La base fundamental del manejo de información de PETROPRODUCCIÓN se encuentra ubicada en los servidores AS/400.

PETROPRODUCCIÓN cuenta con varios servidores AS/400 los que permiten el manejo de facturas, sistema de control documental, roles de pago, información del personal, etc.

Se tienen tres servidores en la ciudad de Quito y dos en la ciudad de Lago Agrio.

2.3.1.3.11 Servidor de Base de Datos Oracle

PETROPRODUCCIÓN cuenta con un servidor de Base de Datos en *Oracle Enterprise* versión 9G, el cual permite el almacenamiento de datos de diferentes aplicaciones y servicios que proporciona la Intranet de la empresa.

2.3.1.3.12 Servidor Bizagi BPM

PETROPRODUCCIÓN está migrando su información y aplicaciones de facturación del Sistema AS/400 a un Sistema *Workflow* (flujo de trabajo) en *Bizagi*, que es un *BMP*¹. Este sistema permite el proceso y trámite de facturas, órdenes de trabajo y pagos a proveedores.

Se dispone de una aplicación WEB que utiliza el Sistema de Facturación desarrollado en *Bizagi*; cabe mencionar que *Bizagi* toma la información almacenada en el servidor de Base de Datos en *Oracle* para la continuación, aprobación o negación de todas las facturas, cheques, órdenes de pago, etc. que genera y recibe la empresa.

Se tiene un solo servidor *Bizagi* en la ciudad de Quito.

2.3.1.3.13 Servidor IBM Lotus Domino

PETROPRODUCCIÓN está migrando su información y aplicación de manejo de documentación del Sistema AS/400 a un Sistema *Workflow* en *Lotus Domino*. Este sistema permite el control de toda la documentación que genera y recibe la empresa.

Cabe mencionar que el Sistema de Control de Correspondencia va ligado a un Sistema Cero Papeles, el cual incluye: un Sistema de Control de Flujo de Documentación (*Lotus Domino Server*), un Sistema de Almacenamiento y Repositorio Digital (*On-Base*, *O4N*, *Microsoft Shared Point*, *IBM Content Manager*) y un Sistema de Control de Firmas Digitales.

¹ Un *BPM* (*Business Process Manager*), es una herramienta para el manejo y gestión de los procesos administrativos, financieros, documentales, etc. En definitiva cualquier *workflow* que genere una organización.

Se tienen dos servidores *IBM Lotus Domino* en la ciudad de Quito y uno en la ciudad de Lago Agrio.

2.3.1.3.14 Servidor DB2 y Business Objects

El servidor *Business Object* (B.O.) permite el control y gestión empresarial sobre índices de avances de proyectos, indicadores de gestión, eficiencia y rendimiento, toma de decisiones y alarmas de proyectos en crisis; esta aplicación es de tipo gerencial por la cual no todos los usuarios pueden acceder a esta información.

Cabe mencionar que la aplicación desarrollada en B.O. toma la información almacenada en el servidor de Base de Datos en *DB2* que es una base de datos relacional de *IBM*.

2.3.1.3.15 Servidor Resolve IT

PETROPRODUCCIÓN cuenta con un servidor para la asignación de casos de trabajo y ayuda técnica (*helpdesk*), la aplicación es accedida mediante un *software* cliente instalado en cada PC y el sistema permite el control de casos: asignados, atendidos, pendientes y vencidos.

Esta aplicación está enfocada al Departamento de Sistemas para el control de soporte y ayuda técnica al usuario.

2.3.1.3.16 Cuadro Comparativo de Servidores

La tabla 2.6 muestra los servidores para el Edificio Villafuerte, detallando el sistema operativo S.O., *hardware* y el *software* que implementa el servicio especificado.

2.3.2 RED DE DATOS PARA EL EDIFICIO LA TRIBUNA

El Edificio La Tribuna tiene 3 Subsuelos, Planta Baja, Mezzanine y 14 Pisos, la red de datos para este edificio es de tipo red *Ethernet* en topología estrella.

EQUIPO	MARCA	SERVICIO	S.O.	SOFTWARE	No. Y TIPO DE PROCESADOR	No. DE DISCOS DUROS (DD) Y CAPACIDAD	MEMORIA RAM
<i>Blade Center HS20 Slot 1</i>	<i>IBM</i>	Correo Electrónico	w2k3s ¹	<i>Microsoft Exchange 2003</i>	2 núcleos <i>Intel Xeon (TM) Dual Core</i> con una velocidad de reloj de 3,60 GHz	1 DD de 40 GB 1 DD de 160 GB 1 DD de 80 GB 1 DD de 250 GB	2 GB
<i>Blade Center HS20 Slot 2</i>	<i>IBM</i>	Directorio Activo y Nombres de Dominio	w2k3s	Active Directory y DNS <i>Microsoft</i>	2 núcleos <i>Intel Xeon (TM) Dual Core</i> con una velocidad de reloj de 3,60 GHz	1 DD de 40 GB 1 DD de 20 GB	2 GB
<i>Blade Center JS21 Slot 3</i>	<i>IBM</i>	WEB Interna	RH E4 ²	<i>Apache</i>	2 núcleos <i>Intel Xeon (TM) Dual Core</i> con una velocidad de reloj de 3,60 GHz	1 DD de 80 GB	2 GB
<i>Blade Center HS21Slot 4</i>	<i>IBM</i>	Anti-Virus	w2k3s	<i>Kaspersky Anti-Virus 6.0</i>	1 núcleos <i>Intel Xeon (TM) Dual Core</i> con una velocidad de reloj de 2,60 GHz	1 DD de 80 GB	1 GB
<i>Blade Center HS21 Slot 5</i>	<i>IBM</i>	SQL Server	w2k3s	Microsoft SQL Enterprise ver 8.0	1 núcleos <i>Intel Xeon (TM) Dual Core</i> con una velocidad de reloj de 2,60 GHz	1 DD de 80 GB	1 GB
<i>Blade Cente r HS21 Slot 6</i>	<i>IBM</i>	Actualización de Parches y Software (SMS)	w2k3s	<i>Microsoft Systems Management Server 2007</i>	1 núcleos <i>Intel Xeon (TM) Dual Core</i> con una velocidad de reloj de 2,60 GHz	2 DD de 20 GB 1 DD de 40 GB	1 GB
<i>Blade Center HS21 Slot 7</i>	<i>IBM</i>	<i>Storage Manager, Sistema de Respaldos</i>	w2k3s	<i>Symactec Backup, System Recovery</i>	1 núcleos <i>Intel Xeon (TM) Dual Core</i> con una velocidad de reloj de 2,60 GHz	1 DD de 256 GB 1 DD de 60 GB	1 GB
<i>OpenPower</i>	<i>IBM</i>	Base de Datos Integral <i>DataWareHouse</i>	RH E4	<i>IBM DB2</i>	2 núcleos POWER5+ con una velocidad de reloj de 1,50 GHz	4 DD de 40 GB	2 GB

¹ Windows 2003 Server Enterprise.

² Linux Red Hat Enterprise 4.

xSeries 366	IBM	Índices de Gestión Empresarial	w2k3s	Business ObjectsXI Release 2	1 núcleo Intel Xeon (TM) Dual Core con una velocidad de reloj de 2,60 GHz	3 DD de 40 GB	1 GB
xSeries 366	IBM	Asignación de Casos(HelpDesk)	w2k3s	Resolve IT ver. build 1.07	1 núcleo Intel Xeon (TM) Dual Core con una velocidad de reloj de 2,60 GHz	3 DD de 40 GB	1 GB
PowerEdge 1850	DELL	Firewall y Proxy	Unix	Astaro Security Gateway 6.310	2 núcleos Intel Xeon (TM) Dual Core con una velocidad de reloj de 3,60 GHz	1 DD de 80 GB	2 GB
System x3550	IBM	WEB Externa	RH E4	Apache	1 núcleo Intel Xeon (TM) Dual Core con una velocidad de reloj de 3,73 GHz	1 DD de 80 GB	1 GB
System x3550	IBM	WEB-MAIL	w2k3s	Outlook Web Access OWA	2 núcleos Intel Xeon (TM) Dual Core con una velocidad de reloj de 3,00 GHz	1 DD de 80 GB 1 DD de 250 GB	3 GB
Precision 690	DELL	Astaro Report Manager	w2k3s	Astaro Report Manager ver 4.2	2 núcleos Intel Xeon (TM) Dual Core con una velocidad de reloj de 3,00 GHz	1 DD de 250 GB	3 GB
HP 370	HP	Aprendizaje On-Line	w2k3s	Microsoft E-Learning	1 núcleo Intel Pentium4 (R) con una velocidad de reloj de 2,60 GHz	1 DD de 80 GB	1 GB
MCS Series 7800	CISCO	VoIP y DHCP	w2ks ¹	Call Manager 3.3 y DHCP Microsoft	1 núcleo Intel Pentium4 (R) con una velocidad de reloj de 2,60 GHz	1 DD de 80 GB	1 GB
xSeries 235	IBM	WEB Interna de RR.HH.	RH E4	Apache	1 núcleo Intel Xeon (TM) Dual Core con una velocidad de reloj de 2,60 GHz	1 DD de 80 GB	1 GB
eServer System i 525	IBM	Sistema de Documentación	OS 400	i5 ver 5.7	2 núcleos POWER5+ de 64bits con una velocidad de reloj de 2,50 GHz	2 DD de 232 GB	4 GB

¹ Windows 2000 Server.

<i>System i 550</i>	<i>IBM</i>	Sistema de Facturación Rol de pagos, Sistema de Bodega.	OS 400	<i>i5 ver 5.7</i>	2 núcleos POWER5+ de 64 bits con una velocidad de reloj de 2,50 GHz	2 DD de 232 GB	4 GB
<i>System i 550</i>	<i>IBM</i>	Sistema de Contabilidad, Adquisiciones y Requisiciones	OS 400	<i>i5 ver 5.7</i>	2 núcleos POWER5+ de 64bits con una velocidad de reloj de 2,50 GHz	2 DD de 232 GB	4 GB
<i>System p5 510 Express</i>	<i>IBM</i>	Base de Datos (En proceso de migración)	AIX ¹	<i>Oracle ver 9 G</i>	4 núcleos POWER5+ de 64 bits con una velocidad de reloj de 2,50 GHz	4 DD de 73.4 GB	8 GB
		Sistema de Facturación (En proceso de migración)	RH 4.4 p5 ²	<i>Bizagi y Apache</i>			
		Sistema de Documentación (En proceso de migración)	AIX	<i>IBM Lotus Domino</i>			

Tabla 2.6 Servidores para el Edificio Villafuerte

¹ AIX para Sistemas p5 ver 5.3 de *IBM*.

² *Linux Red Hat Enterprise* para Sistemas *i5* y *p5* de *IBM*.

2.3.2.1 Enlace Microonda

El enlace desde el Edificio La Tribuna hasta el Cerro del Pichincha tiene una capacidad de 1 E1 de los cuales 8 canales son para datos, 22 canales para voz y 2 canales para sincronización.

La infraestructura de radio microonda para el Edificio La Tribuna consta de un equipo digital *Urbanet 18Z* marca *Harris*, multiplexores *Bayly* para la transmisión de voz y datos con capacidad total de 1 E1; y, una antena tipo tambor de marca *Andrew*.



Figura 2.10 Equipos de microonda y antena en el Ed. La Tribuna

Las tablas 2.7 a 2.9 muestran en detalle las características del enlace de microonda desde el Edificio La Tribuna hasta el Cerro del Pichincha.

CARACTERÍSTICA	ED. LA TRIBUNA – CERRO PICHINCHA
MARCA	<i>Harris</i>
MODELO	<i>Urbanet 18Z</i>
RANGO DE FRECUENCIA	17.56 – 19.16 GHz
CAPACIDAD	4 E1

Tabla 2.7 Características del equipo de radio microonda – Ed. La Tribuna

CARACTERÍSTICA	ED. LA TRIBUNA – CERRO PICHINCHA	
MARCA	ANDREW	
MODELO	HP8 – 180	
TIPO	Tambor	
DIÁMETRO	2.4 m	
GANANCIA	50.7 dB	
ALTURA	30.0 m	60.0 m

Tabla 2.8 Características de las antenas para el enlace microonda – Ed. La Tribuna

CARACTERÍSTICA	ED. LA TRIBUNA	CERRO PICHINCHA
LATITUD	00° 10' 56.55" S	00° 10' 07.01" S
LONGITUD	78° 28' 54.29" W	78° 31' 29.27" W
ELEVACIÓN	2775 m.	3858 m
ACIMUT	310.33°	130.33°
DISTANCIA DE SEPARACIÓN	5.01 Km	
PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE	131.07 dB	
ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA	0.27 dB	
PÉRDIDAS ACU Tx	0.00 dB	
PÉRDIDAS ACU Rx	0.00 dB	
PÉRDIDAS TOTALES	133.33 dB	
NIVEL REQUERIDO PARA 10-3 BER	-85.5 dBm	
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN	18.87 GHz	
FRECUENCIA DE RECEPCIÓN	17.86 GHz	

Tabla 2.9 Información Técnica del enlace Edificio La Tribuna – Cerro del Pichincha

2.3.2.2 Red de Área Local

La red de área local para el Edificio La Tribuna es de tipo *Ethernet* en topología estrella con velocidades de transmisión de 10/100 Mbps para los usuarios y servidores.

Se tienen varias categorías para el cableado estructurado: CAT 5 y CAT5e para la mayoría de los usuarios, CAT6 y Fibra Óptica Multimodo para el Departamento de Yacimientos, Geología y Geofísica. El Edificio La Tribuna cuenta con alrededor de 260 puntos de red distribuidos para todo el edificio.

Se tiene un *Router* 2600 para la comunicación serial V.35 con el equipo de microonda *Urbanet* 18Z, que permite la comunicación con el Edificio Villafuerte, desde el cual se realiza la comunicación para las diferentes dependencias del país.

La tabla 2.10 muestra los dispositivos de interconectividad para el Edificio La Tribuna.

No Equipos	Tipo de Equipo	Marca	Modelo	Capacidad
4	SWITCH	CISCO	Catalyst 2950	10/100 Base-TX 48x 1000 Base-T 2x
4	SWITCH	CISCO	Catalyst 2950	10/100 Base-T 24x
2	SWITCH	CISCO	Catalyst 2950	10/100 Base-TX 12x
4	SWITCH	3COM	5500	10/100 Base-SX
4	SWITCH	INTEL	Express 460T	10/100 Base-T 24x
1	SWITCH	CNET	PowerSwitch	10/100 Base-T 24x
1	ROUTER	CISCO	CISCO 2600	10/100 Base-TX SERIAL port
1	HUB	IBM	Stackable Ethernet 8237	10 Base-T16x

Tabla 2.10 Equipos de interconectividad para el Edificio La Tribuna

2.3.2.3 Servidores

En este Edificio se encuentran servidores especializados para el monitoreo, administración y control de pozos petroleros, tasa de producción, búsqueda de nuevas cuencas sedimentarias, etc. (*Paraday, Petrel, Geographic, etc.*)

Estos servidores especializados son utilizados por el personal del Departamento de Geofísica, Yacimientos y Geología; los servidores se encuentran en redes locales de fibra óptica de alto rendimiento y disponibilidad.

El Edificio La Tribuna cuenta con los siguientes servidores generales:

- Servidor *Kaspersky*
- Servidor de Nombres de Dominio (DNS) integrado con el Servidor *Microsoft Exchange*
- Servidor *Microsoft Systems Management (SMS)*
- Servidor *IBM Lotus Domino*

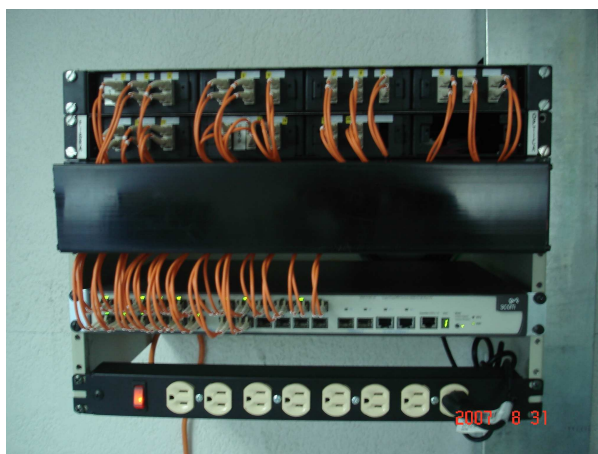
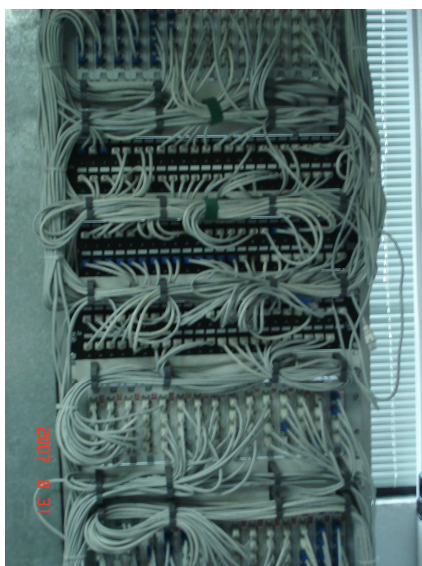


Figura 2.11 Equipos de interconectividad en el Edificio La Tribuna – Piso 7

2.3.2.3.1 *Cuadro Comparativo de Servidores*

La tabla 2.11 muestra los servidores para el Edificio La Tribuna, detallando el sistema operativo S.O., *hardware* y *software* que implementa el servicio especificado.

EQUIPO	MARCA	SERVICIO	S.O.	SOFTWARE	No. Y TIPO DE PROCESADOR	No. DE DISCOS DUROS (DD) Y CAPACIDAD	MEMORIA RAM
<i>System x3550</i>	<i>IBM</i>	Correo Electrónico y Nombres de Dominio y Directorio Activo	w2k3s	<i>Microsoft Exchange 2003 y Active Directory</i>	2 núcleos <i>Intel Xeon (TM) Dual Core</i> con una velocidad de reloj de 3,00 GHz	1 DD de 80 GB 1 DD de 250 GB	2 GB
<i>Precision 690</i>	<i>DELL</i>	Anti-Virus	w2k3s	<i>Kaspersky</i>	2 núcleos <i>Intel Xeon (TM) Dual Core</i> con una velocidad de reloj de 3,00 GHz	1 DD de 250 GB	3 GB
<i>Precision 690</i>	<i>DELL</i>	Actualización de Parches y <i>Software (SMS)</i>	w2k3s	<i>Microsoft Systems Management Server 2007</i>	2 núcleos <i>Intel Xeon (TM) Dual Core</i> con una velocidad de reloj de 3,00 GHz	1 DD de 250 GB	3 GB
<i>System x3550</i>	<i>IBM</i>	Sistema de Documentación (En proceso de migración)	w2k3s	<i>IBM Lotus Domino</i>	2 núcleos <i>Intel Xeon (TM) Dual Core</i> con una velocidad de reloj de 3,00 GHz	1 DD de 80 GB	2 GB

Tabla 2.11 Servidores para el Edificio La Tribuna

2.4 ANÁLISIS DE TRÁFICO DE RED

Para el análisis de tráfico de datos de PETROPRODUCCIÓN se dispone de *Astaro Security Gateway* y de *Astaro Reporter Manager*.

Mediante estas dos herramientas se puede analizar el tráfico de datos para las interfaces Interna, Externa y DMZ del *Proxy-Firewall Astaro*. (ver Figura 2.9)

Además se puede generar reportes de uso del ancho de banda AB (*Bandwidth*), consumo de Internet, el volumen de información transferido; por cada red, por día de la semana, por hora, por protocolo, etc.

2.4.1 INTERFAZ INTERNA

La interfaz interna corresponde al enlace con la red de datos de PETROPRODUCCIÓN, es decir todas las redes de área local (LAN) de cada dependencia conectadas mediante la red de área extendida (WAN).

Mediante el *Proxy-Firewall Astaro* se puede realizar un análisis del tráfico de datos que pasa a través de este dispositivo.

La figura 2.12 muestra el diagrama de tráfico interno en función de cada hora del día.

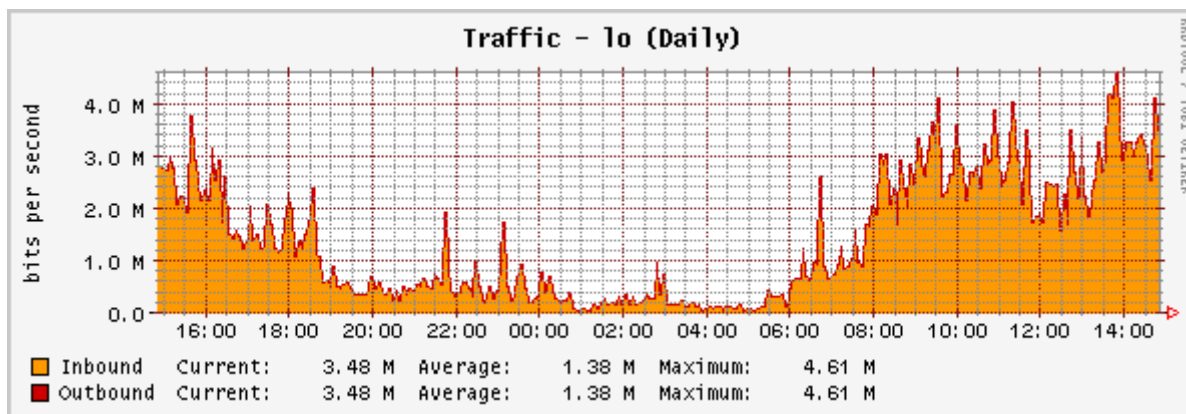


Figura 2.12 Tráfico de Datos para la Interfaz Interna

Se tiene un máximo de 4,61 Mbps de tráfico local que atraviesa el *Proxy-Firewall* en un día normal de funcionamiento.

2.4.2 INTERFAZ EXTERNA

La interfaz externa corresponde la salida hacia Internet. Cabe mencionar que Integral Data (ISP contratado por PETROPRODUCCIÓN) proporciona el servicio de Internet con una velocidad de transmisión de 1,987 Mbps (con un máximo de 2 Mbps) mediante un enlace de cobre dedicado.

La figura 2.13 muestra el tráfico de datos que pasa por la interfaz externa dependiendo de cada hora, es decir la velocidad de transmisión efectiva de uso de Internet.

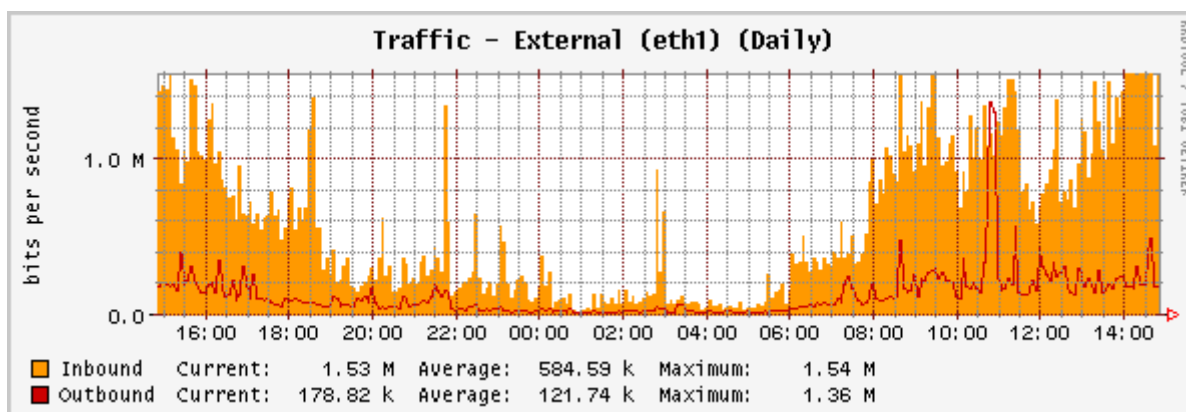


Figura 2.13 Tráfico de Datos para la Interfaz Externa

Se tiene un máximo de 1,54 Mbps de tráfico externo que atraviesa el *Proxy-Firewall* en un día normal de funcionamiento. Además existen picos de tráfico para las 09:00 y 14:00 horas.

2.4.3 INTERFAZ DMZ

La interfaz DMZ permite la salida hacia Internet del servidor WEB externo de la empresa.

Además se realiza un proceso de NAT (*Network Address Translation*) para el servidor *WEB-MAIL*.

La figura 2.14 muestra el tráfico de datos que pasa por la interfaz DMZ dependiendo de cada hora, es decir el tráfico del servidor WEB externo.

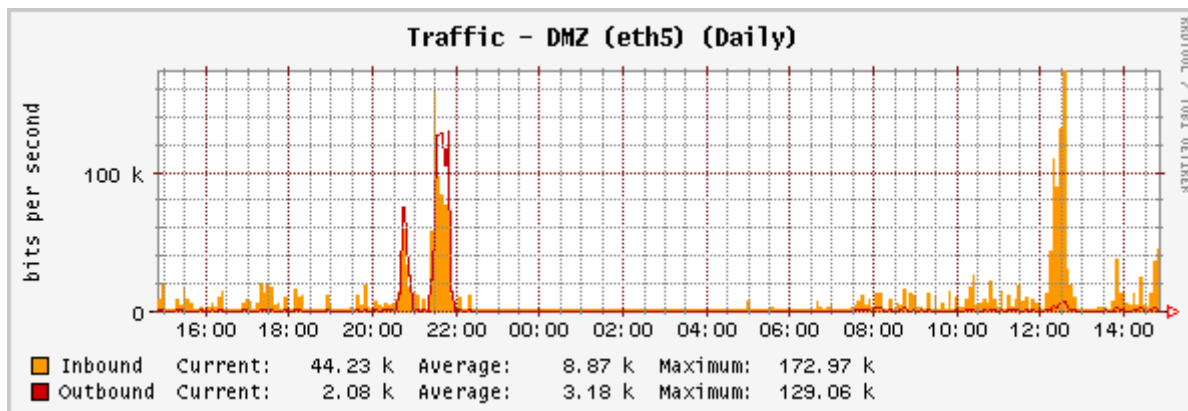


Figura 2.14 Tráfico de Datos para la Interfaz DMZ

Se tiene un máximo de 172.97 Kbps de tráfico de datos del servidor WEB externo, además existe un pico pronunciado de visitas a la página externa de PETROPRODUCCIÓN a las 12:30.

2.4.4 VOLÚMENES DE INFORMACIÓN TRANSFERIDOS

El volumen de información transferido (*bytes* circulantes en la red) es un factor crítico para el buen rendimiento de la red de datos, sin embargo muy pocos administradores de red realizan un análisis exhaustivo de qué tipo de tráfico circula por la red y qué porcentaje de capacidad consume cada subred, aplicación, protocolo, etc.

A continuación se presenta en detalle el volumen de información transferido por el *Proxy-Firewall Astaro* para las siguientes categorías:

- Por Protocolo
- Por Subred
- Por Día de la Semana
- Por Hora del Día
- Ataques y Páginas Bloqueadas

2.4.4.1 Volumen de Información por Protocolo

La tabla 2.12 muestra los distintos protocolos y su respectivos eventos (*Hits*) generados.

Protocolo	<i>Hits</i>	% de <i>Hits</i>
http	12018692	26.08
tcp	18487654	40.12
udp	5741021	12.46
dns	5785543	12.55
icmp	3375979	7.33
https	261398	0.57
telnet	9552	0.02
ftp	87380	0.19
pop3	776	0.00
smtp	269062	0.58
Total	46037056	99.90

Tabla 2.12 Eventos generados por cada protocolo

La figura 2.15 muestra los principales protocolos usados con sus respectivos *bytes* transferidos por la red (volumen de información).

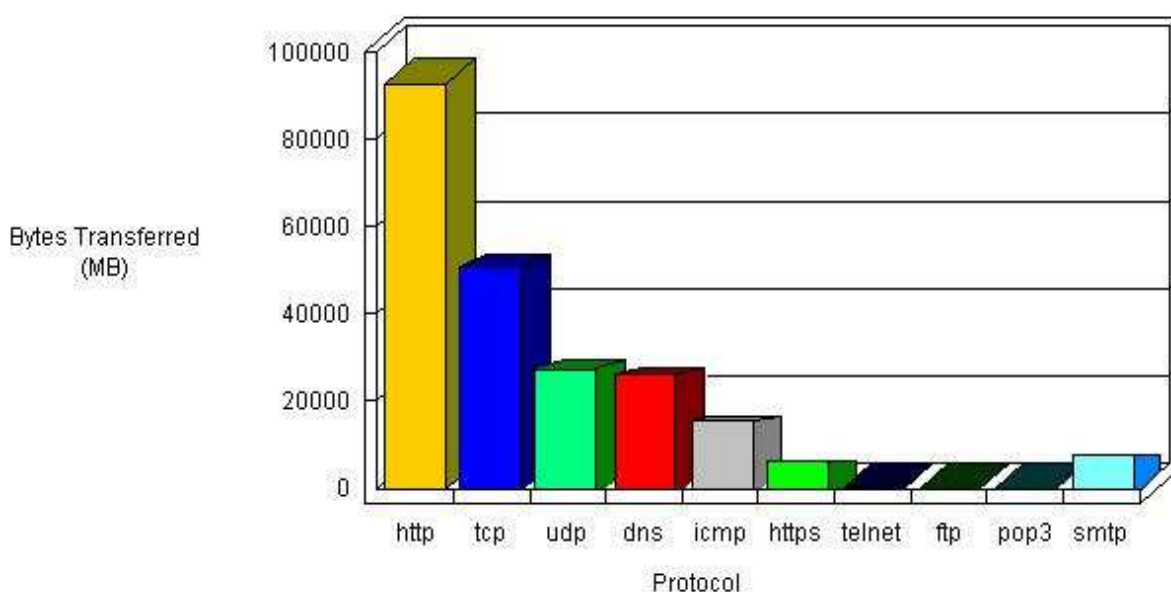


Figura 2.15 Volumen de información utilizado por cada protocolo

2.4.4.2 Volumen de Información por Subred

La tabla 2.13 muestra en detalle cada subred o departamento conjuntamente con el número de eventos y los *bytes* transferidos.

No	Subred Departamento	Hits	% de Hits	Bytes Transferidos	% de Bytes Transferidos
1	Lago Agrio	5519950	14,32	35.48 GB	41,84
2	Villafuerte	16047167	41,64	11.02 GB	12,99
3	Sacha120	1297716	3,36	10.52 GB	12,41
4	Tribuna17	2309815	5,99	7.79 GB	9,19
5	Auca	584082	1,51	4.79 GB	5,65
6	Shushufindi125	10381634	26,94	3.94 GB	4,65
7	Libertador	1507422	3,91	3.71 GB	4,38
8	Coca	270208	0,7	2.71 GB	3,19
9	VHR	236863	0,61	2.64 GB	3,11
10	Guarumo	382939	0,99	2.20 GB	2,59
	Total	38537796	99.9	84.80 GB	100

Tabla 2.13 Volumen de información y eventos generados por subred

La figura 2.16 muestra el volumen de información transferido a cada subred o dependencia.

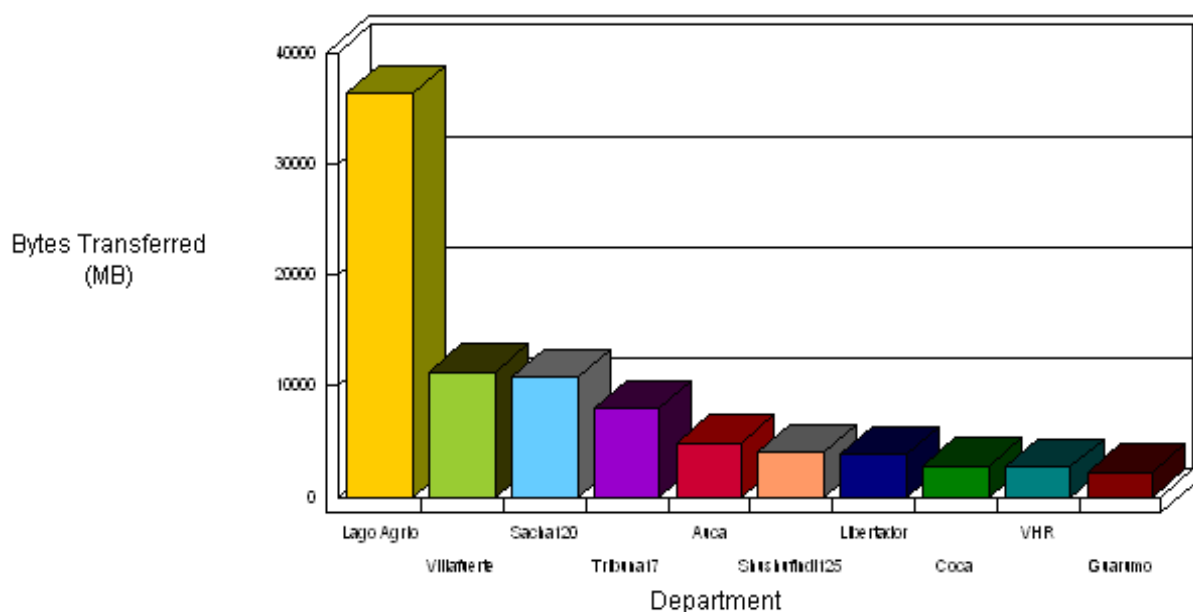


Figura 2.16 Volumen de información utilizado por subred o departamento

2.4.4.3 Volumen de Información por Día de la Semana

La tabla 2.14 muestra en detalle el volumen de información utilizado por cada día de la semana.

Día	Hits	% de Hits	Bytes Transferidos	% de Bytes Transferidos
Domingo(<i>Sun</i>)	6658497	14.45	13.77 GB	15.20
Lunes (<i>Mon</i>)	9092213	19.73	20.89 GB	23.06
Martes (<i>Tue</i>)	7573995	16.43	18.18 GB	20.07
Miércoles (<i>Wed</i>)	5132579	11.14	11.95 GB	13.19
Jueves(<i>Thu</i>)	4832209	10.49	7.58 GB	8.37
Viernes (<i>Fri</i>)	5191681	11.27	9.23 GB	10.19
Sábado (<i>Sat</i>)	7603572	16.50	8.98 GB	9.91
Total	46084744	100.00	90.58 GB	99.99

Tabla 2.14 Volumen de información y eventos generados por día de la semana

La figura 2.17 muestra el volumen de información (*bytes transferidos*) en un gráfico de línea 3D para cada día de la semana.

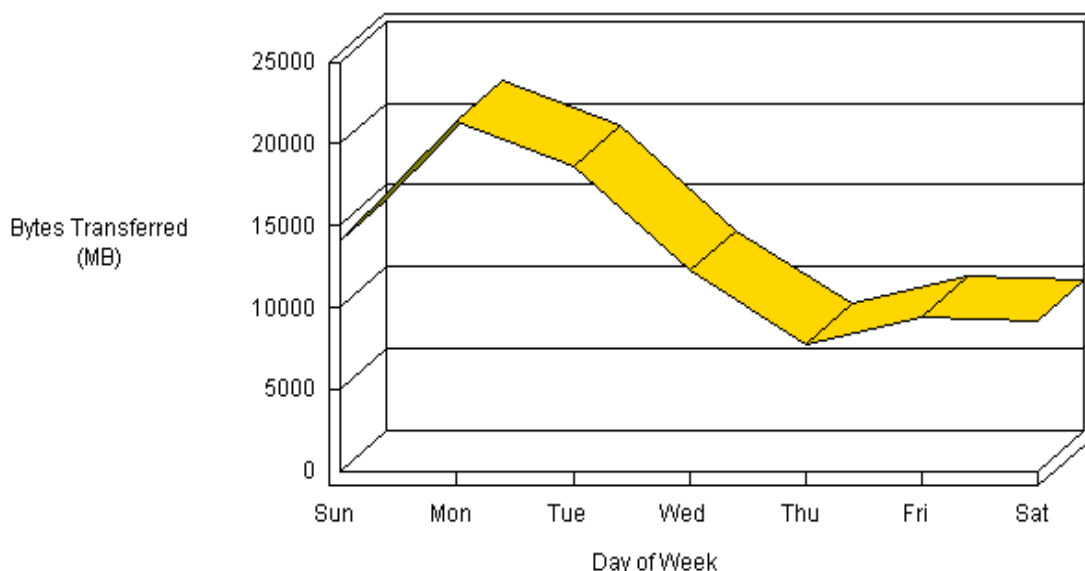


Figura 2.17 Volumen de información utilizado por día de la semana (Línea 3D)

La figura 2.18 muestra el volumen de información (*bytes transferidos*) en un gráfico de columnas 3D para cada día de la semana.

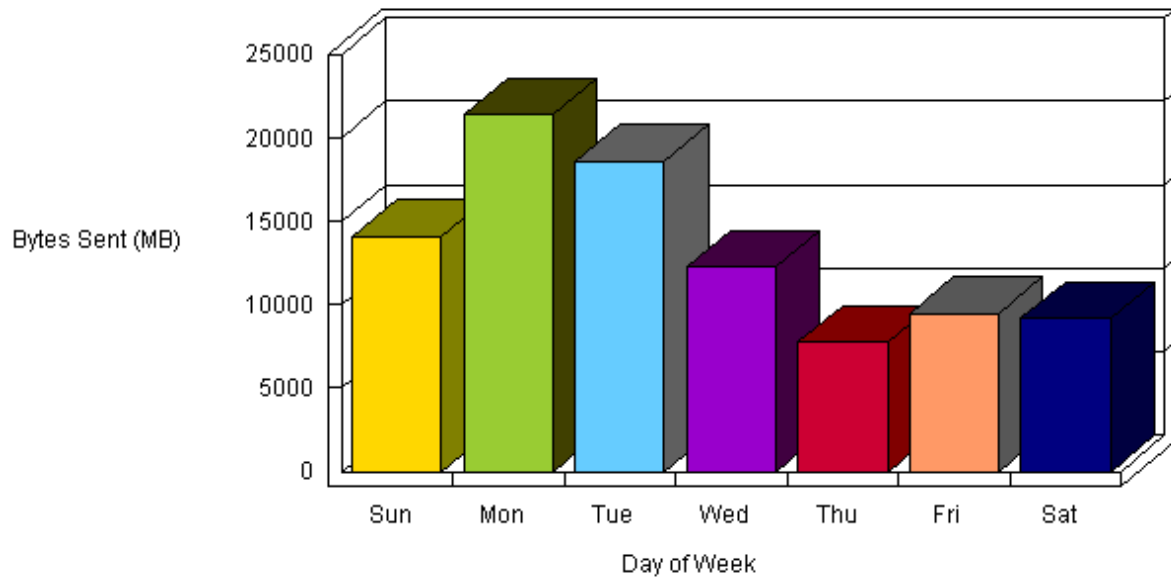


Figura 2.18 Volumen de información utilizado por día de la semana (Columnas 3D)

2.4.4.4 Volumen de Información por Hora del Día

La figura 2.19 muestra el volumen de información transferido con respecto a cada hora del día, se tiene un acumulado para todos los días procesados (*Historical*) y una para un día en particular (*Daily*).

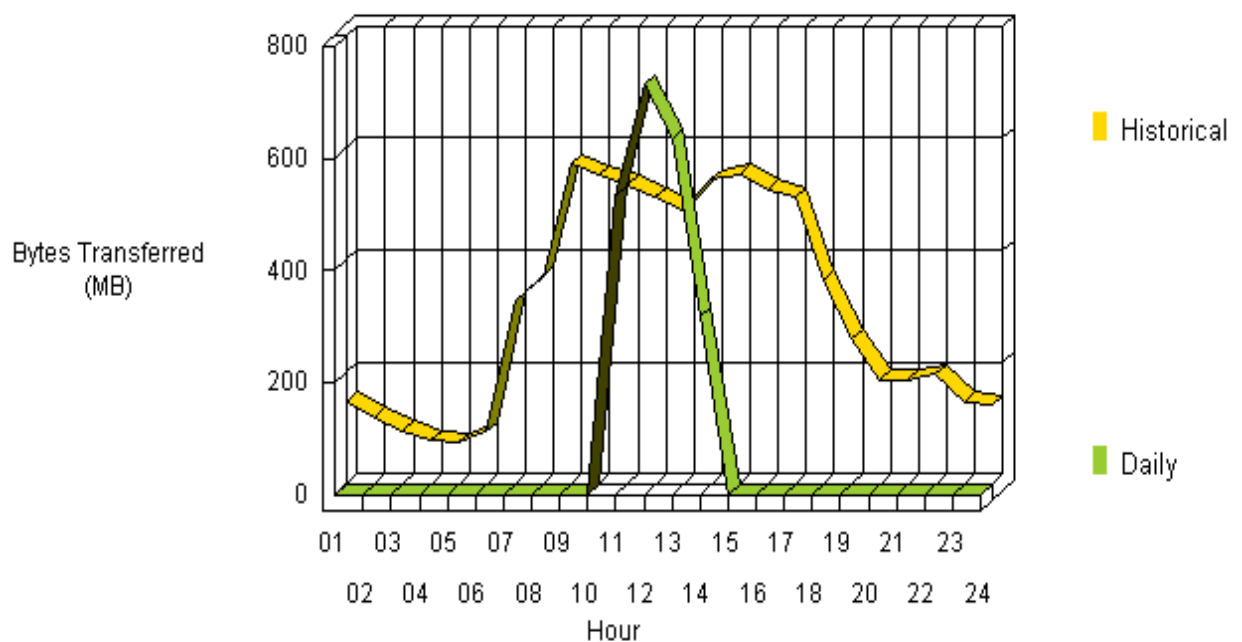


Figura 2.19 Volumen de información utilizado por hora del día

2.4.4.5 Ataques y Páginas Bloqueadas

Es imprescindible que las redes de información manejen criterios y políticas de seguridad: de esta forma la confiabilidad, disponibilidad, integridad y autenticación del usuario debe garantizarse en todas las aplicaciones y servicios proporcionados.

Uno de los principales parámetros de control es el número de ataques que soporta la red.

La figura 2.20 muestra el número de ataques bloqueados y filtrados dependiendo de cada hora del día.

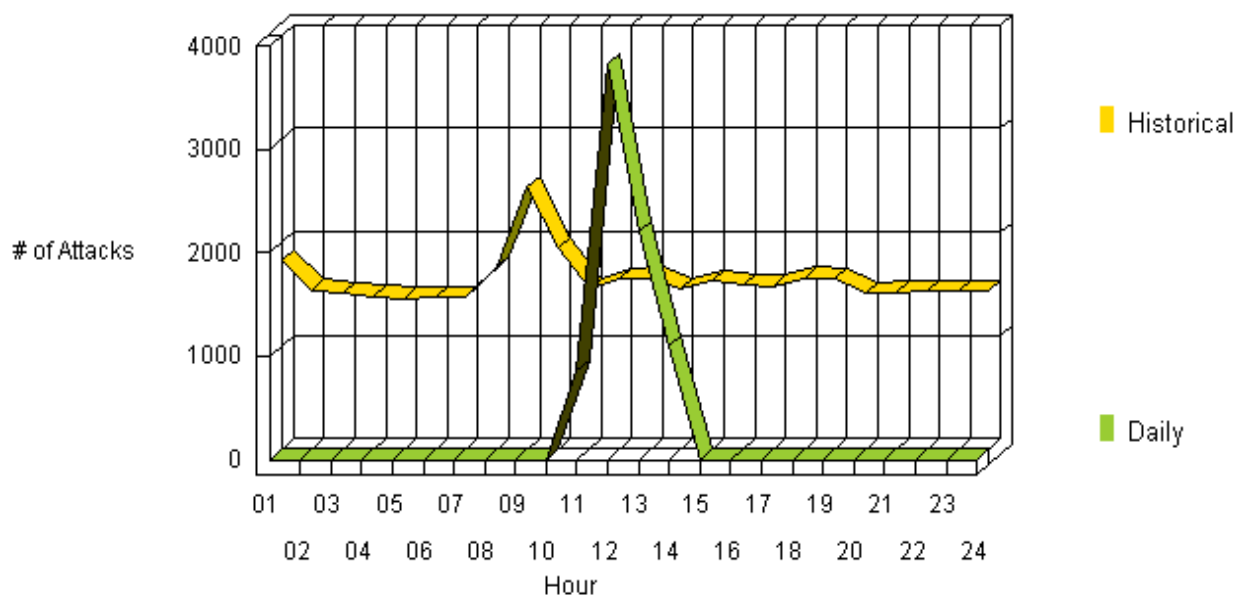


Figura 2.20 Número de ataques por hora del día

El *Proxy-Firewall Astaro* permite la categorización de páginas WEB sospechosas y maliciosas de tal forma que bloquea al usuario el acceso a este tipo de páginas y genera un reporte del número de eventos (páginas, imágenes, videos, *banners*, etc.) que han sido bloqueados.

La tabla 2.15 muestra el número de eventos bloqueados por cada categoría, además los *bytes* que fueron transferidos al *Proxy-Firewall Astaro*.

	Categorías y Bloqueo de Páginas WEB	# de Hits	Bytes Transferidos
1	Bloqueadas por Pornografía <i>pornography(0)</i>	53793	32.33 KB
2	Bloqueadas por Relaciones de Amistad (hi5,msn, lycos, etc.) <i>dating_/_relationships(42)</i>	38699	7.86 KB
3	Bloqueadas por Páginas Personales (<i>blogger, geocities, weblogs, etc.</i>) <i>personal_homepages(49)</i>	37816	2.86 KB
4	Bloqueadas por Erótico/Sexo <i>erotic_/_sex(1)</i>	23414	13.13 KB
5	Bloqueadas por Chat (<i>Messenger,google chat, latin chat, etc.</i>) <i>chat(28)</i>	15244	3.25 KB
6	Bloqueadas por <i>Spyware</i> (programas espías) <i>malware(60)</i>	14087	6.05 KB
7	Bloqueadas por <i>Proxies</i> Anónimos <i>anonymous_proxies(37)</i>	8678	6.00 KB
8	Bloqueadas por <i>Phishing</i> (correos electrónicos engañosos con finalidad de obtener información) <i>web_mail(27)</i>	7081	0.02 KB
9	Bloqueadas por Juegos de computadoras. <i>computer_games(18)</i>	2789	0.04 KB
10	Bloqueadas por Juegos de lotería. <i>gambling_/_lottery(17)</i>	1842	0.02 KB
	Total	203443	71.56 KB

Tabla 2.15 Categorías y bloqueos de páginas WEB

Finalmente, la figura 2.21 muestra en un diagrama circular 3D, el porcentaje de eventos bloqueados¹ dependiendo del filtro de contenido y de la categorización del *Proxy-Firewall Astaro*.

Cabe mencionar que el *Proxy-Firewall Astaro* tiene más de 60 categorías y tipos² de páginas WEB en su filtro de contenido, si una página WEB se encuentra en una categoría bloqueada el usuario no puede acceder a ella.

¹ Acceso a páginas restringidas y descargas no autorizadas.

² Cada tipo o categoría tiene un número que se especifica en el paréntesis.

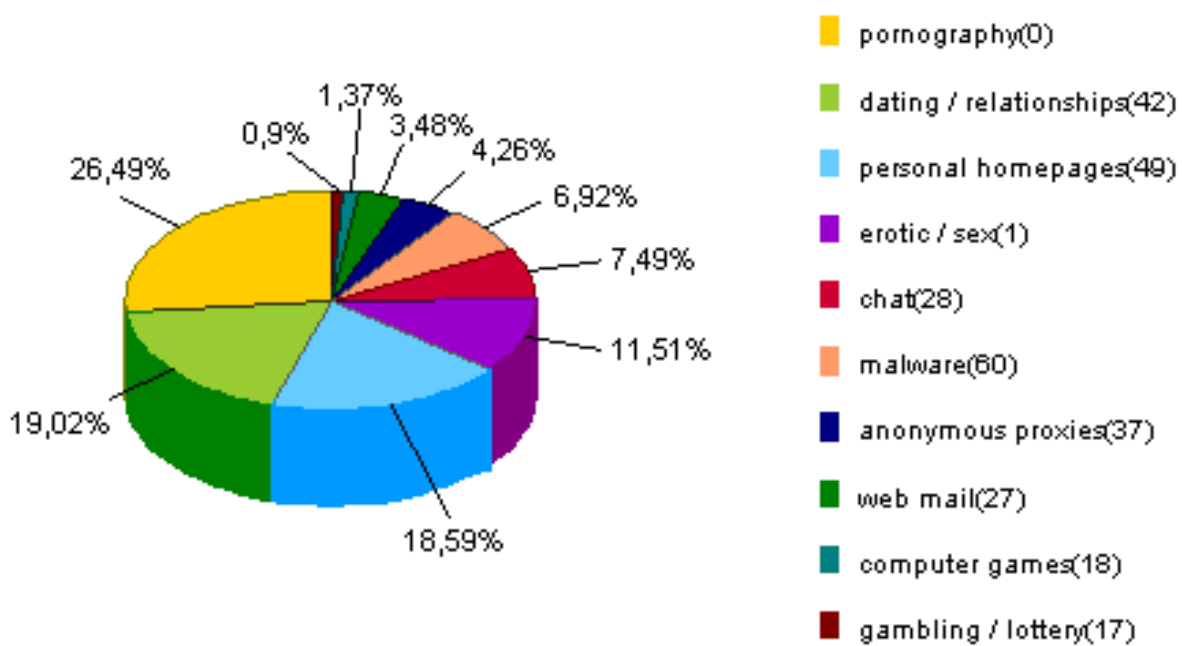


Figura 2.21 Porcentaje de bloqueos de páginas WEB sospechosas

CAPÍTULO 3

A decorative graphic consisting of two curved, swoosh-like shapes in a dark gray color. One swoosh is positioned above the text 'CAPÍTULO 3' and the other is below it, both curving around the text.

3. DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA

3.1. REQUERIMIENTOS DE LA RED INALÁMBRICA

La planificación de una red de área local cableada es un procedimiento bastante sencillo, dependiendo del tamaño de la red se requiere de un mayor nivel de conocimiento. Este tipo de redes se comportan de formas predecibles y la capacidad puede ser incrementada de forma directa.

Las redes inalámbricas requieren de planificaciones especiales, considerando varios factores como: la cobertura, usuarios beneficiados, seguridad, rendimiento, etc. Para lo cual es necesario realizar estudios del lugar de instalación y planificar la integración con redes cableadas instaladas anteriormente.

3.1.1. ACCESIBILIDAD A LOS RECURSOS DE RED

Mantener la accesibilidad a los recursos de red permite que los usuarios respondan más rápidamente a las necesidades de negocio de cada empresa, sin tener en cuenta si ellos están en su oficina, una sala de conferencia, en la cafetería de la compañía o incluso colaborando con un compañero en otro edificio [3].

3.1.2. SEGURIDAD A NIVEL EMPRESARIAL

Se debe implementar una arquitectura de seguridad propia para la red inalámbrica sin importar la plataforma de seguridad instalada en la red cableada.

Los administradores de la red deben detectar y localizar redes inalámbricas inseguras principalmente Puntos de Acceso Hostiles (*Rogue Access Point*) cercanos a la empresa y realizar un continuo monitoreo y rastreo del entorno de Radio Frecuencia (RF).

3.1.3. EXTENSIÓN E INTEGRACIÓN DE SERVICIOS DE RED

La telefonía IP y video-conferencia pueden ser soportados por la red inalámbrica, para lo cual es necesario dar un tratamiento preferencial a la información de audio

y video que se transmite en tiempo real. De esta forma se debe planificar una arquitectura de servicios básicos con soporte de QoS (QBSS).

De allí la importancia de seleccionar Puntos de Acceso con soporte de Calidad de Servicio (QAP) para una arquitectura de red a nivel empresarial.

3.1.4. SEGMENTACIÓN DE USUARIOS

Los servicios que proporciona la red inalámbrica pueden ser extendidos de una forma segura a usuarios invitados sin alterar el funcionamiento de los usuarios empresariales. Además los propios usuarios empresariales pueden ser segmentados definiendo perfiles de acceso para proporcionar diversos servicios de red con diferentes tipos de rendimiento.

3.1.5. MANEJO CENTRALIZADO

Las redes inalámbricas empresariales deben permitir una administración de forma centralizada, es decir tener el control de todos los dispositivos inalámbricos a través de un dispositivo central; de esta forma los administradores pueden responder de una manera más efectiva y eficiente cuando se presentan problemas y fallos en la red.

3.1.6. ARQUITECTURA Y PLATAFORMA DE LA RED

Dependiendo del número de usuarios de cada empresa y de los servicios que proporciona la red cableada, se debe realizar un estudio sobre qué tipo de arquitectura es la más favorable para la instalación de la red inalámbrica.

Para estandarizar y unificar la plataforma de red actual de PETROPRODUCCIÓN se plantea la utilización del *Framework Cisco Unified Wireless Network* (Plataforma de Red Inalámbrica Unificada de Cisco).

3.1.6.1 *Cisco Unified Wireless Network*

El *Cisco Unified Wireless Network* provee una plataforma que integra y extiende las redes inalámbricas con el menor costo total posible. Esta plataforma

proporciona el mismo nivel de seguridad, escalabilidad, fiabilidad, fácil despliegue y administración que tienen las redes de área local cableadas.

Los siguientes cinco elementos trabajan de forma conjunta para proporcionar una solución inalámbrica unificada [3]:

- Los dispositivos clientes.
- Los Puntos de Acceso.
- La unificación e integración de la red inalámbrica.
- La administración y seguridad de la red inalámbrica.
- Los servicios móviles proporcionados.

Cisco Unified Wireless Network incluye dos soluciones de seguridad a nivel empresarial, la primera utilizando el IOS *Cisco* para los diferentes Puntos de Acceso instalados en la empresa y la segunda usando Controladores de Puntos de Acceso (*Cisco Wireless LAN Controller, WLC*) para obtener una administración centralizada, por lo tanto se exige la utilización del Protocolo Ligero para Puntos de Acceso (*Lightweight Access Points Protocol, LWAPP*) [3].

3.2. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA

La instalación de redes inalámbricas especialmente las redes *Wi-Fi* es un procedimiento sencillo, sin embargo una configuración óptima resulta compleja si no se tienen las herramientas adecuadas y sólidos conocimientos. En consecuencia las redes *Wi-Fi* son fáciles de adquirir, bastante difíciles de configurar óptimamente y extremadamente difíciles de proteger [41].

3.2.1. PÉRDIDAS DE SEÑAL

Las ondas de radio frecuencia (RF) transmitidas por las redes inalámbricas son atenuadas e interferidas por diversos obstáculos y ruidos. A medida que una estación móvil se va alejando de un Punto de Acceso la potencia de la señal y la velocidad de transmisión van decreciendo.

Los factores de atenuación e interferencia más importantes son [10]:

- El tipo de construcción del edificio.
- Dispositivos inalámbricos como teléfonos y equipos *Bluetooth*.
- Elementos metálicos como puertas y armarios.
- Microondas.
- Humedad ambiental.

La velocidad de transmisión de una estación móvil es función de la distancia que existe entre la estación y el Punto de Acceso, de los obstáculos y de las interferencias con otros dispositivos inalámbricos; además se debe considerar la velocidad de transmisión real para el estándar 802.11g, que es de 20 a 23 Mbps en el mejor de los casos [10].

3.2.2. *ROAMING*

El *roaming* es la capacidad de una estación móvil de desplazarse físicamente sin perder comunicación.

Para permitir la itinerancia o *roaming* a usuarios móviles es necesario colocar los Puntos de Acceso de tal manera que haya una superposición (*overlapping*) de aproximadamente el 15% entre los diversos radios de cobertura [10].

En la figura 3.1 la zona de superposición permite que las estaciones móviles se desplacen del área de cobertura A a la B sin perder la comunicación, en definitiva el usuario se conecta del Punto de Acceso A al B de forma transparente.

La figura 3.1 muestra las zonas de cobertura de cada Punto de Acceso A y B, y la superposición de las mismas.

Dado que el estándar 802.11 no define las especificaciones para el *roaming*, cada fabricante diseña el algoritmo de decisión de cambio del área de cobertura según sus especificaciones más convenientes, por lo tanto pueden existir problemas cuando en una empresa se tienen Puntos de Acceso de diferentes fabricantes.

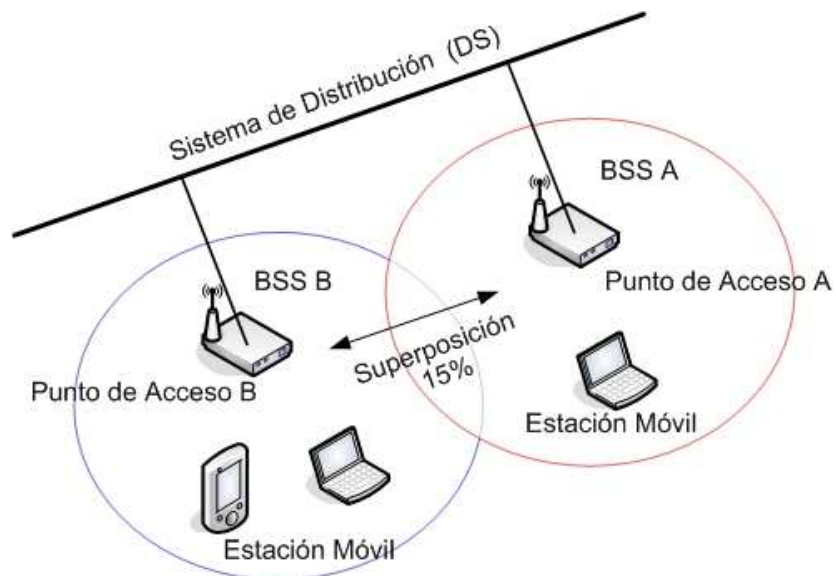


Figura 3.2 *Roaming* entre dos zonas de cobertura

3.2.3. CAPACIDAD Y COBERTURA

Los usuarios inalámbricos que se encuentran conectados a un Punto de Acceso deben compartir la capacidad total de datos, a mayor número de usuarios conectados menor será la capacidad disponible para cada uno.

Uno de los principales desafíos de las redes inalámbricas consiste en proveer a cada usuario la capacidad de datos suficiente para sus tareas.

Cuanto más fuerte es la señal de radio frecuencia de un Punto de Acceso mayor será el área de cobertura. El diseño de la red *Wi-Fi* consiste en definir micro-celdas que permiten una mayor cobertura que con una sola celda grande.

Cada Punto de Acceso define una micro-celda (área de cobertura); por tanto hay que tomar muy en cuenta la planificación y asignación de canales de radio frecuencia para evitar interferencias.

Los estándares 802.11g y 802.11b disponen de 3 canales no solapados (1, 6 y 11, según las especificaciones FCC) para América y 4 canales no solapados (1, 4, 9 y 13, según las especificaciones ETSI) para Europa.

El alcance de la señal de una red *Wi-Fi* dependerá de [41]:

- La potencia de emisión del Punto de Acceso.
- La ganancia del dispositivo *Wi-Fi* del usuario inalámbrico.
- Los obstáculos y pérdidas de señal.

En definitiva en redes *Wi-Fi* no solo se debe buscar la cobertura sino también la capacidad.

3.2.4. *SITE SURVEY*

El estudio del sitio o *site survey* es un procedimiento previo a la instalación de una red inalámbrica.

La finalidad de un *site survey* es determinar el lugar óptimo de localización de los Puntos de Acceso y detectar las zonas oscuras, es decir, zonas con mucho ruido o zonas sin cobertura [56].

Para la realización de un *site survey* es importante seguir un procedimiento definido de la siguiente forma [41]:

- Utilización de los planos arquitectónicos del sitio.
- Reconocimiento físico de las instalaciones y determinación de obstáculos.
- Determinar la ubicación preliminar de cada Punto de Acceso.
- Probar utilizando un *software* de monitoreo el nivel de señal de cada Punto de Acceso y comprobar la cobertura y rendimiento.
- Evaluar la re-ubicación de los Puntos de Acceso para lograr mejores coberturas y rendimientos.
- Evaluar la posibilidad de añadir o quitar Puntos de Acceso rediseñando cada micro-celda.
- Identificar la existencia de fuentes de energía y conexiones de red para los Puntos de Acceso a ser instalados.
- Planificar la asignación de canales de radio frecuencia para cada Punto de Acceso; de tal forma que se evite la interferencia co-canal.
- Documentar la ubicación final de todos los Puntos de Acceso con sus respectivas configuraciones de radio frecuencia y conexiones de red.

3.2.5. EQUIPAMIENTO 802.11

En el diseño de una red inalámbrica es imprescindible la correcta selección del equipamiento 802.11 y definir la tecnología inalámbrica a ser utilizada.

Las redes *Wi-Fi* necesitan de ciertos dispositivos como Puntos de Acceso, adaptadores inalámbricos y antenas. Además para redes inalámbricas empresariales es necesaria la inclusión de equipamiento especial como Controladores de Puntos de Acceso y analizadores de redes inalámbricas.

3.2.5.1 Puntos de Acceso

Existen diversos tipos de Puntos de Acceso dependiendo de las características y funciones de cada uno. Sin embargo se los puede agrupar en: Puntos de Acceso Básicos y Puntos de Acceso Robustos.

Los Puntos de Acceso Básicos son fáciles de configurar y gestionar, son más económicos y no presentan mayores problemas en compatibilidad con otros fabricantes.

Los Puntos de Acceso Robustos incorporan funciones adicionales de gestión y seguridad como: *firewall* y filtrado de tráfico, herramientas para *site survey*, ajuste de potencia, administración de recursos de radio frecuencia, etc. por lo que este tipo de equipos son comunes en implementaciones a nivel empresarial.

3.2.5.2 Controladores de Puntos de Acceso

Los Controladores de Puntos de Acceso o *Switches* para *Wi-Fi* (conocidos comúnmente en el mercado) son herramientas sofisticadas y diseñadas para el monitoreo, administración y gestión de redes inalámbricas *Wi-Fi*.

El continuo monitoreo del espectro de radio frecuencia mediante Puntos de Acceso o sensores inalámbricos permiten a los Controladores de Puntos de Acceso analizar la información recopilada para detectar Puntos de Acceso Hostiles, redes *Ad-Hoc* no deseadas, ataques de negación de servicio DoS, nodos ocultos, fuentes de ruido, interferencias, etc.

Los Controladores de Puntos de Acceso son capaces de solucionar problemas e inconvenientes que van apareciendo en las redes inalámbricas *Wi-Fi*, como por ejemplo [3]:

- Controlar la potencia de radio frecuencia de cada Punto de Acceso.
- Balancear la carga entre varios Puntos de Acceso.
- Permitir *roaming* de manera transparente al usuario.
- Estadística de los usuarios conectados a un Punto de Acceso.
- Detectar paquetes perdidos.
- Detectar Puntos de Acceso con fallas en su funcionamiento y que necesiten mantenimiento.
- Detectar Puntos de Acceso mal configurados.
- Generar estadísticas del uso de los recursos de radio frecuencia.

Además los Controladores de Punto de Acceso son administrados vía WEB y permiten configurar alarmas ante situaciones problemáticas, notificando al administrador de la red mediante *e-mail* o SMS (*Short Message Service*).

3.2.5.3 Antenas

La velocidad de transmisión de una conexión inalámbrica depende del nivel de potencia del Punto de Acceso y de la sensibilidad del dispositivo receptor.

En muchos casos para incrementar la velocidad de transmisión se debe incluir una o varias antenas de mayor ganancia¹; de esta forma la potencia y la calidad de la señal mejoran considerablemente.

Existen básicamente tres tipos de antenas [41]:

- Omnidireccionales
- Direccionales
- Sectoriales

¹ La ganancia de una antena se expresa en dBi que son los dB en relación con una antena ideal o isotrópica.

Las antenas omnidireccionales transmiten en todas las direcciones en un radio de 360 grados, por lo que su alcance es generalmente menor que los otros tipos de antenas.

Las antenas direccionales transmiten en una dirección determinada, de esta manera su haz es más potente y su alcance es mayor. Principalmente son utilizadas en conexiones punto a punto y cuando se requiera mayor seguridad para evitar que la señal se difunda por todas partes.

Las antenas sectoriales transmiten en una dirección pero no tan enfocadas como las antenas directivas, por lo tanto su alcance es mayor que las antenas omnidireccionales. Este tipo de antenas son instaladas en corredores y pasillos.

3.2.5.4 Analizadores de Red Inalámbrica

Son básicamente un *sniffer*¹ que se instala en un PC portátil o un PDA y permiten capturar las señales de radio frecuencia para su posterior análisis.

Este tipo de herramientas son de tipos estáticas debido a que analizan una situación en particular en el momento del monitoreo, por lo que es necesario que el administrador de la red realice un continuo mapeo del espectro de radio frecuencia.

Como ejemplos de analizadores de red inalámbricas se tiene a: *NetStumber*, *Airopeek*, *Kismet*, *Ethreal*, *Airmagnet*, *Visiwave*, etc.

3.2.6. ADMINISTRACIÓN CENTRALIZADA (LWAPP)

El Protocolo Ligero para Puntos de Acceso (LWAPP) es un protocolo propietario² que centraliza la administración de una red inalámbrica y proporciona un control de todos los Puntos de Acceso que soporten el protocolo [40].

¹ Software especializado en la captura y análisis del tráfico que circula por una red.

² LWAPP fue inicialmente propuesto por *Airespace* que posteriormente fue adquirida por *Cisco Systems*. La IETF no aprobó este protocolo como estándar después de 4 borradores emitidos, sin embargo el protocolo LWAPP sirvió como base fundamental para el estándar CAPWAP (*Control and Provisioning of Wireless Access Points*) de la IETF.

La figura 3.2 muestra la arquitectura de red inalámbrica centralizada utilizando el protocolo LWAPP.

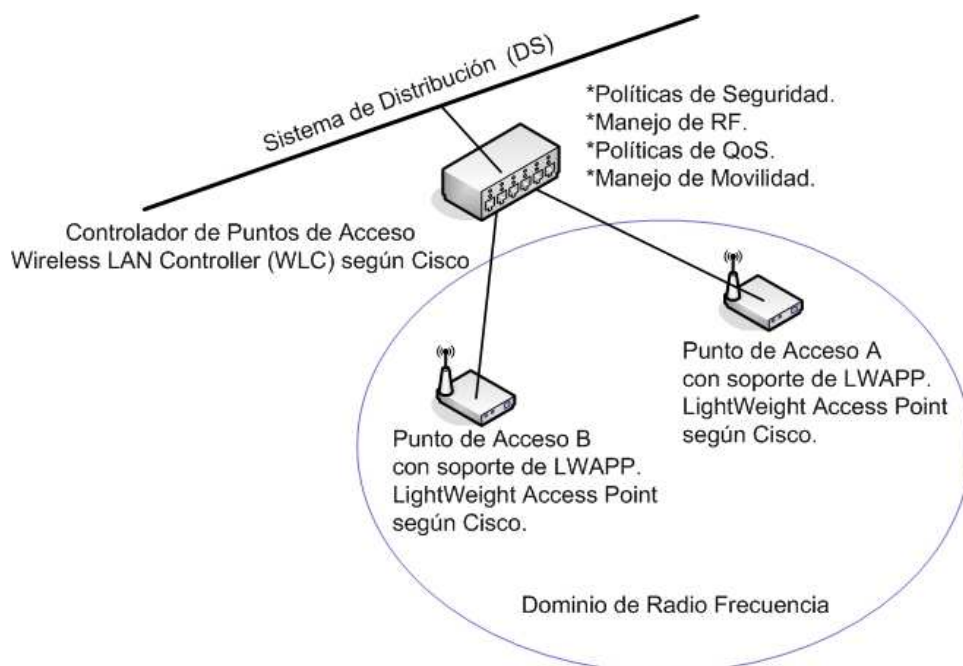


Figura 3.2 Arquitectura de red inalámbrica centralizada mediante LWAPP

En una arquitectura de red inalámbrica no centralizada el control de radio frecuencia (canal de operación, emisión de SSID¹, velocidad de transmisión) y el tipo de seguridad es configurado de forma individual para cada Punto de Acceso; mientras que en una arquitectura centralizada el manejo de la autenticación, encriptación, calidad de servicio, seguridad, redes virtuales (VLAN), etc. son gestionadas a través de un dispositivo centralizado (Controlador de Puntos de Acceso) reduciendo de esta forma el procesamiento de cada Punto de Acceso.

3.2.7. SEGURIDAD PARA REDES WI-FI

El acceso sin necesidad de cables, lo que hace tan populares a las redes inalámbricas, es a la vez el problema más grande de este tipo de redes en cuanto a seguridad se refiere. Los problemas de escuchas ilegales, acceso no autorizado, usurpación y suplantación de identidad, interferencias aleatorias, denegación de servicio (DoS), ataques, etc., se originan por la mala arquitectura o método de seguridad implantado en la red inalámbrica.

¹ *Service Set Identify* (SSID), es una cadena de caracteres para identificar a un conjunto de servicio extendido (ESS).

Para poder considerar una red inalámbrica como segura, debe cumplir con los siguientes requisitos generales [41]:

- Las ondas de radio deben confinarse tanto como sea posible, empleando antenas direccionales y/o sectoriales y configurando adecuadamente la potencia de transmisión de los Puntos de Acceso.
- Debe existir algún mecanismo de autenticación en doble vía, que permita al cliente verificar que se está conectando a la red correcta, y a la red constatar que el cliente está autorizado para acceder a ella.
- Los datos deben viajar cifrados por el aire, para evitar que equipos ajenos a la red puedan capturar datos mediante escucha pasiva.

3.2.7.1 Filtrado de Direcciones MAC

Este método consiste en la creación de una tabla de datos en cada uno de los Puntos de Acceso de la red inalámbrica. Dicha tabla contiene las direcciones MAC de las tarjetas de red inalámbricas que pueden acceder o denegar la comunicación de datos con un Punto de Acceso.

Como ventaja principal de este método es su sencillez, por lo cual se puede usar para redes caseras o pequeñas. Sin embargo, posee muchas desventajas que lo hacen impráctico para uso en redes medianas o grandes.

3.2.7.2 WEP (*Wired Equivalent Privacy*)

El algoritmo WEP forma parte de la especificación 802.11, y se diseñó con el fin de proteger los datos que se transmiten en una conexión inalámbrica. WEP opera a nivel 2 del modelo OSI y es soportado por la gran mayoría de fabricantes de soluciones inalámbricas.

El funcionamiento del cifrado WEP establece una clave secreta en el Punto de Acceso que es compartida con los diferentes dispositivos móviles *Wi-Fi*. Con esta clave de 40 ó de 104 *bits*, con el algoritmo de encriptación RC4 y con el Vector de

Inicialización (IV) se realiza el cifrado de los datos transmitidos por Radio Frecuencia.

Las principales debilidades del protocolo WEP son tres [7]:

- El Vector de Inicialización es demasiado corto (24 *bits*) ocasionando problemas de transmisión en redes inalámbricas con mucho tráfico.
- Las claves WEP que se utilizan son estáticas y se deben cambiar manualmente.
- No se tiene un sistema de control de secuencia de paquetes. Los paquetes de información pueden ser modificados.

3.2.7.3 Autenticación con IEEE 802.1X

802.1X¹ es un protocolo de control de acceso y autenticación basado en la arquitectura cliente/servidor, que restringe la conexión de equipos no autorizados a una red.

Este protocolo permite la autenticación de equipos y/o usuarios antes de que éstos puedan conectarse a una red cableada o inalámbrica. La autenticación se realiza con el Protocolo de Autenticación Extensible (EAP, *Extensible Authentication Protocol*) y con un servidor de tipo RADIUS (*Remote Authentication Dial In User Services*).

El protocolo 802.1X involucra tres elementos [7]:

- El suplicante, o equipo del cliente, que desea conectarse con la red. Es una aplicación cliente que suministra las credenciales del usuario.
- El servidor de autorización/autenticación (RADIUS), que contiene toda la información necesaria para saber cuáles equipos y/o usuarios están autorizados para acceder a la red.

¹ 802.1X se escribe con X mayúscula debido a que esta especificación no depende de un estándar principal, es decir es una especificación completa e independiente.

- El autenticador, que es el equipo de red (Punto de Acceso, *switch*, *router*, etc.) que recibe la conexión del suplicante. El autenticador actúa como intermediario entre el suplicante y el servidor de autenticación, y solamente permite el acceso del suplicante a la red cuando el servidor de autenticación así lo autoriza.

La autenticación 802.1X es un proceso de múltiples pasos que involucra al cliente o suplicante, un Punto de Acceso o autenticador, un servidor RADIUS o de autenticación y generalmente una base de datos [10].

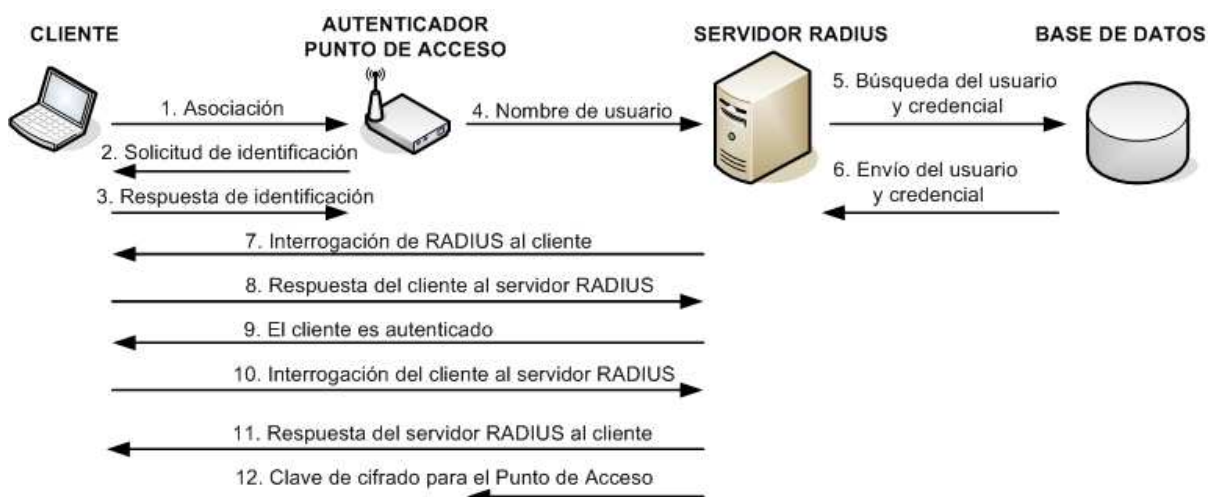


Figura 3.3 Mecanismo de Autenticación con 802.1X

3.2.7.4 WPA (*Wi-Fi Protected Access*)

Los mecanismos de encriptación WPA y WPA2 se desarrollaron para solucionar las debilidades detectadas en el algoritmo de encriptación WEP. El nombre de WPA (*Wi-Fi Protected Access*, Acceso Protegido *Wi-Fi*) es el nombre comercial que promueve la *Wi-Fi Alliance*, las especificaciones y consideraciones técnicas se encuentran definidas en el estándar IEEE 802.11i.

El estándar 802.11i especifica dos nuevos protocolos de seguridad TKIP (*Temporary Key Integrity Protocol*, Protocolo de Integridad de Claves Temporales) y CCMP (*Counter Mode CBC-MAC*, Protocolo de Modo Contador con CBC-MAC).

TKIP se diseñó para ser compatible hacia atrás con el *hardware* existente, mientras que CCMP se diseñó desde cero.

Para solucionar los inconvenientes de WEP la *Wi-Fi Alliance* decidió implementar dos soluciones de seguridad:

- Una solución rápida y temporal para todos los dispositivos inalámbricos ya instalados hasta el momento, especificando al estándar comercial intermedio WPA.
- Una solución más definitiva y estable para aplicar a nuevos dispositivos inalámbricos, especificando al estándar comercial WPA2.

3.2.7.4.1 WPA Versión 1 (WPA)

WPA se fundamenta en el protocolo de cifrado TKIP, este protocolo se basa en el tercer borrador de 802.11i a mediados del 2003.

TKIP se encarga de cambiar la clave compartida entre el Punto de Acceso y el cliente cada cierto tiempo, para evitar ataques que permitan revelar la clave.

Las mejoras a la seguridad introducidas en WPA son [7]:

- Se incrementó el Vector de Inicialización (IV) de 24 a 48 *bits*.
- Se añadió la función MIC (*Message Integrity Check*, Chequeo de Integridad de Mensajes) para controlar y detectar manipulaciones de los paquetes de información.
- Se reforzó el mecanismo de generación de claves de sesión.

3.2.7.4.2 WPA Versión 2 (WPA2)

WPA2 es el nombre comercial de la *Wi-Fi Alliance* a la segunda fase del estándar IEEE 802.11i dando una solución de seguridad de forma definitiva. WPA2 utiliza el algoritmo de encriptación AES (*Advanced Encryption Standard*, Estándar de

Encriptación Avanzado) el cuál es un código de bloques que puede funcionar con muchas longitudes de clave y tamaños de bloques¹.

WPA2 se fundamenta en el protocolo de seguridad de la capa de enlace basado en AES denominado CCMP. CCMP es un modo de funcionamiento combinado en el que se utiliza la misma clave en el cifrado para obtener confidencialidad, así como para crear un valor de comprobación de integridad criptográficamente segura.

Para la implementación de CCMP se realizaron algunos cambios en los paquetes de información como por ejemplo en las tramas *beacon*, tramas de asociación e integración, etc.

3.2.7.4.3 Modalidades de Operación

Según la complejidad de la red, un Punto de Acceso compatible con WPA o WPA2 puede operar en dos modalidades [10]:

- Modalidad de Red Empresarial, para operar en esta modalidad se requiere de la existencia de un servidor RADIUS en la red. El Punto de Acceso emplea entonces 802.1X y EAP para la autenticación, y el servidor RADIUS suministra las claves compartidas que se usarán para cifrar los datos.
- Modalidad de Red Personal o PSK (*Pre-Shared Key*), tanto WPA como WPA2 operan en esta modalidad cuando no se dispone de un servidor RADIUS en la red. Se requiere entonces introducir una contraseña compartida en el Punto de Acceso y en los dispositivos móviles. Solamente podrán acceder al Punto de Acceso los dispositivos móviles cuya contraseña coincida con la del Punto de Acceso. Una vez lograda la asociación, TKIP entra en funcionamiento para garantizar la seguridad del acceso.

¹ AES es un código flexible que puede trabajar con claves de 128 *bits* y bloques de 129 *bits*.

3.2.7.5 Comparación de Estándares de Seguridad de Redes Inalámbricas *Wi-Fi*

En la tabla 3.1 se muestra una comparación entre los diferentes estándares de seguridad implementados para una red inalámbrica *Wi-Fi*.

Característica	WEP	WEP más 802.1X	WPA	WPA2
Identificación	Usuario y/o máquina	Usuario y/o máquina	Usuario y/o máquina	Usuario y/o máquina
Autenticación	Clave compartida	EAP	EAP o pre-clave compartida ¹	EAP o pre-clave compartida
Integridad	32 bits ICV ²	32 bits ICV	64 bits MIC ³	Modo contador, cambia el valor del bloque.
Forma de Encriptación	Claves estáticas	Claves por sesión	Claves por paquete de rotación vía TKIP	CCMP - AES
Clave de Distribución	Una vez de forma manual	Segmentado de PMK	Derivado de PMK	Derivado de PMK
Vector de Inicialización (IV)	Texto plano, 24 bits	Texto plano, 24 bits	Extendido de 64 bits	48 bits por Número de Paquete (PN, Packet Number)
Algoritmo de Encriptación	RC4	RC4	RC4	AES
Tamaño de la Clave	64/128 bits	64/128 bits	128 bits	128 bits
Soporte de Infraestructura	Ninguna	RADIUS	RADIUS	RADIUS

Tabla 3.1 Estándares de Seguridad para redes inalámbricas *Wi-Fi* [3]

3.2.7.6 Políticas de Seguridad

Las políticas de seguridad más relevantes que se deben establecer dentro de una red inalámbrica *Wi-Fi* son:

¹ WPA y WPA2 utilizan una pre-clave compartida cuando su modo de operación es PSK o modo de red personal, mientras que utilizan EAP cuando el modo de operación es empresarial incluyendo una arquitectura de autenticación 802.1X.

² ICV, *Integrity Check Value*.

³ MIC, *Message Integrity Check*.

- Verificar que los usuarios sean capacitados en el uso de la tecnología *Wi-Fi* y conocen los riesgos asociados con su utilización.
- Cambiar el SSID por defecto.
- Desactivar el *broadcast* del SSID.
- Verificar que el SSID no contenga datos de la organización.
- Políticas de instalación de parches y actualizaciones en los dispositivos inalámbricos.
- Mantenimiento continuo de los Puntos de Acceso y Controladores de Puntos de Acceso.
- Políticas de contraseñas y claves para Puntos de Acceso y usuarios inalámbricos.
- Políticas de configuración y *backups* de los Puntos de Acceso.
- Auditorias periódicas de todos los dispositivos inalámbricos *Wi-Fi* instalados.
- Monitoreo y reconocimiento periódico del recurso de Radio Frecuencia.

La seguridad informática no solo se logra con tecnología, también las políticas de seguridad, los procedimientos y la capacitación de los usuarios inalámbricos desempeñan un papel fundamental.

3.3. ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA RED INALÁMBRICA

Antes de diseñar e implementar una red inalámbrica es fundamental la recopilación de los requerimientos e información técnica necesaria para determinar qué arquitectura de red y seguridad serán utilizadas.

El objetivo principal de una arquitectura de red inalámbrica *Wi-Fi* es desplegar una red de acceso inalámbrico en áreas designadas que proporcione una cobertura confiable y ofrezca el nivel de desempeño esperado sin poner en riesgo la seguridad de la empresa.

Para conseguir este objetivo principal se debe establecer los requerimientos de capacidad, cobertura, calidad de servicio, aplicaciones y servicios soportados por la red inalámbrica.

3.3.1. CONSIDERACIONES DE RENDIMIENTO

Se debe definir cuánto rendimiento se necesita, este requerimiento depende del tipo de dispositivo que se va a utilizar en la red inalámbrica tanto para los Puntos de Acceso como para los dispositivos clientes, es decir se debe definir qué tecnología se va a implementar 802.11a o 802.11g.

Utilizando el estándar 802.11g se tiene una velocidad de transmisión práctica de 23 Mbps aproximadamente; dependiendo de la distancia física que existe entre un Punto de Acceso y un dispositivo inalámbrico esta velocidad decrece [10].

Un punto importante a considerar es la capacidad que se debe reservar para cada usuario conectado, ésta dependerá de las aplicaciones y servicios que el usuario necesite. Sin embargo es posible planificar de forma aproximada la utilización de 1 Mbps por cada usuario [10].

Para PETROPRODUCCIÓN se plantea la segmentación de usuarios definiendo perfiles de acceso, cada perfil de acceso tiene una capacidad diferente. Básicamente se tendrá tres perfiles: el usuario normal, usuario avanzado y usuario invitado.

3.3.2. ÁREA DE COBERTURA

En la planeación del sitio de una red inalámbrica se debe analizar qué áreas del edificio van a tener cobertura dependiendo de los usuarios que necesiten un acceso inalámbrico.

Un análisis del sitio toma en cuenta el diseño del edificio y los materiales con los cuales fue construido, los patrones de tráfico de usuarios dentro del edificio, y los sitios a ser cubiertos.

Se debe evaluar los distintos materiales de construcción que tiene el edificio por medio de planos y de inspecciones físicas. Para paredes, interiores de madera, aglomerado, cubículos, compartimiento de habitaciones, etc., contienen una cantidad relativamente alta de aire, permitiendo una mayor penetración de la señal de radio frecuencia; mientras que los ladrillos, cemento, piedra y yeso son materiales más compactados y tienen menos aire, por tanto degradan la energía de radio frecuencia.

La temperatura y la humedad tienen un efecto menor de afectación a la propagación de las señales de radio frecuencia, sin embargo deben ser consideradas.

3.3.3. DENSIDAD DE USUARIOS

Se debe conocer la distribución física de los usuarios inalámbricos, es decir donde se encuentran dentro de cada lugar de la empresa. Igualmente es un requerimiento esencial el determinar cuántos usuarios van a utilizar la red inalámbrica y cuál es la calidad de servicio que pueden esperar.

3.3.4. SERVICIOS Y APLICACIONES SOBRE LA RED INALÁMBRICA

Los diferentes tipos de servicios generales como correo electrónico, Internet, WEB Interna, DNS, antivirus, Directorio Activo (AD), actualización automática de parches y software (SMS), y aplicaciones como Información Empresarial, sistemas de facturación, sistema de control de correspondencia etc., deben ser soportados sin ningún problema por la red inalámbrica.

Para servicios específicos y aplicaciones petroleras y geofísicas como *Petrel*, *Geographic*, *Paraday*¹, etc. La red inalámbrica no puede soportar dichos servicios con un rendimiento y funcionamiento aceptable debido al volumen de información y procesamiento que estas aplicaciones necesitan. Actualmente se cuenta con

¹ Tanto *Petrel*, *Geographic* y *Paraday* son *softwares* especializados que permiten la administración y gestión de los recursos hidrocarbúricos, mediante el manejo de pozos petroleros, yacimientos, actividades sísmicas, etc.

Workstations robustos especializados en el manejo de estos servicios y no a través de PC portátiles.

Las aplicaciones de voz y video deben ser soportadas por la red inalámbrica siempre y cuando se tengan Puntos de Acceso que permitan brindar calidad de servicio (QoS), de esta forma se tienen micro-celdas QBSS.

3.3.5. SEGURIDAD

Antes de la implantación de la red inalámbrica se tiene que diseñar una red que pueda actuar ante los problemas de seguridad y proporcione un entorno robusto a ataques futuros.

Se puede realizar una extensión de seguridad a la red inalámbrica si la empresa cuenta con la infraestructura de seguridad para la red cableada, por ejemplo la reutilización de servidores de autenticación como RADIUS o de validación de usuarios y equipos mediante servidores *Active Directory* o LDAP.

Sin embargo la reutilización de la infraestructura de seguridad no debe ser suficiente al momento de diseñar una arquitectura de red inalámbrica segura.

Los recursos de radio frecuencia deben también ser protegidos mediante la inclusión de dispositivos especiales como los Controladores de Puntos de Acceso y *Client Access Control* (Control de Acceso a Clientes) que cierran el ciclo de seguridad dentro de una red inalámbrica.

3.3.6. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

La infraestructura de red cableada debe estar en óptimas condiciones de tal forma que la red inalámbrica proporcione movilidad y flexibilidad a usuarios inalámbricos.

De esta manera el rendimiento de la red inalámbrica dependerá también de la infraestructura de red cableada ya instalada en la empresa. Por tanto es primordial que con anterioridad a la implantación de la red inalámbrica la

infraestructura de red de PETROPRODUCCIÓN cuenta con todas las facilidades de conectividad, seguridad, calidad de servicio, administración y gestión de la red.

3.4. DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO

Es necesario conocer el perfil de los usuarios y determinar qué tipo de aplicaciones y servicios utilizan, de esta forma se puede determinar el consumo del ancho de banda y la capacidad de datos; este consumo varía dependiendo de las aplicaciones que cada usuario utiliza.

Una vez conocido el consumo del ancho de banda y la capacidad que necesita cada perfil de usuario hay que analizar el porcentaje de uso de la red, en definitiva la simultaneidad.

3.4.1. PERFILES Y GRUPOS DE USUARIOS

La segmentación en grupos de usuarios definiendo perfiles de acceso y de rendimiento para las aplicaciones y servicios que proporciona la red de PETROPRODUCCIÓN permite tener un manejo eficiente en el uso del ancho de banda y la capacidad de datos de la red inalámbrica *Wi-Fi*.

Esta segmentación se consigue si a cada grupo de usuario se le asigna una determinada VLAN sobre la red inalámbrica, dependiendo de la VLAN que el usuario tenga acceso puede conseguir un mejor rendimiento en aplicaciones y servicios debido a la asignación de una mayor capacidad de datos.

Obviamente, se debe establecer la capacidad de datos que necesita cada usuario perteneciente a un grupo; esta capacidad depende de forma directa de las aplicaciones y servicios, y de la concurrencia a las aplicaciones que el usuario necesita.

El diseño de la red inalámbrica de PETROPRODUCCIÓN exige tres tipos de grupos de usuarios bien definidos:

- Usuario Normal.
- Usuario Avanzado.
- Usuario Invitado.

Para cada grupo se definen diversos perfiles de acceso y rendimiento, además se muestra en la tabla 3.2 el porcentaje de usuarios¹ de cada grupo y quienes lo integran.

Grupo	Acceso	Rendimiento Capacidad	VLAN	Porcentaje de personas	Personal
Usuario Avanzado	Controlado mediante WPA2 Empresarial	Óptima	11	40 %	Ingeniería Operativo Jefaturas Asistentes
Usuario Normal	Controlado mediante WPA2 Empresarial	Normal	12	55 %	Administrativo Financiero Secretariado Diseñadores Coordinadores Analistas
Usuario Invitado	Restringido sin previa clave de autenticación	Media	13	5 %	Temporales Visitantes Practicantes

Tabla 3.2 Grupo de Usuario para la red inalámbricas *Wi-Fi*

3.4.2. CAPACIDAD DE DATOS PARA CADA USUARIO DEL GRUPO DE USUARIO NORMAL

Al grupo de usuario normal pertenece la mayoría de trabajadores de PETROPRODUCCIÓN en Quito, estos usuarios utilizan aplicaciones y servicios generales como correo, Internet, antivirus, consulta a bases de datos, etc.

¹ Datos proporcionados por el Departamento de Recursos Humanos de PETROPRODUCCIÓN mediante el Sistema de Control del Personal.

3.4.2.1 Correo Electrónico

Se considera un archivo de correo electrónico promedio de 500 Kbytes en el cual se presentan gráficos, informes y documentos adjuntos de poco tamaño.

Además se estima un caso extremo en el cual un usuario revisa un promedio de 10 correos electrónicos en 30 minutos, con lo que se puede determinar la capacidad de datos que esta aplicación utiliza.

$$C_{CORREO} = \frac{500Kbytes}{correo} * \frac{8bits}{1Kbytes} * \frac{10correos}{30\text{ min}} * \frac{1\text{ min}}{60seg} = 22.22Kbps$$

3.4.2.2 Internet

Se considera una página WEB promedio de 500 Kbytes la cual cuenta con texto y gráficos de tamaño normal, además se estima que un usuario accederá a una página WEB en 30 segundos, debido a que PETROPRODUCCIÓN cuenta con un Internet de banda ancha de 2 Mbps.

$$C_{INTERNET} = \frac{500Kbytes}{1página} * \frac{8bits}{1Kbytes} * \frac{1página}{30\text{ min}} = 133Kbps$$

Se tiene una capacidad de 133 Kbps, sin embargo se considera que la velocidad de transmisión efectiva (*throughput*) aceptable para navegación por Internet es de 300 Kbps para usuarios empresariales [10].

$$C_{INTERNET} = 300Kbps$$

3.4.2.3 Antivirus

Para las actualizaciones del sistema de antivirus corporativo *Kaspersky* se considera una capacidad de datos de 100 Kbps para cada usuario, además que se realiza como máximo dos veces por día [45].

$$C_{ANTIVIRUS} = 100Kbps * 2 = 200Kbps$$

3.4.2.4 DNS y *Active Directory*

El servicio de Dominio *Windows* (ppr.com) o *Active Directory* de PETROPRODUCCIÓN utiliza de forma aproximada 100 Kbps cada vez que el usuario se autentica con el servidor *Active Directory*, adicionalmente este servidor está integrado con el servicio de DNS para el manejo de nombres de dominio [46].

$$C_{AD_DNS} = 100Kbps$$

3.4.2.5 Bases de Datos

Las diferentes consultas a las bases de datos en *Oracle*, *DB2* y *AS/400* para aplicaciones relacionadas con estas bases de datos (*Bizagi*, *IBM Lotus Domino*, *B.O.*, etc.) consumen aproximadamente 500 Kbps [57].

$$C_{DB} = 500Kbps$$

3.4.2.6 SMS (Actualización de Parches y *Software*)

La distribución e instalación de *software* y parches vía remota a través del servidor *Systems Management Server* (SMS) permite que el usuario siempre esté actualizado y se tiene un control sobre las diferentes aplicaciones que el usuario utiliza.

Aproximadamente este servicio consume 500 Kbps [50].

$$C_{SMS} = 500Kbps$$

3.4.2.7 Voz sobre IP (VoIP)

Para aplicaciones *SoftPhone* que manejan VoIP se considera transmisiones aceptables cuando se establece una capacidad de datos de 300 Kbps [2] debido a que el tráfico de voz no es tolerante al retardo.

$$C_{VoIP} = 300Kbps$$

3.4.2.8 Video-Conferencia

Los servicios de video-conferencia requieren una capacidad de datos de por lo menos 500 Kbps [2] para transmisiones aceptables que permitan una calidad tolerable.

$$C_{VideoIP} = 500Kbps$$

3.4.2.9 Otras Aplicaciones

Además se deben considerar otras aplicaciones y servicios adicionales como el de impresión, *scanner*, Información Empresarial, etc. Se tiene un estimado de uso de 500 Kbps para todas estas aplicaciones.

$$C_{ADD} = 500Kbps$$

Finalmente, la tabla 3.3 muestra la capacidad de datos desglosada para el usuario normal.

Aplicación o Servicio	Normal (Kbps)
Correo Electrónico	22.22
Internet	300
Antivirus	200
DNS y <i>Active Directory</i>	100
Bases de Datos	500
SMS (Actualización de Parches y Software)	500
Voz sobre IP (VoIP)	300
Video-Conferencia	500
Descarga de Archivos de Internet	No disponible
Descarga de Archivos de la Intranet	No disponible
Aplicaciones <i>Business Intelligent</i>	No disponible
Otras Aplicaciones	500

Tabla 3.3 Capacidad de datos para cada usuario del grupo normal

3.4.3. CAPACIDAD DE DATOS PARA CADA USUARIO DEL GRUPO DE USUARIO AVANZADO

El grupo de usuarios avanzados manejan aplicaciones y servicios generales de correo, Internet, antivirus, DNS, etc., sin embargo se considera para este grupo un mayor rendimiento.

Integran este grupo los usuarios de cada uno de los departamentos de Ingeniería de PETROPRODUCCIÓN ubicados mayormente en el Edificio La Tribuna. Adicionalmente lo conforma cada Jefatura Departamental, salas de conferencias, sala de uso múltiple y la Vicepresidencia.

La tabla 3.4 muestra la capacidad de datos desglosada para el usuario avanzado incluyendo las aplicaciones adicionales que necesita.

Aplicación o Servicio	Avanzado (Kbps)
Correo Electrónico	22.22
Internet	500
Antivirus	200
DNS y <i>Active Directory</i>	100
Bases de Datos	500
SMS (Actualización de Parches y Software)	500
Voz sobre IP (VoIP)	300
Video-Conferencia	500
Descarga de Archivos de Internet	96
Descarga de Archivos de la Intranet	500
Aplicaciones <i>Business Intelligent</i>	500
Otras Aplicaciones	500

Tabla 3.4 Capacidad de datos para cada usuario del grupo avanzado

El usuario avanzado necesita ciertas aplicaciones adicionales como descarga de archivos por Internet y descarga de archivos mediante FTP desde la Intranet; además las Jefaturas Departamentales y asistentes manejan aplicaciones *Business Intelligent* para el control de indicadores de gestión y administración de la eficiencia empresarial.

Además este grupo de usuarios puede realizar secciones de video-conferencia sin ningún problema entre usuarios del Distrito Quito. Existe un enlace dedicado microonda y una infraestructura tecnológica que permite el servicio de video-conferencia entre las Subgerencias Departamentales de Quito y el Distrito Amazónico, específicamente con Lago Agrio.

Por lo anterior, la Red Inalámbrica Unificada está limitada al tráfico de video y voz dentro de las instalaciones de PETROPRODUCCIÓN Quito.

3.4.4. CAPACIDAD DE DATOS PARA CADA USUARIO DEL GRUPO DE USUARIO INVITADO

El grupo de usuario invitado corresponde a todas las personas visitantes, proveedores, usuarios temporales, practicantes colegiales y universitarios, etc. que en definitiva son usuarios eventuales; estos usuarios de alguna u otra forma necesitan de servicios generales de red como Internet y correo electrónico y en ocasiones especiales algunos usuarios invitados requieren de VoIP.

Este grupo está limitado al uso de un *hotspot* público confinado dentro de las instalaciones de PETROPRODUCCIÓN como un servicio que ofrece la empresa sin ningún costo adicional.

Aplicación o Servicio	Invitado (Kbps)
Correo Electrónico	22.22
Internet	300
Antivirus	No disponible
DNS y Active Directory	100
Bases de Datos	No disponible
SMS (Actualización de Parches y Software)	No disponible
Voz sobre IP (VoIP)	300
Video-Conferencia	No disponible
Descarga de Archivos de Internet	No disponible
Descarga de Archivos de la Intranet	No disponible
Aplicaciones Business Intelligent	No disponible
Otras Aplicaciones	1000

Tabla 3.5 Capacidad de datos para cada usuario del grupo invitado

El grupo de usuario invitado se encuentra totalmente controlado mediante la gestión y monitoreo del Controlador de Puntos de Acceso que permite identificar la ubicación del usuario, el acceso a la red, el ancho de banda, la capacidad asignada, las políticas de seguridad implementadas y el tipo de calidad de servicio (QoS) proporcionado.

3.4.5. CUADRO COMPARATIVO DE GRUPOS DE USUARIO

La tabla 3.6, muestra la capacidad de datos desglosada para cada aplicación y servicio, así como la capacidad de datos total por cada tipo de usuario.

Además, el total de la capacidad de datos por usuario se lo redondea al inmediato valor entero siguiente y este valor se lo tomará en cuenta para determinar el número de Puntos de Acceso por cada piso de los Edificios Villafuerte y La Tribuna.

Aplicación o Servicio	Grupo de Usuario		
	Normal (Kbps)	Avanzado (Kbps)	Invitado (Kbps)
Correo Electrónico	22.22	22.22	22.22
Internet	300	500	300
Antivirus	200	200	No disponible
DNS y <i>Active Directory</i>	100	100	100
Bases de Datos	500	500	No disponible
SMS (Actualización de Parches y Software)	500	500	No disponible
Voz sobre IP (VoIP)	300	300	300
Video-Conferencia	500	500	No disponible
Descarga de Archivos de Internet	No disponible	96	No disponible
Descarga de Archivos de la Intranet	No disponible	500	No disponible
Aplicaciones <i>Business Intelligent</i>	No disponible	500	No disponible
Otras Aplicaciones	500	500	1000
Capacidad de datos Total	2922.22	42918.22	1722.22
Capacidad redondeada para cada usuario	3 Mbps	5 Mbps	2 Mbps

Tabla 3.6 Capacidad de datos para cada usuario perteneciente a un determinado grupo

3.5. DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA PARA PETROPRODUCCIÓN QUITO

3.5.1. TECNOLOGÍA INALÁMBRICA

La tecnología de redes inalámbricas basada en el estándar IEEE 802.11 tiene varios beneficios incuestionables en el mundo empresarial. Algunos de estos beneficios son la flexibilidad, movilidad, reducción de costes de infraestructura de red, integración con dispositivos móviles y PDAs, y mejor escalabilidad de la red.

Sin embargo para conseguir estos beneficios se debe definir la arquitectura y tecnología más apropiada y con el menor impacto tecnológico y económico.

Por lo tanto, la arquitectura para la red inalámbrica debe estar enfocada en dos alineaciones generales [3]:

- Alineada a requerimientos empresariales.
- Alineada a requerimientos del usuario.

La primera alineación es el manejo de los requerimientos empresariales, es decir qué tan beneficioso es la implementación de una red inalámbrica y qué infraestructura de red adicional se necesita; además se debe determinar si la empresa tiene los suficientes recursos económicos para dicha implementación. Se debe considerar que la implementación puede ser estratégica, por etapas o módulos.

La segunda está enfocada a los requerimientos del usuario, es decir la red inalámbrica debe soportar las necesidades del usuario en relación a la factibilidad de uso, soporte de aplicaciones y servicios, calidad de servicio, seguridad, cobertura, etc.

Si la red *Wi-Fi* no es fácil de usar y no presenta todas las facilidades de rendimiento, cobertura, seguridad y capacidad para el usuario esta red se convierte en un problema en vez de una solución.

3.5.1.1 Selección de la Tecnología Inalámbrica

Para definir qué tecnología de red inalámbrica es la más favorable para PETROPRODUCCIÓN es necesaria la comparación de los estándares de alto rendimiento de *Wi-Fi*.

Característica	802.11a	802.11g
Desempeño	Solo OFDM, banda de 5 GHz y la ausencia de células mixtas proporciona una mejor capacidad de salida	Soporte para los estándares de alto rendimiento, células mixtas y operación en la banda de 2.4 GHz tiene una capacidad de salida ligeramente menor que la de 802.11a
Capacidad	Con ocho canales no solapados proporciona una capacidad total de 432 Mbps	Con tres canales no solapados proporciona una capacidad total de 162 Mbps
Rango	Una longitud de onda más corta y restricciones en la potencia de transmisión deterioran el rango de cobertura.	Permiten un rango de cobertura de mayor tamaño que con 802.11a
Interferencia	A 5 Ghz se tiene menos saturación del espectro.	A 2.4 Ghz se presentan problemas de saturación con otros dispositivos.
Compatibilidad	No proporciona compatibilidad con dispositivos anteriores de 802.11b	Proporciona características importantes de compatibilidad con productos anteriores de 802.11b
Flexibilidad de instalación	Las regulaciones FCC que se aplican a los cuatro canales inferiores de 802.11a restringen a los fabricantes al uso exclusivo de antenas integradas que no pueden ser desconectadas.	Al igual que 802.11b permite antenas de 2.4 GHz auxiliares que pueden estar directamente conectadas o conectadas a través de cables.
Implementación	Para dar cobertura a una área se necesitan de varios Puntos de Acceso adicionales comparados con 802.11g	Se tiene que para un área de cobertura grande es suficiente la implantación de pocos Puntos de Acceso.

Tabla 3.7 Comparación de los estándares inalámbricos de alto rendimiento [10]

La decisión óptima sería el despliegue de ambas tecnologías para alcanzar el máximo rendimiento, sin embargo esta implantación puede realizarse a través de fases o etapas.

Como parte del proyecto de la red inalámbrica de área local (WLAN) para PETROPRODUCCIÓN se considera al estándar 802.11g como fase inicial, adicionalmente la integración con el estándar 802.11a depende de los equipos inalámbricos a ser instalados, en definitiva los Puntos de Acceso que permiten incluir módulos adicionales para el soporte del estándar 802.11a deberán ser considerados para el diseño.

3.5.2. ARQUITECTURA DE RED INALÁMBRICA

Para PETROPRODUCCIÓN se plantea la utilización de la arquitectura inalámbrica *Cisco Unified Wireless Network* (Plataforma de Red Inalámbrica Unificada de Cisco).

Esta arquitectura de red tiene tres componentes [3]:

- Los Puntos de Acceso con soporte de LWAPP (*Access Point LWAPP*, AP LWAPP).
- El Controlador de Puntos de Acceso (*Cisco Wireless LAN Controller*, WLC).
- El *software* administrador de la red inalámbrica (*Cisco Wireless Control System*, WCS).

3.5.2.1 Puntos de Acceso LWAPP (AP LWAPP)

Para tener una arquitectura de red inalámbrica centralizada, de tal forma que permita la administración y configuración de los todos los Puntos de Acceso instalados en la empresa es indispensable que los Puntos de Acceso soporten el Protocolo LWAPP.

Básicamente este protocolo crea un túnel de comunicación entre el AP LWAPP¹ y el Controlador de Puntos de Acceso WLC².

¹ Punto de Acceso con soporte del Protocolo LWAPP, denominación de *Cisco* para este tipo de dispositivo.

² *Wireless LAN Controller*, denominación de *Cisco* para el Controlador de Puntos de Acceso.

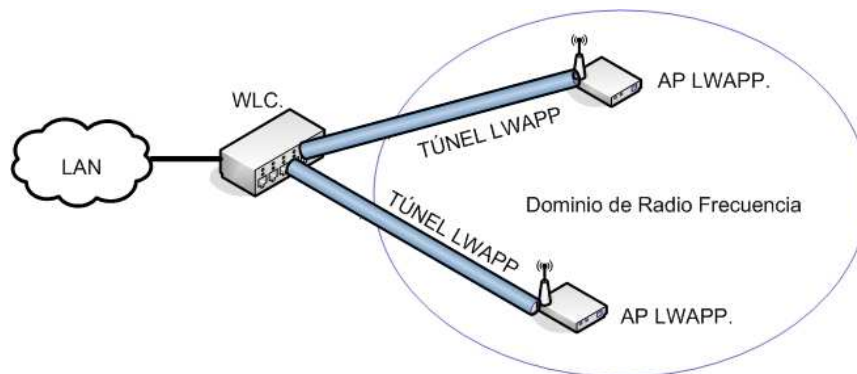


Figura 3.4 Túnel de comunicación entre los AP LWAPP y el WLC

La principal característica del protocolo LWAPP es el concepto del *split MAC* donde parte del tráfico de datos del estándar 802.11 es manejada por el AP LWAPP y otra por el WLC a través de un túnel de comunicación.

Dispositivo	Tipo de tráfico 802.11 manipulado
AP LWAPP	Transmisión de tramas <i>beacon</i> . Transmisión de tramas del cliente en modo de ahorro de energía. Monitoreo de otros Puntos de Acceso. Encriptación y Desencriptación de tramas 802.11.
WLC	Tramas de Autenticación. Tramas de Asociación y Desasociación. Procesos de seguridad con 802.1X/EAP Tramas de translación y enlace.

Tabla 3.8 Tipo de Tráfico 802.11 manipulado por el AP LWAPP y el WLC [3]

3.5.2.2 Wireless LAN Controller (WLC)

Los Controladores de Puntos de Acceso son fundamentales en una arquitectura de red inalámbrica empresarial, Cisco promueve su serie de dispositivos *Wireless LAN Controller (WLC)* escalable y dimensionable para cada empresa.

La solución de Cisco WLC permite un control total en los recursos de radio frecuencia en lo referente a: seguridad, cobertura, *roaming*, QoS, movilidad, etc. Sin embargo, todos los Puntos de Acceso deben estar configurados con soporte de LWAPP (*Lightweight APs*, Puntos de Acceso Ligero) y no de manera independiente (*Autonomous APs*, Puntos de Acceso Autónomos).

El dispositivo WLC descubre a todos los AP LWAPP y toma control de las funciones anteriormente señaladas; como se mencionó se crea un túnel de comunicaciones entre el AP LWAPP y el WLC.

Se puede tener varios WLC en dos arquitecturas principales: centralizada y distribuida. En una arquitectura centralizada se dispone de un solo WLC para todos los Puntos de Acceso instalados, incluyendo Puntos de Acceso en otros edificios.

En cambio en una arquitectura distribuida se tienen varios WLC que balancean la carga de todos los Puntos de Acceso instalados, esta arquitectura es recomendable cuando se tienen Puntos de Acceso en varios edificios.

Para PETROPRODUCCIÓN el diseño contempla dos dispositivos WLC: uno para el Edificio Villafuerte y el otro para el Edificio La Tribuna, de tal forma que todos los Puntos de Acceso conectados en cada edificio sean administrados por cada WLC respectivo.

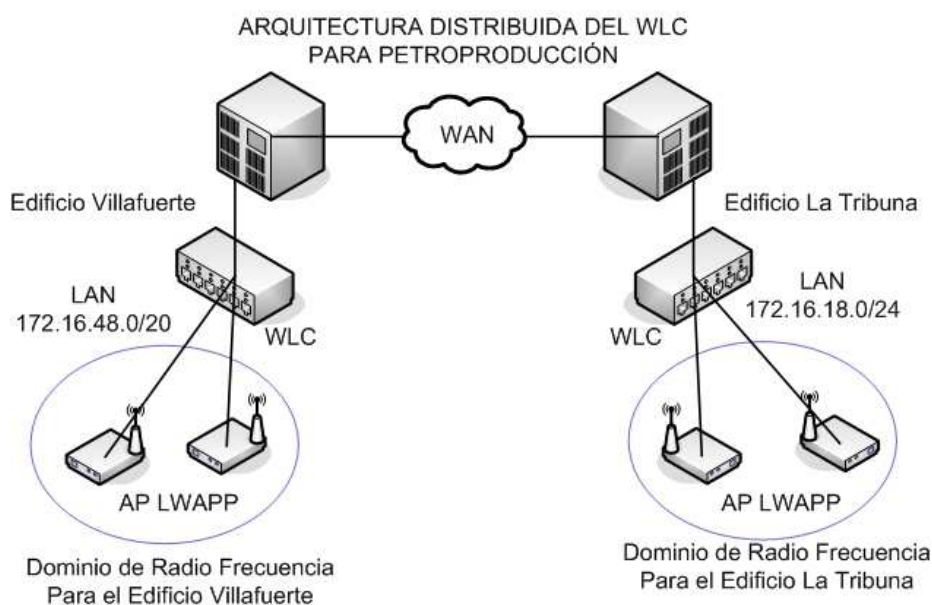


Figura 3.5 Arquitectura Distribuida del WLC

El dispositivo WLC permite un control de las redes virtuales (VLAN) creadas en la red inalámbrica; cabe mencionar que los Puntos de Acceso AP LWAPP permiten

definir diferentes SSID y asociarlos a una determinada VLAN (ver Anexo A – Manual de Usuario del *Cisco Aironet 1200*).

Grupo	Acceso	VLAN	SSID	Rendimiento Capacidad	802.1p	QoS 802.11e
Usuario Avanzado	Controlado mediante WPA2 Empresarial	11	W-PPR-Avanzado	Óptima	5	Voz y Video
Usuario Normal	Controlado mediante WPA2 Empresarial	12	W-PPR-Normal	Normal	4	Video
Usuario Invitado	Restringido sin previa clave de autenticación	13	W-PPR-Invitado	Media	4	Carga controlada

Tabla 3.9 Grupo de Usuario con su respectiva VLAN y SSID

De esta forma cada Punto de Acceso emitirá estos tres SSID y dependiendo del grupo de usuario al que se pertenece se tendrá acceso a la red inalámbrica de PETROPRODUCCIÓN en su respectiva VLAN, como se indica en la figura 3.6.

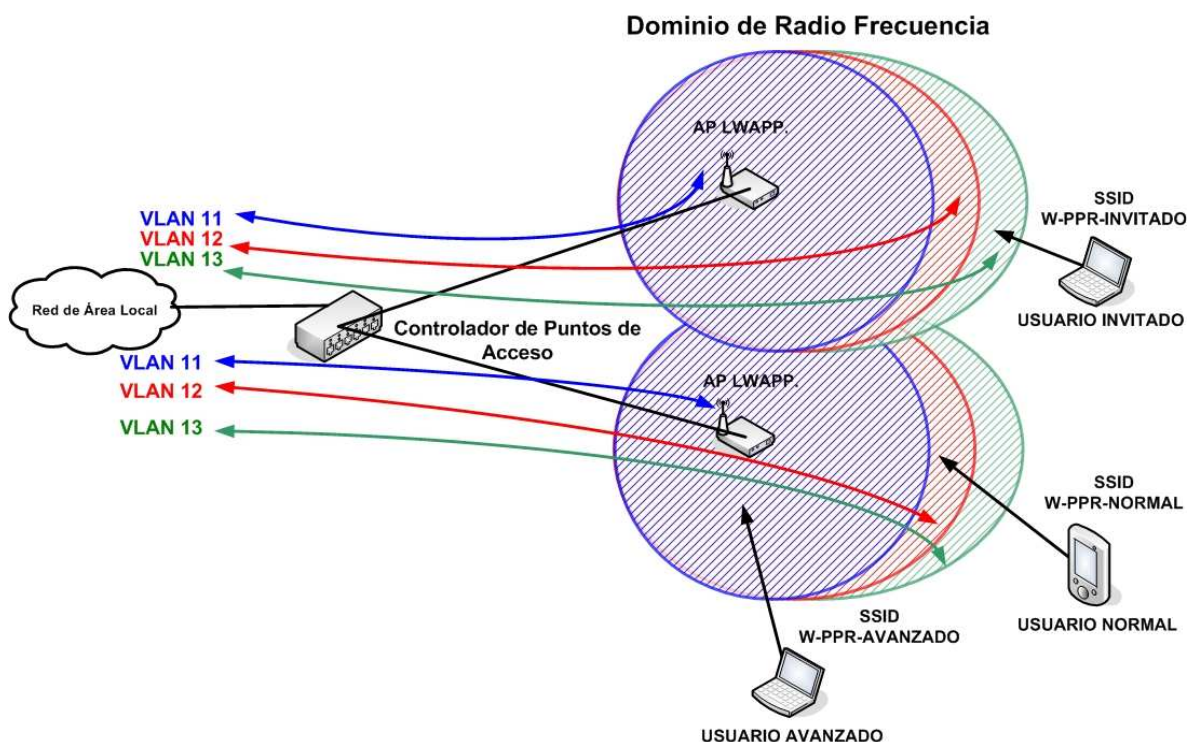


Figura 3.6 Segmentación de usuarios mediante VLANs

3.5.2.3 Wireless Control System (WCS)

Éste es el tercer componente de la infraestructura *Cisco Unified Wireless Network*; el *Wireless Control System (WCS)* es una herramienta que permite la administración, monitoreo y gestión de redes inalámbricas empresariales.

El WCS es básicamente un *software* que permite visualizar el rendimiento de la red inalámbrica y permite al administrador de la red el monitoreo y gestión de todos los dispositivos inalámbricos instalados.

Además el sistema incluye un módulo de planeación, diseño y simulación de redes inalámbricas *Wi-Fi*; de tal forma que se tiene una buena aproximación al caso real.



Figura 3.7 Visualización de la cobertura y rendimiento mediante WCS [37]

El *software* WCS puede ser implantado en servidores con sistema operativo *Windows 2003 Server* o *Red Hat Enterprise 4* y es administrado mediante *web-browser*.

3.5.2.4 Cisco Unified Wireless Network

Mediante el uso de los tres componentes de esta tecnología (AP LWAPP, WCL y WCS) se construye una solución de red inalámbrica a nivel empresarial.

Para la red inalámbrica de PETROPRODUCCIÓN mediante la arquitectura *Cisco Unified Wireless Network* se dispone de una red inalámbrica capaz de soportar en

tiempo real aplicaciones de video y voz, con soporte de aplicaciones de negocio empresarial con el mayor rendimiento, que provea seguridad y movilidad a usuarios, compatible con nuevos estándares inalámbricos como el 802.11n, y sea administrable y gestionada de forma centralizada.

La figura 3.8 muestra de forma general la arquitectura de red inalámbrica para PETROPRODUCCIÓN utilizando la solución *Cisco Unified Wireless Network*.

3.5.2.4.1 Modelo Jerárquico

El diseño de la Red Inalámbrica Unificada de PETROPRODUCCIÓN se encuentra estructurado en diferentes niveles lo que permite que la arquitectura sea escalable, con un alto rendimiento e integral con todos los componentes.

La figura 3.9 muestra el diseño jerárquico de la Red Inalámbrica Unificada.

- **NIVEL 1**

En este nivel se realiza la conmutación de paquetes de información entre los dos edificios, actualmente se cuenta con un enlace microonda de 512 Kbps para datos, que es insuficiente para las aplicaciones y servicios que proporciona la Intranet de PETROPRODUCCIÓN. Más adelante se analiza en profundidad el enlace de interconectividad entre ambos edificios y los equipos que se utilizarán.

- **NIVEL 2**

En este nivel se encuentra la capa *core* o principal la cual se encarga de dirigir el tráfico de datos lo más rápidamente posible hacia cada uno de los servicios de red; se disponen de equipos *Cisco Catalyst 4507* (conmutación a nivel de capa 3 del modelo OSI) que cumplen esta funcionalidad. Esta capa se encarga de segmentar los dominios de colisión y *broadcast* para evitar congestiones en el *backbone* de la red.



PETROPRODUCCION
FILIAL DE PETROECUADOR

RED INALÁMBRICA UNIFICADA DE PETROPRODUCCIÓN

REPORTES DE USO DE
RADIO FRECUENCIA

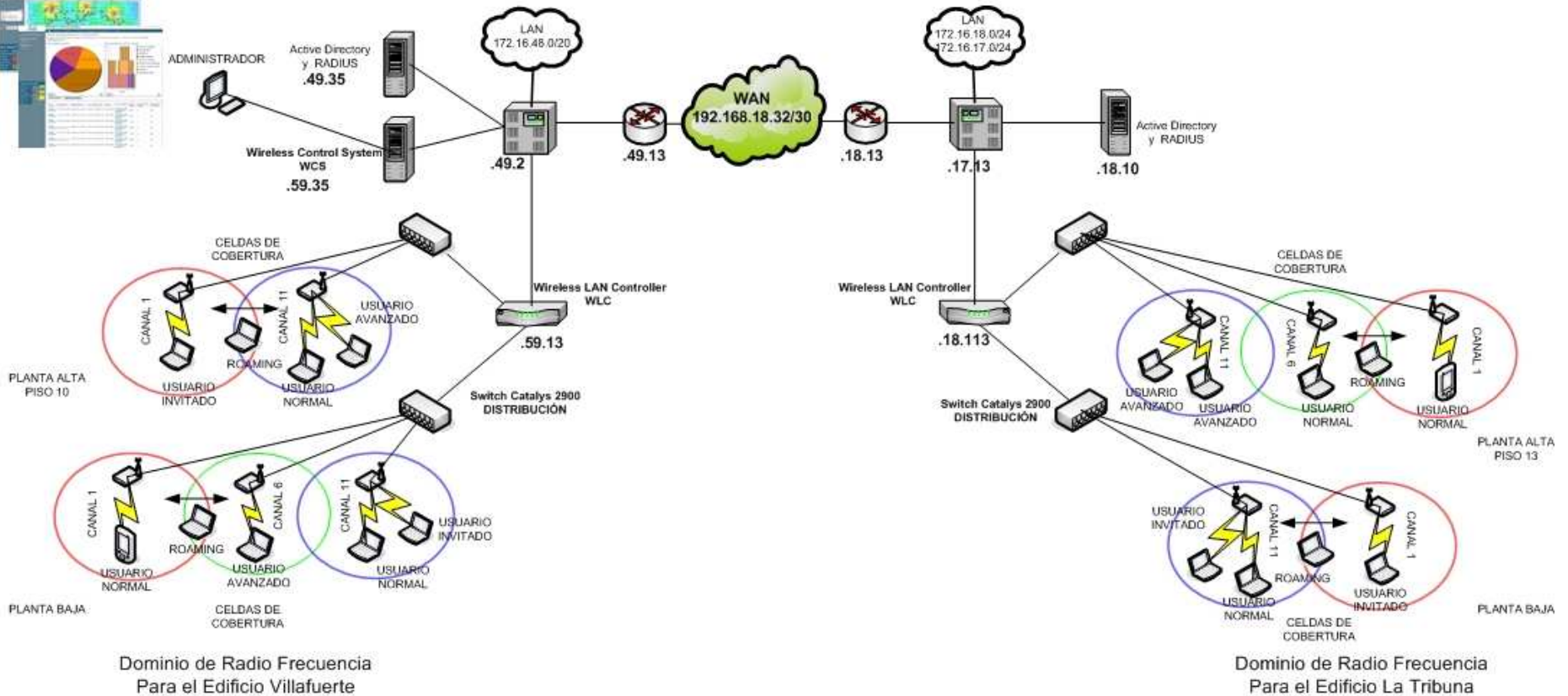


Figura 3.8 Red Inalámbrica Unificada de PETROPRODUCCIÓN

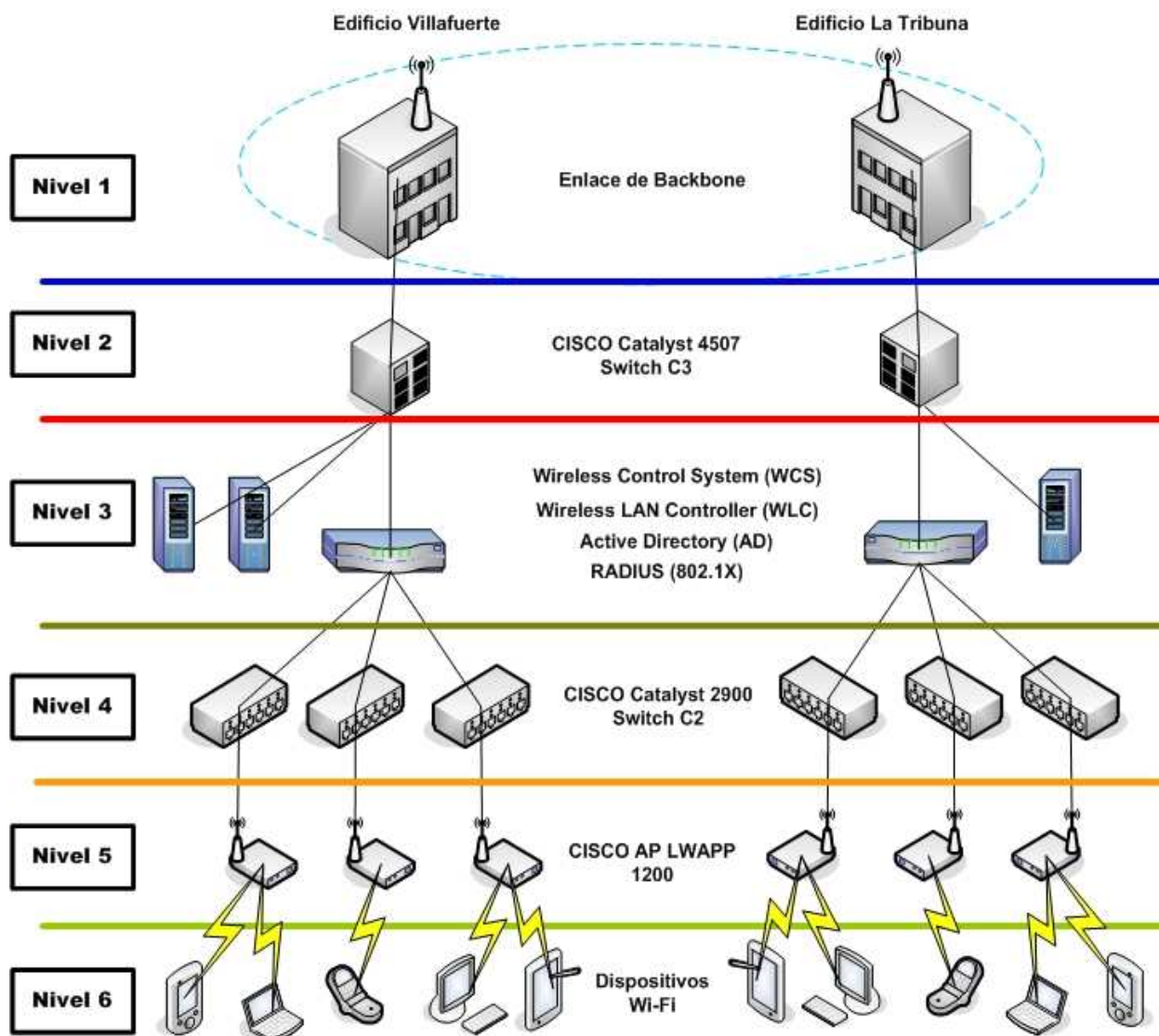


Figura 3.9 Modelo Jerárquico de la Red Inalámbrica Unificada

- **NIVEL 3**

La funcionalidad de este nivel es la administración, gestión y monitoreo de la Red Inalámbrica Unificada mediante los dispositivos WLC y WCS; además este nivel contempla la seguridad de la red inalámbrica mediante los servidores *Active Directory* y RADIUS en una arquitectura 802.1X.

Cabe mencionar que el WLC administra los recursos de radio frecuencia de todos los Puntos de Acceso conectados y permite la conexión de cada una de las VLANs inalámbricas a los servicios y aplicaciones definidas.

El WCS permite el monitoreo y gestión de la red inalámbrica mediante reportes detallados de uso de espectro, niveles de potencia, usuarios inalámbricos conectados, rendimiento de cada Punto de Acceso, etc. que simplifican la administración y permiten una mejor respuesta del administrador de la red ante problemas e inconvenientes.

- **NIVEL 4**

La capa de distribución utiliza equipos de conmutación a nivel de capa 2 del modelo OSI, se disponen en su mayoría de *switches Cisco Catalyst* serie 2900 de 12X, 24X y 48X puertos, que sirven como punto de concentración para acceder a cada unos de los servicios de red.

- **NIVEL 5**

La capa de acceso conecta al usuario inalámbrico directamente con la red, esta funcionalidad la cumple los Puntos de Acceso con soporte de LWAPP. En cada piso de ambos edificios se tiene un número determinado de Puntos de Acceso dependiendo de la capacidad de datos total a ser utilizada así como el número de usuarios inalámbricos.

Los Puntos de Acceso forman micro-celdas las cuales proporcionan áreas de cobertura definidas y permiten acceder a servicios y aplicaciones soportados por la red inalámbrica *Wi-Fi*.

- **NIVEL 6**

Este nivel está conformado por todos los dispositivos *Wi-Fi*, medio por el cual cada usuario accede a las aplicaciones y servicios proporcionados por la red inalámbrica.

Es importante señalar que estos dispositivos deben ser compatibles con la arquitectura de seguridad inalámbrica a ser diseñada y poseer el mayor nivel de receptibilidad de radio frecuencia posible.

3.5.2.5 Arquitectura de Seguridad para la Red Inalámbrica

La infraestructura *Cisco Unified Wireless Network* permite el uso de diferentes tipos de arquitecturas de seguridad para la Red Inalámbrica Unificada.

Comparando el rendimiento y características de los estándares de seguridad para redes *Wi-Fi* (ver tabla 3.1) se plantea la utilización de una arquitectura basada en cifrado WPA2 AES, autenticación 802.1X usando EAP-TLS apoyándose en una infraestructura de *Active Directory* (AD).

La arquitectura propuesta es válida para cualquier organización de tamaño mediano a grande, cuya infraestructura de servicios de red esté basada en plataformas *Windows Server 2003* preferiblemente con el servicio *Active Directory* ya implantado.

Los beneficios de esta arquitectura son los siguientes [25]:

- Reducir riesgos de seguridad asociados.
 - Interceptación del tráfico de red.
 - Acceso a la red de usuarios no autorizados.
 - Ataques de negación de servicios (DoS) a nivel de red.
 - Uso no autorizado de la red.
- Facilidad de uso para los usuarios.
- Compatibilidad con amplio número de dispositivos inalámbricos *Wi-Fi*.
- Tolerancia a fallos de la arquitectura de red.
- Sencillez y bajo coste de escalabilidad.
- Uso de sistemas y protocolos estándares.
- Facilidad de monitorización y auditoría de acceso a la red.

La figura 3.10 muestra el diseño de la Arquitectura de Seguridad para la Red Inalámbrica Unificada.

ARQUITECTURA DE SEGURIDAD

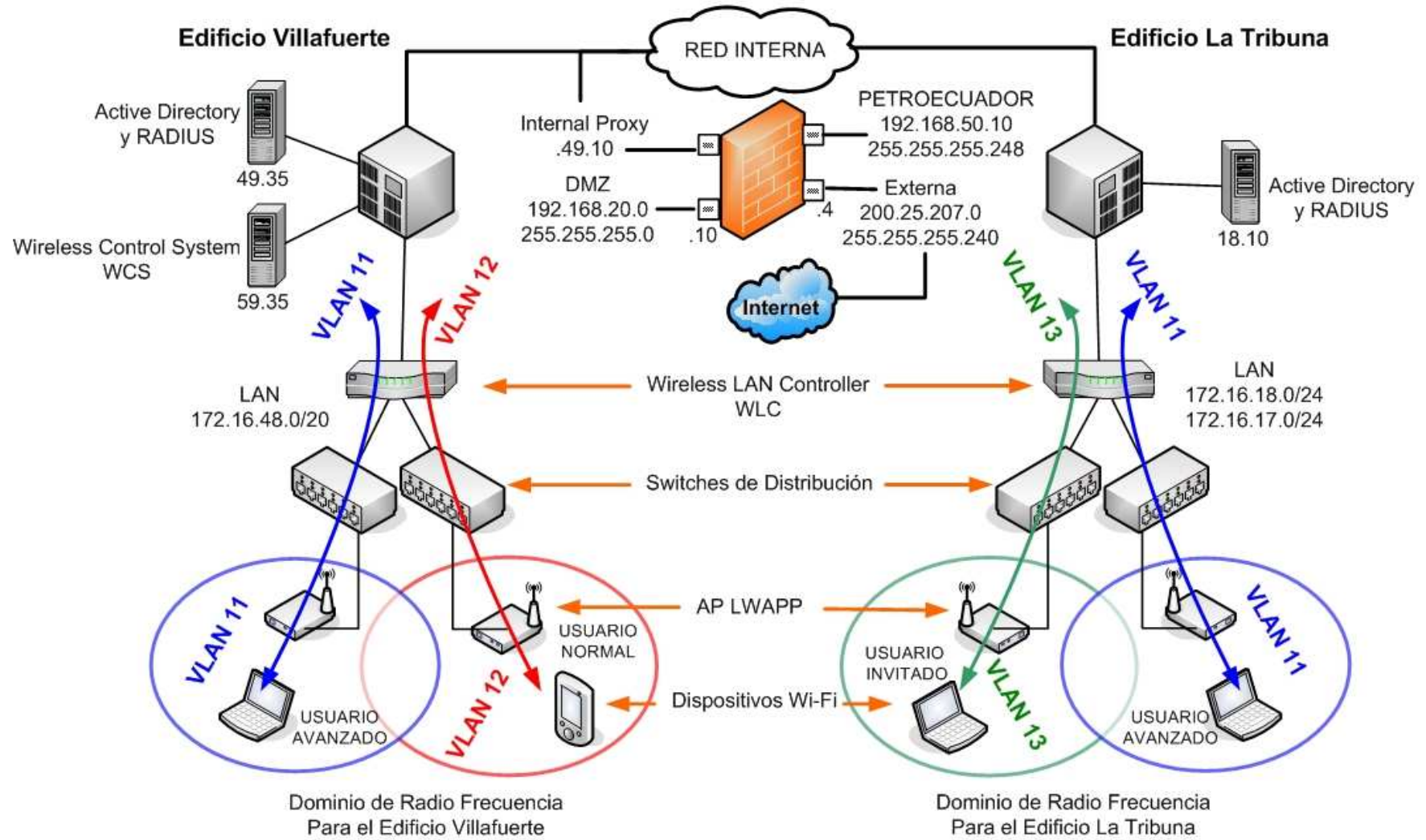


Figura 3.10 Arquitectura de Seguridad para la Red Inalámbrica Unificada

3.5.2.5.1 Funcionamiento de la Arquitectura de Seguridad

La figura 3.11 muestra en detalle el proceso de autenticación y autorización de un usuario inalámbrico para acceder a la red *Wi-Fi*, los procesos son los siguientes:

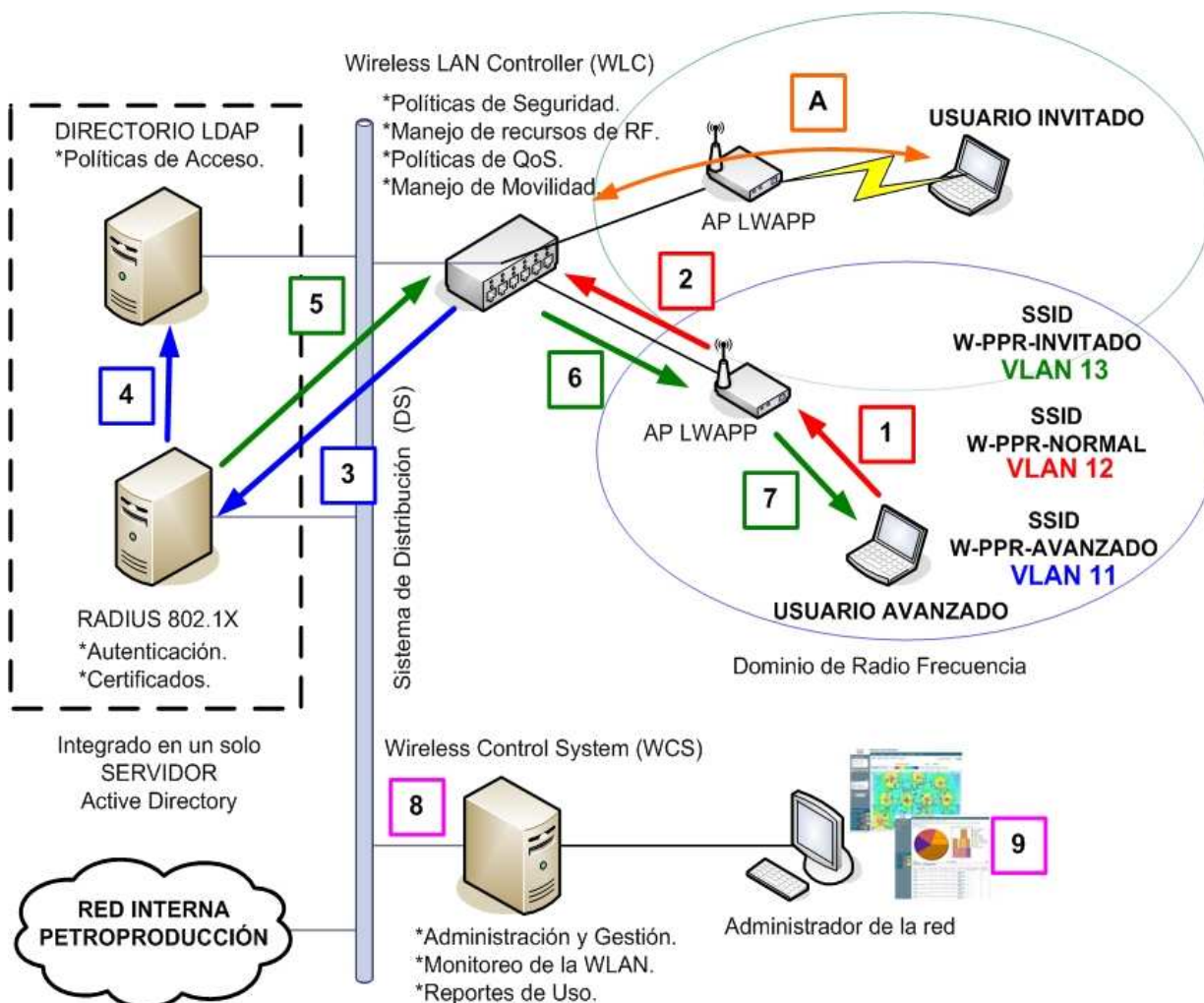


Figura 3.11 Procedimientos de Autenticación y Autorización para la Red Inalámbrica Unificada

1. El dispositivo inalámbrico detecta los SSID de un determinado Punto de Acceso AP LWAPP, dependiendo del grupo de usuario al que se pertenece, sea éste: normal, avanzado o invitado, con lo que se puede acceder a un determinado perfil de la conexión inalámbrica.

El *software* del cliente inalámbrico (suplicante) solicita al Punto de Acceso permiso para establecer una conexión y acceder a la red para lo cual se

solicita y se envía la contraseña de dominio de PETROPRODUCCIÓN, sin embargo si el usuario es invitado no se especifica ninguna contraseña.

2. El Punto de Acceso AP LWAPP está configurado para enviar la solicitud de conexión al Controlador de Puntos de Acceso (*Wireless LAN Controller*, WLC), permitiendo de esta forma un control total en el establecimiento de la conexión.

El WLC determina a qué VLAN el usuario quiere conectarse y las políticas de QoS, seguridad y recursos de radio frecuencia definidos para este perfil de conexión. Además en el WLC se define el servidor de autenticación 802.1X que la red dispone.

3. El WLC solicita la validez del usuario inalámbrico (es quién dice ser quién es) a un servidor de autenticación 802.1X. En el caso de una conexión para un usuario invitado el WLC no re-envía esta solicitud y simplemente presenta al usuario invitado una interfaz WEB con el propósito de solicitar datos del usuario; además se especifica los términos para dicha conexión (solo acceso a ciertas aplicaciones y servicios) y procede a la autorización de acceso a la red, como se ilustra en el proceso **A** de la figura 3.11.
4. El servidor RADIUS consulta al directorio LDAP, para comprobar la contraseña de dominio del usuario y su validez. Además se consulta las políticas de acceso establecidas al usuario (horarios de conexión, requisitos de cifrado y autenticación, pertenencia del usuario a algún grupos, etc.).
5. El servicio RADIUS determina si el usuario tiene acceso a la red y envía la autorización al Controlador de Puntos de Acceso WLC.
6. El Controlador de Puntos de Acceso autoriza la comunicación de información con el perfil respectivo entre el Punto de Acceso AP LWAPP y el dispositivo inalámbrico.

7. El Punto de Acceso AP LWAPP inicia un intercambio de claves para establecer un cifrado de sesión con el cliente (WPA 2 AES), permitiéndole así acceder a la red de forma segura. Finalmente el dispositivo *Wi-Fi* establece comunicación con la Red Interna de PETROPRODUCCIÓN con los servicios y aplicaciones permitidas.
8. El servidor *Wireless Control System* (WCS) se encarga de la administración, control, gestión y monitoreo de todas las conexiones inalámbricas establecidas tanto para usuarios normales, avanzados e invitados.
9. El administrador de la Red puede fácilmente dispone de un reporte detallado del estado de la Red Inalámbrica Unificada de PETROPRODUCCIÓN mediante un acceso vía WEB al servidor WCS.

Finalmente la tabla 3.10, detalla los procedimientos de seguridad y acceso que cada dispositivo realiza.

3.5.3. EQUIPOS PARA EL DISEÑO

Se han elegido los productos basados en el estándar 802.11g por sus características, además todos los dispositivos de la infraestructura de Red Inalámbrica Unificada para PETROPRODUCCIÓN deben ser compatibles entre ellos.

3.5.3.1 Puntos de Acceso AP LWAPP

Un Punto de Acceso es el punto central de una red inalámbrica y es el punto de conexión entre la red inalámbrica y la red cableada.

Los Puntos de Acceso deben ser compatibles con el protocolo LWAPP para la gestión centralizada de la red y soportar el estándar 802.11g.

Con estos requerimientos básicos bien definidos *Cisco* promueve su serie *Aironet* 1200 para Puntos de Acceso internos en banda de los 2.4 GHz y 5 GHz.

DISPOSITIVO	FUNCIONES DE ACCESO Y SEGURIDAD
Punto de Acceso con soporte de LWAPP. AP LWAPP	<ul style="list-style-type: none"> • Retransmisión de los SSID para cada tipo de perfil de usuario. • Intercambio de claves de sección con el dispositivo <i>Wi-Fi</i>.
Controlador de Puntos de Acceso. Wireless LAN Controller WLC	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de gestión de contraseñas de administración de los Puntos de Acceso. • Administración de los Puntos de Acceso mediante un túnel de comunicación seguro a través del protocolo LWAPP. • Segregación de redes, DMZs, <i>firewalls</i>, y asignación automática de VLANs para los dispositivos inalámbricos, con objeto de realizar un mayor control sobre el acceso a la red y a los recursos de radio frecuencia. • Detección de Puntos de Acceso no autorizados u hostiles (<i>Rogue Access Point</i>)
Software de Administración y Gestión de la WLAN. Wireless Control System WCS	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión y monitorización de los Puntos de Acceso (mediante SNMP y/o <i>syslog</i>) • Estudio de la localización de los Puntos de Acceso para controlar el tráfico inalámbrico y monitorear conexión a la red desde zonas no deseadas y conexiones <i>hotspots</i> de la organización. • Monitorización y auditoría de los registros de acceso del servicio RADIUS.
Servidor de Autorización y Autenticación. RADIUS 802.1X¹	<ul style="list-style-type: none"> • Autorización y autenticación de los usuarios.
Servidor de validación de usuario. LDAP	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión sobre el tipo de acceso de usuarios a los recursos de red, definido en las políticas de acceso.

Tabla 3.10 Funciones de Seguridad y Acceso para cada dispositivo de la Red Inalámbrica Unificada

¹ Tanto el servicio de RADIUS como el directorio LDAP se encuentran integrados en un solo Servidor *Active Directory* o Servidor de Dominio para PETRODUCCIÓN, el cual define todas las políticas de acceso y validación de usuarios y/o equipos.

Se elige la serie *Cisco Aironet 1200* y el modelo AIR-AP1231G-A-K9 (ver Anexo D) por las siguientes características [34]:

- Alto rendimiento del estándar 802.11g a 54 Mbps de capacidad.
- Módulo adicional para soporte del estándar 802.11a.
- Conectores RP-TNC para antenas externas a 2.4 GHz.
- Actualización de la versión para soporte del protocolo LWAPP.
- 16 MBytes de memoria con 8 MBytes de almacenamiento.
- Soporte para seguridad WPA y 802.11i/WPA2.



Figura 3.12 Cisco Aironet Serie 1200 para Puntos de Acceso [34]

Todas las especificaciones técnicas, así como el manual básico de configuración para este dispositivo se encuentran en la sección de Anexos.

3.5.3.2 Controlador de Puntos de Acceso

Mediante la utilización de este dispositivo se tiene una infraestructura de administración centralizada de todos los Puntos de Acceso conectados en cada edificio.

La serie 4400 de Controladores de Puntos de Acceso que promueve *Cisco* (ver Anexo D) permite obtener una administración centralizada, por lo que es necesaria la inclusión de dos *Wireless LAN Controller* en la red inalámbrica para PETROPRODUCCIÓN.



Figura 3.13 Cisco Wireless LAN Controller (WLC) Serie 4400 [35]

El dimensionamiento del dispositivo depende del número de Puntos de Acceso a ser controlados; se tienen *Wireless LAN Controller* capaces de soportar 12, 25, 50 y 100 Puntos de Acceso.

Para el diseño de la red inalámbrica se tiene un número no mayor de 50 Puntos de Acceso para cada edificio. Por lo tanto se tendrán dos dispositivos WLC serie 4400 AIR-WLC4402-50-K9 con soporte para 50 AP LWAPP uno ubicado en la Intranet del Edificio Villafuerte y el otro en la Intranet del Edificio La Tribuna.

3.5.3.3 *Software de Administración y Monitoreo*

El *software Cisco Wireless Control System (WCS)* permite la planeación, administración y monitoreo de todos los dispositivos que conforman la Red Inalámbrica Unificada, además con el WCS el administrador puede optimizar los recursos de la red a través de reportes detallados, alarmas de seguridad, *roaming* de todos los clientes, estadísticas de uso, capacidad de datos transferida ,etc.

El WCS se ejecuta en plataformas *Windows Server* o *Linux*, además el equipo servidor debe poseer ciertos requerimientos mínimos de *hardware* dependiendo del número de Puntos de Acceso controlados (ver Anexo D).

El *software WCS* es un componente adicional del WLC y el licenciamiento debe validarse dependiendo del número de Puntos de Acceso que el WLC tiene gestionados.

La figura 3.14 muestra un ejemplo de análisis para el área de cobertura de varios Puntos de Acceso instalados en un determinado piso.

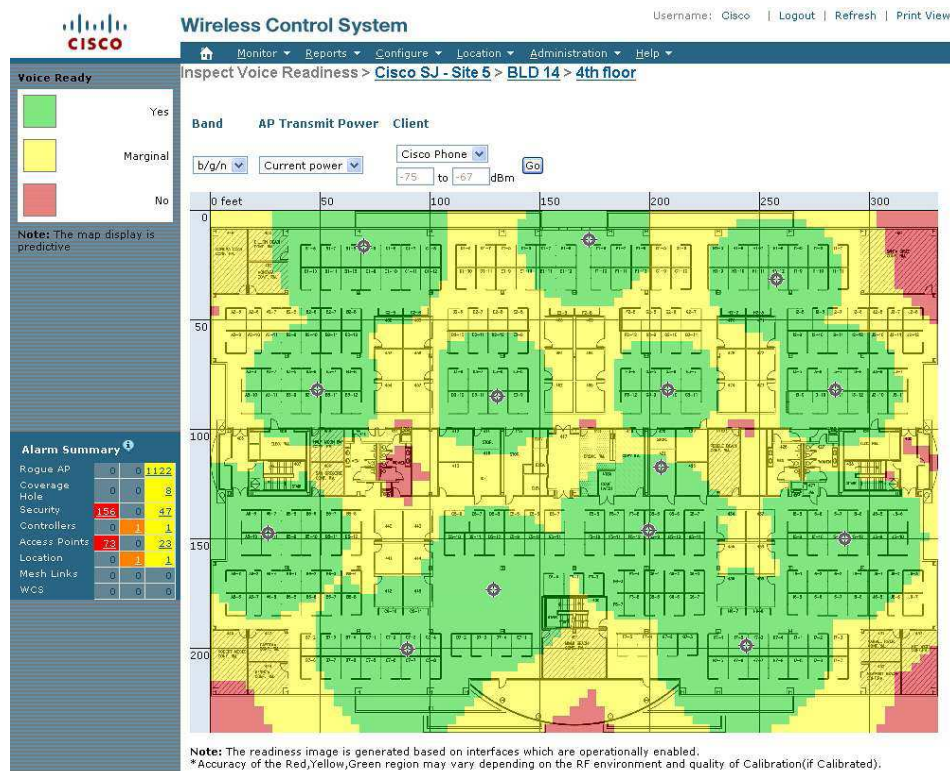


Figura 3.14 Cisco Wireless Control System (WCS) reporte de cobertura [37]

3.5.3.4 Equipamiento Adicional

Los Puntos de Acceso Cisco serie 1200 no tienen antenas de 2.4 GHz incorporadas en el paquete de compra, por lo que es necesario la adquisición de antenas omnidireccionales en la frecuencia de 2.4 GHz.

Las antenas a la frecuencia de 2.4 GHz deben poseer el conector RP-TNC y una ganancia de por lo menos 2 dBi.

Finalmente se selecciona las antenas Cisco AIR-ANT1728 (ver Anexo D) que trabajan en la frecuencia de 2.4 GHz y tienen 5.2 dBi de ganancia, y deben ser instaladas una para cada Punto de Acceso.

3.5.4. RED INALÁMBRICA PARA EL EDIFICIO VILLAFUERTE

El Edificio Villafuerte cuenta con: 1 Subsuelo, Planta Baja, Mezzanine y 10 Pisos, además está construido con concreto, paredes de bloque, techos falsos de poco

tamaño, ventanas de vidrio y la mayoría de las oficinas poseen divisiones de aglomerado y bloque.

La ubicación de los Puntos de Acceso debe considerar un lugar con máxima cobertura y poca interferencia, de esta manera se utilizarán repisas de madera debido a la imposibilidad de incluir a los Puntos de Acceso en los techos falsos de poco tamaño.

En cada repisa de madera se debe disponer de por lo menos un punto de alimentación energética y un punto de datos; la figura 3.15 muestra un Punto de Acceso (*Cisco Aironet 1200*) ubicado en una repisa de madera.



Figura 3.15 Repisa de madera para ubicación de un determinado Punto de Acceso

Además los Puntos de Acceso no deben estar expuestos a humedad ni vibraciones, para evitar daños en los equipos.

Los dispositivos de la capa de distribución en su mayoría *switches Cisco Catalyst 2900* deben estar configurados de tal forma que puedan dar acceso a los recursos de la red a cada uno de los Puntos de Acceso.

Como es obvio cada Punto de Acceso AP LWAPP está conectado a un puerto del *switch*. Las siguientes líneas de comando son un ejemplo de configuración de una interfaz *ethernet* (en este caso *FastEthernet 0/2*) para un *switch Cisco Catalyst 2950* con un IOS versión 12.1(22)EA6.

```
Sw02_29500>ena
Sw02_29500>enable
Password:
Sw02_29500#
Sw02_29500#configure terminal
Sw02_29500(config)#
Sw02_29500(config)#interface FastEthernet 0/2
Sw02_29500(config-if)# switchport mode trunk
Sw02_29500(config-if)# switchport nonegotiate
Sw02_29500(config-if)# mls qos trust cos
Sw02_29500(config-if)# macro description cisco-wireless
Sw02_29500(config-if)# spanning-tree bpduguard enable
Sw02_29500(config-if)#exit
Sw02_29500(config)#exit
Sw02_29500#wr
Building configuration...
[OK]1
```

Es importante destacar que todas las interfaces *ethernet* de los *switches* donde se conecten los Puntos de Acceso deben estar configuradas en modo *Access Point*, es decir como se indicó en el ejemplo anterior, caso contrario existirán problemas de comunicación entre los dispositivos inalámbricos *Wi-Fi* y la Intranet.

El Controlador de Puntos de Acceso WLC y el servidor WCS deben estar ubicados en el cuarto principal de servidores situado en la Unidad de Sistemas.

3.5.4.1 Determinación del Número de Usuarios Beneficiados y del Número de Puntos de Acceso

El número de usuarios de la red inalámbrica depende de la concentración de los usuarios potenciales en cada piso, es decir para cada piso del Edificio Villafuerte existirán usuarios en su mayoría normales, usuarios avanzados y posiblemente pocos usuarios invitados; sin embargo el diseño debe tomar el caso más crítico,

¹ Configuración de una interfaz *ethernet* de un *switch Cisco* serie 2900 en modo compatible de conexión con un Punto de Acceso, conocida a esta configuración como modo *Access Point*.

cuando todos los usuarios normales, avanzados e invitados se encuentran conectados.

La red inalámbrica establece una capacidad de datos mínima de 1 Mbps que se compromete a dar a un usuario en el caso más desfavorable.

La tabla 3.11 muestra los tipos de usuario de la red inalámbrica y la capacidad asignada dependiendo de las aplicaciones y servicios requeridos (para mayor detalle ver la tabla 3.6)

Capacidad de Datos	Grupo de Usuario		
	Normal (Kbps)	Avanzado (Kbps)	Invitado (Kbps)
Capacidad Total	2922.22	42918.22	1722.22
Capacidad redondeada por cada usuario	3 Mbps	5 Mbps	2 Mbps

Tabla 3.11 Capacidad de datos para cada tipo de usuario inalámbrico

Las tablas 3.12 a 3.23 indican el número de usuarios inalámbricos beneficiados en cada piso del Edificio Villafuerte considerando cada grupo de usuario y la simultaneidad de conexión. Además se especifica el número de Puntos de Acceso para cada piso determinado por la capacidad de datos total de los usuarios y la tasa de transmisión de datos real del estándar 802.11g.

Como ejemplo se especifican los cálculos realizados para la determinación del número de usuarios y Puntos de Acceso para la Planta Baja del Edificio Villafuerte; las siguientes tablas de información solo tienen valores calculados.

1. PLANTA BAJA

En este piso se encuentra la Unidad de Archivo, Sistemas, Departamento Médico y la recepción del edificio, cabe mencionar que la mayoría de usuarios beneficiados corresponde a la Unidad de Sistemas.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad ¹ (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	12	50	$(12*50\%)=6$	$(6*3 \text{ Mbps})=18$
Usuario Avanzado	5	10	80	$(10*80\%)=8$	$(8*5 \text{ Mbps})=40$
Usuario Invitado	2	5	80	$(5*80\%)=4$	$(4*2 \text{ Mbps})=8$
Capacidad Total	$(18+40+8) \text{ Mbps} = 66 \text{ Mbps}$				

Capacidad Total (Mbps)	66
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	$66 \text{ Mbps} / 23 \text{ Mbps} = 2.86$ Por lo tanto se necesitan 3 AP

Tabla 3.12 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Planta Baja

2. MEZZANINE

La Unidad de Contabilidad y los Departamentos de Activos Fijos, Métodos y Procedimientos se encuentran en este piso.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	10	50	5	15
Usuario Avanzado	5	4	80	4	20
Usuario Invitado	2	4	80	4	8
Capacidad Total	43 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	43
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.13 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Mezanine

¹ El porcentaje de simultaneidad fue obtenido utilizando las estadísticas de soporte al usuario y helpdesk que proporciona la unidad de Sistemas.

3. PRIMER PISO

Este piso lo conforman la Unidad de Relaciones Industriales y los Departamentos de Recursos Humanos, Bienestar Social, Capacitación y Roles.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	8	50	4	12
Usuario Avanzado	5	4	80	4	20
Usuario Invitado	2	2	80	2	4
Capacidad Total	36 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	36
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.14 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Primer Piso

4. SEGUNDO PISO

Aquí se encuentra la Unidad de Administración Financiera y el Departamento de Seguros y Garantías.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	10	50	5	15
Usuario Avanzado	5	4	80	4	20
Usuario Invitado	2	2	80	2	4
Capacidad Total	39 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	39
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.15 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Segundo Piso

5. TERCER PISO

Conforman este piso la Unidad de Contratos y la Unidad de Comisión y Compras.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	12	50	6	18
Usuario Avanzado	5	4	80	4	20
Usuario Invitado	2	2	80	2	4
Capacidad Total	42 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	42
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.16 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Tercer Piso

6. CUARTO PISO

Aquí se encuentran los departamentos de Control de Gestión, Obras Civiles y el departamento de Presupuesto.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	10	50	5	15
Usuario Avanzado	5	6	80	5	25
Usuario Invitado	2	2	80	2	4
Capacidad Total	44 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	44
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.17 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Cuarto Piso

7. QUINTO PISO

Este piso lo conforman los departamentos de Calificación de Proveedores, Planificación y Control de Proyectos.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	10	50	5	15
Usuario Avanzado	5	4	80	4	20
Usuario Invitado	2	2	80	2	4
Capacidad Total	39 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	39
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.18 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Quinto Piso

8. SEXTO PISO

Aquí se encuentran los departamentos de Importaciones y Ofertas, y las Comisiones de Compras Mayores y Menores.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	10	50	5	15
Usuario Avanzado	5	4	80	4	20
Usuario Invitado	2	2	80	2	4
Capacidad Total	39 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	39
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.19 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Sexto Piso

9. SÉPTIMO PISO

Este piso lo conforman, el departamento de Compras Nacionales y el departamento de Materiales.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	12	50	6	18
Usuario Avanzado	5	4	80	4	20
Usuario Invitado	2	2	80	2	4
Capacidad Total	42 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	42
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.20 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Séptimo Piso

10. OCTAVO PISO

Aquí se encuentran la Subgerencia Financiera y la Subgerencia Administrativa, además existe una amplia sala de reuniones.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	12	50	6	18
Usuario Avanzado	5	8	80	7	35
Usuario Invitado	2	8	80	7	14
Capacidad Total	67 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	67
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	3 AP

Tabla 3.21 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte – Octavo Piso

11. NOVENO PISO

Aquí se encuentran las oficinas de los Asistentes de las dos Subgerencias (Financiera y Administrativa), el departamento de Juzgado de Coactivas y el departamento de Servicios Generales.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	8	50	4	12
Usuario Avanzado	5	6	80	5	25
Usuario Invitado	2	4	80	4	8
Capacidad Total	45 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	45
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.22 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte –
Noveno Piso

12. DÉCIMO PISO (PLANTA ALTA)

En este piso se encuentra la Unidad de Telecomunicaciones.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	6	50	3	9
Usuario Avanzado	5	6	80	5	25
Usuario Invitado	2	4	80	4	8
Capacidad Total	42 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	42
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.23 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte –
Décimo Piso

3.5.4.2 Pruebas de *Site Survey*

Para estas pruebas se utilizó un Punto de Acceso *Cisco Aironet 1200* y un Punto de Acceso *Senao NL-3054CB3 PLUS* configurados¹ en canales no solapados y con el mayor nivel de señal posible.

Como equipo de escaneo se utilizó una *Laptop Dell Inspiration* de 2.0 GHz de velocidad con 1 GB de Memoria RAM con un Sistema Operativo *Windows XP SP2*. Además se utilizó el *software AIRMAGNET Survey* Versión 4.0 para las pruebas de sitio efectuadas.

Las pruebas de sitio o *site survey* para el Edificio Villafuerte fueron realizadas en la Unidad de Sistemas debido a la infraestructura disponible. Además la estructura y distribución arquitectónica para todos los pisos es similar; por lo que se tiene una buena aproximación aplicable a los demás pisos.

El reporte que se detalla a continuación es un resumen de los datos recopilados por el *software AIRMAGNET Survey* conjuntamente con los diagramas de cobertura, potencia de la señal, relación señal a ruido (S/N), velocidad de conexión, etc. proporcionados.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4 GHz	32.40 % de Excelente Área
Mínima señal requerida para cobertura	- 67 dBm
Número de Puntos de Acceso requeridos	2 AP
Mínima señal requerida para el Punto de Acceso	- 67 dBm
Velocidad de Cobertura	100 % de Excelente Velocidad a 54 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el Punto de Acceso	5 Mbps
Cobertura de la relación Señal a Ruido S/N	44.3 % de Excelente Cobertura
Mínima relación Señal a Ruido requerida	25 dB
Máximo nivel de ruido permitido	-90 dBm
Máximo número de usuarios soportados por Punto de Acceso	15
Máximo número de usuarios soportados por Punto de Acceso con Balanceo de Carga	1

Tabla 3.24 Datos obtenidos del *Site Survey* para el Edificio Villafuerte- Planta Baja

¹ Ver Anexos A, B y C para configuración de los equipos utilizados.

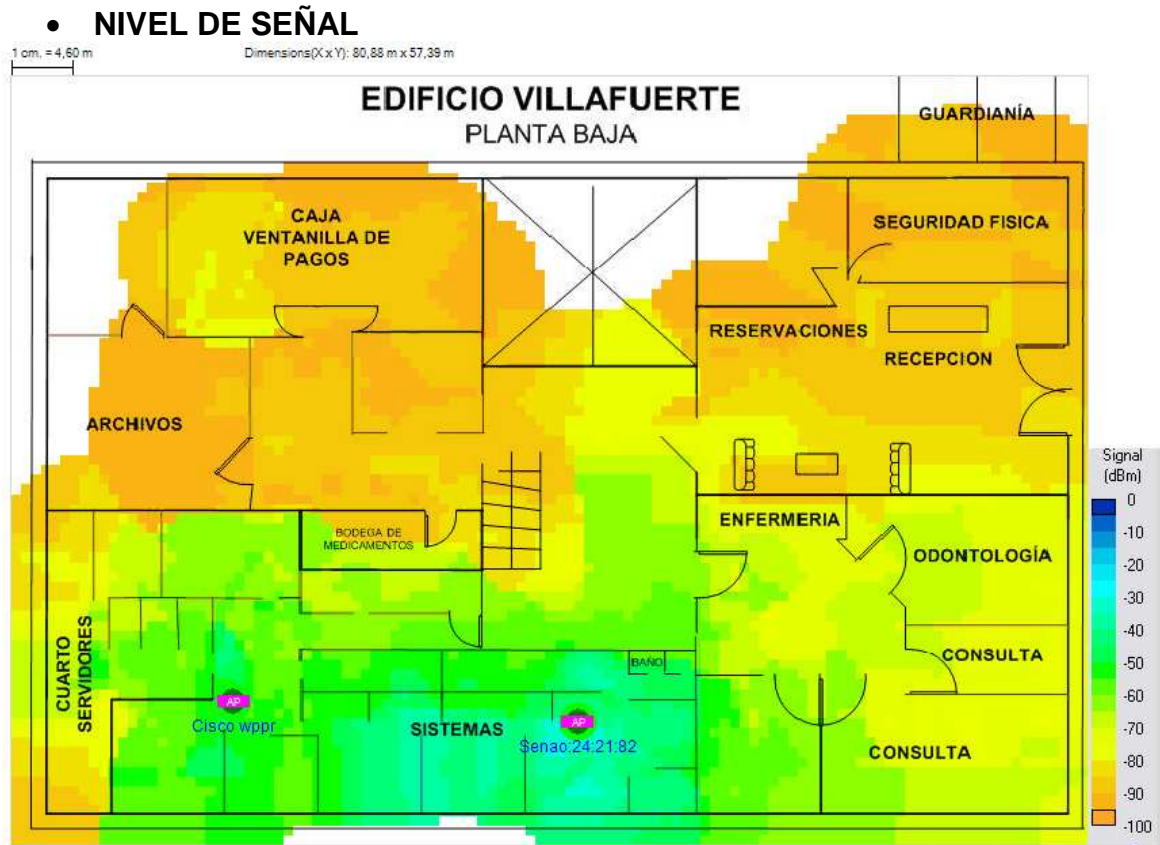


Figura 3.16 Site Survey Nivel de Señal a 2.4 GHz - Ed. Villafuerte

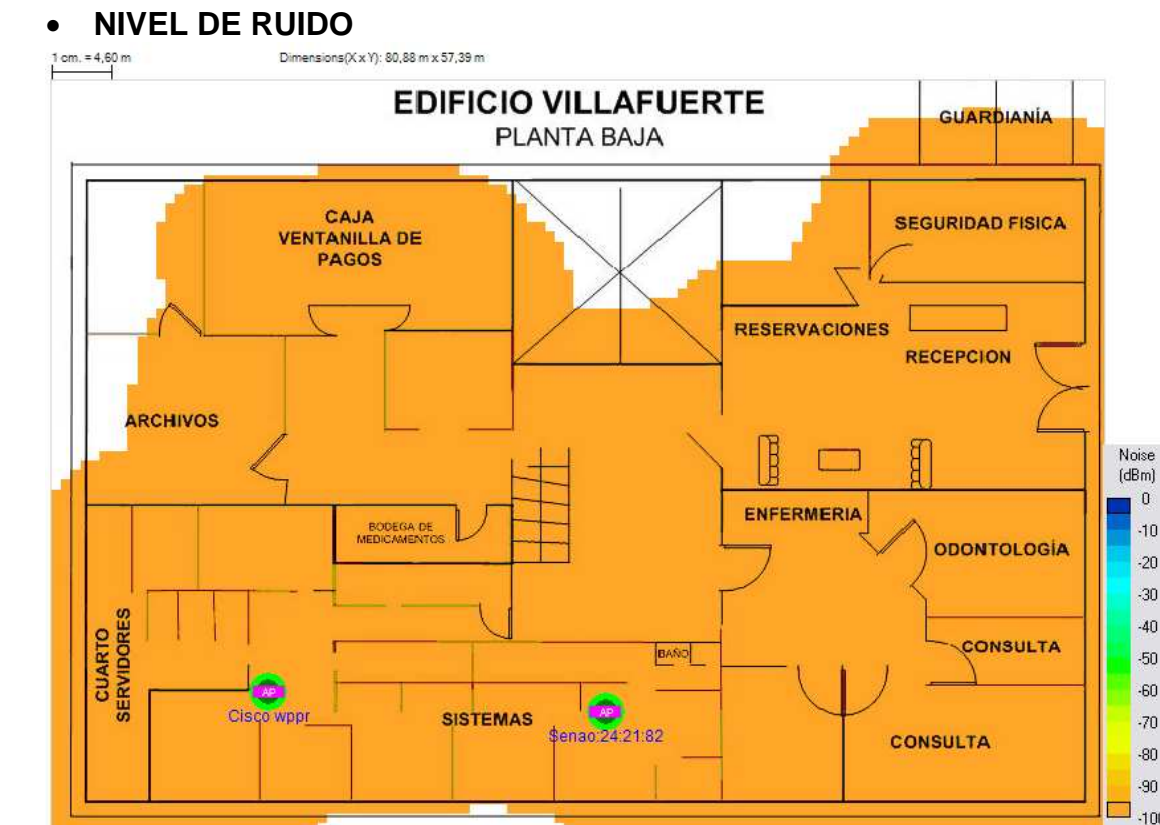


Figura 3.17 Site Survey Nivel de Ruido a 2.4 GHz - Ed. Villafuerte

• **RELACIÓN SEÑAL A RUIDO (S/N)**

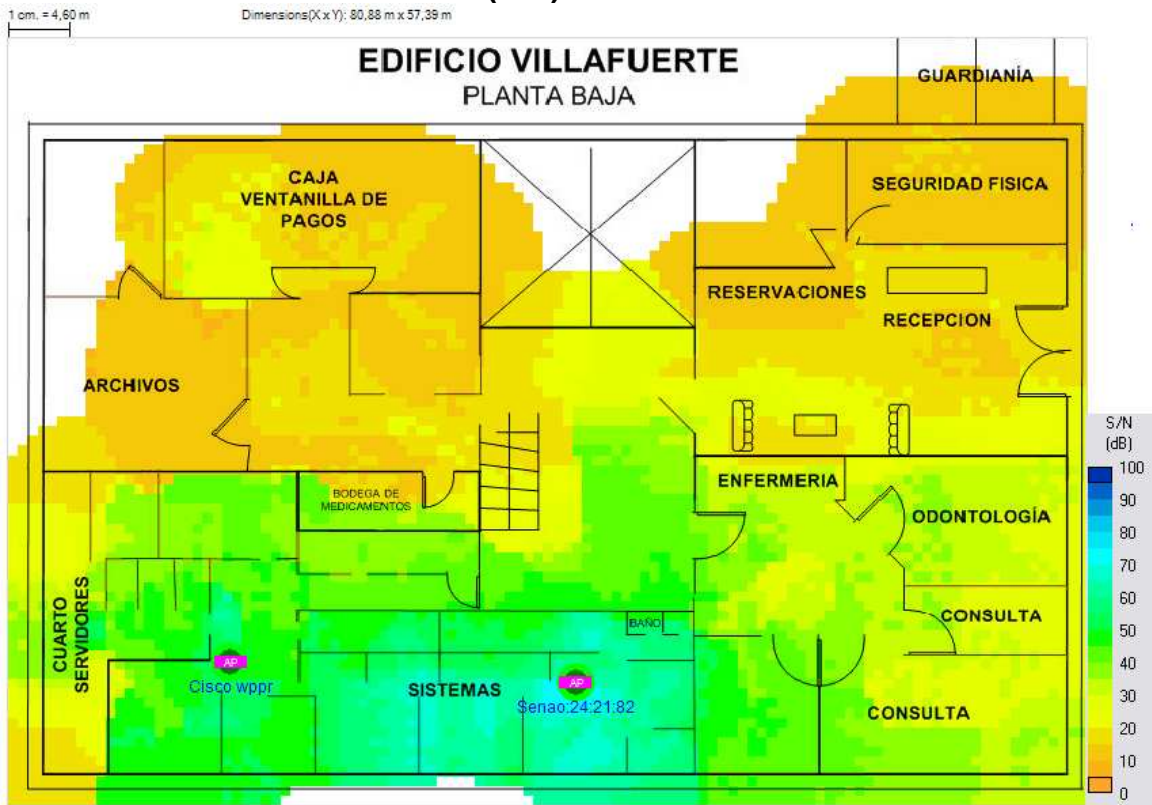


Figura 3.18 Site Survey Relación Señal a Ruido - Ed. Villafuerte

• **VELOCIDAD DE CONEXIÓN**

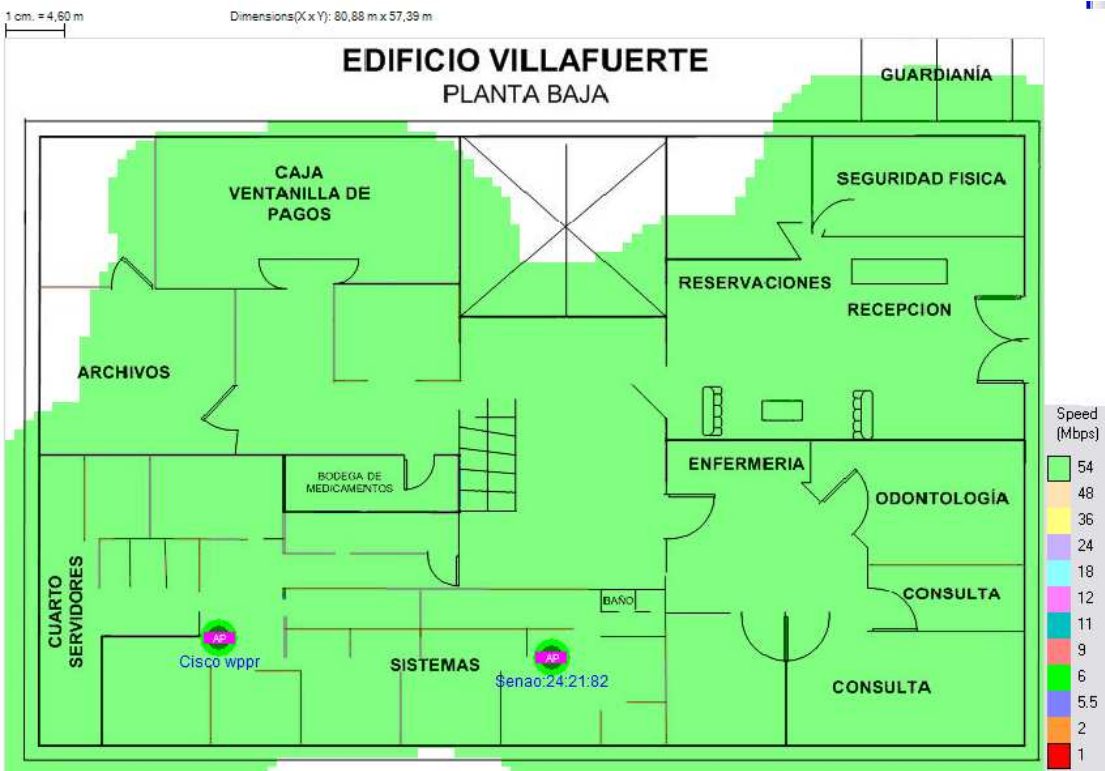


Figura 3.19 Site Survey Velocidad de Conexión a 2.4 GHz - Ed. Villafuerte

- RELACIÓN SEÑAL A RUIDO (S/N) VISTA 3D

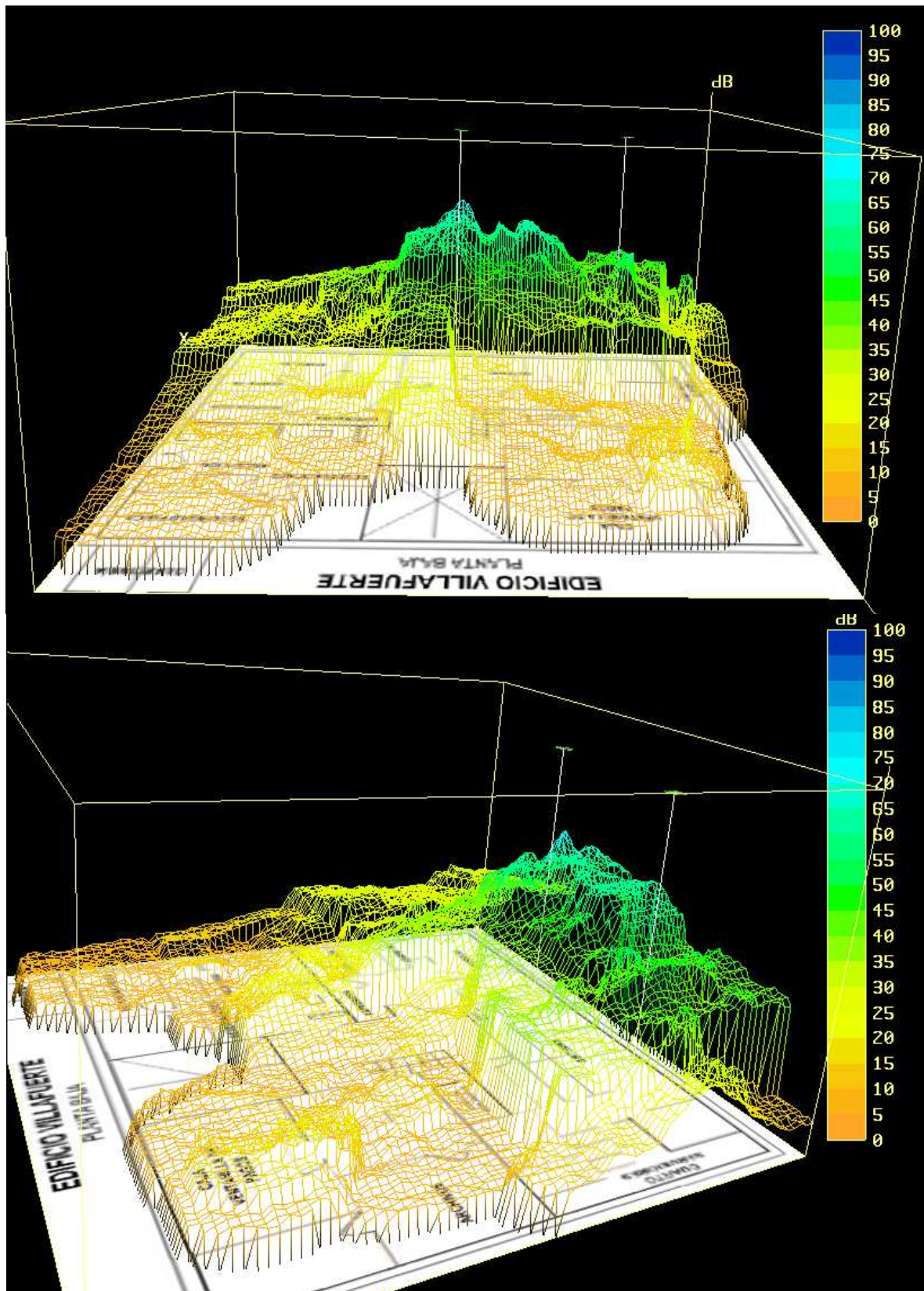


Figura 3.20 Site Survey Relación Señal a Ruido Vista 3D - Ed. Villafuerte

3.5.4.3 Ubicación Física de los Puntos de Acceso

Para el estándar 802.11g se tiene como limitante el uso de solo tres Puntos de Acceso simultáneos en una misma área de cobertura, sin embargo de acuerdo a las necesidades de cada empresa es posible insertar un mayor número de Puntos de Acceso procurando ubicarlos de forma que no exista interferencia entre ellos.

Para cada piso del Edificio Villafuerte será necesaria la utilización de los tres canales no solapados canal 1, 6 y 11 para evitar la interferencia co-canal¹ y permitir *roaming* entre las diferentes zonas de cobertura.

Las figuras 3.21 a 3.32 muestran la ubicación física de los Puntos de Acceso en cada piso del Edificio Villafuerte.

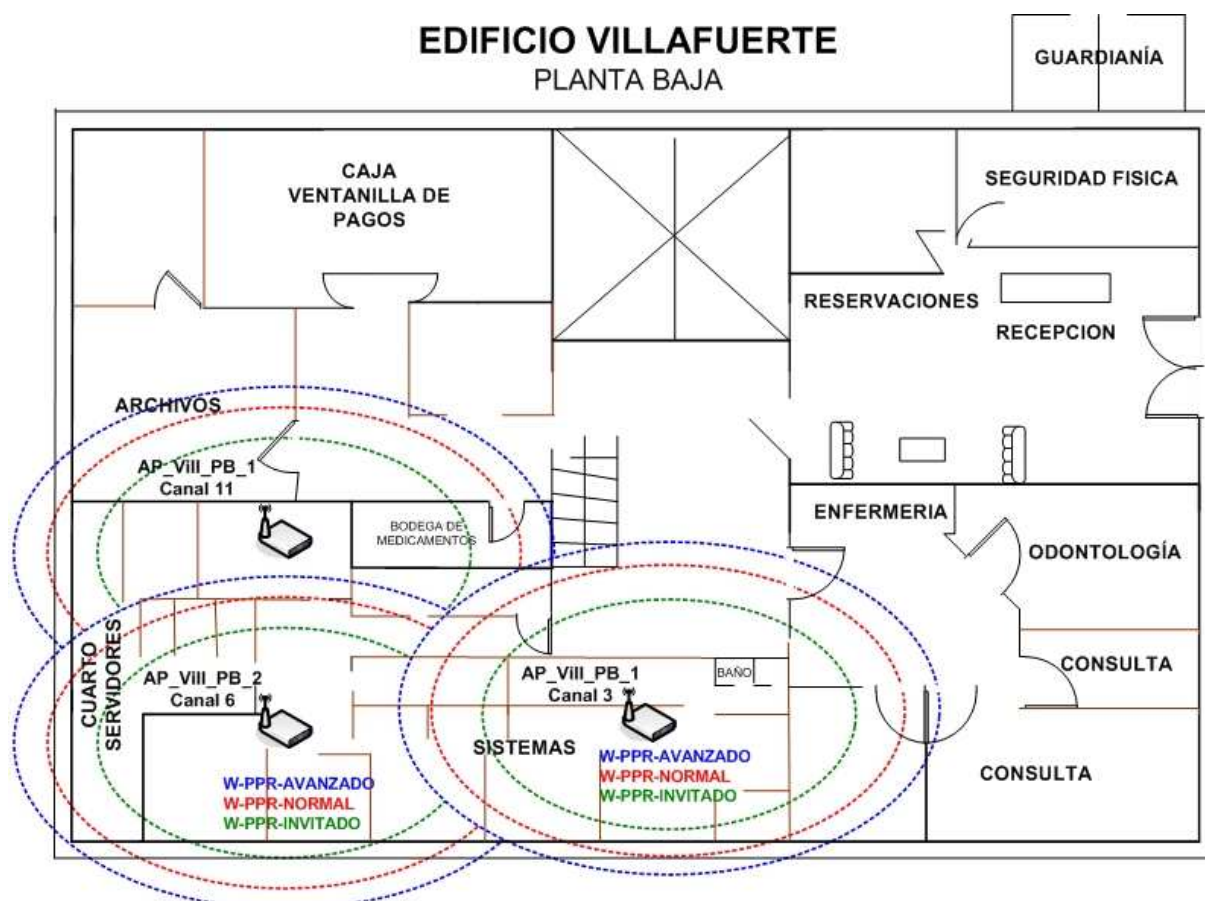


Figura 3.21 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Planta Baja

¹ Interferencia producida por varios Puntos de Acceso adyacentes al utilizar el mismo canal de radio frecuencia.

EDIFICIO VILLAFUERTE MEZZANINE

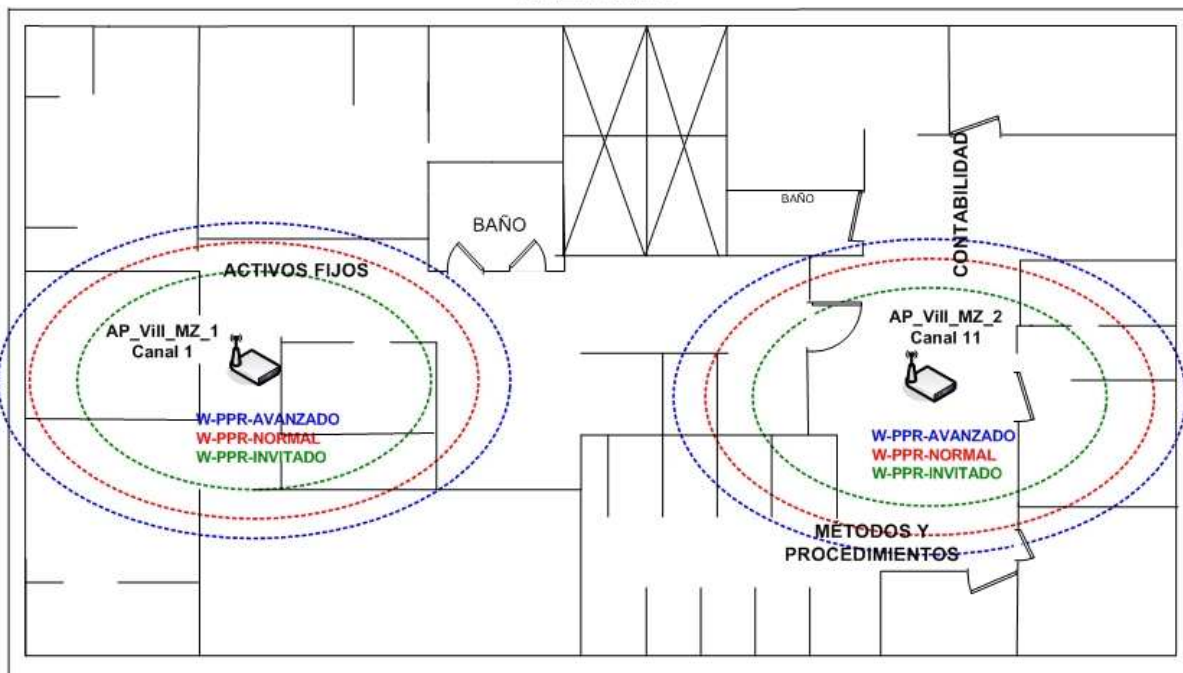


Figura 3.22 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Mezzanine

EDIFICIO VILLAFUERTE PRIMER PISO

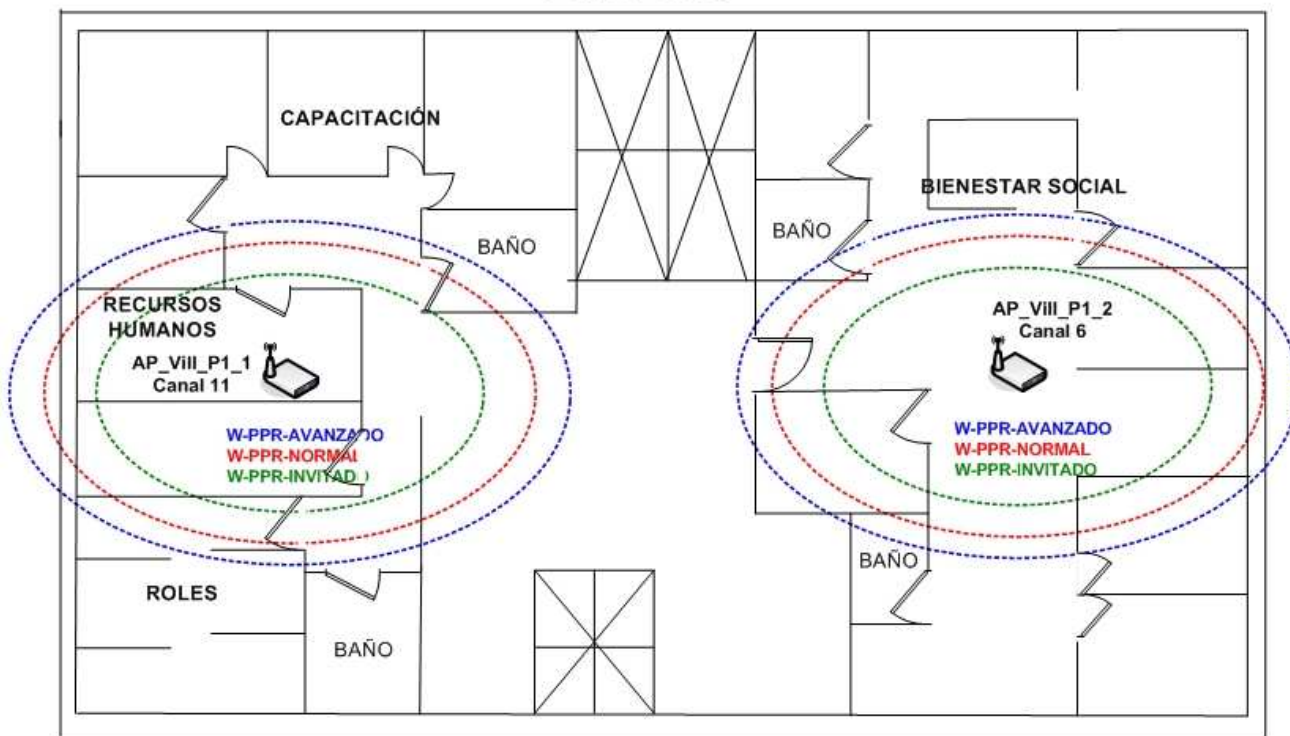


Figura 3.23 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Primer Piso

EDIFICIO VILLAFUERTE SEGUNDO PISO

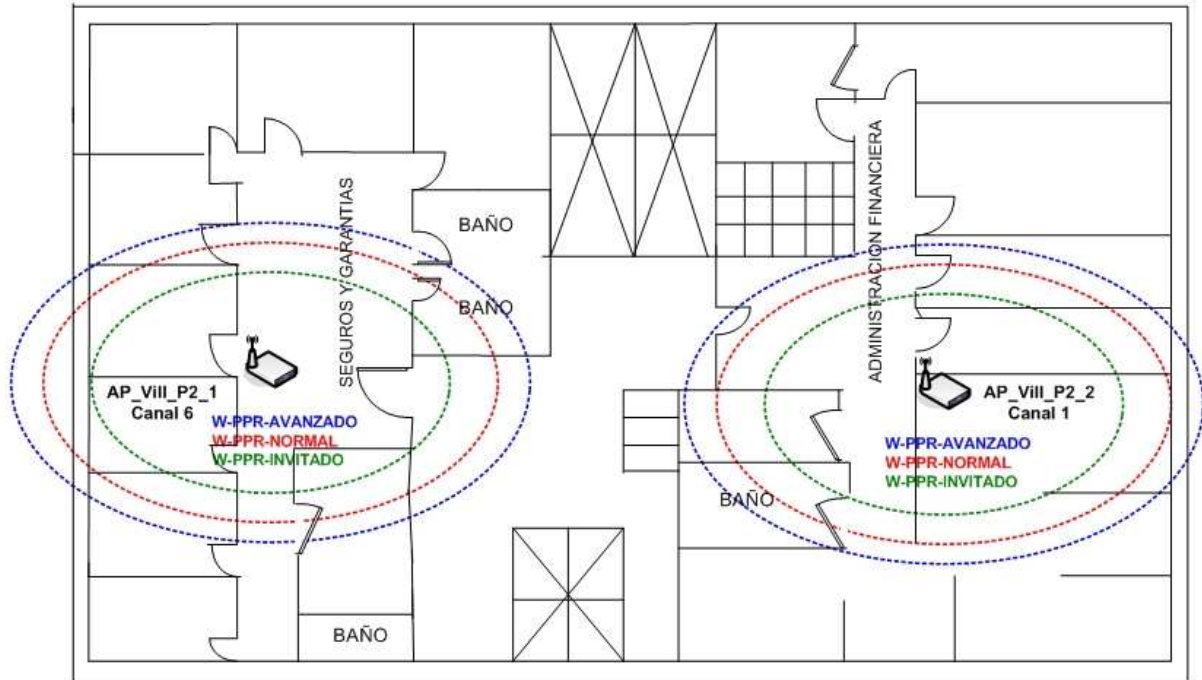


Figura 3.24 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Segundo Piso

EDIFICIO VILLAFUERTE TERCER PISO

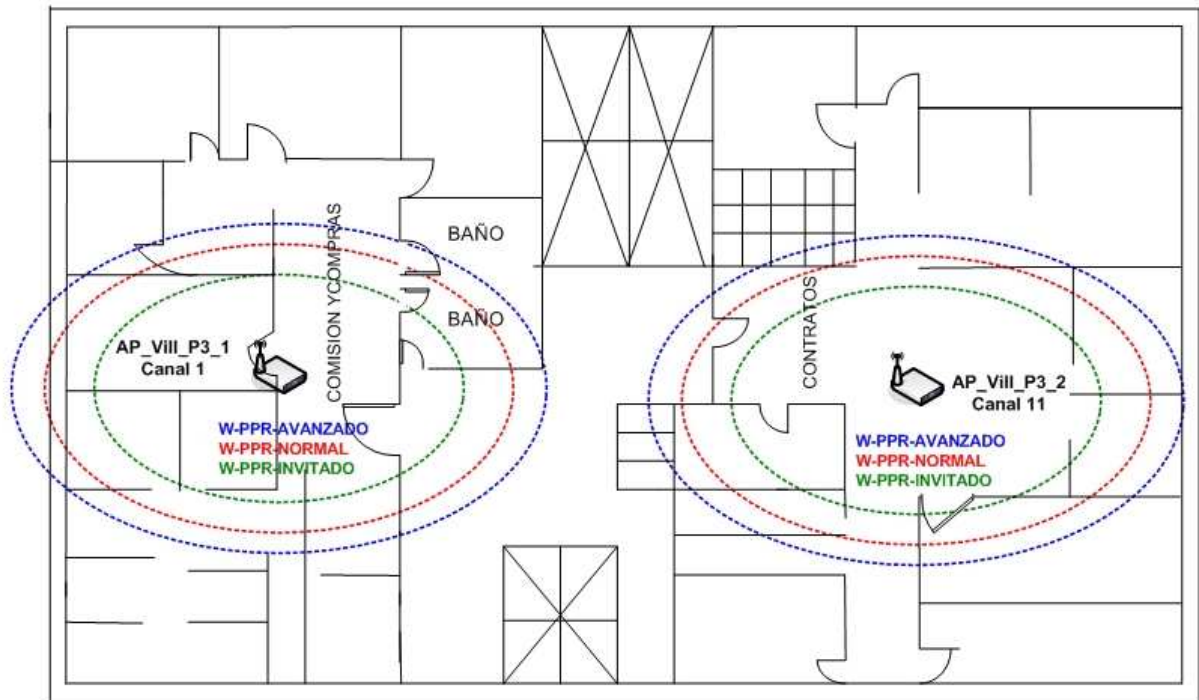


Figura 3.25 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Tercer Piso

EDIFICIO VILLAFUERTE CUARTO PISO

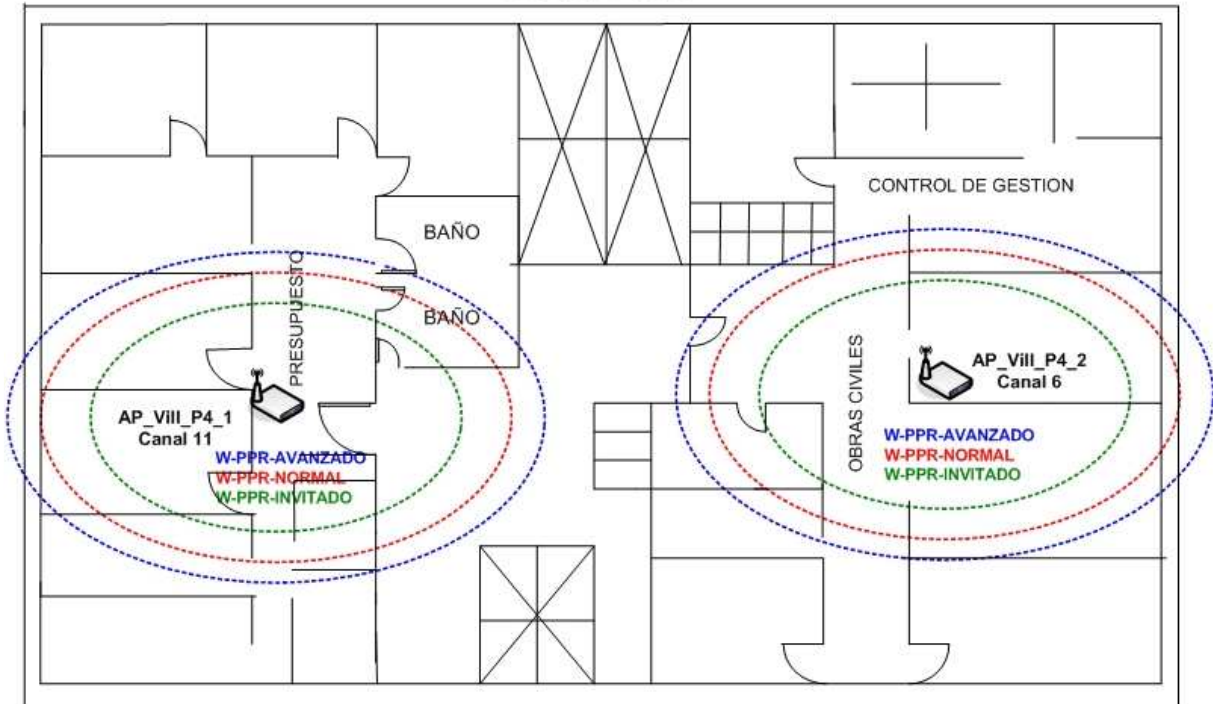


Figura 3.26 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Cuarto Piso

EDIFICIO VILLAFUERTE QUINTO PISO

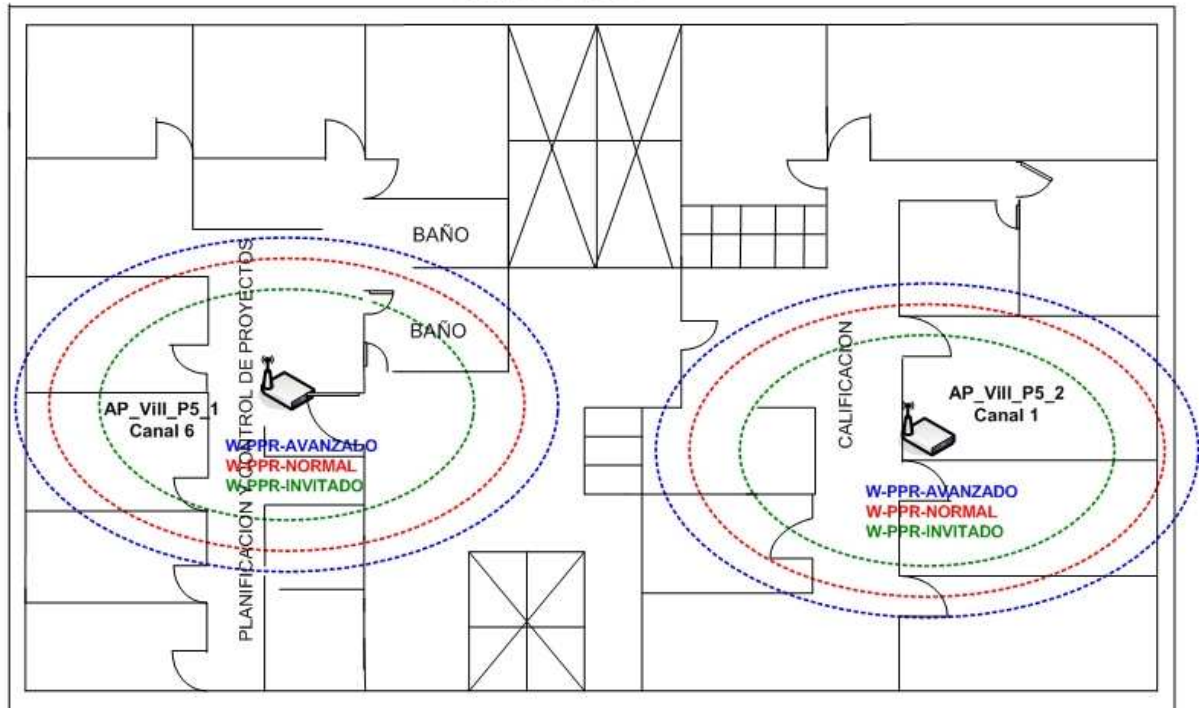


Figura 3.27 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Quinto Piso

EDIFICIO VILLAFUERTE SEXTO PISO

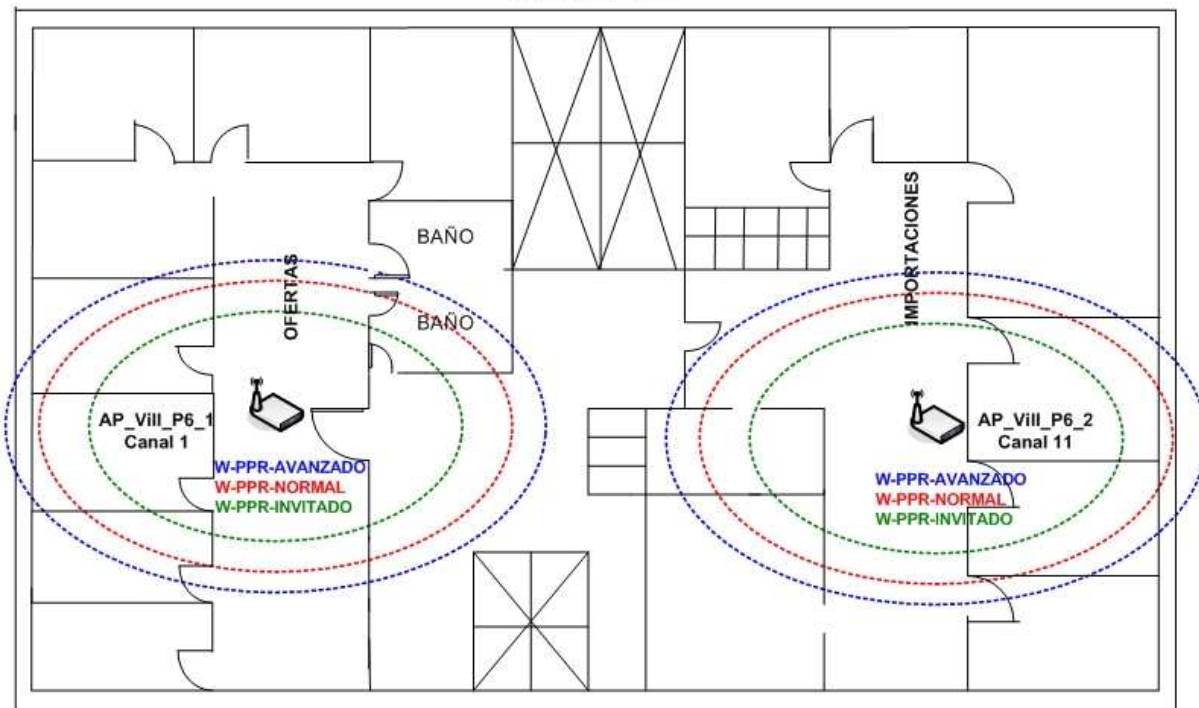


Figura 3.28 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Sexto Piso

EDIFICIO VILLAFUERTE SÉPTIMO PISO

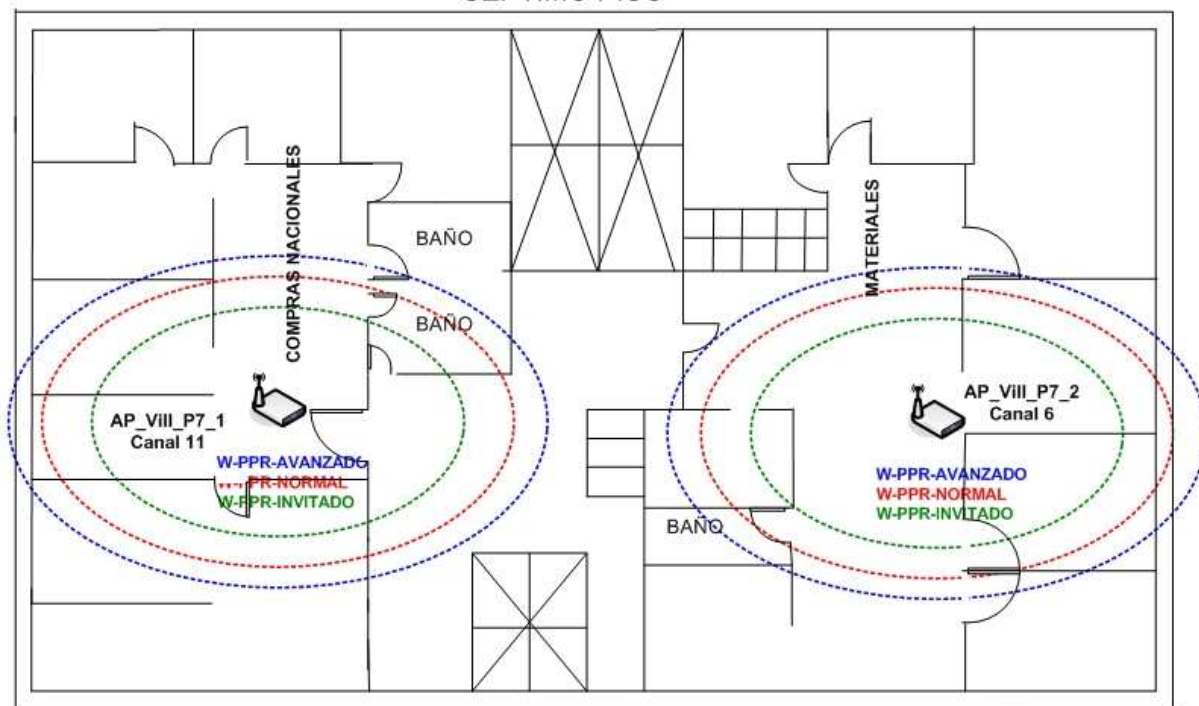


Figura 3.29 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Séptimo Piso

EDIFICIO VILLAFUERTE OCTAVO PISO

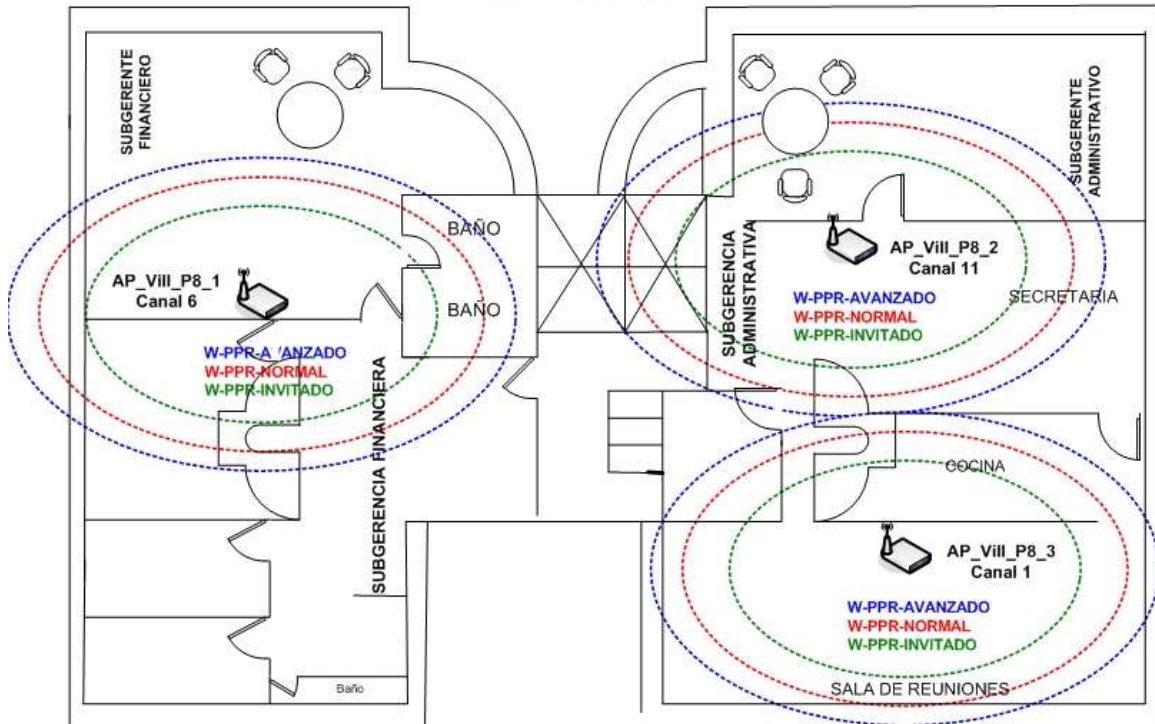


Figura 3.30 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Octavo Piso

EDIFICIO VILLAFUERTE NOVENO PISO

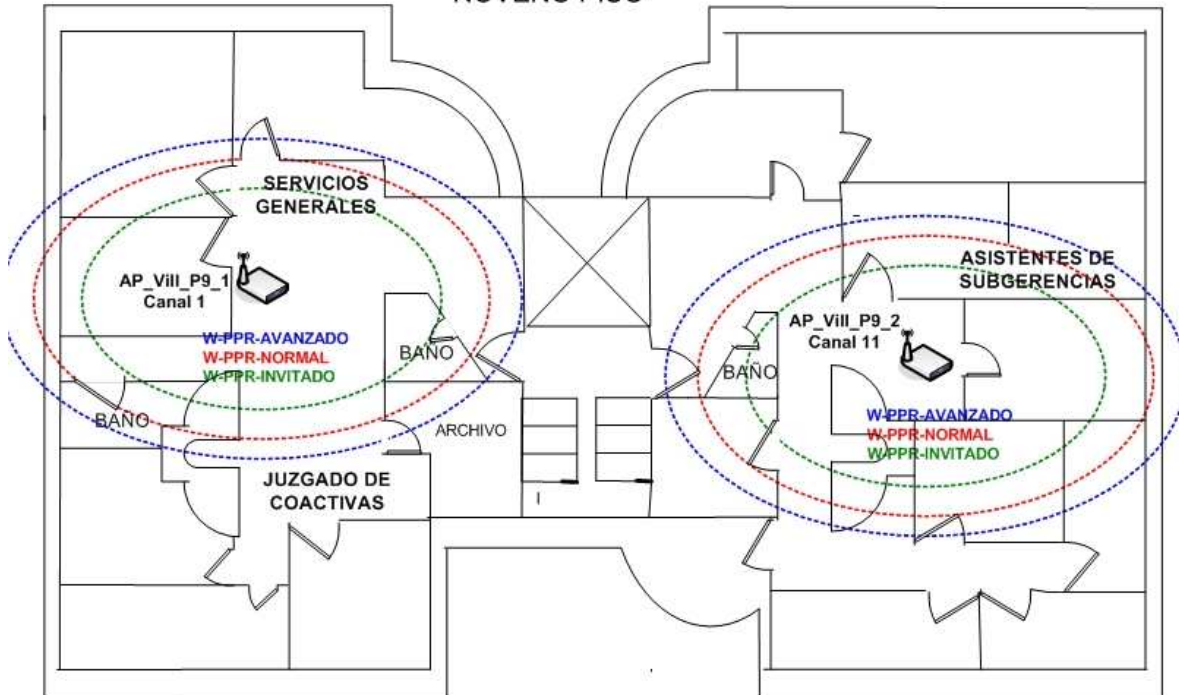


Figura 3.31 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte Noveno Piso

EDIFICIO VILLAFUERTE PLANTA ALTA

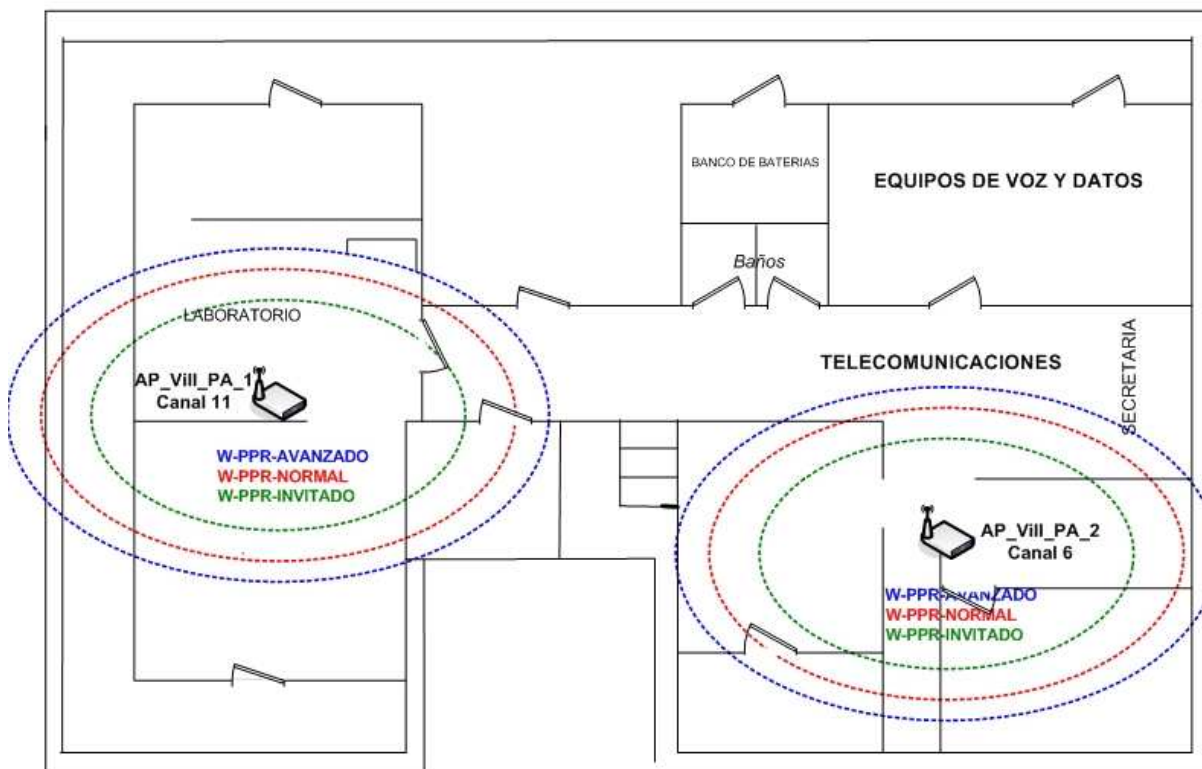


Figura 3.32 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio Villafuerte
Planta Alta

3.5.5. RED INALÁMBRICA PARA EL EDIFICIO LA TRIBUNA

El Edificio La Tribuna cuenta con: 3 Subsuelos, Planta Baja, Mezzanine y 14 Pisos, además está construido con concreto, paredes de bloque, techos falsos, ventanas de vidrio y la mayoría de las oficinas poseen divisiones de aglomerado y vidrio; este edificio es más moderno y con una mejor distribución arquitectónica de las oficinas.

Al igual que en el Edificio Villafuerte los Puntos de Acceso se ubicarán en repisas de madera, en donde se debe disponer de por lo menos un punto de alimentación de energía eléctrica y un punto de datos.

Para la red inalámbrica de este edificio no se dispone de un servidor WCS debido a que un sólo servidor centralizado en el Edificio Villafuerte es suficiente para la

administración, monitoreo y gestión de toda la Red Inalámbrica Unificada para PETROPRODUCCIÓN Quito (ver la figura 3.8).

3.5.5.1 Determinación del Número de Usuarios Beneficiados y del Número de Puntos de Acceso

Las tablas 3.25 a 3.40 indican el número de usuarios inalámbricos beneficiados para cada piso del Edificio La Tribuna considerando cada grupo de usuario y la simultaneidad de conexión. Además se especifica el número de Puntos de Acceso determinado por la capacidad total de los usuarios y la tasa de transmisión de datos real del estándar 802.11g.

1. PLANTA BAJA

Aquí se sitúa la Sala de Uso Múltiple de la empresa, Seguridad Física, Dispensario Médico y la recepción.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	8	50	4	12
Usuario Avanzado	5	6	80	5	25
Usuario Invitado	2	20	80	16	32
Capacidad Total	69 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	69
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	3 AP

Tabla 3.25 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Planta Baja

2. MEZZANINE

Este piso lo conforman los Departamentos de Servicios Generales, Archivo Técnico, Cartografía y Dibujo y el Centro de Copiado.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	2	50	1	3
Usuario Avanzado	5	2	80	2	10
Usuario Invitado	2	2	80	2	4
Capacidad Total	17 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	17
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	1 AP

Tabla 3.26 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Mezzanine

3. PRIMER PISO

Aquí se encuentra la Asociación de Fondos Provisionales de los Trabajadores de PETROPRODUCCIÓN (ASOPREP).

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	3	50	2	6
Usuario Avanzado	5	2	80	2	10
Usuario Invitado	2	3	80	3	6
Capacidad Total	22 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	22
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	1 AP

Tabla 3.27 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Primer Piso

4. SEGUNDO PISO

Este piso lo conforman los Departamento de Yacimientos (Simulación Matemática) y Geofísica, además se tiene 2 salas de reuniones.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	8	50	4	12
Usuario Avanzado	5	10	80	8	40
Usuario Invitado	2	4	80	4	8
Capacidad Total	60 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	60
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	3 AP

Tabla 3.28 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Segundo Piso

5. TERCER PISO

Aquí se encuentran los analistas del Departamento de Geofísica y la Jefatura Departamental.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	6	50	3	9
Usuario Avanzado	5	6	80	5	25
Usuario Invitado	2	4	80	4	8
Capacidad Total	42 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	42
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.29 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Tercer Piso

6. CUARTO PISO

Aquí se encuentran los analistas del Departamento de Yacimientos y la Jefatura Departamental.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	7	50	4	12
Usuario Avanzado	5	6	80	5	25
Usuario Invitado	2	4	80	4	8
Capacidad Total	45 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	45
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.30 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Cuarto Piso

7. QUINTO PISO

Este piso lo conforma el Departamento de Geología conjuntamente con la Jefatura Departamental.

Capacidad Total (Mbps)	47
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	6	50	3	9
Usuario Avanzado	5	7	80	6	30
Usuario Invitado	2	4	80	4	8
Capacidad Total	47 Mbps				

Tabla 3.31 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Quinto Piso

8. SEXTO PISO

Aquí se encuentran el Departamento de Campos Unificados y Marginales y la Subgerencia de Exploración y Desarrollo.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	6	50	3	9
Usuario Avanzado	5	6	80	5	25
Usuario Invitado	2	4	80	4	8
Capacidad Total	42 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	42
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.32 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Sexto Piso

9. SÉPTIMO PISO

Este piso lo integran el Departamento de Procesos Técnicos y Alianzas Operativas.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	8	50	4	12
Usuario Avanzado	5	5	80	4	20
Usuario Invitado	2	2	80	2	4
Capacidad Total	36 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	36
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.33 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Séptimo Piso

10. OCTAVO PISO

Aquí se encuentran el Departamento de Proyectos Especiales y Protección Ambiental.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	6	50	3	9
Usuario Avanzado	5	6	80	5	25
Usuario Invitado	2	2	80	2	4
Capacidad Total	38 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	38
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.34 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Octavo Piso

11. NOVENO PISO

Este piso lo integran La Superintendencia del Distrito Amazónico y la Subgerencia de Operaciones.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	8	50	4	12
Usuario Avanzado	5	6	80	5	25
Usuario Invitado	2	4	80	4	8
Capacidad Total	45 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	45
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.35 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Noveno Piso

12. DÉCIMO PISO

Aquí se encuentra el Departamento de Ingeniería de Producción.

Capacidad Total (Mbps)	42
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	6	50	3	9
Usuario Avanzado	5	6	80	5	25
Usuario Invitado	2	4	80	4	8
Capacidad Total	42 Mbps				

Tabla 3.36 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Décimo Piso

13. DÉCIMO PRIMER PISO

Este piso lo integran el Departamento de Proyectos y Equipos y el Departamento de Perforación.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	5	50	3	9
Usuario Avanzado	5	6	80	5	25
Usuario Invitado	2	4	80	4	8
Capacidad Total	42 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	42
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.37 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Décimo Primer Piso

14. DÉCIMO SEGUNDO PISO

Aquí se encuentra el Departamento de Asesoría Legal.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	10	50	5	15
Usuario Avanzado	5	4	80	4	20
Usuario Invitado	2	4	80	4	8
Capacidad Total	43 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	43
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.38 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Décimo Segundo Piso

15. DÉCIMO TERCER PISO

Aquí se sitúa la Vicepresidencia de PETROPRODUCCIÓN.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	10	50	5	15
Usuario Avanzado	5	8	80	7	35
Usuario Invitado	2	10	80	8	16
Capacidad Total	66 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	66
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	3 AP

Tabla 3.39 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Décimo Tercer Piso

16. DÉCIMO CUARTO PISO

Este piso lo integran los Asesores de la Vicepresidencia de PETROPRODUCCIÓN y el Departamento de Relaciones Públicas.

Grupo de Usuario	Capacidad por c/u (Mbps)	Número Total de usuarios	Simultaneidad (%)	Número de usuarios conectados	Capacidad por Grupo (Mbps)
Usuario Normal	3	4	50	2	6
Usuario Avanzado	5	8	80	7	35
Usuario Invitado	2	2	80	2	4
Capacidad Total	45 Mbps				

Capacidad Total (Mbps)	45
Tasa de Transmisión Real de 802.11g (Mbps)	23
Número de Puntos de Acceso	2 AP

Tabla 3.40 Número de usuarios inalámbricos y Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna – Décimo Cuarto Piso

3.5.5.2 Pruebas de *Site Survey*

Para estas pruebas se utilizó un Punto de Acceso *Cisco Aironet 1200* y un Punto de Acceso *Senao NL-3054CB3 PLUS* configurados¹ en canales no solapados y con el mayor nivel de señal posible.

Al igual que en el caso del Edificio Villafuerte se utilizó una *Laptop Dell Inspiration* de 2.0 GHz de velocidad con 1 GB de Memoria RAM con un Sistema Operativo *Windows XP SP2* y el software *AIRMAGNET Survey* Versión 4.0

Las pruebas de sitio o *site survey* para el Edificio La Tribuna fueron realizadas en la Vicepresidencia de PETROPRODUCCIÓN en el 13vo. piso por disponer de la infraestructura adecuada.

¹ Ver Anexos A, B y C para configuración de los equipos utilizados.

El reporte que se detalla a continuación es un resumen de los datos recopilados por el software *AIRMAGNET Survey* conjuntamente con los diagramas de cobertura, potencia de la señal, relación señal a ruido (S/N), velocidad de conexión, etc. proporcionados.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4 GHz	67.10 % de Excelente Área
Mínima señal requerida para cobertura	- 67 dBm
Número de Puntos de Acceso requeridos	2 AP
Mínima señal requerida para el Punto de Acceso	- 67 dBm
Velocidad de Cobertura	100 % de Excelente Velocidad a 54 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el Punto de Acceso	5 Mbps
Cobertura de la relación Señal a Ruido S/N	74.3 % de Excelente Cobertura
Mínima relación Señal a Ruido requerida	25 dB
Máximo nivel de ruido permitido	-90 dBm
Máximo número de usuarios soportados por Punto de Acceso	15
Máximo número de usuarios soportados por Punto de Acceso con Balanceo de Carga	1

Tabla 3.41 Datos obtenidos del *Site Survey* para el Edificio La Tribuna – 13vo Piso

• NIVEL DE SEÑAL

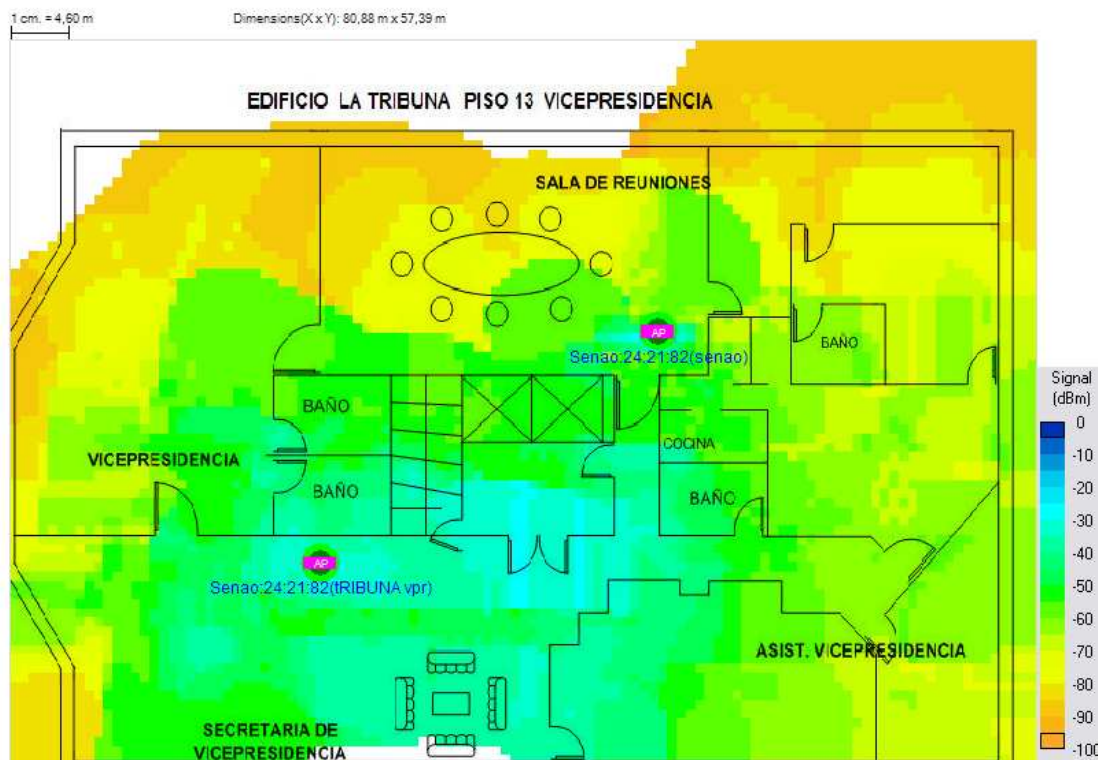


Figura 3.33 *Site Survey* Nivel de Señal a 2.4 GHz - Ed. La Tribuna

- **NIVEL DE RUIDO**

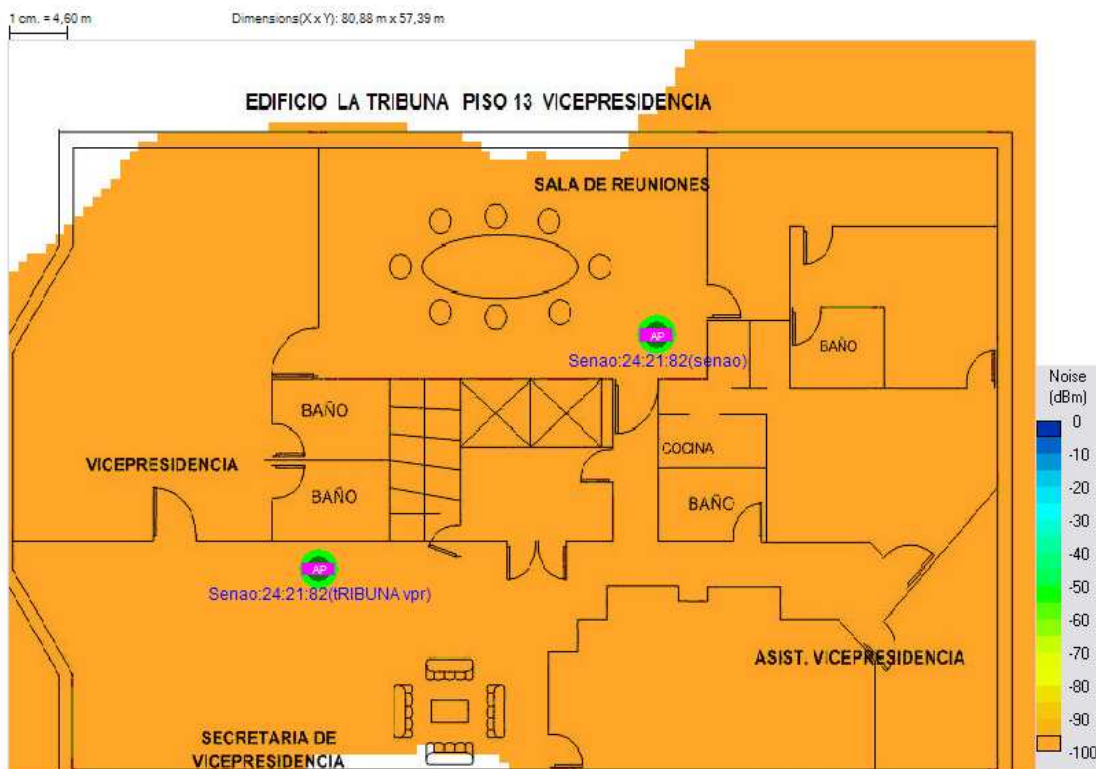


Figura 3.34 Site Survey Nivel de Ruido a 2.4 GHz - Ed. La Tribuna

- **RELACIÓN SEÑAL A RUIDO (S/N)**

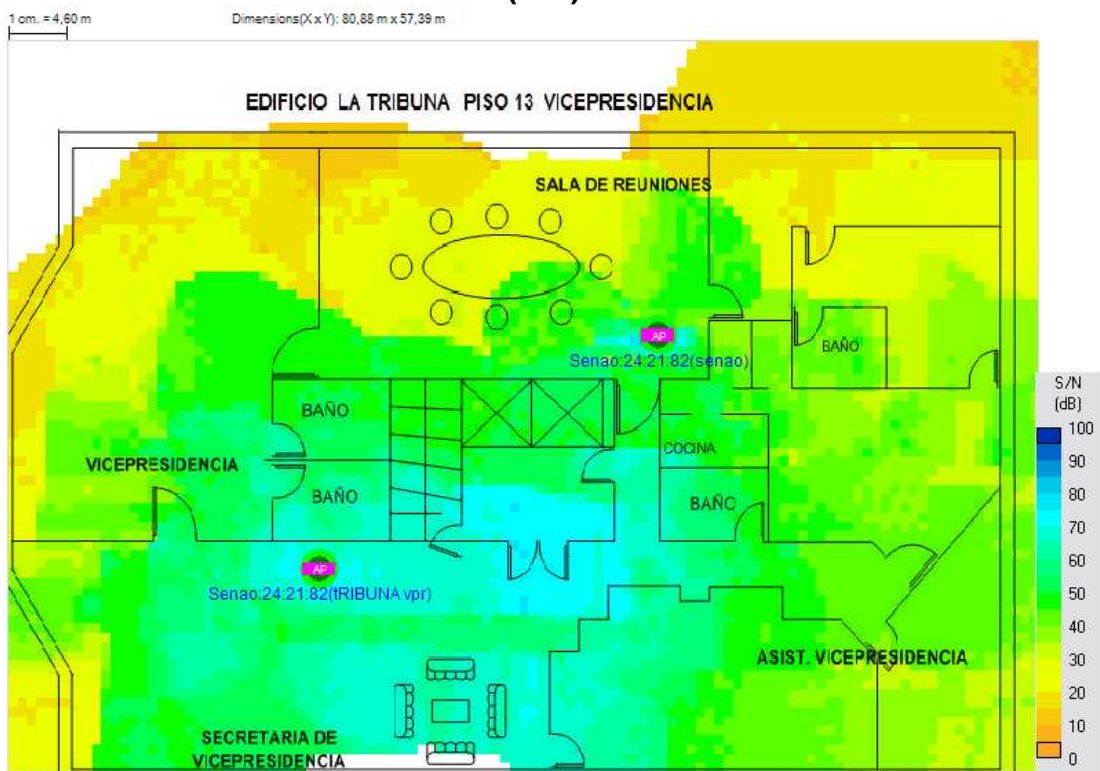


Figura 3.35 Site Survey Relación Señal a Ruido - Ed. La Tribuna

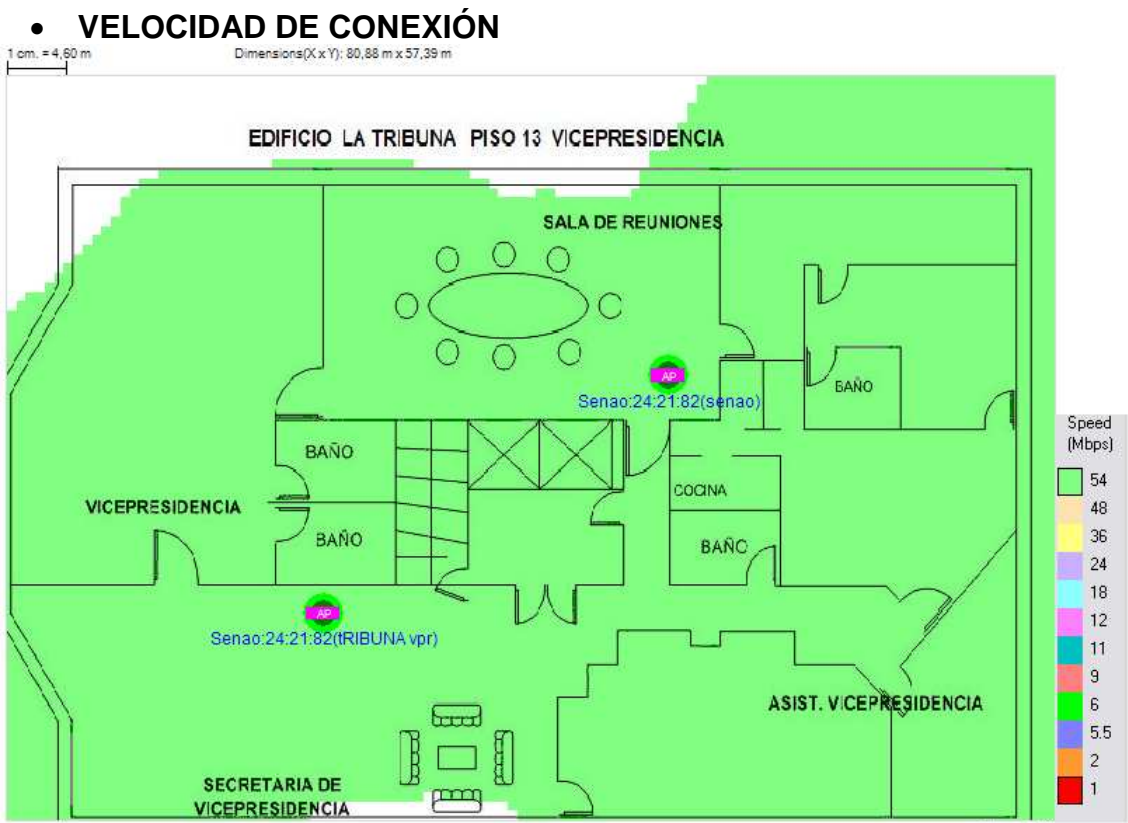
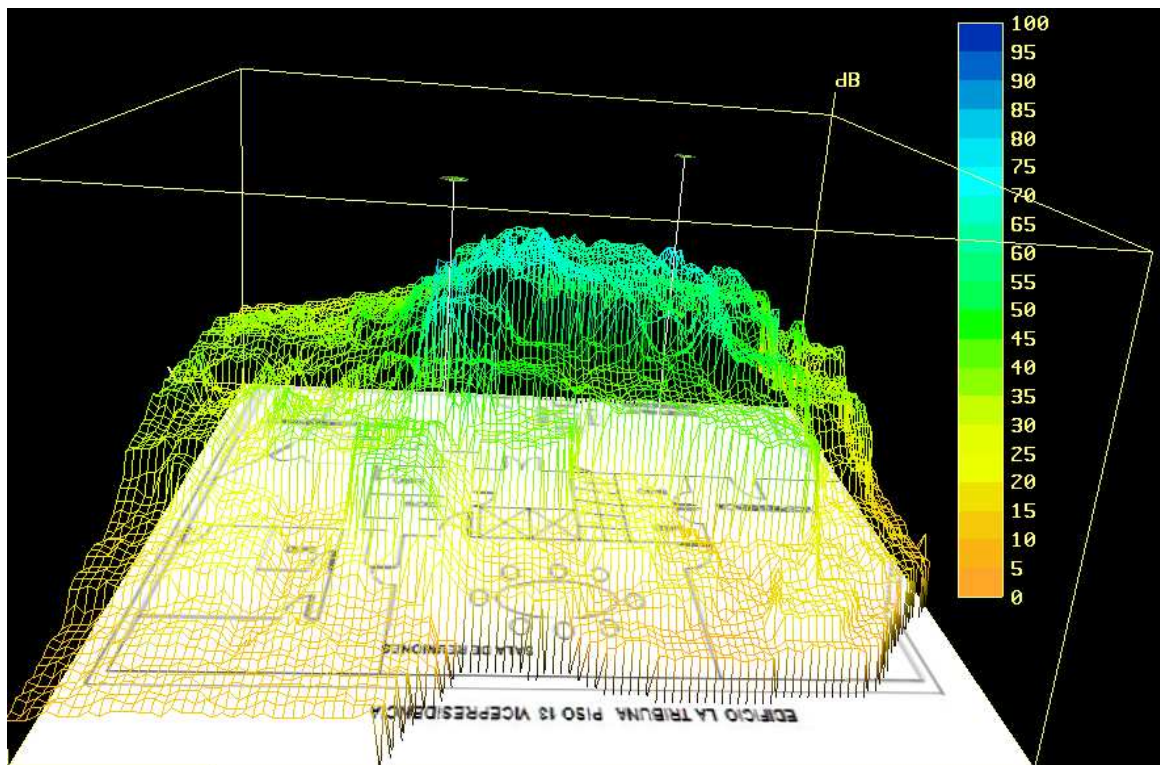


Figura 3.36 Site Survey Velocidad de Conexión a 2.4 GHz - Ed. La Tribuna

• **RELACIÓN SEÑAL A RUIDO (S/N) VISTA 3D**



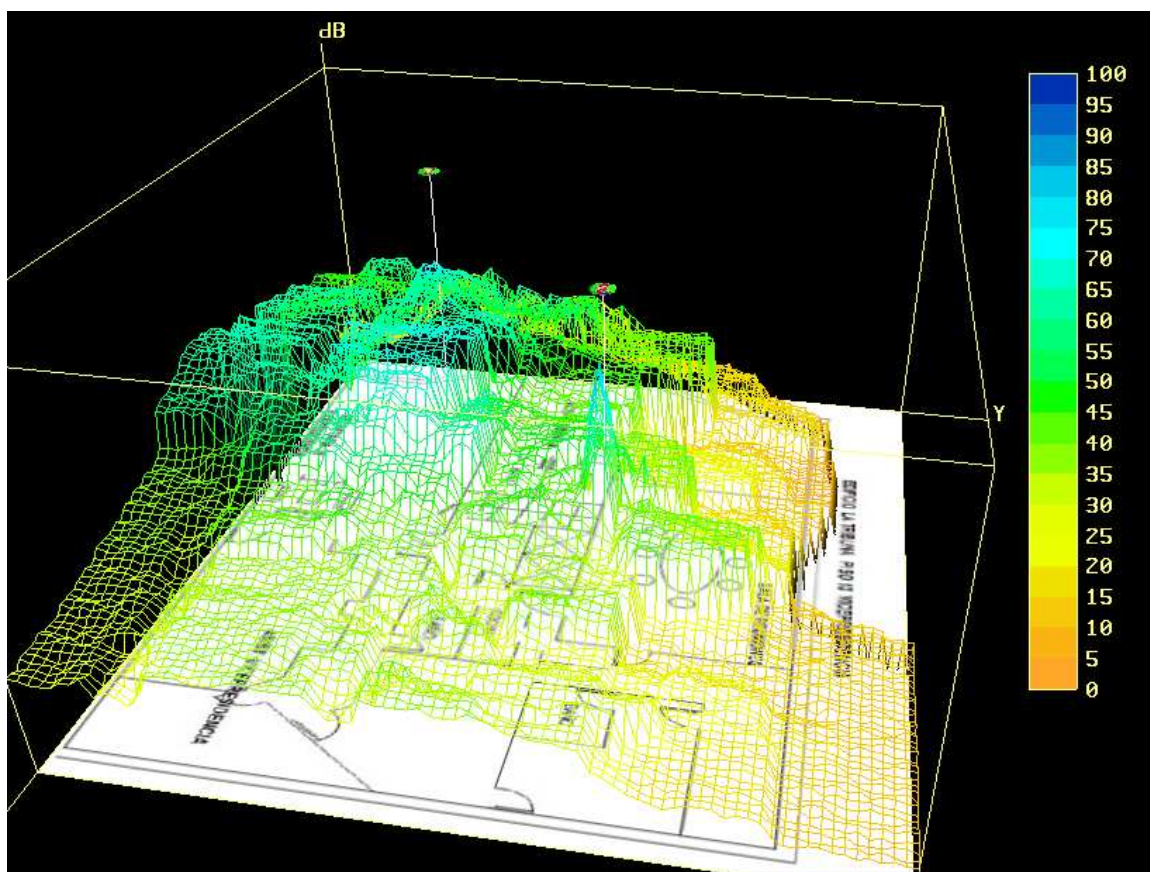


Figura 3.37 Site Survey Relación Señal a Ruido Vista 3D - Ed. La Tribuna

3.5.5.3 Ubicación Física de los Puntos de Acceso

Los Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna deberán utilizar los tres canales no solapados canal 1, 6 y 11 del estándar 802.11g, de esta forma se evita la interferencia co-canal.

Además la ubicación de los Puntos de Acceso para este edificio debe considerar un lugar con máxima cobertura y poca interferencia; de esta manera se utilizarán repisas de madera debido a la facilidad de ubicación física de los Puntos de Acceso y a la gran área de cobertura¹ que se alcanza en lugar de ubicarlos en techos falsos.

Las figuras 3.38 a 3.53 muestran la ubicación física de los Puntos de Acceso en cada piso del Edificio La Tribuna y su área de cobertura aproximada.

¹ Al área de cobertura de un AP se le conoce también como Dominio de Radio Frecuencia.

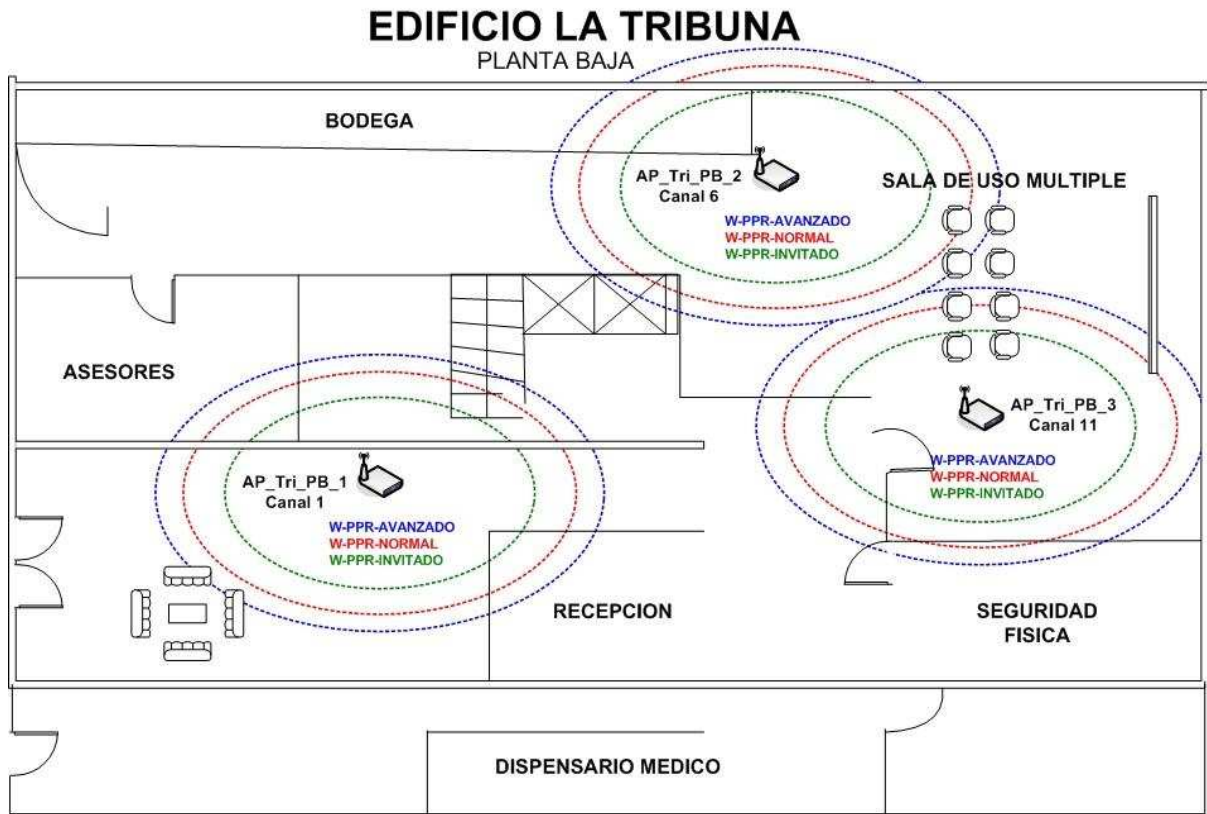


Figura 3.38 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna
Planta Baja

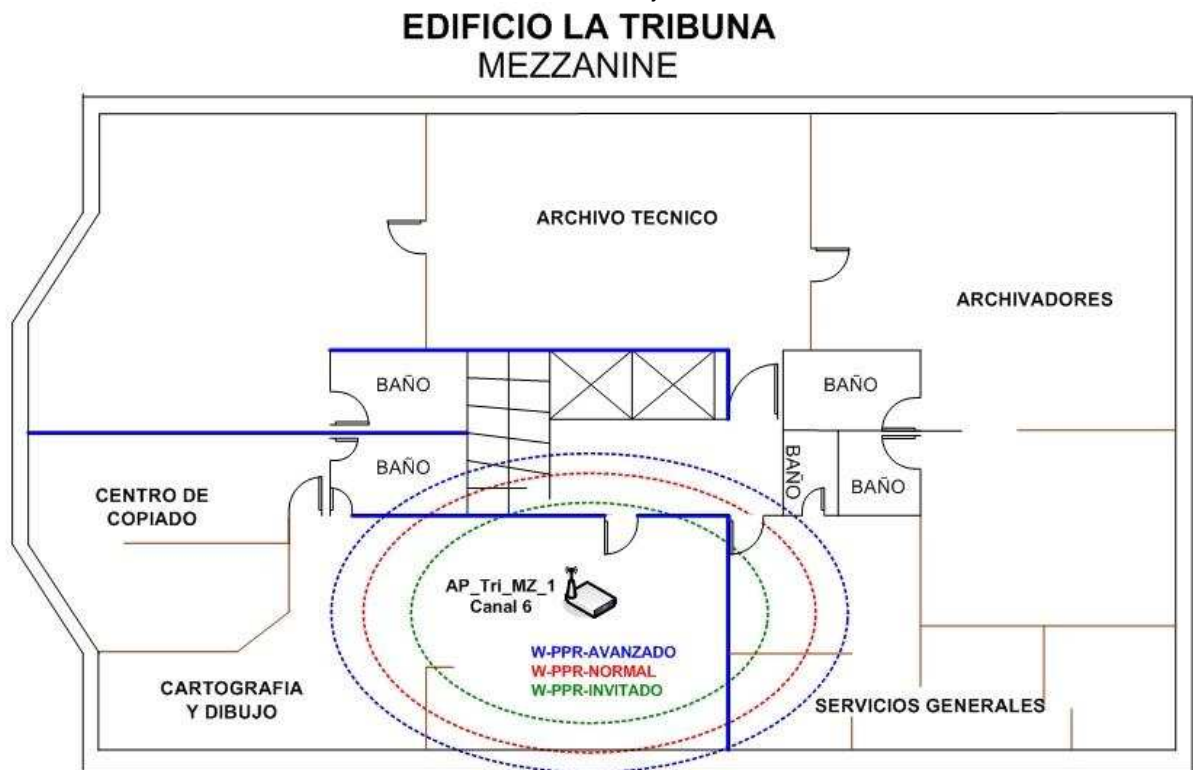


Figura 3.39 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna
Mezzanine

EDIFICIO LA TRIBUNA PRIMER PISO

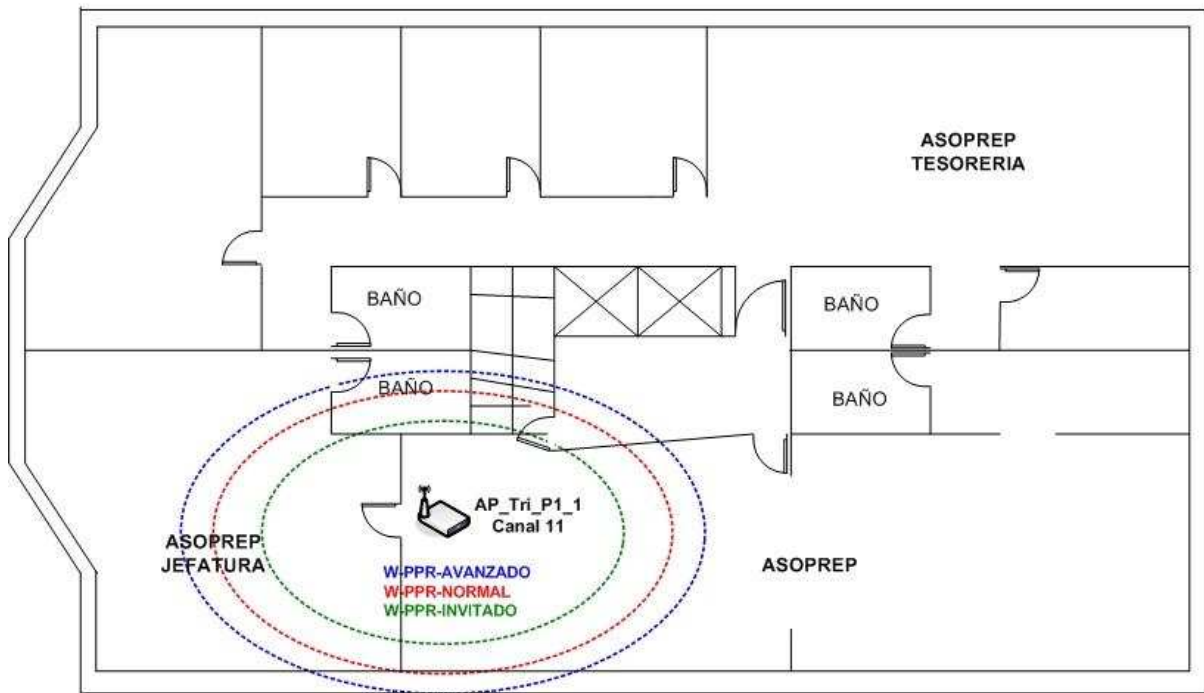


Figura 3.40 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Primer Piso

EDIFICIO LA TRIBUNA SEGUNDO PISO

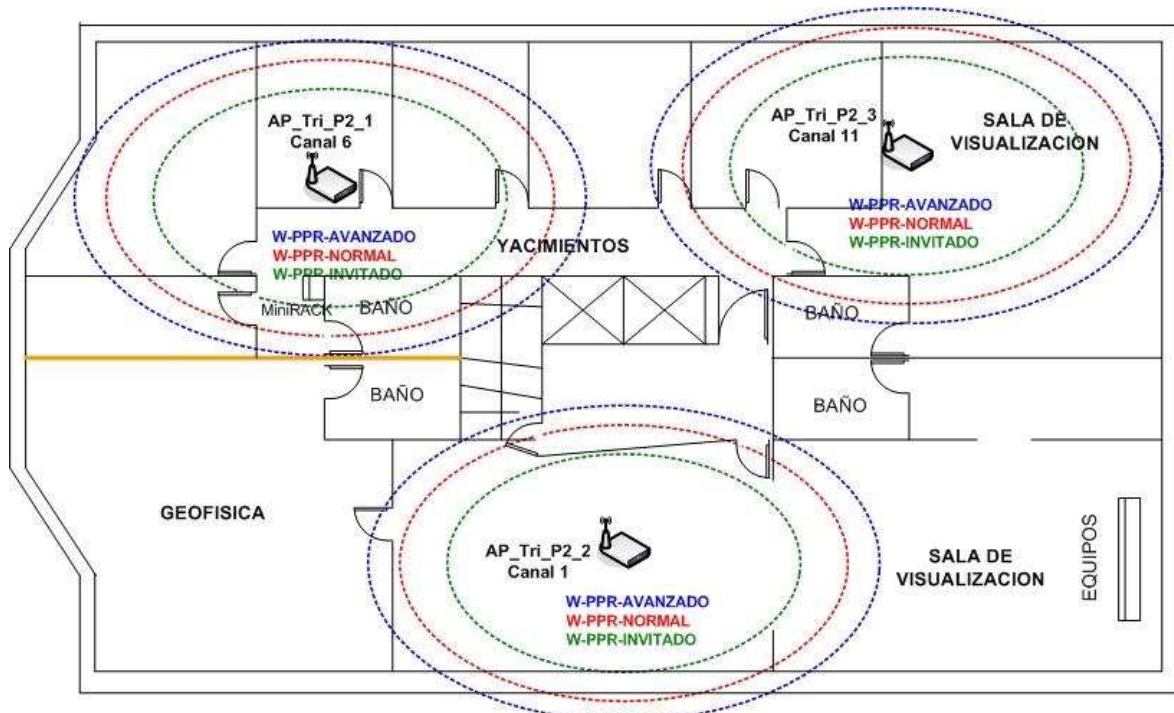


Figura 3.41 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Segundo Piso

EDIFICIO LA TRIBUNA TERCER PISO

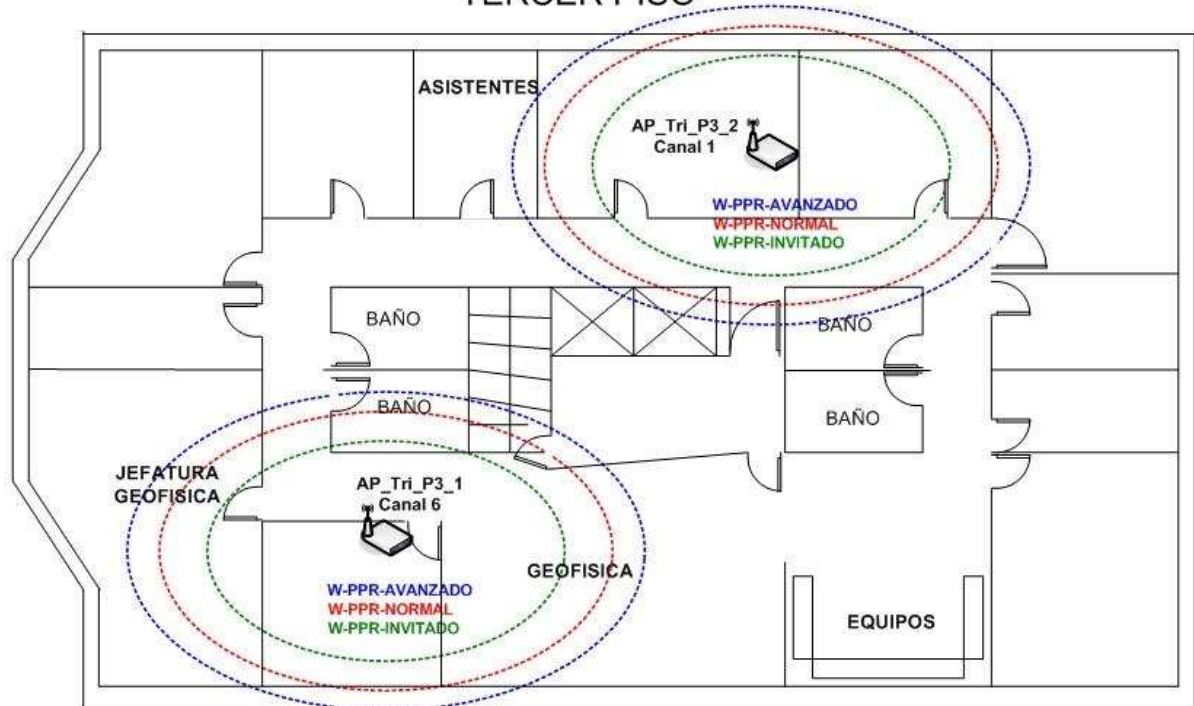


Figura 3.42 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Tercer Piso

EDIFICIO LA TRIBUNA CUARTO PISO

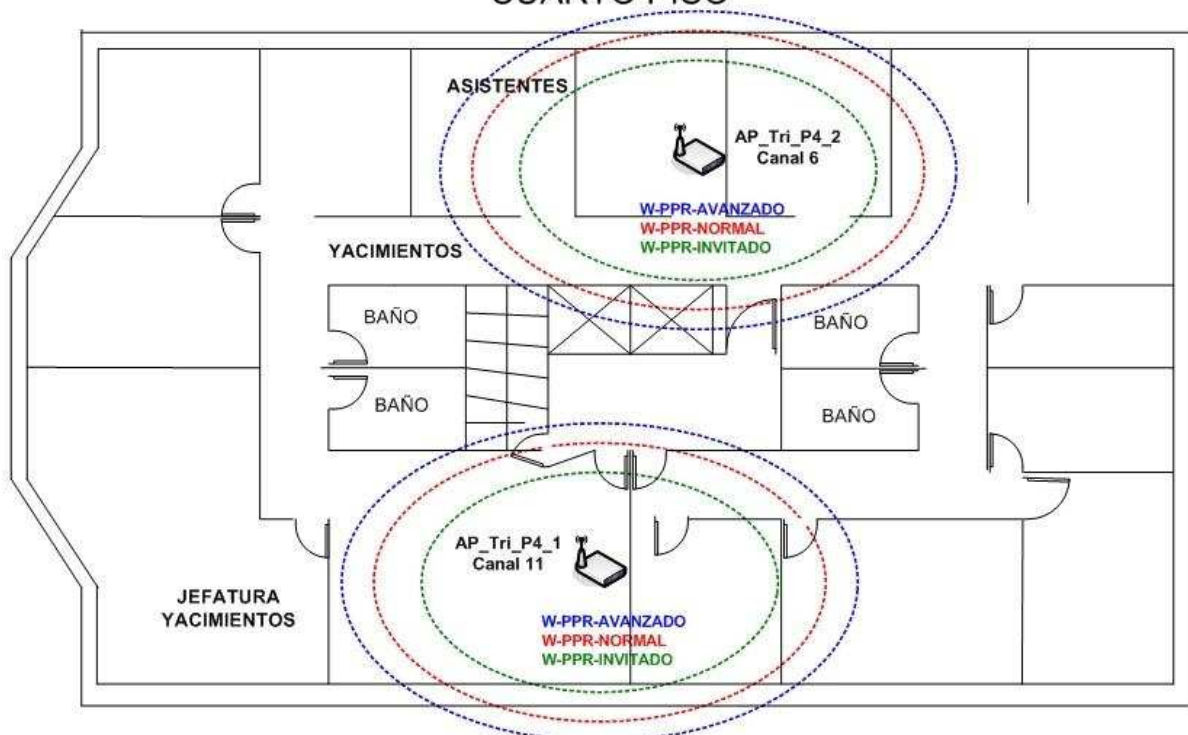


Figura 3.43 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Cuarto Piso

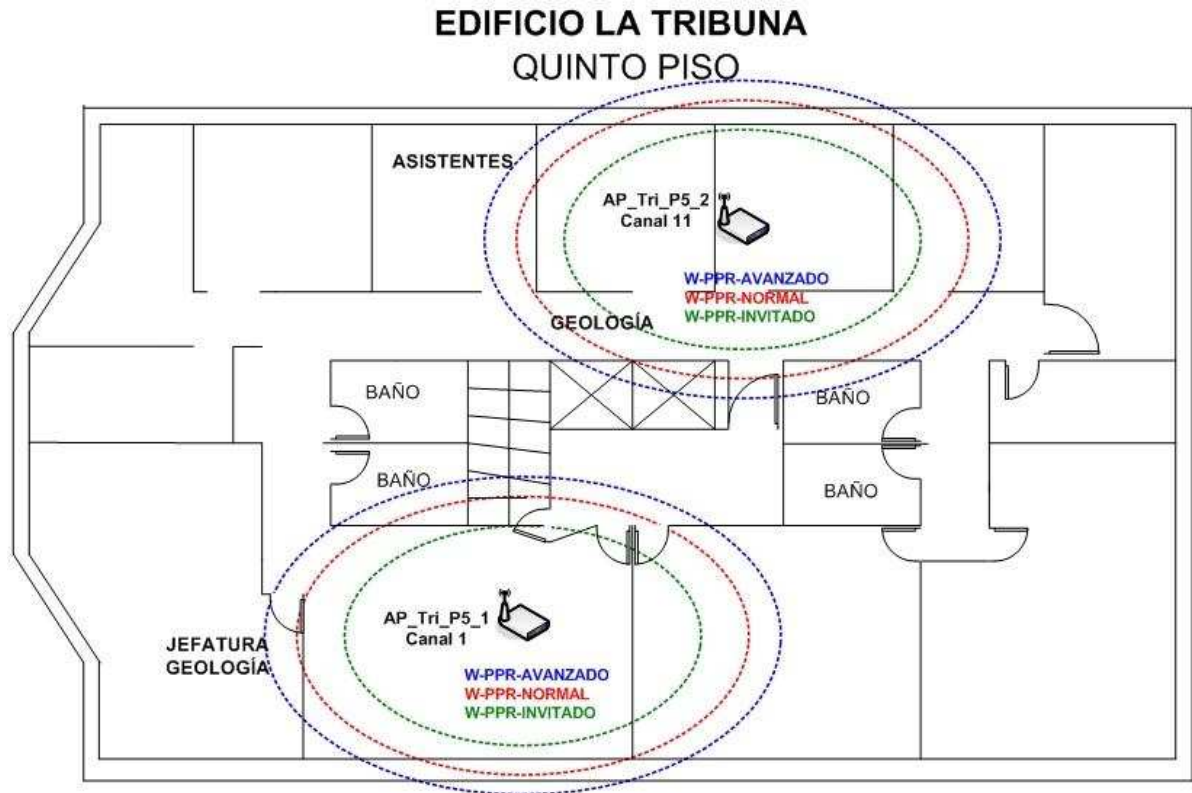


Figura 3.44 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Quinto Piso

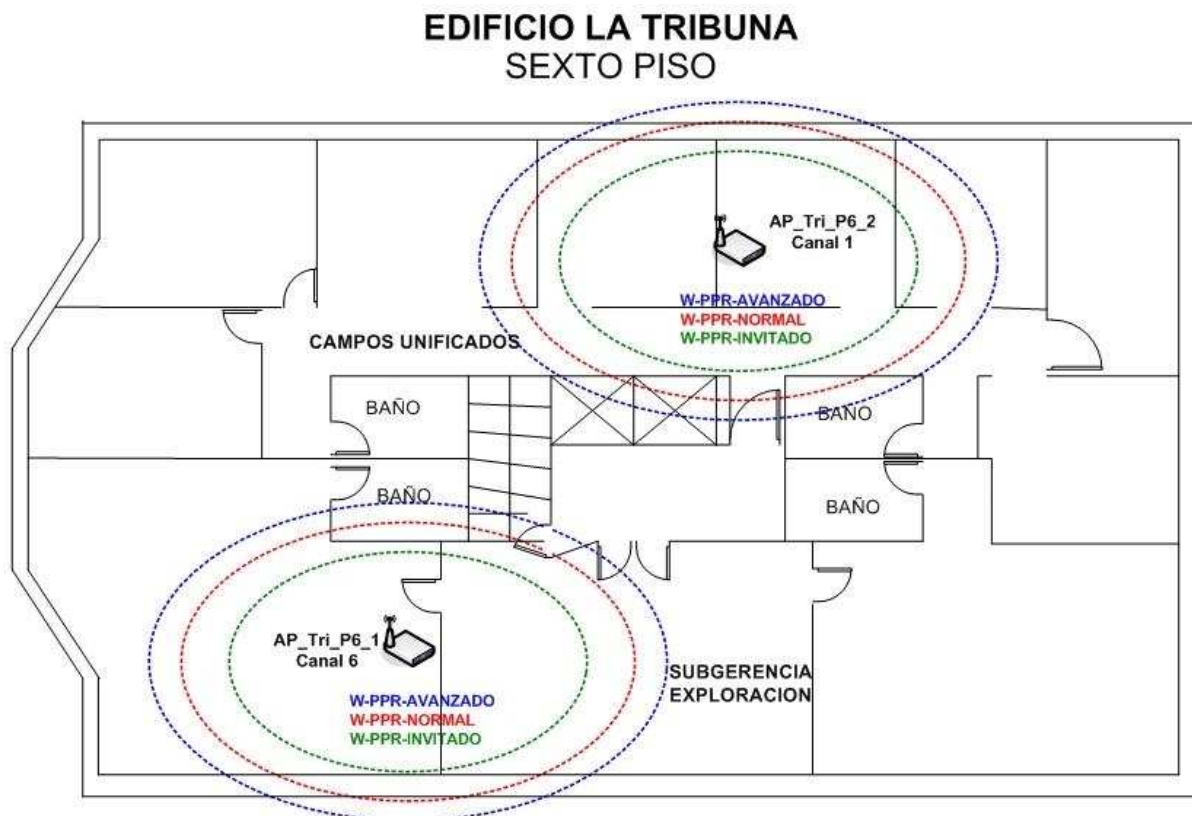


Figura 3.45 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Sexto Piso

EDIFICIO LA TRIBUNA SÉPTIMO PISO

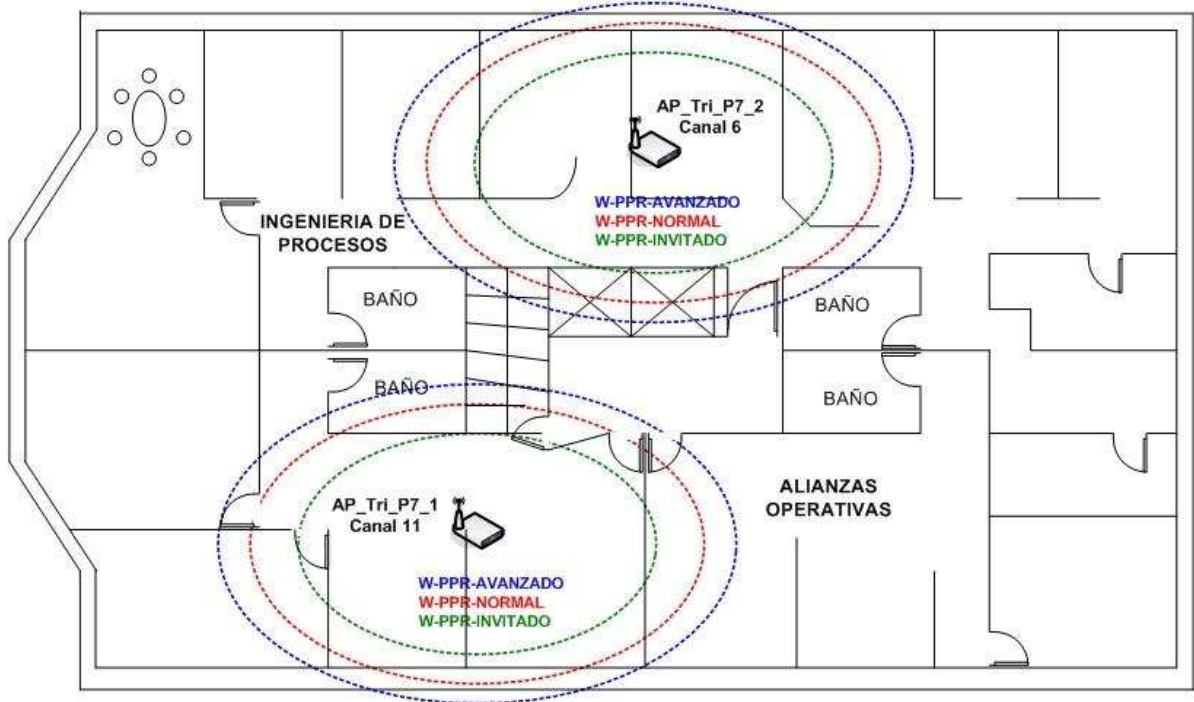


Figura 3.46 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Séptimo Piso

EDIFICIO LA TRIBUNA OCTAVO PISO

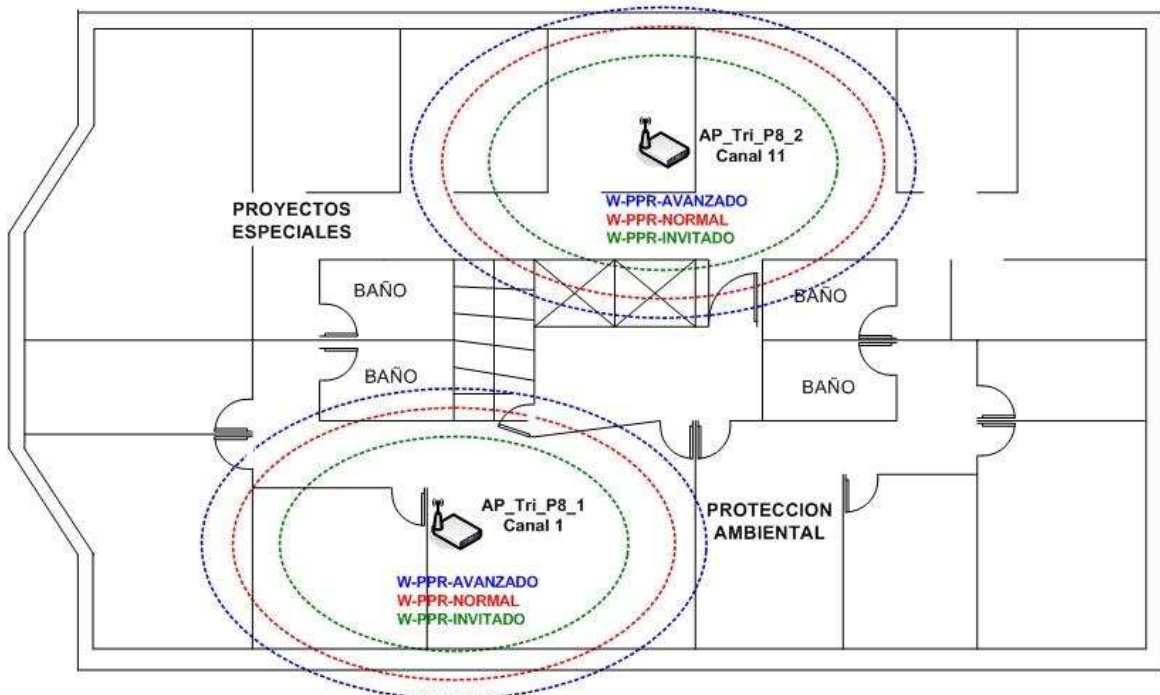


Figura 3.47 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Octavo Piso

EDIFICIO LA TRIBUNA NOVENO PISO

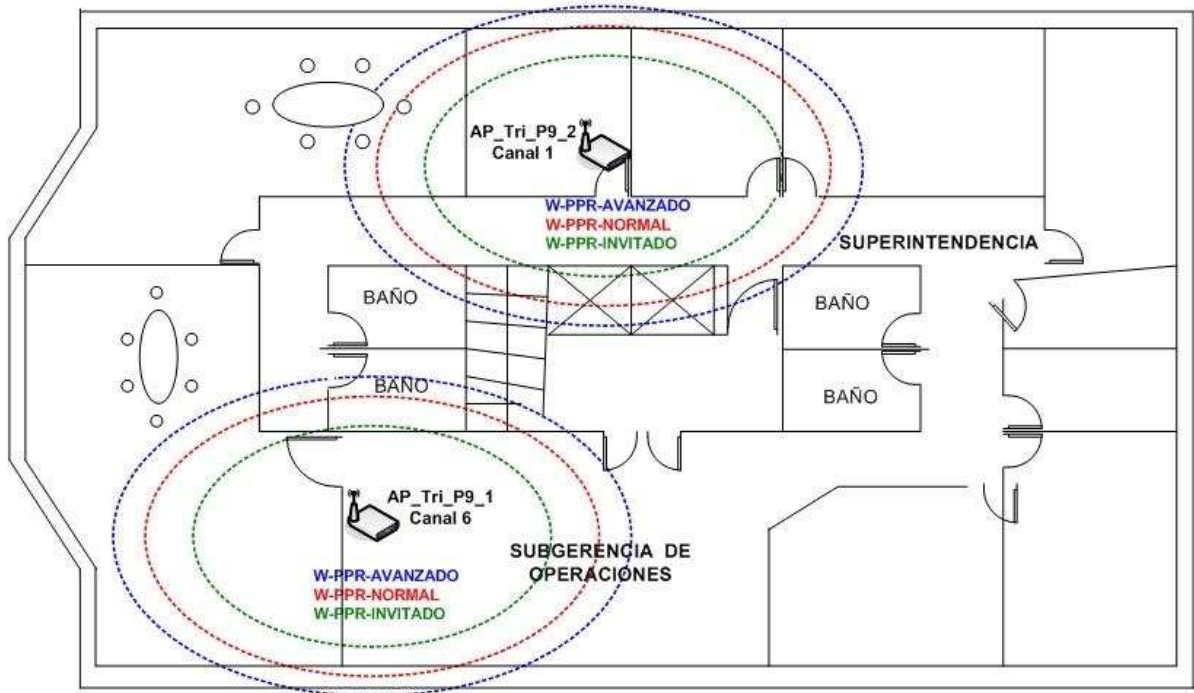


Figura 3.48 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Noveno Piso

EDIFICIO LA TRIBUNA DÉCIMO PISO

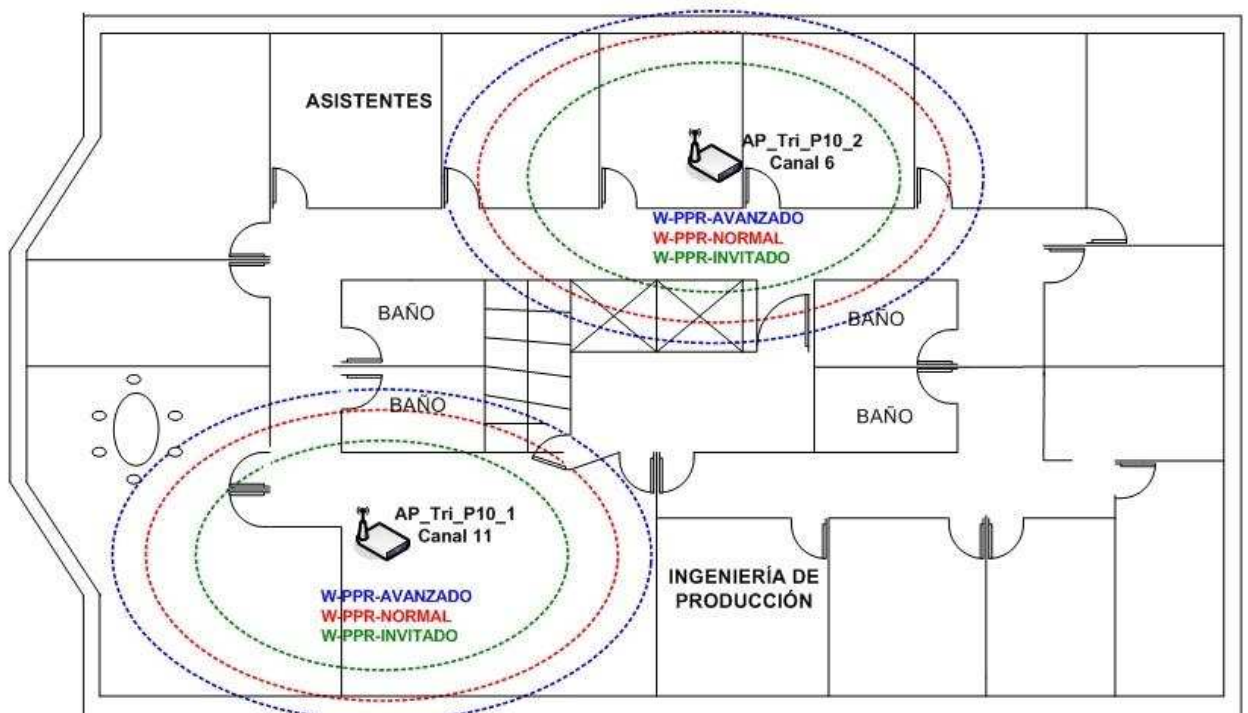


Figura 3.49 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna Décimo Piso

EDIFICIO LA TRIBUNA DÉCIMO PRIMER PISO

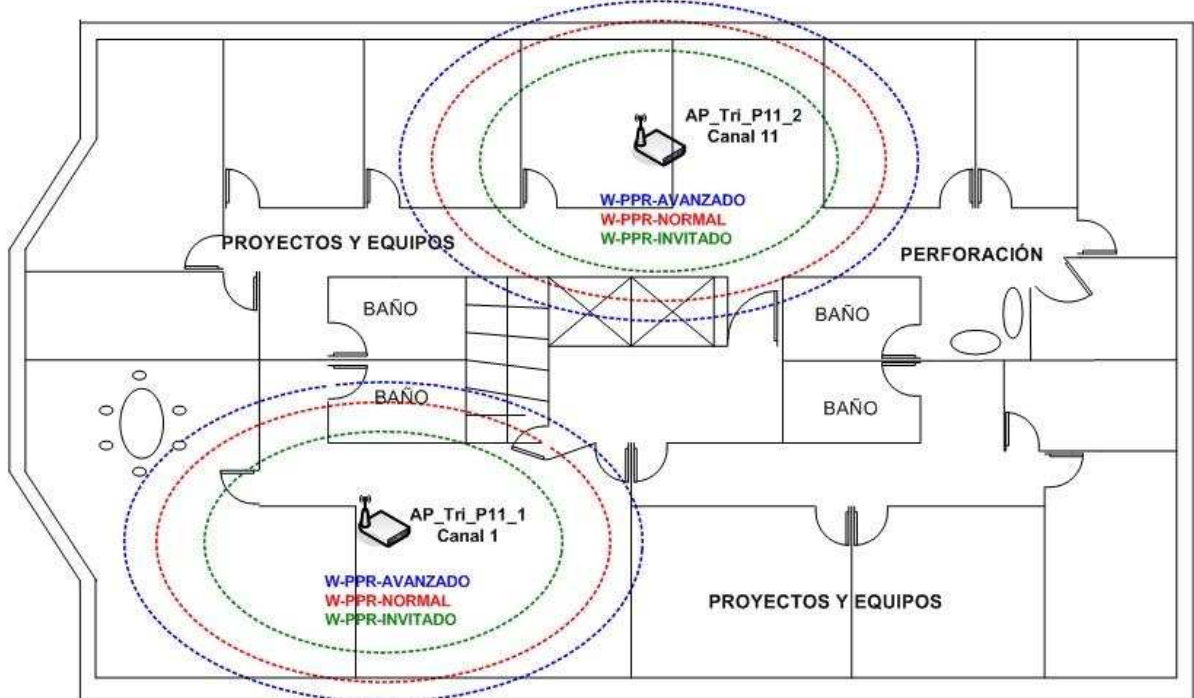


Figura 3.50 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna
Décimo Primer Piso

EDIFICIO LA TRIBUNA DÉCIMO SEGUNDO PISO

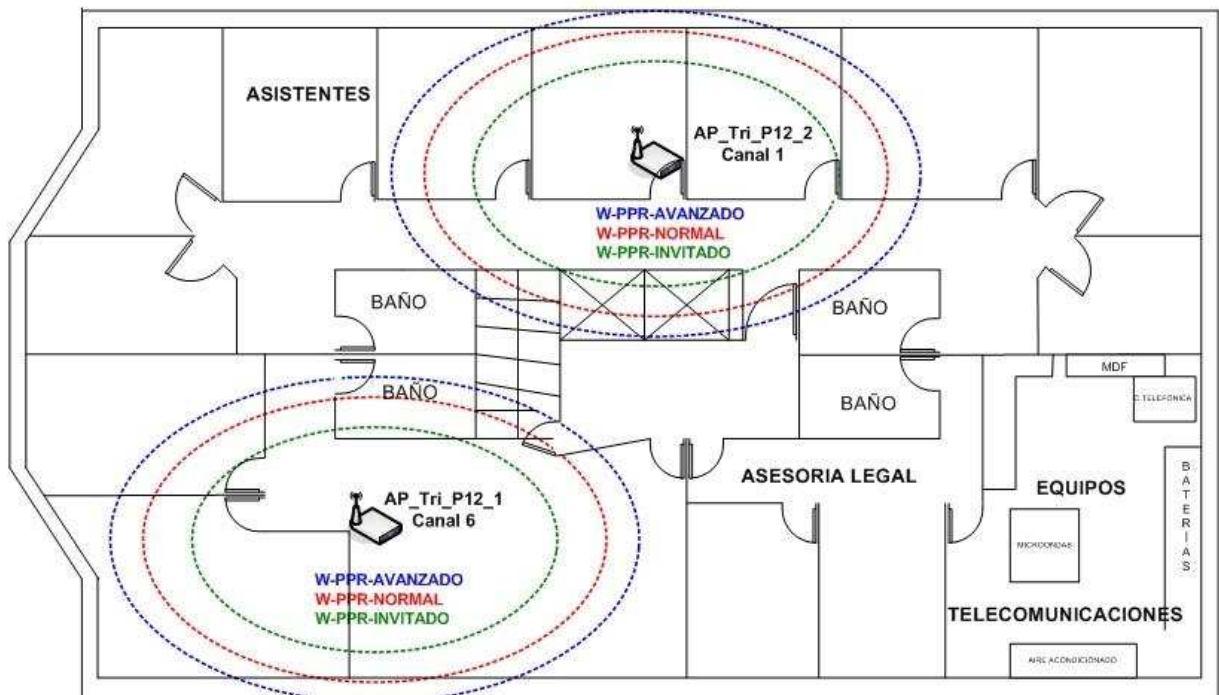


Figura 3.51 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna
Décimo Segundo Piso

EDIFICIO LA TRIBUNA DÉCIMO TERCER PISO

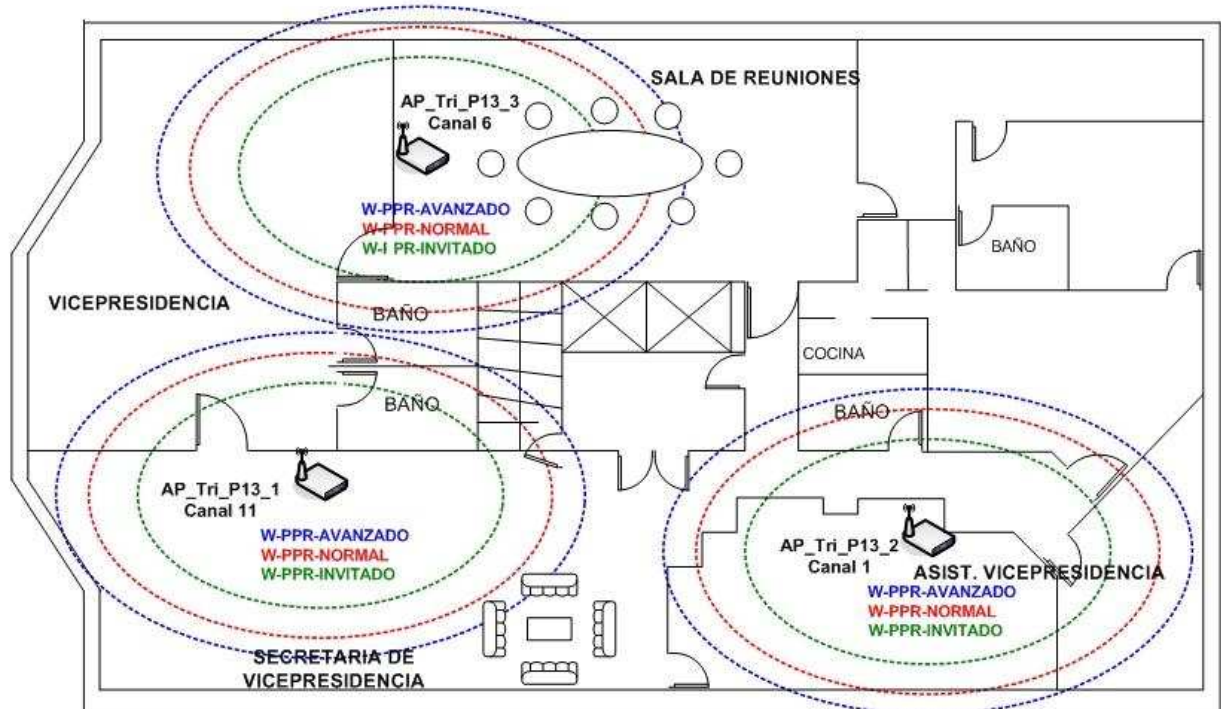


Figura 3.52 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna
Décimo Tercer Piso

EDIFICIO LA TRIBUNA DÉCIMO CUARTO PISO

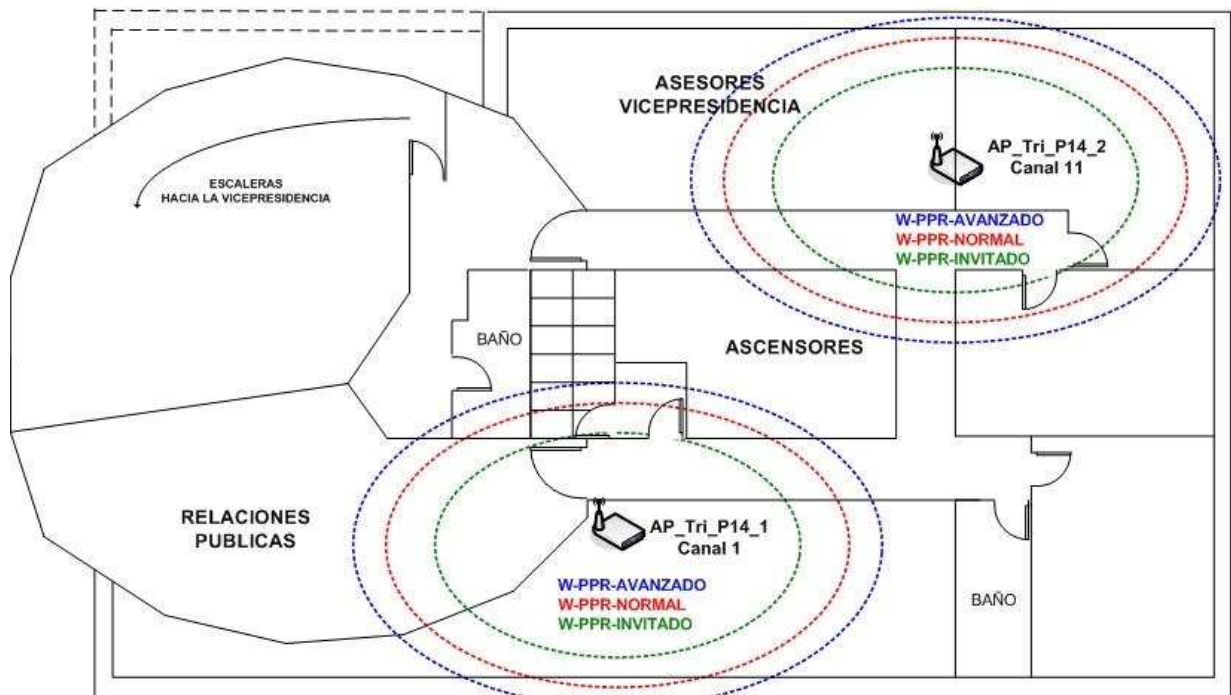


Figura 3.53 Ubicación Física de Puntos de Acceso para el Edificio La Tribuna
Décimo Cuarto Piso

3.6. ANÁLISIS DE INTERCONECTIVIDAD DE LAS REDES INALÁMBRICAS

PETROPRODUCCIÓN cuenta con un enlace vía microonda para la comunicación entre los Edificios Villafuerte y La Tribuna. Se tiene una conexión desde el Edificio Villafuerte al Cerro del Pichincha y desde el Cerro del Pichincha hacia el Edificio La Tribuna utilizando un E1 (2.048 Kbps) de los cuales 8 canales de 64 Kbps son para datos (un total de 512 Kbps), 22 canales de 64 Kbps para voz (un total de 1408 Kbps) y 2 canales para sincronización de datos.

Es evidente que se tiene un punto de falla único por lo que es necesario un enlace de respaldo para la comunicación entre los dos edificios; se plantea el análisis de este *backbone* utilizando tres tipos de interconexión: un enlace de fibra óptica, un enlace *Wi-Fi* y un enlace microonda.

Dependiendo de la factibilidad tanto técnica como financiera se diseñará la mejor alternativa de interconectividad. Cabe mencionar que cualquiera que sea la alternativa a diseñarse ésta servirá de enlace entre las redes inalámbricas de ambos edificios y de enlace de respaldo para la conexión de las redes de área local.

3.6.1. CONEXIÓN MEDIANTE UN ENLACE DE FIBRA ÓPTICA

La conexión de redes de información y sistemas de telecomunicaciones utilizan ampliamente enlaces de fibra óptica (F.O.) debido al alto rendimiento, velocidad y poca interferencias que presentan.

3.6.1.1 Funcionamiento de Sistemas Basados en F.O.

El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total. La luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces [55].

Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor; las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento [54].

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso.

Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un componente al que se le denomina detector óptico o receptor, quien transforma la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original.

El sistema básico de transmisión se compone en este orden: señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo), empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida.

La figura 3.54 muestra el esquema general que se tendría utilizando un sistema de interconectividad basado en fibra óptica. Cabe mencionar que se considera el sistema de fibra óptica como enlace principal de transporte del tráfico de datos, video y voz, mientras que el sistema de microonda actual constituye el enlace de respaldo o *backup*.

Se considera que un sistema de fibra óptica mediante fibras multimodo es adecuado para PETROPRODUCCIÓN por tener una separación aproximada de 348 metros entre ambos edificios.

Además este enlace de fibra óptica multimodo debe ser por lo menos de 4 hilos de los cuales un hilo servirá para transmisión de datos, uno para videoconferencia y dos hilos dedicados a la transmisión de voz.

INTERCONECTIVIDAD MEDIANTE UN SISTEMA DE FIBRA ÓPTICA

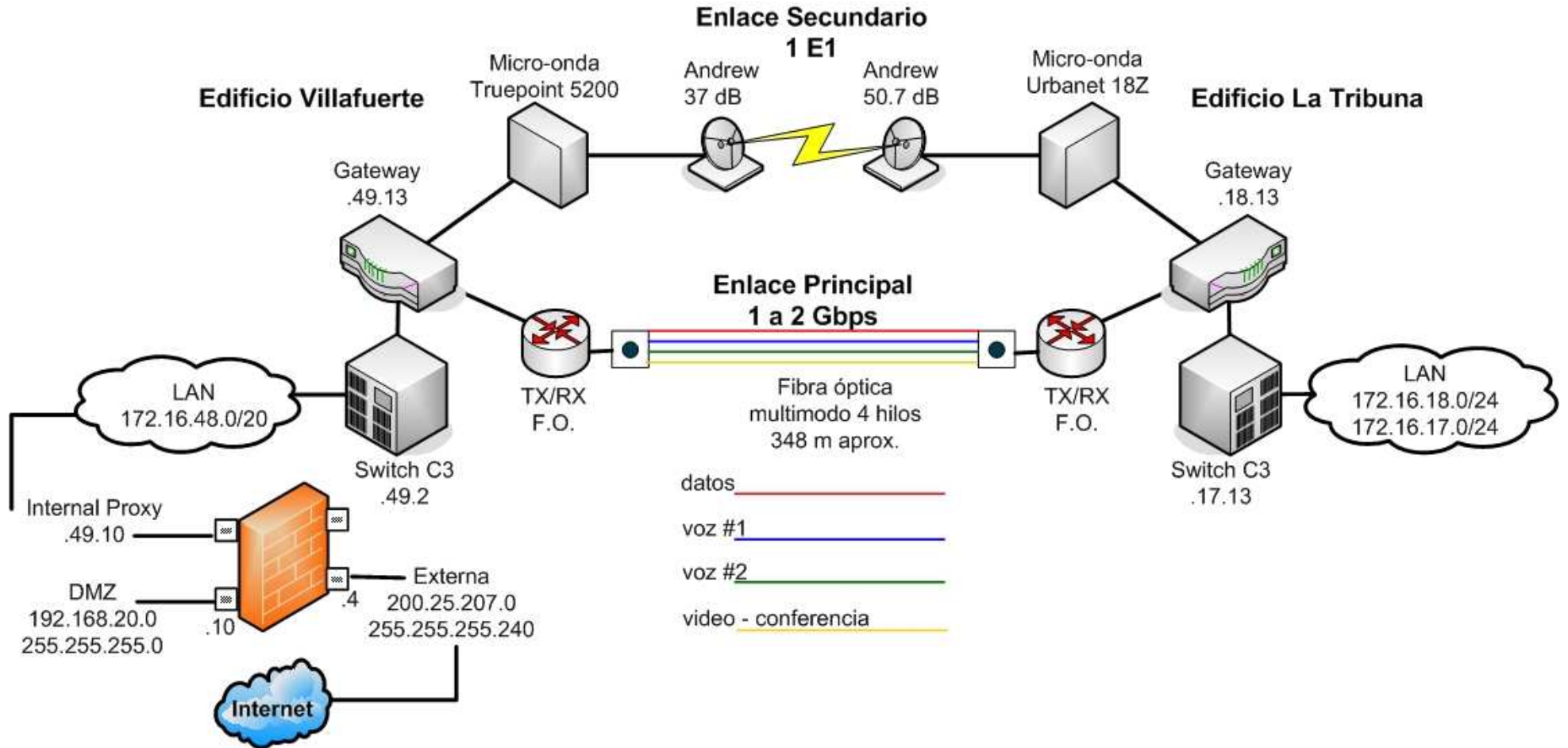


Figura 3.54 Interconectividad de las redes de información mediante un sistema de Fibra Óptica

3.6.1.2 Fibra Multimodo

Una fibra multimodo es aquella que puede propagar más de un modo de luz. Este tipo de fibras se usan comúnmente en enlaces de corta distancia (menores a 1 Km.) como por ejemplo en redes LAN o en sistemas de circuito cerrado, además son simples de diseñar y económicas [55].

3.6.1.3 Fibra Monomodo

Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño de 8,3 a 10 micrones que sólo permite un modo de propagación.

Su transmisión es paralela al eje de la fibra. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias de hasta 100 Km. mediante un láser de alta intensidad y transmitir elevadas tasas de información alrededor de decenas de Gbps [55].

3.6.1.4 *Wi-Fiber*

Wi-Fiber (*Wireless Fiber*, Fibra Inalámbrica) es una nueva tecnología inalámbrica, desarrollada por la empresa Americana *GigaBeam*, que proporciona elevadas tasas de transmisión al igual que sistemas de fibra óptica multimodo.

Utiliza ondas milimétricas en las bandas de 71 a 76, de 81 a 86 y de 92 a 95 GHz, en este espectro se pueden alcanzar velocidades de transmisión de 1 a 2.5 Gbps en distancias cortas de hasta de 2 Km [22].

Esta tecnología tiene un dispositivo maestro como unidad principal y dispositivos esclavos como unidades suscriptoras. Además los equipos disponibles tienen un costo elevado y esta tecnología no está difundida fuera de los EE.UU.

3.6.2. CONEXIÓN MEDIANTE UN ENLACE *WI-FI*

Se han utilizado diferentes tecnologías inalámbricas para conseguir transmisiones de datos punto-a-punto o punto-multipunto, vía radio en frecuencias inferiores a

los 40 GHz, como por ejemplo: GSM (*Global Systems for Mobile Communication*), *Wi-Fi* (*Wireless Fidelity*), MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution Service*), *WiMax* (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*) y microondas [61].

Generalmente, cuanto más alto sea el espectro en el que trabajan estas tecnologías, mayor será el ancho de banda disponible por canal.

Únicamente con enlaces de microondas punto-a-punto se pueden conseguir tasas de transmisión de 100, 155 o, en casos extremos, 311 Mbps pero comprimiendo los datos en canales estrechos, inferiores a los 50 MHz, lo que obliga a utilizar complejas técnicas de modulación y procesamiento de señal [60].

Dado la necesidad de interconectividad entre los edificios de PETROPRODUCCIÓN se plantea un enlace *Wi-Fi* utilizando la tecnología inalámbrica 802.11a (5.15 a 5.8 GHz) debido a la saturación en la banda de 2,4 GHz, adicionalmente la utilización de antenas directivas de decenas de dBi.

La figura 3.55, muestra el esquema general que se tendría utilizando un sistema de interconectividad basado en *Wi-Fi* a 5 GHz.

Cabe mencionar que se considera el sistema inalámbrico como enlace principal de transporte de tráfico de datos, mientras que el sistema de microonda actual constituye el enlace de transmisión de voz.

3.6.3. CONEXIÓN MEDIANTE UN ENLACE MICROONDA

Un enlace microonda se lo puede considerar desde los 5 GHz de frecuencia de transmisión; es claro que existen varios estándares como *WiMAX* que utilizan frecuencias superiores a 5 GHz.

Existen también en el mercado un sinnúmero de dispositivos que utilizan frecuencias por encima de los 5 GHz y poseen sus propios tipos de encriptación, seguridad, compresión de datos, modulación y operaciones propietarias.

INTERCONECTIVIDAD MEDIANTE UN SISTEMA Wi-Fi

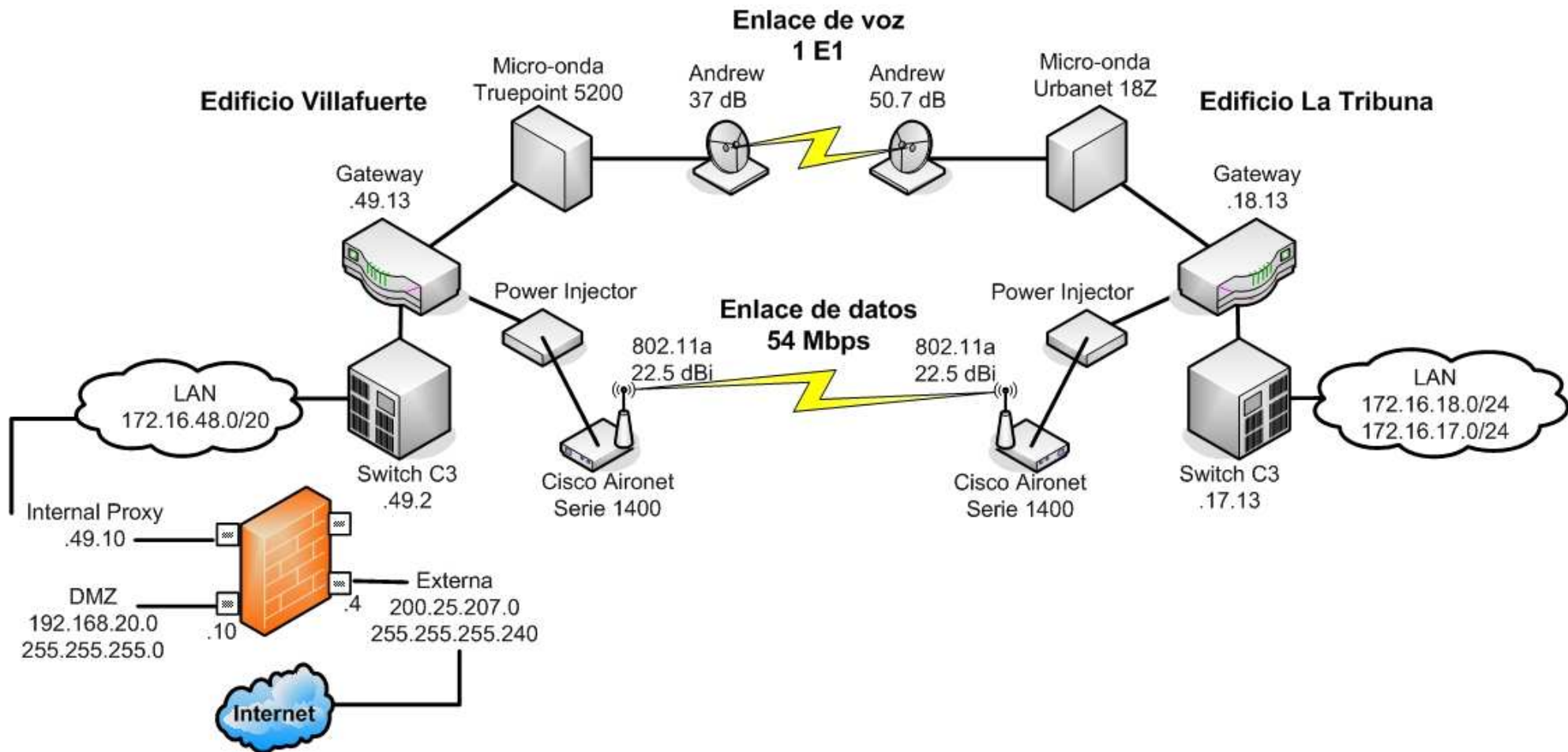


Figura 3.55 Interconectividad de las redes de información mediante un sistema Wi-Fi 802.11a

3.6.3.1 Funcionamiento de Sistemas Microondas

Para *WiMAX* existe una estación base (BTS) y varias estaciones suscriptoras o abonados con (LOS) o sin línea de vista (NLOS), sin embargo para ambientes NLOS el rendimiento real puede ser inferior a 20 Mbps [20].

La mayor utilización de sistemas *WiMAX* son para proporcionar acceso a Internet de alta velocidad en rangos de cobertura de varios kilómetros y para ambientes inalámbricos a nivel metropolitano, sin embargo pueden ser utilizados en enlaces punto-a-punto de corta distancia. En el estándar *WiMAX* se considera la calidad de servicio QoS; en la práctica, *WiMAX* permite que el ancho de banda se reserve para un propósito determinado.

Dependiendo de la funcionalidad de los dispositivos microondas éstos pueden variar en su operación y rendimiento, sin embargo la mayoría de estos dispositivos deben ser configurados como maestro-esclavo (estación base - estación suscriptora) [20].

Para PETROPRODUCCIÓN se utilizó antenas microonda *Motorola* de la serie *Canopy*, estas antenas son especiales para proporcionar acceso de última milla en lo referente al servicio de Internet, sin embargo se las configuró como enlace punto-a-punto. Las antenas *Canopy* permitieron una velocidad de transmisión teórica de 14 Mbps y real de 7 Mbps; además se consideró este enlace exclusivo para transmisión de datos.

La figura 3.56, muestra el esquema general que se tendría utilizando un sistema de interconectividad basado en microondas con antenas *Canopy* a 5 GHz.

3.7. SELECCIÓN Y DISEÑO DE INTERCONECTIVIDAD DE LAS REDES INALÁMBRICAS

La interconectividad de las redes inalámbricas de PETROPRODUCCIÓN, así como las redes de área local, debe estar enmarcada en la factibilidad técnica y financiera.

INTERCONECTIVIDAD MEDIANTE UN SISTEMA MICROONDA

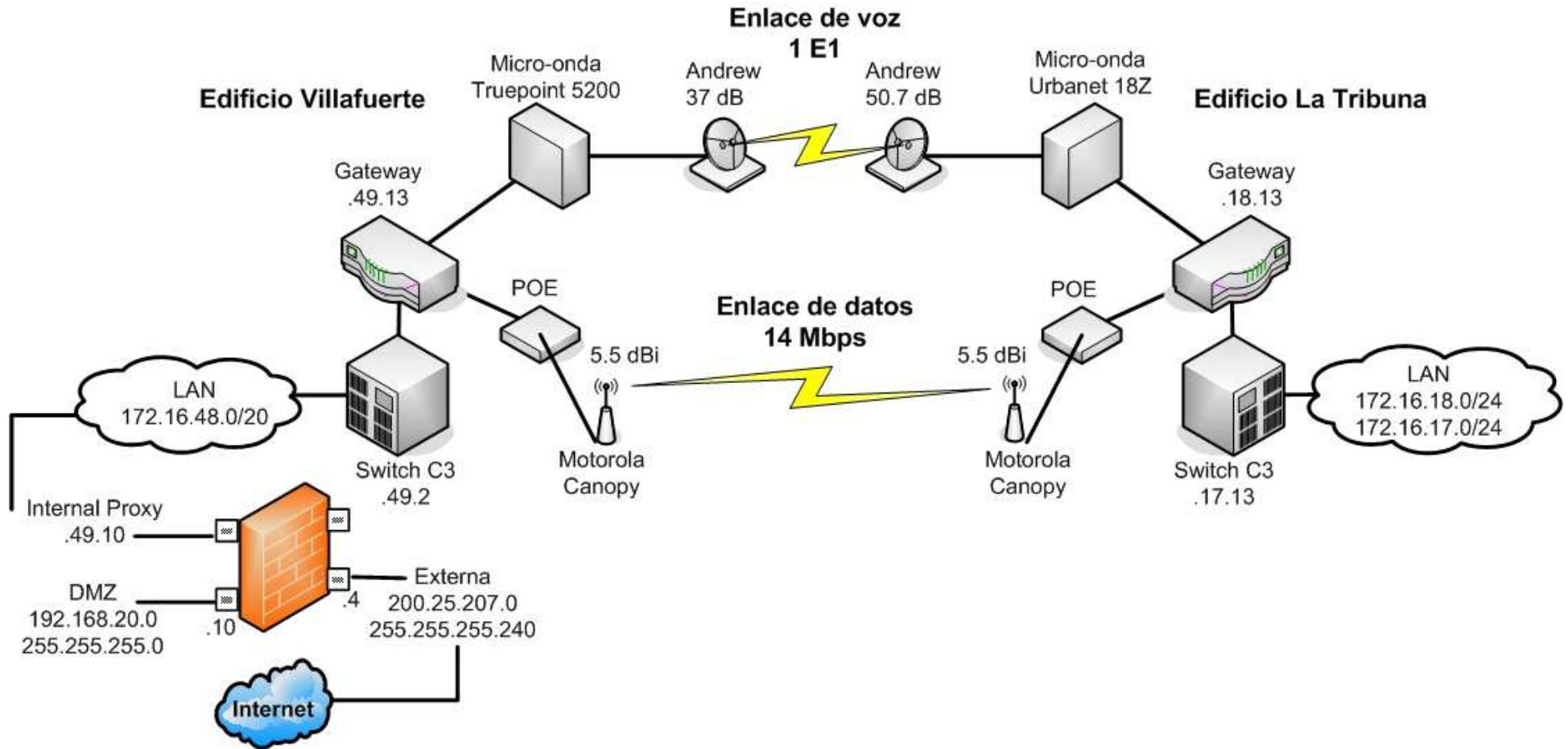


Figura 3.56 Interconectividad de las redes de información mediante un sistema microonda

La factibilidad técnica debe permitir una integración total con la infraestructura Cisco específicamente con el *Framework Cisco Unified Wireless Network* y debe estar dimensionada de acuerdo a la cantidad de tráfico de información que circula entre los dos edificios. La factibilidad financiera debe justificar la inversión del proyecto y si es beneficioso para los intereses de la empresa.

Las tres alternativas de interconexión evaluadas tienen sus ventajas y desventajas propias las cuales permitirán la selección de la mejor alternativa. La tabla 3.42 especifica las características de cada sistema de interconectividad y su aplicabilidad en PETROPRODUCCIÓN.

De la tabla 3.42 se puede concluir que la mejor alternativa que se dispone para la interconectividad de las redes de información de PETROPRODUCCIÓN es mediante un sistema *Wi-Fi* utilizando el estándar 802.11a conjuntamente con antenas directivas de gran ganancia alrededor de los 22.5 dBi. Además no se necesita de mayor infraestructura adicional en relación con un enlace de fibra óptica (*switches* con módulos de fibra óptica y tarjetas adicionales en cada *router*).

Además un factor que siempre influye en la toma de decisiones técnicas es el precio total del proyecto, con un enlace *Wi-Fi* utilizando el estándar 802.11a y el equipamiento adicional que se necesita no excede los 10 mil dólares.

3.7.1. ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA

Debido a la saturación que existe en la zona donde se sitúan los edificios de la empresa en la frecuencia de 2.4 GHz no es posible la utilización del estándar 802.11g, por lo tanto la banda de frecuencia alrededor de los 5 GHz presenta menos interferencias.

Un enlace del tipo punto-a-punto utilizando el estándar 802.11a debe incluir antenas de gran ganancia por lo menos de decenas de dBi. Además la seguridad inalámbrica debe incluir mecanismos de encriptación basados en AES o TKIP mediante WPA y el SSID que emiten los dispositivos deben permanecer siempre oculto.

Característica	Fibra Óptica Multimodo	Wi-Fi 802.11a	Microonda a 5.5 GHz
Capacidad	Óptima, gran ancho de banda disponible por haz de luz	Muy Bueno, ancho de banda considerable	Bueno, ancho de banda necesario para la mayoría de aplicaciones
Tasa de transmisión teórica	1 y 2 Gbps	54 Mbps	14 Mbps
Tasa de transmisión real máxima	1 y 2 Gbps	25 Mbps	7 Mbps
Rango	Hasta 2 Km.	Decenas de Km con antenas de 22.5 dBi	Unidades de Km con antenas de 5.5 dBi
Interferencia	Inmunidad frente a las interferencias electromagnéticas.	En banda de 5 GHz se tiene menos saturación del espectro.	A 5.5 GHz se tiene menos saturación del espectro.
Compatibilidad con Cisco Unified Wireless Network	Si, mediante procesos de conversión eléctrica-óptica	Si, utilizando la serie Cisco Aironet 1400	No, debido a procesos de modulación e encriptación diferentes.
Flexibilidad de instalación	Alta fragilidad de las fibras y dificultad en la instalación de empalmes.	Totalmente flexible	Totalmente flexible
Equipamiento Adicional	Convertidores eléctrico-óptico. Transmisores y receptores especializados.	Antenas de alta ganancia. Inyector de Poder.	Antenas directiva adicionales. Power Over Ethernet (POE).
Tiempo de implementación e instalación	Dependiendo si el cable de fibra se sitúa de forma terrestre o aérea, incluido empalmes 15 días aproximadamente.	Inmediato después de la configuración 1 o 2 días.	Inmediato después de la configuración 1 o 2 días.
Costo total de Enlace	Elevado, cerca de 25 mil dólares. Incluyendo switches y tarjetas para fibra óptica.	Moderado, cerca de 10 mil dólares.	Bajo, cerca de 5 mil dólares.
Aplicabilidad en PETROPRODUCCIÓN	Es viable siempre y cuando la empresa funcione de forma estable en cada edificio, sin embargo existe un proceso de modernización que exige el funcionamiento del Edificio Villafuerte en otras instalaciones, debido a la unificación de diferentes Filiales de PETROECUADOR.	Es viable debido a la flexibilidad que presenta este tipo de enlace. Pruebas realizadas con dispositivos 802.11a Cisco de la serie 1400 dieron un excelente performance.	Es viable debido a la flexibilidad de ubicación de los dispositivos. Pruebas realizadas con equipos Motorola del tipo Canopy dieron un buen performance.

Tabla 3.42 Características de los Tipos de Interconectividad para PETROPRODUCCIÓN

El tipo de enlace mediante *Wi-Fi* debe permitir un acoplamiento e integridad total con la infraestructura de *Cisco Unified Wireless Network*.

3.7.1.1 Red de Voz y Datos para PETROPRODUCCIÓN

Actualmente se tiene un total de un E1 para la transmisión de voz y datos mediante el sistema de microonda, simplemente se asignan más canales de información para el tráfico de voz (22 canales) y el restante se asigna a tráfico de datos (8 canales) pero ambas viajan por el mismo medio.

Para la red de voz de PETROPRODUCCIÓN se dispone de una Central Telefónica *Meridian 1* de *Nortel* Opción 61 C para el Edificio Villafuerte que tiene capacidad de 2000 puertos de los cuales 111 son empleados para troncales, 225 para extensiones analógicas y 159 para extensiones digitales. Además se tiene una Central Telefónica *Meridian 1* de *Nortel* Opción 11 C para el Edificio La Tribuna que tiene capacidad de 800 puertos de los cuales 51 son empleados para troncales, 158 para extensiones analógicas y 84 para extensiones digitales.

La figura 3.57 muestra la red de voz que existe en PETROPRODUCCIÓN.

La red de datos de PETROPRODUCCIÓN fue estudiada en profundidad en el Capítulo 2, en el cual detalla los equipos de interconectividad, la arquitectura de la red, los servidores utilizados y el volumen de información transferido por la red dependiendo de varios factores como el tipo de protocolo, subred, horas picos, etc.

Al utilizar un enlace *Wi-Fi* 802.11a para la interconectividad de las redes de área local y red telefónica de cada uno de los edificios, debe existir una separación en el tipo de tráfico de información.

El tráfico de voz que genera PETROPRODUCCIÓN debe ser transportado por el sistema de microonda actual asignando los mismos 22 canales de 64 Kbps y los 8 canales restantes deberán ser utilizados para la transmisión de datos en caso de fallar el enlace *Wi-Fi* (enlace de *backup*).

RED DE VOZ DE PETROPRODUCCIÓN

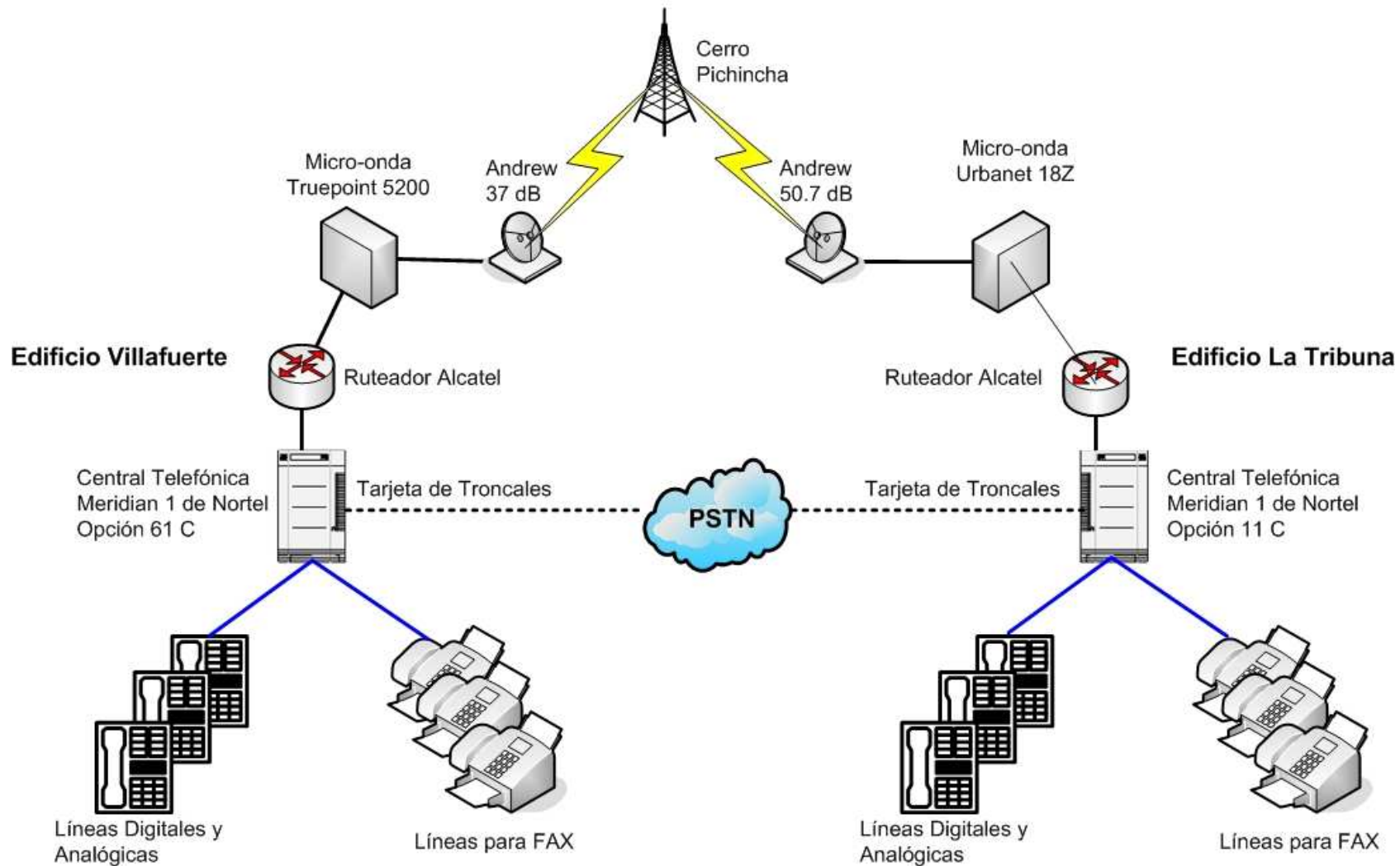


Figura 3.57 Esquema General de la Red de Voz de PETROPRODUCCIÓN

Para el tráfico de datos deberá ser transportado por el enlace 802.11a en una tasa de transmisión real máxima de 25 Mbps aproximadamente, este tráfico de información incluye tanto la red de área local cableada e inalámbrica para acceder a los recursos informáticos de la Intranet empresarial.

El enlace *Wi-Fi* es factible de implementarse debido a que se tiene garantizado línea de vista directa entre ambos edificios y no hay saturación del espectro de radio frecuencia en la banda de los 5 GHz. Además con antenas directivas de algunos dBi se puede alcanzar distancia de 1 Km., suficiente para la separación existente entre ambas edificaciones que es de 348 metros aproximadamente.

La figura 3.58 muestra el enlace *Wi-Fi* mediante 802.11a dedicado para el tráfico de datos que existe entre ambos edificios y la arquitectura general que se tendría con la red de voz y datos.

3.7.1.2 Esquema de Seguridad para el Enlace *Wi-Fi*

La serie *Cisco Aironet 1400* posee características avanzadas de seguridad para configuraciones tipo *Bridge* o Puente, además se tiene una autenticación con 802.1X conjuntamente con una encriptación TKIP (*Temporal Key Integrity Protocol*).

El enlace tipo puente utilizando la serie 1400 de *Cisco* es totalmente adaptable y compatible con la infraestructura *Cisco Unified Wireless Network* al permitir una integración con el sistema de seguridad 802.1X, EAP y 802.11i/WPA2.

La figura 3.59 muestra en forma detallada el proceso de seguridad que se tendría con el enlace *Wi-Fi* en modo *Bridge* con 802.11a utilizando la serie *Cisco Aironet 1400*.

Además se muestra, que en el Edificio Villafuerte se sitúa el dispositivo *Cisco Aironet 1400* en modo *Root Bridge* (único dispositivo maestro en un configuración tipo puente) y en el Edificio La Tribuna en modo *Non-Root Bridge* (dispositivo suscriptor).



ENLACE DE REDES DE INFORMACIÓN DE PETROPRODUCCIÓN

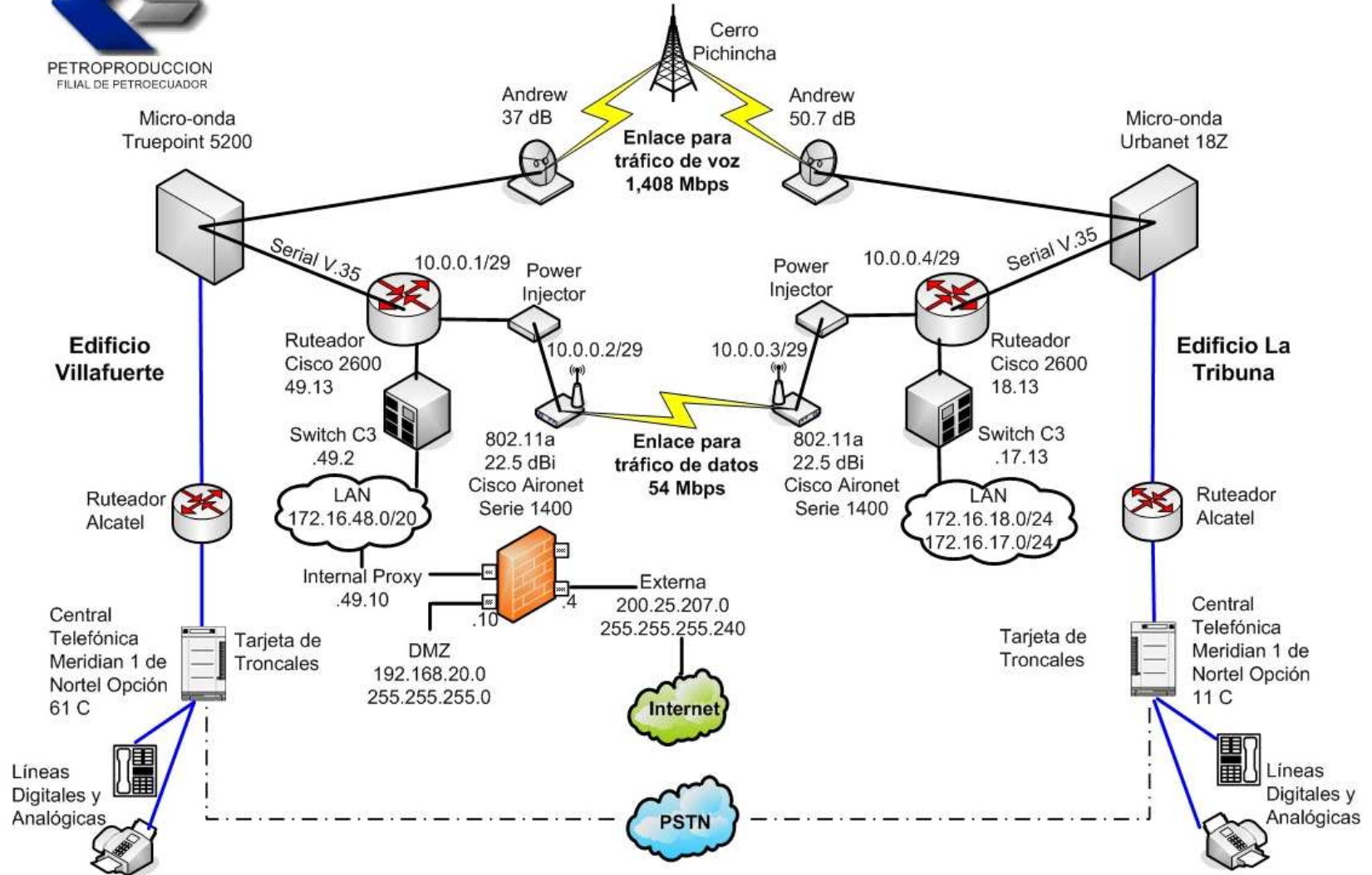


Figura 3.58 Enlace de Redes de Información de PETROPRODUCCIÓN

ARQUITECTURA DE SEGURIDAD PARA EL ENLACE WI-FI

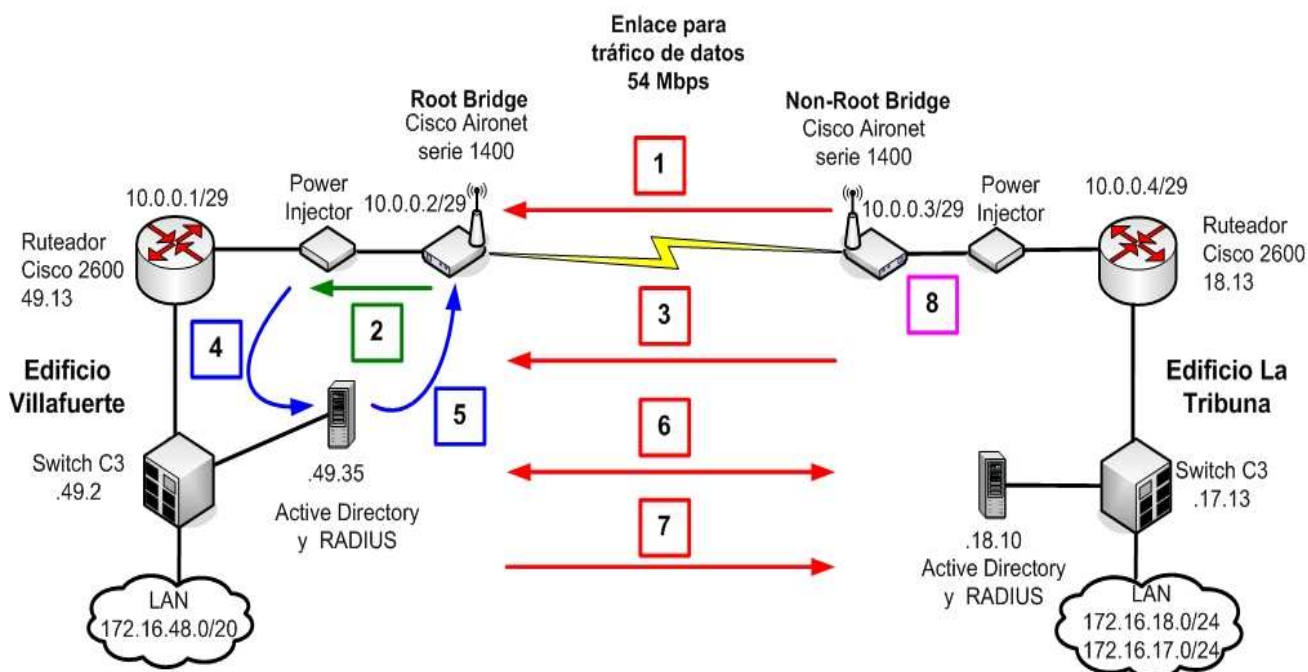


Figura 3.59 Arquitectura de Seguridad para el Enlace *Wi-Fi* 802.11a

1. El Punto de Acceso *Non-Root Bridge* se asocia con el Punto de Acceso *Root Bridge*.
2. El dispositivo *Root Bridge* bloquea todas las peticiones de acceso a la red LAN del dispositivo *Non-Root Bridge*.
3. El Punto de Acceso *Non-Root Bridge* provee las credenciales de autenticación y *login* al dispositivo maestro.
4. El Punto de Acceso maestro o *Root Bridge* envía al servidor de autenticación 802.1X las credenciales o *password* proporcionadas por el *Non-Root Bridge*.
5. El servidor 802.1X verifica la autenticidad del Punto de Acceso *Non-Root Bridge* en un directorio LDAP o en la base de datos definida. Una vez comprobada la veracidad del Punto de Acceso *Non-Root Bridge*, el servidor 802.11X entrega un par de llaves maestra (*Pair-wise Master Key*, PMK) al Punto de Acceso *Root Bridge*.
6. Tanto el dispositivo *Root Bridge* como el *Non-Root Bridge* intercambian mensajes de información para enviar las llaves maestra PMK y establecer conexión para el intercambio de información.

7. El *Root Bridge* encripta la llave maestra y se la entrega al *Non-Root Bridge* como un proceso adicional para robustecer la seguridad en el enlace.
8. Finalmente el Punto de Acceso *Non-Root Bridge* activa la encriptación de toda la información de datos que envía al Punto de Acceso *Root-Bridge*, estableciendo de esta forma un enlace inalámbrico seguro y confiable.

3.7.2. EQUIPOS PARA EL DISEÑO

La serie *Aironet* 1400 de *Cisco* especializada en enlaces inalámbricos en modo *Bridge* proveen un alto rendimiento y velocidad de transmisión en enlaces con línea de vista, además poseen las siguientes características [33]:

- Soporte de configuraciones punto-a-punto o punto-multipunto.
- Soporte de tasas de transmisión de datos hasta los 54 Mbps.
- Soporte de mecanismos de seguridad basados en estándares 802.11 y 802.11i.
- Carcasa durable para soporte del medio ambiente.
- Antena integrada o adaptable para mayores rangos de cobertura.
- Diseñado específicamente para fácil instalación y operación.

Se selecciona el dispositivo AIR-BR1410A-A-K9-N (ver Anexo D) que incluye una antena direccional de 22.5 dBi con una torre telescópica galvanizada con anclajes para sujeción del dispositivo. Además este dispositivo tiene las siguientes características [34]:



Figura 3.60 Cisco Aironet Serie 1400 para Puntos de Acceso en modo *bridge* [34]

- Banda de operación simple en 5.8 GHz para una capacidad total de 54 Mbps.
- Configurable como Punto de Acceso Autónomo o con soporte de LWAPP.
- Soporte de configuraciones punto-a-punto y punto-multipunto.
- Antena interna de 22.5 dBi o antena externa integrable con conector Tipo N.
- 16 MBytes de memoria con 8 MBytes de almacenamiento.
- Opera en un rango de temperatura entre -30°C a 55° C.
- Incluye Inyector de Energía (*Cisco Aironet Power Injector*) LR.
- Consola de administración y configurable vía *web-browser*.
- Soporte de seguridades avanzadas con NAC (*Network Access Control*), WPA y 802.11i/WPA2.

Este dispositivo permite una tasa de transmisión de datos teórica de 54 Mbps; un alcance máximo de 13.6 Km. en enlaces punto-a-punto y un alcance máximo de 4.4 Km. en una configuración punto-multipunto.

Adicionalmente se puede conseguir una tasa de transmisión por encima de los 28 Mbps en distancias máximas de 32 Km. en enlaces punto-a-punto utilizando antenas externas de gran ganancia.

3.8. PLAN DE MIGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS

Para la migración de tecnologías 802.11 a/b/g se toma como punto de referencia el pre-estándar 802.11n el cual se encuentra en su fase de borrador; en marzo de 2007 se aprobó el *Draft 2.0 (Draft-N)* por parte del IEEE y se espera que el estándar final sea ratificado en el 2009.

3.8.1. TECNOLOGÍA 802.11n

La tecnología 802.11n para Redes Inalámbricas *Wi-Fi*, suministra velocidades superiores a 100 Mbps [7].

El mejor procedimiento para obtener velocidades de transmisión elevadas y aumentar el radio de operación de las mismas consiste en hacer uso de la tecnología MIMO-OFDM¹ aumentando la capacidad del enlace inalámbrico usando varias antenas de transmisión y recepción por las que se transmiten datos de forma simultánea.

Las especificaciones introducidas con la norma 802.11n son profundas, modificando incluso la capa PHY y la capa MAC. Una de las directrices más importantes que se está siguiendo para la definición del nuevo estándar es que los productos pre-N del *Draft* 2.0 comercializados hasta la fecha sean actualizados en su *firmware* de tal forma que cumplan con el futuro estándar 802.11n.

3.8.2. ADQUISICIÓN DE NUEVOS EQUIPOS

En la actualidad los productos y equipos *Wi-Fi* 802.11n del *Draft* 2.0 están siendo certificados por la *Wi-Fi Alliance* desde Junio de 2007 debido a la creciente demanda de dispositivos inalámbricos de alta velocidad de transmisión.

Sin embargo pueden existir varios riesgos en cuanto a compatibilidad y probablemente las mayores velocidades no podrían ser desplegadas en su totalidad.

Con los antecedentes anteriores se debe planificar la adquisición de nuevos equipos con soporte de 802.11n, además se deben ubicar de forma estratégica en lugares donde el punto crítico de la red inalámbrica sea la tasa de transmisión para soporte de aplicaciones de gran consumo de ancho de banda.

En los casos donde no exista la necesidad de cambiar los dispositivos inalámbricos 802.11 a/b/g instalados, la mezcla con equipos 802.11n es desaconsejable por los problemas de compatibilidad que se puedan crear y por la reducida mejora de velocidad que se obtendría.

¹ 802.11n utiliza una modulación de frecuencias mediante OFDM y se complementa con una técnica de transmisión MIMO.

Por las razones mencionadas anteriormente se recomienda que la Red Inalámbrica Unificada de PETROPRODUCCIÓN utilice dos Puntos de Acceso con soporte de 802.11n. Estos Puntos de Acceso deben ser ubicados en dos puntos estratégicos: La Unidad de Sistemas en el Edificio Villafuerte y la Vicepresidencia ubicada en el Edificio La Tribuna.

Los dos dispositivos 802.11n a ser adquiridos deben ser compatibles e integrables con la infraestructura *Cisco Unified Wireless Network*.

Como era de esperarse *Cisco Systems* tiene su línea de productos con soporte de la tecnología 802.11n *Draft 2.0*, estos Puntos de Acceso pertenecen a la serie *Cisco Aironet 1250* y existen dispositivos específicos para cada dominio regulador y regulaciones a nivel de países.

3.8.2.1 Puntos de Acceso de la Serie *Cisco Aironet 1250*

La serie *Cisco Aironet 1250* con soporte del *Draft 2.0* del pre-estándar 802.11n provee un diseño modular y emergente para altas velocidades de transmisión.

La plataforma fue específicamente diseñada para soporte de nuevos requerimientos y aplicaciones soportadas por las redes inalámbricas.



Figura 3.61 Cisco Aironet Serie 1250 para Puntos de Acceso con soporte de 802.11n [34]

Se selecciona el dispositivo AIR-LAP1252G-A-K9 (ver Anexo D) con soporte de 802.11g y 802.11n *Draft* 2.0 en la banda de 2.4 GHz. Además es un Punto de Acceso modular y unificado (*Modular Unified AP*) que incluye: 3 conectores RP-TNC, con tres módulos de radio incorporados de 2.2 dBi (Antenas Omnidireccionales) y configurado según las regulaciones FCC.

Otras características adicionales de este dispositivo son [34]:

- Banda de operación simple en 2.4 GHz para una capacidad de datos de 300 ó 600 Mbps dependiendo del número de módulos de radio.
- Robusta seguridad con soporte de 802.11i, WPA (con encriptación TKIP), WPA2 (con encriptación AES), EAP y autenticación con 802.1X.
- Opera bajo dos modos: como Punto de Acceso Autónomo o como Punto de Acceso con soporte de gestión centralizada mediante LWAPP.
- Soporte de alimentación mediante POE (*Power over Ethernet*) o mediante un Inyector de Energía (*Power Injector*).
- Opera como parte integral del *Cisco Unified Wireless Network* incluyendo la administración con *Wireless LAN Controller* (WLC) y con *Wireless Control System* (WCS).
- 32 Bytes de almacenamiento para actualización del *firmware* para futuro soporte del estándar 802.11n.
- Compatibilidad con clientes de estándares 802.11b/g.

3.8.3. UBICACIÓN ESTRATÉGICA DE NUEVOS EQUIPOS

La ubicación de dispositivos con soporte de 802.11n *Draft* 2.0 para PETROPRODUCCIÓN se sitúan en dos puntos estratégicos: La Unidad de Sistemas por su alto contenido de tráfico de información y La Vicepresidencia de la empresa para brindar comodidad a usuarios especiales.

Una de las limitantes para la inclusión de un mayor número de Puntos de Acceso con soporte de 802.11n *Draft* 2.0 es el costo elevado de los dispositivos.

Sin embargo la migración total a una red inalámbrica de última tecnología, debería ser implementada una vez ratificado el estándar 802.11n final.

Las figuras 3.62 y 3.63 muestran a manera de ejemplo la ubicación de los Puntos de Acceso Cisco AIR-LAP1252G-A-K9 con soporte de 802.11g y 802.11n *Draft* 2.0 en la banda de los 2.4 GHz, utilizando 3 antenas de 2.2 dBi en una configuración MIMO 2x3 para la Planta Baja del Edificio Villafuerte y para el décimo tercer piso del Edificio La Tribuna.

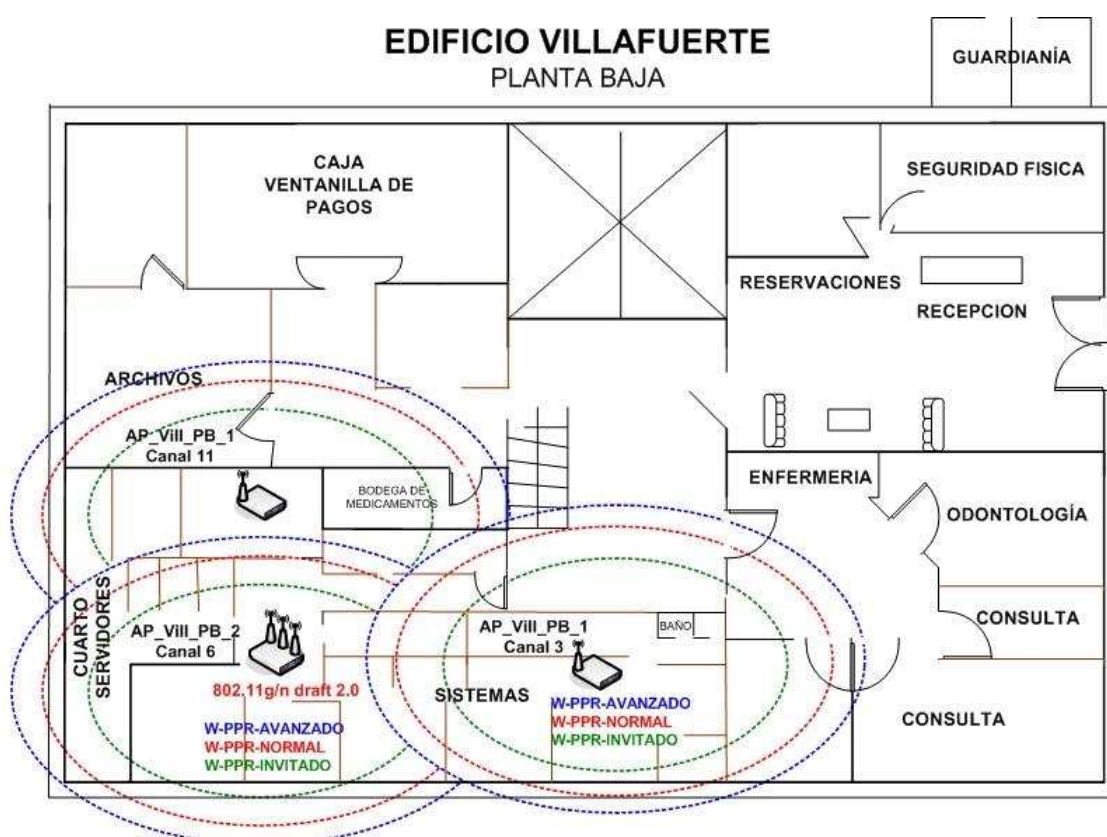
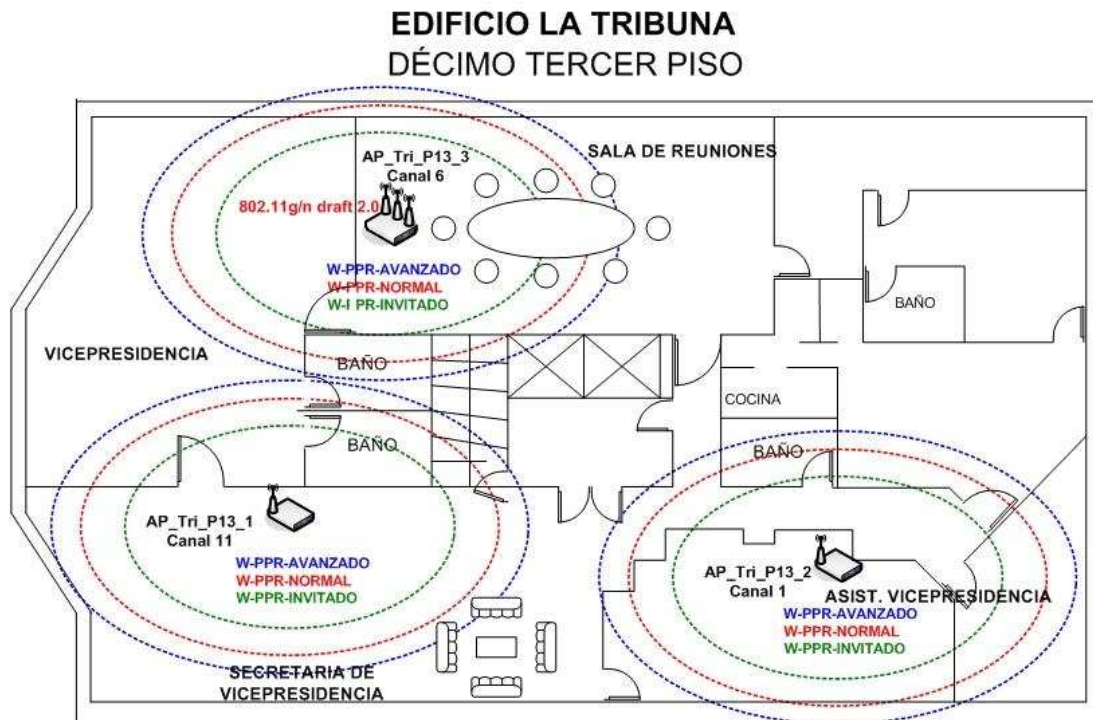


Figura 3.62 Ubicación Física del Punto de Acceso con soporte de 802.11n *Draft* 2.0 para el Edificio Villafuerte

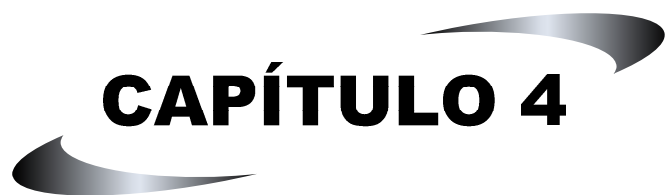
3.8.4. VENTAJAS E INCONVENIENTES

El pre-estándar 802.11n ofrece gran *throughput* en aplicaciones de datos, un mayor rendimiento, una red inalámbrica *Wi-Fi* robusta al soportar un mayor número de conexiones concurrentes, una mayor capacidad de datos para aplicaciones de video y voz, etc.

Además, con la técnica de modulación OFDM y MIMO se permite múltiples comunicaciones con varias antenas, mayor rango de cobertura y se reduce el número de paquetes erróneos.



Un usuario inalámbrico 802.11n tiene un mayor rendimiento y *performance* en aplicaciones de datos comparados con usuarios 802.11 a/b/g, sin embargo la velocidad de una red inalámbrica *Wi-Fi*, la establece el usuario más lento y, de nada serviría tener un Punto de Acceso 802.11n si la mayoría de los usuarios son lentos.

A decorative graphic consisting of two curved, swoosh-like shapes that frame the text. One swoosh is positioned above and to the right of the text, and the other is below and to the left, creating a partial enclosure around the title.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS TÉCNICO-FINANCIERO DE LA SOLUCIÓN DE LA RED INALÁMBRICA

El presente capítulo realiza un análisis técnico-financiero para la implementación de la Red Inalámbrica Unificada *Wi-Fi* 802.11g de PETROPRODUCCIÓN utilizando la plataforma *Cisco Unified Wireless Network* conjuntamente con la interconectividad de las redes inalámbricas de ambos edificios mediante un enlace *Wi-Fi* 802.11a.

Además se muestran las diferentes ventajas de la solución desde el punto de vista costo vs. beneficio.

4.1. PRECIOS DE EQUIPOS

La Plataforma *Cisco Unified Wireless Network* tiene tres componentes fundamentales: Puntos de Acceso con LWAPP (AP LWAPP), *Cisco Wireless LAN Controller* (WLC) y *Cisco Wireless Control System* (WCS).

La tabla 4.1 muestra los equipos de la Plataforma *Cisco Unified Wireless Network* para la Red Inalámbrica Unificada de PETROPRODUCCIÓN.

En las tablas 4.2 a 4.5 se presenta la propuesta de cada uno de los proveedores autorizados y certificados por PETROPRODUCCIÓN para el proceso de adjudicación de la compra. Cabe mencionar que en la propuesta se incluyen los dispositivos para la Red Inalámbrica Unificada más los servicios profesionales.

PETROPRODUCCIÓN realiza una invitación a cotizar de los dispositivos y equipos mediante requerimientos especificados por el Departamento de Sistemas; una vez recibida las propuestas económicas de cada proveedor se crea un informe técnico en donde se analiza la mejor alternativa, este informe técnico se envía al Departamento de Compras quien toma en consideración el informe técnico y analiza el monto total de la oferta y ejecuta el proceso de adjudicación.

Edificio	Descripción	Cantidad	Modelo	Observación
Villafuerte	Puntos de Acceso 802.11g	26	AIR-AP1231G-A-K9	Antena no incluida en paquete de compra.
	Puntos de Acceso 802.11 g/n-Draft 2.0	1	AIR-LAP1252G-A-K9	Antenas de 2.2 dBi incluidas como módulos de radio incorporados.
	Antenas Omnidireccional de 5.2 dBi	26	AIR-ANT1728	Antena con conector RP-TNC.
	<i>Wireless LAN Controller (WLC)</i>	1	AIR-WLC4402-50-K9	Dispositivo para soporte de 50 AP LWAPP.
	<i>Wireless Control Systems (WCS)</i>	1	WCS-APBASE-100	Software para soporte de 100 AP y en Sistemas Operativos <i>Windows/Linux</i> .
Tribuna	Puntos de Acceso 802.11g	33	AIR-AP1231G-A-K9	Antena no incluida en paquete de compra.
	Puntos de Acceso 802.11 g/n-Draft 2.0	1	AIR-LAP1252G-A-K9	Antenas de 2.2 dBi incluidas como módulos de radio incorporados.
	Antenas Omnidireccional de 5.2 dBi	33	AIR-ANT1728	Antena con conector RP-TNC.
	<i>Wireless LAN Controller (WLC)</i>	1	AIR-WLC4402-50-K9	Dispositivo para soporte de 50 AP LWAPP.
Enlace Wi-Fi 802.11a	Puntos de Acceso 802.11a en modo <i>Bridge</i> .	2	AIR-BR1410A-A-K9-N	Incluye una torre telescópica galvanizada con anclajes para sujeción.
Total	Puntos de Acceso 802.11g	59	AIR-AP1231G-A-K9	
	Puntos de Acceso 802.11 g/n-Draft 2.0	2	AIR-LAP1252G-A-K9	
	Antenas Omnidireccional de 5.2 dBi	59	AIR-ANT1728	
	<i>Wireless LAN Controller (WLC)</i>	2	AIR-WLC4402-50-K9	
	<i>Wireless Control Systems (WCS)</i>	1	WCS-APBASE-100	
	Puntos de Acceso 802.11a en modo <i>Bridge</i> .	2	AIR-BR1410A-A-K9-N	

Tabla 4.1 Equipos para la Red Inalámbrica Unificada de PETROPRODUCCIÓN

Participan en esta cotización: Uniplex S.A., ComWare del Ecuador S.A., Tecnoplus Cía.Ltda. y Akros Solutions.

4.1.1. PROPUESTA ECONÓMICA DE UNIPLEX S.A.

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total
Ítems				
AIR-AP1231G-A-K9	Cisco 802.11g IOS AP w/Avail y Configuración FCC	59	899,00	53041,00
AIR-LAP1252G-A-K9	Cisco 802.11g/n IOS AP w/Avail y Configuración FCC	2	1299,00	2598,00
AIR-ANT1728	Antena 2.4 GHz,5.2 dBi Ceiling Omni con conector w/RP-TNC	59	159,00	9381,00
AIR-BR1410A-A-K9	Cisco Aironet 1410 Wireless Bridge con 22.5 dBi y Configuración FCC	2	4.999,00	9998,00
AIR-WLC4402-50-K9	Cisco WLC Appliance con 4 puertos autosensing 10/100/1000T	2	5995,00	11990,00
WCS-APBASE-100	Cisco Software Monitor WLAN, 100 AP O.S. Windows 2003 Server	1	500,00	500,00
Servicios Adicionales (precios incluidos dentro de la propuesta)				
Curso de capacitación para manejo de equipos Wireless 20 horas.		4 personas	0,00	0,00
Servicios Profesionales para instalación, configuración y puesta en marcha con las configuraciones IP básicas que permitan la operación del equipo. No incluye configuraciones especiales de seguridad VLANs ni VPNs		1	0,00	0,00
Servicio de mantenimiento correctivo: Reparación o reemplazo del equipo en caso de falla. El tiempo de recuperación del equipo será de 24 horas. La actualización del software se realizará una vez por año. El soporte técnico local y remoto se limita a un máximo de 200 horas por año		1	0,00	0,00
			Subtotal	87508,00
			IVA	Incluido en propuesta.
			Total USD	87508,00

Tabla 4.2 Propuesta Económica de Uniplex S.A.

4.1.2. PROPUESTA ECONÓMICA DE COMWARE DEL ECUADOR S.A.

Nro. de Parte	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total
Access Point				
AIR-AP1231G-A-K9	802.11g LWAPP AP Dual RP-TNC: Avail Cbus Slot FCC Cnfg	59	696,66	41102,94
AIR-LAP1252G-A-K9	802.11g/n LWAPP AP 3 RP-TNC: Avail Cbus Slot FCC Cnfg	2	1460,24	2920,48
AIR-ANT1728	2.4 GHz,5.2 dBi Ceilling Omni Ant. w/RP-TNC Connector	59	97,35	5743,65
AIR-BR1410A-A-K9	802.11a Bridge LWAPP AP 22.5 dBi: Avail Cbus Slot FCC Cnfg	2	5504,20	11008,4
Incluye				
S12RK9W-12311JX	Cisco 1200 Series IOS Wireless LAN LWAPP RECOVERY			
AIR-PWR-CORD-NA	Air Line Cord Noth America			
AIR-PWR-A	Pwr Sply In: 100-240VAC Out:48VDC 380mA-1100,1130AG,1200,512			
CON-SNTE-LAP	SMARTNET 8X5X4 802.11a/b/g/n LWAPP AP			
Network Control Appliance				
AIR-WLC4402-50-K9	Appliance Server max 50 AP 10/100/1000T	2	5634,68	11269,36
WCS-APBASE-100	Cisco Software Monitor WLAN, 100 AP O.S. Windows 2003 Server	1	0,00 ¹	0,00
Incluye				
CON-WLC-4400	SMARTNET 8X5X4 WLC Appliance 4400			
Servicios Adicionales				
Instalación : Puesta en funcionamiento de los equipos ofertados	1	250,00	250,00	
Capacitación: Curso de capacitación VLANs, VPNs y Wireless Cisco	1	2400,00	2400,00	
Mantenimiento: Servicio de mantenimiento de los equipos (8x5x8)	1	2450,00	2450,00	
			Subtotal	77144,83
			IVA	9257,38
			Total USD	86402,21

Tabla 4.3 Propuesta Económica de ComWare del Ecuador S.A.

¹ Precio incluido por la compra del Appliance Wireless LAN Controller WLC.

4.1.3. PROPUESTA ECONÓMICA DE TECNOPLUS CÍA. LTDA.

Nro. de Parte	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total
Access Point				
AIR-AP1231G-A-K9	Cisco Access Point 802.11g IOS AP w/Avail Cbus spot, FCC	59	695,00	41005
AIR-LAP1252G-A-K9	Cisco Access Point 802.11g/n IOS AP w/Avail Cbus spot, FCC	2	1350,00	2700
SMARTNET AP 1200/1300	SMARTNET 8X5X4 802.11a/b/g/n LWAPP AP	61	119,00	7259
AIR-ANT1728	Antena 2.4 GHz,5.2 dBi Ceiling Omni con conector w/RP-TNC	59	128,00	7552
AIR-BR1410A-A-K9	802.11a Bridge LWAPP AP 22.5 dBi: Avail Cbus Slot FCC Cnfg	2	4290,00	8580
SMARTNET AP 1400	SMARTNET 8X5X4 802.11a Bridge LWAPP AP	2	549,00	1098
Network Control Appliance				
AIR-WLC4402-50-K9	Cisco WLC Appliance con 4 puertos autosensing 10/100/1000T	2	4790,00	9580
WCS-APBASE-100	Cisco Software Monitor WLAN, 100 AP O.S. Windows 2003 Server	1	0,00 ¹	0,00
Servicios Adicionales				
Curso de capacitación para manejo de equipos switches, VPN, VLAN, Wireless 20 horas (para 4 personas)		1	1200,00	1200,00
Instalación servicio de instalación y configuración y puesta en marcha con las configuraciones IP Básicas que permitan la operación del equipo.		1	1200,00	1200,00
Mantenimiento Correctivo por un año, reparación o reemplazo en caso de falla, con soporte técnico de 200 horas por un año.		1	3900,00	3900,00
			Subtotal	84074,00
			IVA	Incluido en propuesta
			Total USD	84074,00

Tabla 4.4 Propuesta Económica de Tecnoplus Cía.Ltda.

¹ Precio incluido por la compra del Appliance Wireless LAN Controller WLC.

4.1.4. PROPUESTA ECONÓMICA DE AKROS SOLUTIONS

Nro. de Parte	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total
Access Point				
AIR-AP1231G-A-K9	802.11g LWAPP AP Dual RP-TNC: Avail Cbus Slot FCC Cnfg	59	584,00	34456
AIR-LAP1252G-A-K9	802.11g/n LWAPP AP 3 RP-TNC: Avail Cbus Slot FCC Cnfg	2	1100,00	2200
AIR-ANT1728	2.4 GHz,5.2 dBi Ceilling Omni Ant. w/RP-TNC Connector	59	103,00	6077
AIR-BR1410A-A-K9	802.11a Bridge LWAPP AP 22.5 dBi: Avail Cbus Slot FCC Cnfg	2	4860,00	9720
Network Control Appliance				
AIR-WLC4402-50-K9	Appliance Server max 50 AP 10/100/1000T	2	5647,00	11294
WCS-APBASE-100	Cisco Software Monitor WLAN, 100 AP O.S. Windows 2003 Server	1	600,00	600,00
Servicios Adicionales				
Descripción		Cantidad		
Curso de Capacitación para manejo de <i>Wireless</i> , 20 horas para 4 personas. Capacitación práctica con los equipos del cliente en sus instalaciones.		1	13500,00	
Servicio de instalación, configuración y puesta en marcha con personal calificado, con configuraciones IP básicas que permitan la operación de los equipos (No incluye configuraciones especiales de seguridad, VLAN, VPN)		1		
Reparación o reemplazo del equipo en caso de falla, el tiempo de recuperación del equipo será de 24 horas una vez que Cisco da el OK y la parte es despachada hacia el cliente. La actualización del software se realizará una vez por año siempre y cuando el fabricante hubiese liberado nuevas versiones de software. El soporte técnico se limita a un máximo de 200 horas al año, el cual Akros brindará a través de un técnico certificado y en las instalaciones del cliente.		1		
Incluye: CON-SNTE-LAP-1200/1300 • SMARTNET 8X5X4 802.11a/b/g/n LWAPP AP CON-SNTE-LAP-1400 • SMARTNET 8X5X4 802.11b/g LWAPP AP CON-WLC-4400 • SMARTNET 8X5X4 WLC Appliance 4400		61 2 2		
Subtotal			77847	
IVA			9341,64	
Total USD			87188,64	

Tabla 4.5 Propuesta Económica de Akros Solutions

4.2. COSTOS ADICIONALES

4.2.1. CABLEADO ESTRUCTURADO

Una regla práctica para redes de datos es que los costos del cableado estructurado radican principalmente en el trabajo y el tiempo de implementación [10].

Una red de datos puramente inalámbrica supone todavía el empleo de algunos cables Cat6, para los Puntos de Acceso y demás dispositivos como el *Wireless LAN Controller* y el servidor *Wireless Control System*, sin embargo los costos de los cables para un diseño inalámbrico son mucho más bajos comparados con una solución cableada total.

Para la implementación del cableado estructurado de la Red Inalámbrica de Área Local para PETROPRODUCCIÓN así como la red de energía, se dispone de los servicios de Red Integral S.A., empresa proveedora y certificada que brinda este servicio a PETROPRODUCCIÓN sin licitaciones ni cotizaciones previas.

La tabla 4.6 detalla los costos del cableado de datos y eléctrico para la implementación de la red inalámbrica.

4.2.2. HARDWARE Y SOFTWARE

Para el control, administración y monitoreo de la red inalámbrica se dispone del *Wireless Control Systems (WCS)* que es un *software* especializado para redes inalámbricas, sin embargo se necesita de un dispositivo servidor.

El *software* WCS debe ser instalado en un servidor o *Workstation*. Las características mínimas de este servidor para soporte de 100 Puntos de Acceso (WCS-APBASE-100) se presentan en la tabla 4.7.

Dado los requerimientos mínimos del servidor se selecciona el dispositivo *Workstation Dell PRECISION 690*, que es un servidor robusto para empresas de gran tamaño.

En la tabla 4.8 se presentan las características de *hardware* y *software* del servidor *Workstation Dell PRECISION 690* que se ha seleccionado.

Ítems	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Puntos de Datos				
Puntos de Acceso 802.11g	Cable cat 6. 10/100 Mbps	59	80,00	4720,00
Puntos de Acceso 802.11g/n	Cable cat 6. 10/100 Mbps	2	80,00	160,00
Punto de Acceso 802.11a modo <i>Bridge</i> .	Cable cat 6. 10/100 Mbps y cables coaxiales hacia antena	2	80,00	160,00
<i>Appliance Wireless LAN Controller</i> (WLC)	Cable cat 6. 10/100 Mbps *2	4	80,00	320,00
Servidor <i>Wireless Control System</i> (WCS)	Cable cat 6. 10/100 Mbps	1	80,00	80,00
Puntos de Energía				
Puntos de Acceso 802.11g	Cable SPT2 no14/2 AWG 110-120 V	59	75,00	4425,00
Puntos de Acceso 802.11g/n	Cable SPT2 no14/2 AWG 110-120 V	2	75,00	150,00
Punto de Acceso 802.11a mod. <i>Bridge</i> .	Cable SPT2 no14/2 AWG 110-120 V	2	75,00	150,00
<i>Appliance Wireless LAN Controller</i> (WLC)	Cable SPT2 no14/2 AWG 110-120 V	2	75,00	150,00
Servidor <i>Wireless Control System</i> (WCS)	Cable SPT2 no14/2 AWG 110-120 V	2	75,00	150,00
Subtotal				10465,00
IVA				1255,80
Total USD				11720,80

Tabla 4.6 Costos del cableado de datos y eléctrico para la red inalámbrica

Ítem	Especificación
Sistema Operativo	Windows 2003 SP1 o superior Redhat Linux AS/ES ver 4.0 o superior
Licencia	Cisco WCS Low-End Server Para soporte de 500 Puntos de Acceso Ligeros (Lightweight Access Points, AP LWAPP), 200 Puntos de Acceso Autónomos (Standalone Access Points) y 50 Wireless LAN Controllers.
Hardware	Procesador: Intel® Xeon CPU; 3.06 GHz Memoria RAM: 2 GB Disco Duro :30 GB Tarjeta Ethernet: 10/100/1000 Mbps
Dispositivos Administrados	Cisco Series 2000, 2100, 4100 4400 para Wireless LAN Controllers
Bases de Datos	Integrado con SQL

Tabla 4.7 Mínimos requerimientos para el servidor WCS

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Servidor para Wireless Control System				
WORKSTATION DELL PRECISION 690	Procesador: Intel® Xeon Dual Core 3.0GHz Memoria RAM: 4 GB Disco Duro: 500 GB Tarjeta Ethernet: 10/100/1000 Mbps Tarjeta Inalámbrica: D-link 802.11 b/g/n Tarjeta Video: nVidia GX 6300 Media: CD/WR DVD/WR	1	3500,00	3500,00
SISTEMA OPERATIVO	Windows 2003 Server SP2 con licencia de volúmenes adquiridos por PETROPRODUCCCIÓN	1	0,00	0,00
			Subtotal	3500,00
			IVA	420
			Total USD	3920,00

Tabla 4.8 Servidor Dell WS PRECISION 690 para WCS

4.2.3. IMPREVISTOS

Se incluye al proyecto los costos por imprevistos con un límite de 5 mil dólares, los cuales principalmente serán utilizados en la compra de tarjetas inalámbricas 802.11g USB para usuarios que no dispongan de NICs con soporte de tecnología *Wi-Fi*.

Además dentro de este rubro se podrán incluir costos para instalación de repisas de madera faltantes de los Puntos de Acceso, compra de extensiones de energía, agarraderas para cables, reguladores de voltaje, etc.

Descripción	Precio Total Estimado (\$)
Imprevistos	
<ul style="list-style-type: none"> • NICs 802.11g UBS para nuevos clientes • Instalación de repisas para Puntos de Acceso Faltantes • Extensiones de energía y cortapicos • Reguladores de voltaje • Agarraderas y soporte para cables • Demás imprevistos 	5000,00
Total USD	5000,00

Tabla 4.9 Costos estimados para imprevistos

4.3. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Las ventajas de la tecnología inalámbrica *Wi-Fi* pueden dividirse en dos categorías principales [48]:

- Ventajas empresariales esenciales.
- Ventajas operativas.

Las ventajas empresariales esenciales son aquellas que mejoran la productividad de los empleados, permiten que los procesos empresariales sean más rápidos y eficaces o posibilitan la aparición de procesos empresariales totalmente nuevos.

Las ventajas operativas están relacionadas con aspectos como la reducción de los costos administrativos o de los gastos de capital.

4.3.1. VENTAJAS EMPRESARIALES ESENCIALES

Las ventajas empresariales esenciales de la tecnología inalámbrica *Wi-Fi* derivan del aumento en cuanto a flexibilidad y movilidad de los usuarios.

Además las ventajas empresariales no se las pueden cuantificar de una manera muy objetiva pero son importantes para una determinada empresa. A continuación se presentan las más relevantes:

- Los trabajadores móviles que se desplazan de unas oficinas a otras se ahorran mucho tiempo y complicaciones gracias a la conexión permanente con la red inalámbrica corporativa. Los usuarios pueden conectarse de forma prácticamente inmediata desde cualquier ubicación física con cobertura inalámbrica y no necesitan andar buscando puntos de red, cables ni personal de soporte tecnológico que les ayude a conectarse a la red.
- Mejora la flexibilidad de la organización. Las modificaciones en estructuras de equipos y proyectos, los cambios de estaciones de trabajo e incluso las mudanzas de oficina se llevan a cabo de forma más rápida y sencilla porque los empleados ya no están "encadenados" a sus mesas de trabajo.
- La integración de nuevos dispositivos y aplicaciones en el entorno de las Tecnologías de la Información (IT) corporativas, mejoran de forma igualmente considerable. Dispositivos como PDAs, *notebooks* (PC portátiles), *tablet* PC, teléfonos *Wi-Fi*, etc., están mucho más integrados y son mucho más útiles cuando las organizaciones disponen de redes inalámbricas.

- Mejoramiento de la imagen empresarial al disponer una red *Wi-Fi* de última tecnología, lo que permite dar un mejor servicio a usuarios invitados y mayor rendimiento a usuarios empresariales.

4.3.2. VENTAJAS OPERATIVAS

Las ventajas operativas de la tecnología inalámbrica *Wi-Fi*, reducen los costos de capital y operativos, se pueden resumir de la siguiente manera:

- El costo de dotar a los edificios de acceso a la red se reduce considerablemente. Aunque la mayoría de las oficinas disponen de cableado para redes, muchos otros lugares de trabajo, como fábricas, almacenes y tiendas, no cuentan con esta comodidad. Ahora existe la posibilidad de utilizar redes en lugares donde el uso de una red por cable no sería práctico.
- El tamaño y crecimiento de la red se puede modificar con gran facilidad, en función de la demanda según va cambiando la organización. Es mucho más sencillo implementar una mayor concentración de Puntos de Acceso en una ubicación concreta que aumentar el número de puntos de red con cable.
- El costo de capital ya no está ligado a la infraestructura del edificio, ya que la infraestructura de red inalámbrica se puede trasladar a otro edificio con relativa facilidad. El cableado estructurado suele constituir un costo permanente.

4.3.3. VIABILIDAD DEL PROYECTO

Dado que PETROPRODUCCIÓN es una empresa pública los ingresos que percibe por la extracción de los recursos hidrocarburíferos son redireccionados al Gobierno Central, sin embargo se tienen varias ventajas operativas que reducen costos de capital.

Además la empresa dispone de un presupuesto anual de cientos de millones de dólares para la ejecución de proyectos de corta y gran escala.

La implementación de la Red Inalámbrica Unificada de PETROPRODUCCIÓN debe considerarse como un proyecto de infraestructura tecnológica de gran impacto e importancia justificando de esta forma la realización y cumplimiento de la misma.

4.3.3.1 Ingresos

Los ingresos para este proyecto están constituidos por la reducción de costos de capital y operativo que se obtiene como resultado de la implementación de la Red Inalámbrica Unificada de PETROPRODUCCIÓN.

La tabla 4.10 muestra los ingresos que se obtienen por la reducción de costos de capital.

4.3.3.2 Costos de Inversión

4.3.3.2.1 Comparación de Propuestas de los Proveedores

El análisis para la selección de la oferta ganadora debe considerar tanto el costo total como las facilidades, prestaciones, tiempo de entrega, servicio pos-venta, garantías que el proveedor establezca, etc.

Además se debe considerar que los proveedores oferentes previa a la invitación a cotizar son distribuidores autorizados por PETROPRODUCCIÓN y no tienen ningún problema legal de participar en la cotización.

Los equipos y materiales deben ser entregados, instalados y en operación en las instalaciones de PETROPRODUCCIÓN Quito.

La tabla 4.11 detalla las características anteriormente señaladas para determinar la oferta ganadora.

Disminución de costos de capital por concepto de:	Valor anual asignado ¹ (\$)	TOTAL (\$)	Porcentaje de ahorro al disponer de una WLAN ²	Valor de reducción de costos de capital(\$)	Valor incremental anual ²
Compra de equipos de interconectividad de redes	50000	50000	50%	25000	5%
Compra de tarjetas y Multiplexores para el enlace microonda Ed.Villafuerte-Ed.La Tribuna y mantenimiento de las mismas	9500	9500	50%	4750	5%
Pago por el uso de frecuencias para el enlace microonda Ed.Villafuerte- Ed.La Tribuna	Renovación anual de contrato(\$320,21) Arrendamiento Mensual(\$275,77)	3629,45	100%	3629,45	4%
Instalación de nuevos puntos de datos por reparación o crecimiento de la red	80 puntos de red anual Cat 6 (con un costo de \$80 c/u) 40 puntos de red anual de F.O.(con un costo de \$150 c/u)	12400	80%	9920	8%
Consumo telefónico y video conferencia	37500	37500	25%	9375	4%
Suministros de Oficina y otros	---	2000	100%	2000	5%
	Total valor anual asignado	115029,45	Total valor de ahorro	54674,45	

Tabla 4.10 Ingresos por reducción de costos de capital

¹ Valores obtenidos de los presupuestos y desgloses anuales de las Unidades de Sistemas y Telecomunicaciones de PETROPRODUCCIÓN.

² Valores obtenidos por consultoría al personal de Akros Solutions y Red Integral S.A.

Empresa Proveedor	Uniplex S.A.	ComWare del Ecuador S.A.	TecnoPlus Cía. Ltda.	Akros Solutions
Características				
Monto Total de la oferta	USD 87508,00	USD 86402,21	USD 84074,00	USD 87188,64
Validez de la oferta	30 días	90 días	60 días calendario	60 días
Tiempo de entrega desde Bodegas	45 días una vez firmado el contrato	45 días una vez firmado el contrato	35 días a partir de la firma del contrato	45 días una vez firmado el contrato
Forma de pago	En dólares	En dólares	En dólares	En dólares
Plazo de pago	30 días laborables una vez entregado los equipos.	30 días laborables una vez entregado los equipos.	30 días laborables de entregados los bienes, contra la presentación de la factura y documentos de recepción de bodega.	30 días laborables una vez entregado los equipos.
Garantía Técnica	1 año	1 año contra defectos de fábrica	1 año contra defectos de fábrica	1 año
País de procedencia de equipos.	EE.UU.	EE.UU.	EE.UU.	EE.UU.

Distribuidor Autorizado y Certificado por el fabricante (CISCO)	Certificado por parte de la Regional <i>Cisco Systems</i> de Colombia.	Certificado por parte de la Regional <i>Cisco Systems</i> de Colombia.	Certificado por parte de la Regional <i>Cisco Systems</i> de Colombia.	Certificado por parte de la Regional <i>Cisco Systems</i> de Colombia.
Servicios de instalación y configuración	Puesta en marcha de equipos con IP básicas. No incluye configuraciones especiales.	Puesta en funcionamiento de los equipos ofertados.	Puesta en marcha de equipos con IP básicas. No incluye configuraciones especiales.	Puesta en marcha de equipos con IP básicas. No incluye configuraciones especiales.
Tiempo de instalación y operación de equipos	45 días laborables	45 días laborables	30 días laborables	30 días laborables
Servicio de mantenimiento correctivo	200 horas de soporte por un año	(8x5x8) especificado para un año	200 horas de soporte por un año	200 horas de soporte por un año
Curso de Capacitación para manejo de equipos	20 horas para 4 personas	Si, pero no determina tiempo ni # personas	20 horas para 4 personas	20 horas para 4 personas
Calidad de servicio al cliente y soporte técnico	Buena	Muy Buena	Buena	Muy Buena

Tabla 4.11 Comparación de ofertas de Proveedores para PETROPRODUCCIÓN

De la tabla 4.11 se puede establecer que las ofertas recomendadas y convenientes a los intereses de PETROPRODUCCIÓN son las del proveedor **Akros Solutions** y **ComWare del Ecuador S.A.**, por brindar todas las facilidades técnicas y económicas, así como un excelente servicio post-venta en la resolución de problemas e inconvenientes que pudieran existir en los equipos de la Red Inalámbrica Unificada *Wi-Fi*.

Sin embargo, **ComWare del Ecuador S.A.** ofrece un mejor servicio de mantenimiento correctivo (320 horas en total) con un soporte *SMARTnet* (8x5x4) por un período de un año para todos los dispositivos ofertados. Además tiene una mejor propuesta económica con respecto a **Akros Solutions**.

Por lo tanto, se recomienda que **ComWare del Ecuador S.A.** sea la oferta adjudicada para la adquisición de los dispositivos activos para la implementación de la Red Inalámbrica Unificada.

4.3.3.2.2 *Inversión del Proyecto*

La tabla 4.12 muestra todos los costos parciales anteriormente descritos y la inversión total del proyecto.

Descripción	Precio Total (\$)
Costo de equipos para soporte de la infraestructura <i>Cisco Unified Wireless Network</i> .	86402,21
Costos del cableado estructurado para la red inalámbrica.	11720,80
Costos de <i>Hardware</i> y <i>Software</i> adicional.	3920,00
Costos estimados para imprevistos.	5000,00
Total USD	107043,01

Tabla 4.12 Inversión total del proyecto

De esta forma se solicita una partida presupuestaria de **USD 107043,01** para la implementación de la Red Inalámbrica de PETROPRODUCCIÓN utilizando la infraestructura *Cisco Unified Wireless Network* y su interconectividad mediante un enlace *Wi-Fi* 802.11a.

4.3.3.3 Costos de Operación y Mantenimiento

La tabla 4.13 muestra los costos operativos de forma detallada para la Red Inalámbrica Unificada para PETROPRODUCCIÓN. Además se considera un valor incremental anual del 5%.

Costos de Operación y Mantenimiento:	Valor anual (\$)
Mantenimiento programado de dispositivos activos, AP LWAPP, WLC, WCS, antenas, servidor RADIUS, servidor <i>Active Directory</i> .	4200
Realización de estudios del sitio o <i>site survey</i> programados y pruebas de ruido con dispositivos especializados (por lo menos 4 veces al año).	1500
Mantenimiento de la infraestructura arquitectónica complementaria a la red inalámbrica (nuevas repisas, ajuste y empotrado de antenas nuevas) y pago aproximado del consumo de energía eléctrica.	1000
Capacitación continua y especializada al administrador de la Red Inalámbrica Unificada para resolución de problemas, ajustes y mejoras de la infraestructura inalámbrica instalada.	2500
Capacitación anual a los usuarios sobre el correcto uso de la tecnología inalámbrica detallando ventajas e inconvenientes	1500

Tabla 4.13 Costos de operación y mantenimiento

La tabla 4.14 muestra los costos de operación y mantenimiento para cada año.

4.3.3.4 Flujo de Fondos Neto Puro

Debido a que PETROPRODUCCIÓN es una empresa estatal, está exonerada al pago de ciertos impuestos como el costo de capital, impuesto al valor agregado IVA, impuesto a la renta y otros impuestos adicionales; por lo tanto el Flujo de Fondos no intervienen la utilidad a trabajadores ni los impuestos anteriormente señalados.

Además para el Flujo de Fondos se considera un horizonte de evaluación de cuatro años y un interés de oportunidad del 10%.

La tabla 4.15 muestra la depreciación desglosada que se obtiene por la implementación del proyecto de la red inalámbrica.

La tabla 4.16 muestra el Flujo de Fondos Neto Puro para el proyecto.

Costos de Operación y Mantenimiento:	Año 0 (\$)	Año 1 (\$)	Año 2 (\$)	Año 3 (\$)	Año 4 (\$)
Mantenimiento programado de dispositivos activos, AP LWAPP, WLC, WCS, antenas, servidor RADIUS, servidor <i>Active Directory</i> .		4200	4410	4630,5	4862,03
Realización de estudios del sitio o <i>site survey</i> programados y pruebas de ruido con dispositivos especializados (por lo menos 4 veces al año).	1500	1575	1653,75	1736,44	1823,26
Mantenimiento de la infraestructura arquitectónica complementaria a la red inalámbrica (nuevas repisas, ajuste y empotrado de antenas nuevas) y pago aproximado del consumo de energía eléctrica.	1000	1050	1102,5	1157,63	1215,51
Capacitación continua y especializada al administrador de la Red Inalámbrica Unificada para resolución de problemas, ajustes y mejoras de la infraestructura inalámbrica instalada.	2500	2625	2756,25	2894,06	3038,76
Capacitación anual a los usuarios sobre el correcto uso de la tecnología inalámbrica detallando ventajas e inconvenientes	1500	1575	1653,75	1736,44	1823,26
Total Costos Operativos USD	6500	11025	11576,25	12155,06	12762,82

Tabla 4.14 Costos Operativos del proyecto

Activos Fijos y Nominales	Valor (\$)	Tiempo estimado de depreciación (años)	Depreciación anual	Año 0 (\$)	Año 1 (\$)	Año 2 (\$)	Año 3 (\$)	Año 4 (\$)
Equipos de Interconectividad Inalámbrica AP, WLC,WCS,etc.	86402,21	3	28800,74		28800,74	28800,74	28800,74	
Cableado Estructurado	11720,8	10	1172,08		1172,08	1172,08	1172,08	1172,08
Hardware y Software Adicional	3920	3	1306,67		1306,67	1306,67	1306,67	
Tarjetas Wi-Fi, reguladores, extensiones eléctricas, etc	5000	3	1666,67		1666,67	1666,67	1666,67	
TOTAL USD				0	32946,15	32946,15	32946,15	1172,08

Tabla 4.15 Depreciación para los Activos Fijos y Nominales

	Incremento Anual	Año 0 (\$)	Año 1 (\$)	Año 2 (\$)	Año 3 (\$)	Año 4 (\$)
Ingresos por reducción de Equipos de Interconectividad	5%		25000	26250	27562,5	28940,63
Ingresos por reducción de Equipos de Microonda	5%		4750	4987,5	5236,88	5498,72
Ingresos por disminución del pago de uso de RF	4%		3629,45	3774,63	3925,61	4082,64
Ingresos por reducción de Cableado Estructurado	8%		9920	10713,6	11570,69	12496,34
Ingresos por disminución del consumo telefónico y video-conferencia	4%		9375	9750	10140	10545,6
Ingresos por disminución de suministros de oficina y otros	5%		2000	2100	2205	2315,25
Total Ingresos		0	54674,45	57575,73	60640,67	63879,17
Total Costos Operativos	5%	-6500	-11025	-11576,25	-12155,06	-12762,82
Depreciación		0	-32946,15	-32946,15	-32946,15	-1172,08
Utilidad Neta		-6500	10703,30	13053,33	15539,46	49944,28
Inversión de Equipos para Infraestructura <i>Cisco Unified Wireless Network</i>		-86402,21				
Inversión de Cableado Estructurado		-11720,8				
Inversión de <i>Hardware</i> y <i>Software</i>		-3920				
Inversión por imprevistos y otros		-5000				
Depreciación		0	32946,15	32946,15	32946,15	1172,08
Total Costos de Inversión		-107043,01				
Flujo de Fondos Neto Puro (\$)		-113543,01	43649,45	45999,48	48485,61	51116,36

Tabla 4.16 Flujo de Fondos Neto Puro para el proyecto

4.3.3.5 Indicadores de Rentabilidad

La figura 4.1 muestra el diagrama lineal del Flujo de Fondos del Proyecto y el tiempo de recuperación del capital.

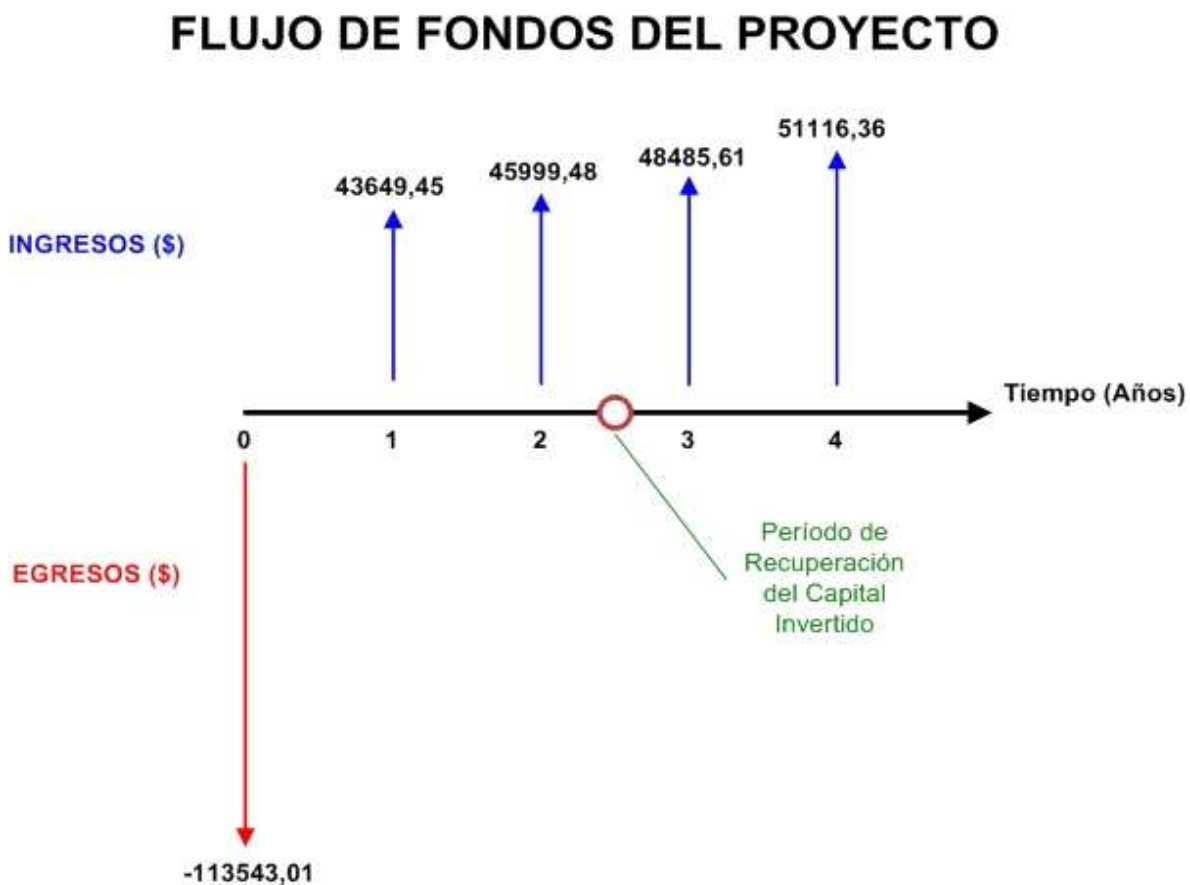


Figura 4.1 Flujo de Fondos del Proyecto

Para los indicadores de rentabilidad se consideró un interés de oportunidad del 10% y un horizonte de evaluación de 4 años.

Indicador	Valor	Detalle
Valor Presente Neto - VAN	\$ 32.268,66	>0 El proyecto debe ser aceptado.
Tasa Interna de Retorno - TIR	23,35%	>10% por tanto es rentable.
Relación Costo-Beneficio - RCB	1,67	>0 Se acepta al proyecto.
Período de Recuperación del Capital	2 años y 6 meses	< 4 años, se recupera el capital invertido en un tiempo razonable.

Tabla 4.17 Indicadores de Rentabilidad

Analizando los indicadores de rentabilidad de la tabla 4.17 se concluye finalmente que el Proyecto para la Implementación de la Red Inalámbrica Unificada de PETROPRODUCCIÓN es totalmente viable.

CAPÍTULO 5

A decorative graphic consisting of two curved, swoosh-like shapes in a dark gray color. One swoosh is positioned above the text 'CAPÍTULO 5' and the other is below it, both curving around the text.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se tienen las siguientes conclusiones y recomendaciones para el proyecto de la red inalámbrica de área local de PETROPRODUCCIÓN.

5.1. CONCLUSIONES

- Este proyecto detalla el diseño de la red inalámbrica para PETROPRODUCCIÓN mediante la infraestructura tecnológica de Cisco denominada *Cisco Unified Wireless Network*, que constituye una infraestructura robusta para brindar todos los beneficios y ventajas que las redes inalámbricas de área local (WLAN) ofrecen a usuarios móviles e inalámbricos.
- La infraestructura *Cisco Unified Wireless Network* permite que la arquitectura inalámbrica de PETROPRODUCCIÓN diseñada, soporte nuevas aplicaciones de negocio, nuevas tecnologías como 802.11n, sea escalable, tome en cuenta el futuro crecimiento de la red, etc. En definitiva el diseño mediante esta infraestructura combina los mejores elementos de las redes inalámbricas y cableadas de tal forma que tengan el mismo nivel de seguridad, escalabilidad, alto rendimiento, fácil desarrollo, administración y monitoreo.
- Dado que se plantea una solución completa utilizando la infraestructura de Cisco es imprescindible que se manejen todos los componentes activos de esta infraestructura; es decir la utilización de Puntos de Acceso con soporte del Protocolo LWAPP, Controladores de Puntos de Acceso WLC, una herramienta para la administración y gestión de la red inalámbrica a través de WCS, y una plataforma tecnológica de red de datos del mismo fabricante. Si se dispone de una infraestructura tecnológica de datos tanto para la red WLAN y LAN de varios fabricantes existen problemas de compatibilidad, *performance*, administración de la red, “cuellos de botella”, etc. Además se genera inconvenientes en servicios como: *roaming*, calidad de servicio QoS, seguridad en VLANs, balanceo de carga, ACLs (*Access*

Control List), VoIP, etc., debido a que cada fabricante especifica sus propios estándares y normas para proporcionar los servicios adicionales que manejan las WLAN. Para evitar estos inconvenientes lo óptimo es utilizar una plataforma o infraestructura de red de un mismo fabricante, de tal forma que permita una infraestructura sólida, robusta y confiable.

- La restricción de acceso mediante direcciones MAC es insuficiente para cualquier red, dado el gran número de herramientas disponibles libremente para cambiar la dirección MAC de una tarjeta cualquiera.
- El método mediante WEP con clave estática es el mínimo nivel de protección que debería existir. En una red casera puede ser suficiente; en una red empresarial el uso de WEP está formalmente desaconsejado, por la facilidad con la que se pueden romper las claves WEP en un entorno de alto tráfico.
- La seguridad en las redes inalámbricas es una necesidad, dadas las características de la información que por ellas se transmite. Sin embargo, la gran mayoría de las redes inalámbricas actualmente instaladas no tienen configurada seguridad alguna, o poseen un nivel de seguridad muy débil [7], con lo cual se está poniendo en peligro la confidencialidad e integridad de dicha información. Para proporcionar el nivel de seguridad a la red inalámbrica se planteó el uso del servidor RADIUS y *Active Directory* mediante una arquitectura 802.1X/EAP; de tal forma que la encriptación a nivel de la interfaz de radio sea manejada mediante CCMP que utiliza AES como algoritmo de encriptación, de manera comercial a esta solución se la conoce como WPA en modo empresarial.
- Todo mecanismo de protección de información en una red debe estar enmarcado dentro de una política de seguridad adecuada. El seguimiento de una política consistente evita que las medidas de protección se vuelvan un obstáculo para el trabajo habitual con los sistemas de información y

garantiza la calidad y confidencialidad de la información presente en los sistemas de la empresa.

- Las ventajas de la tecnología inalámbrica Wi-Fi pueden dividirse en dos categorías principales: ventajas empresariales esenciales y ventajas operativas. Ventajas empresariales esenciales son aquellas que mejoran la productividad de los empleados, permiten que los procesos empresariales sean más rápidos y eficaces o posibilitan la aparición de procesos empresariales totalmente nuevos. Las ventajas operativas están relacionadas con aspectos como la reducción de los costos administrativos o de los gastos de capital [48].

5.2. RECOMENDACIONES

- Dar capacitación técnica al administrador de la red inalámbrica, dentro y fuera de la empresa, para que éste pueda dar un mejor mantenimiento a la red inalámbrica y un mejor soporte a los usuarios.
- Informar a los usuarios de los servicios y beneficios de la red inalámbrica, así como de su funcionamiento; además solicitar que se enmarquen en las políticas de seguridad establecidas.
- Implementar un sistema de procedimientos estandarizados para la configuración de los Puntos de Acceso y demás dispositivos inalámbricos instalados.
- Realizar un “Plan de Contingencias”, que contenga los procedimientos necesarios que se deben tomar cuando exista alguna falla en la red inalámbrica.
- Dar mantenimiento de manera frecuente a los servidores de autenticación RADIUS y *Active Directory*, y revisar el estado físico de los mismos cada cierto tiempo.

- Realizar pruebas comparativas al adquirir nuevos equipos inalámbricos, una vez escogida alguna marca o modelo tratar en lo posible que sea compatible con la infraestructura tecnológica ya instalada, de no ser así el dispositivo no debe formar parte de la red inalámbrica.
- Adquirir servidores de *backup* para la autenticación de los usuarios, este servidor debe manejar todos los usuarios de la red inalámbrica y sus contraseñas, inclusive se podría disponer que este servidor emita certificados de seguridad para cada usuario, con lo que se puede mejorar el nivel de seguridad.
- Crear manuales de configuración y administración para todos los dispositivos de la infraestructura inalámbrica: *switches*, Puntos de Acceso, Controladores de Puntos de Acceso, servidores de autenticación, servidores *Active Directory*, administrador y monitor de la red inalámbrica WCS. Además disponer de varios Puntos de Acceso de *backups* ya configurados.
- Realizar pruebas de ruido con amplificadores de espectro y *sniffers* inalámbricos antes, durante y después de la instalación de algún Punto de Acceso.
- El manejo por parte del administrador del Sistema de Control de Red Inalámbrica (WCS y WLC), de tal forma que pueda visualizar en tiempo real los posibles problemas que está ocurriendo en la red inalámbrica y dar una solución oportuna.
- Dar a los usuarios empresariales capacitación sobre el uso de la tecnología inalámbrica *Wi-Fi* para crear una “cultura tecnología”; de tal forma que se ejecuten actividades que tengan relación con el mantenimiento de la red inalámbrica, como por ejemplo desconectar de la red inalámbrica cuando el equipo no se lo esté utilizando.



**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

- [1] *APPLE COMPUTER*, “**Diseño de Redes AirPort Extreme 802.11n**”, *Apple Computer, Inc.*, EE.UU 2007.

- [2] CHARRO SIMBAÑA FRANCISCO FAUSTO, ERAZO ARIAS PAULINA DEL ROCÍO, “**Estudio y diseño de una red LAN híbrida utilizando las tecnologías WiMax y WiFi, para brindar servicio de video sobre IP e Internet de banda ancha incluyendo transmisión de voz y datos, en la Universidad Central del Ecuador**”, Proyecto de Titulación de Ingeniería, Escuela Politécnica Nacional, Quito. Escuela de Ingeniería, 2006.

- [3] *CISCO SYSTEMS*, “**Enterprise Mobility 3.0 Design Guide**”, *Version 2.0*, December 2006, *Cisco Systems, Inc.*, San Jose CA-USA.

- [4] INSUASTI PROAÑO JORGE ISAAC, “**Diseño e implementación de dos soluciones de seguridad para una red LAN inalámbrica**”, Proyecto de Titulación de Ingeniería, Escuela Politécnica Nacional, Quito. Escuela de Ingeniería, 2004.

- [5] GARCÍA CARLOS, “**Propuesta de arquitectura de QoS en entorno inalámbrico 802.11e basado en Diffserv con ajuste dinámico de parámetros**”, Tesis Doctoral, Departamento Ingeniería Telemática, Universidad Carlos III de Madrid, España 2006.

- [6] GAST MATTHEW S, “**Wireless Networks The Definitive Guide**”, *Second Edition*, *O'Reilly Media, Inc.*, *United States of America* 2005.

- [7] GAST MATTHEW S, “**Redes Wireless 802.11**”, 1ra Edición Español, ANAYA MULTIMEDIA S.A., España 2006.

- [8] MILLER STEWART S., “**WiFi Security**”, *Second Edition*, *McGraw-Hill, Inc.*, *New York United States of America* 2003.

- [9] MILLAR STEWART S., "**Seguridad en WiFi**", 2da Edición, *McGraw-Hill/INTERAMERICANA* de España 2004.
- [10] REID NEIL y SEIDE RON, "**Manual de Redes Inalámbricas 802.11 (Wi-Fi)**", 2da Edición, *McGraw-Hill*, México 2005.
- [11] REGIS J. (BUD) BATES, "**Comunicaciones Inalámbricas de Banda Ancha**", *McGraw-Hill/INTERAMERICANA* de España S.A.V, 2003.
- [12] SANKAR KRISHNA, SUNDARALINGAM SRI, BALINSKY ANDREW, MILLAR DARRIN, "**Cisco Wireless LAN Security**", *Cisco Systems, Inc*, USA 2005.
- [13] SINCHE SORAYA, "**Folleto de Redes Inalámbricas de Área Local**", Escuela Politécnica Nacional, Abril de 2006.
- [14] SINCHE SORAYA, "**Folleto de Comunicaciones Inalámbricas**", Escuela Politécnica Nacional, Marzo-Agosto de 2006.
- [15] STALLINGS WILLIAM, "**Comunicación y Redes de Computadoras**", 7ma Edición, *Pearson Educación S.A.*, Madrid 2004.
- [16] TANENBAUM ANDREW S., "**Redes de Computadoras**", 4ta Edición, *Pearson Educación*, México 2003.
- [17] VALLE ISLAS, "**Coexistencia de Redes WLAN & WPAN**", Tesis Licenciatura, Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, Escuela de Ingeniería Universidad de las Américas, Puebla México 2005.
- [18] WEBB WILLIAM, "**Wireless Communications: The Future**", *John Wiley & Sons Ltd, England* 2007.
- [19] WHEAT JEFFREY, HISER RANDY, TUCKER JACKIE, NEELY ALICIA, MCCULLOUGH ANDY, "**Designing a Wireless Network**", *Fist Edition, Syngress Publishing, Inc.* USA 2005

ARTÍCULOS DE REVISTAS Y FORMATOS PDF

- [20] AGUADO AGELET FERNANDO, “**WIMAX 802.16**”, Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones, Universidad de Vigo, España 2007.
- [21] AGUIRRE JOSE EDUARDO, “**Redes Inalámbricas WLAN**”.
- [22] FERNÁNDEZ MARCOS FRANCISCO, IGLESIAS HERNÁNDEZ ENRIQUE, “**WiFiber: Una alternativa inalámbrica a la fibra óptica**”, F2-Tel Ingeniería de Telecomunicación/*GigaBeam*
- [23] ORTIZ LÓPEZ FRANCISCO, “**El estándar IEEE 802.11 Wireless LAN**”.
- [24] PAU OLIVA, “**IEEE 802.11n Next Generation WiFi**”, 3er Seminario Mataró *Wireless*, España 2005.
- [25] REINO ALFREDO, “**Diseño de arquitectura segura para redes inalámbricas**”, 2007.
- [26] TABACMAN EDUARDO, “**Redes Inalámbricas: Lo que saben los Hackers y UD. no**”, VIRUSPROT.COM, 2007

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- [27] *Astaro Internet Security & Astaro Report Manager*
<http://www.astaro.com/>
- [28] *Cisco Systems*
www.cisco.com
- [29] *Cisco Unified Wireless Network*
http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns340/ns394/ns348/ns337/networking_solutions_package.html
- [30] *Why Migrate to the Cisco Unified Wireless Network?*
http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns340/ns394/ns348/ns337/networking_solutions_white_paper0900aecd804f19e3.shtml
- [31] *Enterprise Mobility 3.0 Design Guide*
http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/netsol/ns348/c649/ccmigration_09186a00807b59ca.pdf

- [32] *Components, products, features and benefits of the Cisco Unified Wireless Network.*
http://www.cisco.com/en/US/products/hw/wireless/ps430/prod_brochure09186a0080184925.html
- [33] *Compare Products and Solutions*
http://www.cisco.com/en/US/products/hw/wireless/products_category_buyers_guide.html
- [34] *Cisco Aironet Series products*
<http://www.cisco.com/en/US/products/hw/wireless/index.html>
- [35] *Cisco 4400 Series Wireless LAN Controllers*
<http://www.cisco.com/en/US/products/ps6366/index.html>
- [36] *Cisco Wireless LAN Controller Module for Integrated Services Routers*
<http://www.cisco.com/en/US/products/ps6730/index.html>
- [37] *Cisco Wireless Control System (WCS)*
<http://www.cisco.com/en/US/products/ps6305/index.html>
- [38] *Cisco Wireless Location Appliance*
<http://www.cisco.com/en/US/products/ps6386/index.html>
- [39] *Cisco Aironet Wireless LAN Client Adapters*
<http://www.cisco.com/en/US/products/hw/wireless/ps4555/index.html>
- [40] *Understanding the Lightweight Access Point Protocol (LWAPP)*
http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns340/ns394/ns348/ns337/networking_solutions_white_paper0900aecd802c18ee.shtml
- [41] *Curso gratis de Redes Inalámbricas WiFi*
<http://www.virusprot.com/cursos/Redes-Inalámbricas-Curso-gratis.htm>
- [42] *Estándares inalámbricos 802.11*
www.ieee.org.
- [43] *Linksys*
www.linksys.com
- [44] *Los mejores consejos para diseñar una red inalámbrica WiFi de baja calidad y nada segura*
<http://www.virusprot.com/Redes-Inalambricas-Wifi/articulos-wireless-wifi/wifi-red-seguridad-errores.htm>
- [45] *Kaspersky Anti-Virus Especificaciones Técnicas*
http://www.kaspersky.com/hosted_security_whitepapers

- [46] *Microsoft TechNet* Latinoamérica
<http://thesource.ofallevil.com/latam/technet/home.aspx>
- [47] Capítulo 2: Determinación de una estrategia segura para redes inalámbricas,
Microsoft TechNet
<http://thesource.ofallevil.com/latam/technet/articulos/wireless/pgch02.mspix>
- [48] Capítulo 6: Diseño de seguridad para LAN inalámbrica mediante 802.1X,
Microsoft TechNet
<http://thesource.ofallevil.com/latam/technet/articulos/wireless/pgch06.mspix>
- [49] Capítulo 13: Guía de prueba, *Microsoft TechNet*
<http://thesource.ofallevil.com/latam/technet/articulos/wireless/tgch13.mspix>
- [50] Información Producto *Microsoft Systems Management Server 2003 R2*
<http://www.microsoft.com/spain/smsserver/info/default.mspix>
- [51] Información Producto *Microsoft Exchange Server 2003*
<http://www.microsoft.com/spain/exchange/info/default.mspix>
- [52] *PC World* En Español, Redes y conexiones inalámbricas
http://www.pcwla.com/pcwla2.nsf/infocenter/redes_conexiones_inalambricas
- [53] PETROPRODUCCIÓN NUEVA ERA
<http://www.petroproduccion.com.ec/www/frontEnd/main.php?idSeccion=201>
- [54] Sistemas de fibra óptica
http://www.radioptica.com/Fibra/material_fib.asp
- [55] Sistemas basados en Fibra Óptica
<http://www.alsurtecnologias.com.ar/fibra-optica.php>
- [56] *Site Survey Tips & Techniques*
<http://www.visiwave.com/index.php/ScrInfoTips.html>
- [57] Soporte Técnico de *IBM*
<http://www-03.ibm.com>
- [58] Ventajas de *IBM System i*
<http://www-03.ibm.com/systems/es/i/avantages/index.html>
- [59] Ventajas de *IBM System p*
<http://www-03.ibm.com/systems/es/p/avantages/index.html>
- [60] *Wi-Fi Zone*
<http://www.wi-fizone.org>
- [61] *Wireless LAN (Wifi) Tutorial*
http://www.tutorial-reports.com/wireless/wlanwifi/introduction_wifi.php



GLOSARIO



GLOSARIO

-A-

AB (*Bandwidth*), Ancho de Banda

AD (*Active Directory*), Directorio Activo

AC (*Access Category*), Categorías de Acceso

ACK (*Acknowledgment*), Acuse de Recibo

ACU (*Antena Couple Unit*), Unidad Acopladora de Antena

AES (*Advanced Encryption Standard*), Estándar de Encriptación Avanzado

AIFSN (*Arbitrary Inter-Frame Space Number*), Número de Espacio Arbitrario de Tramas

AP (*Access Point*), Punto de Acceso

AP LWAPP (*Access Point LWAPP*), Puntos de Acceso con soporte de LWAPP

-B-

BER (*Bits Error Rate*), Tasa de Errores de *Bits*

BPM (*Business Process Manager*), Administrador de Procesos de Negocio

BPSK (*Binary Phase Shift Keyed*), Claves de Cambio de Fase Binario

BSS (*Basic Service Set*), Conjunto de Servicios Básicos

-C-

CAP (*Controlled Access Phase*), Fase de Acceso Controlada

CCK (*Complementary Code Keying*), Clave de Código Complementaria

CCMP (*Counter Mode CBC-MAC*), Protocolo de Modo Contador con CBC-MAC

CFP (*Contention Free Period*), Período Libre de Contienda

CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance*), Acceso Múltiple con Detección de Portadora con Prevención de Colisiones

CP (*Contention Period*), Período de Contienda

CTS (*Clear To Send*), Autorización de Envío

CW (*Contention Window*), Ventana de Contienda

-D-

DCF (*Distributed Coordination Function*), Función de Coordinación Distribuida

DFS (*Dynamic Frequency Selection*), Selección Dinámica de Frecuencia

DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*), Protocolo de Configuración de *Hosts* Dinámicos

Diffserv (*Differential Services*), Servicios Diferenciados

DIFS (*Distributed IFS*), IFS de Función de Coordinación Distribuida

DMZ (*Demilitarized Zone*), Zona Desmilitarizada

DNS (*Domain Name Server*), Servidor de Nombres de Dominio

DPSK (*Differential Phase Shift Keying*), Claves de Cambio de Fase Diferencial

DQPSK (*Differential Quadrature Phase Shift Keying*), Claves de Cambio de Fase de Cuadratura Diferencial

DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*), Espectro Disperso de Secuencia Directa

DTIM (*Delivery Traffic Indication Message*), Mensaje de Señalización de Envío de Tráfico

-E-

EAP (*Extensible Authentication Protocol*), Protocolo de Autenticación Extensible

EDCA (*Enhanced Distributed Channel Access*), Acceso al Canal Distribuido Mejorado

ERP (*Extended Rate PHY*), Capa Física de Velocidad Extendida

ESS (*Extended Service Set*), Conjunto de Servicios Extendido

ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeas

-F-

FCC (*Federal Communications Commission*), Comisión Federal de Comunicaciones

FCS (*Frame Check Sequence*), Trama de Chequeo de Secuencia

FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*), Espectro Disperso de Salto de Frecuencia

FTP (*File Transfer Protocol*), Protocolo de Transferencia de Archivos

-G-

GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*), Claves de Cambio de Frecuencia Gaussianas

-H-

HC (*Hybrid Coordinator*), Coordinador Híbrido

HCCA (*HCF Controlled Channel Access*), Acceso al Canal Controlado HCF

HCF (*Hybrid Coordination Function*), Función de Coordinación Híbrida

HR/DS o HR/DSSS (*High-Rate Direct Sequence*), Secuencia Directa de Alta Tasa

HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), Protocolo de Transferencia de páginas de Hipertexto

-I-

IBSS (*Independent Basic Service Set*), Conjunto de Servicios Básicos Independiente

ICI (*Inter-Carrier Interference*), Interferencia entre Portadoras

ICV (*Integrity Check Value*), Valor de Chequeo de Integridad

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

IFS (*Inter Frame Space*), Espacio Entre Tramas

Intserv (*Integrated Services*), Servicios Integrados

IP (*Internet Protocol*), Protocolo de Internet

IR (*Infrared Light*), Luz Infrarroja

IrDA (*Infrared Data Association*), Asociación de Datos por vía Infrarroja

ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), Industrial, Científico y Médico

ISP (*Internet Service Provider*), Proveedor de Servicio de Internet

-L-

LAN (*Local Area Network*), Red de Área Local

LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*), Servicio de Distribución Multipunto

LWAPP (*Lightweight Access Points Protocol*), Protocolo de Ligero para Puntos de Acceso

-M-

MAC (*Medium Access Control*), Capa de Control de Acceso al Medio

MIC (*Message Integrity Check*), Chequeo de Integridad de Mensajes

MIMO (*Multiple Inputs / Multiple Outputs*), Múltiples Entradas / Múltiples Salidas

MSDU (*Service Data Unit - MAC*), Unidad de datos MAC

-N-

NAT (*Network Address Translation*), Traducción de Direcciones de Red

NAV (*Network Allocation Vector*), Vector de Localización de Red

-O-

OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), Multiplexación por División de Frecuencia
Ortogonal

OSI (*Open Systems Interconnection*), Interconexión de Sistemas Abiertos

OWA (*Outlook Web Access*), Acceso a *Outlook* vía WEB

-P-

PAN (*Personal Area Network*), Red de Área Personal

PBX (*Private Branch Exchange*), Sección Privada de Central Telefónica

PC (*Personal Computer*), Computador Personal

PC (*Point Coordinator*), Punto de Coordinación

PCF (*Point Coordination Function*), Función de Coordinación Centralizada

PDA (*Personal Digital Assistant*), Asistente Personal Digital

PHY (*Physical Layer*), Capa Física

PIFS (*Point Coordination IFS*), IFS de Función de Coordinación Centralizada

PLCP (*Physical Layer Converge Procedure*), Procedimiento de Convergencia de Capa Física

PLME (*Physical Layer Management Entity*), Subcapa de Administración a Nivel Físico

PMD (*Physical Medium Dependent*), Dependiente del Medio Físico

PN (*Packet Number*), Número de Paquete

ppr.com, Dominio *Windows* para PETROPRODUCCIÓN

PSK (*Pre-Shared Key*), Pre-Clave Compartida

-Q-

QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), Modulación de Amplitud de Cuadratura

QAP (*QoS Enhanced Access Point*), Puntos de Acceso con soporte de Calidad de Servicio

QBSS (*QoS Enhanced Basic Service Set*) Conjunto de Servicios Básicos con soporte de Calidad de Servicio

QoS (*Quality of Service*), Calidad de Servicio

QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*), Claves de Cambio de Fase en Cuadratura

QSTA (*QoS Enhanced Station*) Estaciones con soporte de Calidad de Servicio

-R-

RADIUS (*Remote Authentication Dial In User Services*), Autenticación Remota para Servicios de Usuarios vía red Telefónica

RF (*Radio Frequency*), Radio Frecuencia

RTS (*Request To Send*), Solicitud de Envío

-S-

SIFS (*Short IFS*), IFS Corto

SMS (*Microsoft Systems Management Server*), Sistema de Administración de Servidores

SMS (*Short Message Service*), Servicios de Mensajería Corta

SSID (*Service Set Identify*), Identificador de Conjunto de Servicios

STA (*Station*), Estaciones sin soporte de Calidad de Servicio

-T-

TCP/IP (*Transport Control Protocol/Internet Protocol*), Protocolo de Control de Transporte/Protocolo de Internet

TKIP (*Temporary Key Integrity Protocol*), Protocolo de Integridad de Claves Temporales

TPC (*Transmit Power Control*), Control de Potencia de Transmisión

TSPEC (*Traffic Specification*), Especificación de Tráfico

TXOP (*Transmission Opportunity*), Oportunidad de Transmisión

-U-

U-NII (*Unlicensed National Information Infrastructure*), Infraestructura de Información Nacional sin Licencia

-V-

VLAN (*Virtual LAN*), Redes LAN Virtuales

VoIP (*Voice over IP*), Voz sobre IP

-W-

WAN (*Wide Area Network*), Red de Área Extendida

WCS (*Cisco Wireless Control System*), Sistema de Control Inalámbrico

WDS (*Wireless Distribution System*), Sistema de Distribución Inalámbrico

WEP (*Wired Equivalent Privacy*), Privacidad Equivalente Cableada

Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), Fidelidad Inalámbrica

WLAN (*Wireless Local Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Local

WLC (*Cisco Wireless LAN Controller*), Controladores de Puntos de Acceso

WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Metropolitana

WMM (*Wi-Fi Multi-Media*), Wi-Fi Multimedia

WPA (*Wi-Fi Protected Access*), Acceso protegido Wi-Fi

WPAN (*Wireless Personal Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Personal

WWAN (*Wireless Wide Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Extendida

WWiSE (*World-Wide Spectrum Efficiency*), Espectro Eficiente Extendido a nivel Mundial

WWW o WEB (*World Wide Web*), Red Extendida a nivel Mundial