

# **ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED LAN INALÁMBRICA CON CALIDAD DE SERVICIO, PARA VOZ Y DATOS EN EL COLEGIO DE INGENIEROS GEÓLOGOS, MINAS Y PETRÓLEOS (CIGMYP), EMPLEANDO LOS ESTÁNDARES IEEE 802.11g, IEEE 802.11e**

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

**NELSON ANDRÉS POZO YÉPEZ  
ammdresitopozo@gmail.com**

**DIRECTOR: Ing. ADRIÁN ZAMBRANO  
azambrano@mailfie.epn.edu.ec**

**Quito, Febrero 2009**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Nelson Andrés Pozo Yépez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada 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 correspondientes 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.

---

Nelson Andrés Pozo Yépez

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Nelson Andrés Pozo Yépez, bajo mi supervisión.

---

Ing. Adrián Zambrano  
DIRECTOR DE PROYECTO

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS, por darme la fortaleza y sabiduría, permitiéndome cumplir con este objetivo muy importante en mi vida.

A mis padres, por su apoyo incondicional y el ejemplo de lucha y esfuerzo que inculcaron en mí.

A mi esposa, por el amor y la comprensión que día a día me brinda. A mi hija, quién con su inocencia y amor es mi inspiración para seguir luchando en la vida.

Al Ing. Adrian Zambrano, por su valiosa ayuda para la elaboración de este proyecto, de igual forma al Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos CIGMYP por brindarme todas las facilidades para realizar este trabajo.

*Andrés Pozo*

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser la luz que guía mi camino.

A mis padres Raúl y Blanca, quienes con su amor y sacrificio han hecho de mí una persona con valores y principios.

A Gaby, mi amada esposa, por estar siempre a mi lado apoyándome y brindándome su amor para seguir adelante, a mi hija Emilia que es lo más puro y hermoso de mi vida.

*Andrés Pozo*

# CONTENIDO

	<b>Pag.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xiii</b>
<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>REDES LAN INALÁMBRICAS</b>	
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. REDES LAN INALÁMBRICAS	1
1.2.1. ANTECEDENTES	2
1.2.2. DEFINICIÓN	3
1.2.3. FUTURO DE LAS REDES LAN INALÁMBRICAS	3
1.3. PROTOCOLO IEEE 802.11	5
1.3.1. COMPONENTES DE UNA WLAN	6
1.3.2. TOPOLOGÍAS	8
1.3.3. SERVICIOS	9
1.3.4. CAPA FÍSICA	11
1.3.5. SUBCAPA MAC	12
1.3.5.1. Función de coordinación distribuida	14
1.3.5.2. Función de coordinación puntual	16
1.3.5.3. Espaciado intertramas IFS	16

1.3.5.4. Formato de la trama MAC	18
1.3.6. ESTÁNDAR IEEE 802.11a	20
1.3.7. ESTÁNDAR IEEE 802.11b	21
1.4. ESTÁNDAR IEEE 802.11g	22
1.4.1. MODULACIÓN	22
1.4.1.1. Multicanalización por división de frecuencias ortogonales	22
1.4.1.2. DSSS	23
1.4.1.3. CCK	24
1.4.2. CAPA FÍSICA	25
1.4.2.1. Modos de operación	25
1.4.2.2. Mecanismos de protección	28
1.5. ESTÁNDAR IEEE 802.11e	29
1.5.1. CAPA ENLACE	30
1.5.1.1. Acceso a canal mejorado – EDCA	31
1.5.1.2. Acceso a canal controlado – HCCA	34
1.6. TRANSMISIÓN DE VOZ	34
1.6.1. VOZ SOBRE IP (VoIP)	34
1.6.2. VOZ SOBRE IP INALÁMBRICA (VoWIP)	35
1.6.2.1. Parámetros a considerarse en VoIP inalámbricas	35
1.6.2.2. Estándares	38
1.6.2.2.1. H.323	38
1.6.2.2.2. SIP	40
1.6.2.2.3. Diferencias entre H.323 Y SIP	42
1.6.2.3. Calidad de servicio en VOIP	43

1.7.	SEGURIDADES EN REDES INALÁMBRICAS	43
1.7.1.	HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD	44
1.7.1.1.	Filtrado	44
1.7.1.2.	Difusión del SSID	45
1.7.2.	ESTÁNDARES DE SEGURIDAD	45
1.7.2.1.	WEP (Wired Equivalent Privacy)	45
1.7.2.1.1.	Como funciona WEP	45
1.7.2.2.	WPA	47
1.7.2.3.	802.1x	48
1.7.2.3.1.	EAP	50
1.7.2.4.	802.11i	50
1.7.2.5.	802.11w	52

## **CAPÍTULO II**

### **EL CIGMYP, SU SISTEMA DE RED ACTUAL Y SU FUTURO**

2.1.	INTRODUCCIÓN	54
2.2.	ANTECEDENTES DEL CIGMYP	54
2.3.	CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS DE LA SEDE DEL CIGMYP	55
2.4.	ESTADO ACTUAL DE LA RED DEL CIGMYP	59
2.4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA RED	59
2.4.2.	EQUIPOS DE USUARIOS	62
2.4.3.	SERVICIOS DE LA RED	62
2.4.3.1.	Internet	62

2.4.3.2.	Correo electrónico	62
2.4.3.3.	Traslado de archivos	63
2.4.3.4.	Hosting	63
2.4.3.5.	DNS	63
2.4.3.7.	Administración de la red	63
2.4.3.8.	Firewall, Antivirus, Antiespam	64
2.5.	ESTRUCTURA DE LA RED	64
2.6.	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS	65
2.7.	REQUERIMIENTOS DEL CIGMYP	67
2.8.	JUSTIFICACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA A DISEÑARSE	68

### **CAPÍTULO III**

#### **DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA PARA EL COLEGIO DE INGENIEROS GÉOLOGOS, MINAS Y PETRÓLEOS**

3.1.	INTRODUCCIÓN	70
3.2.	CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO	70
3.2.1.	DISPONIBILIDAD	70
3.2.2.	ESCALABILIDAD	71
3.2.3.	CONFIABILIDAD	71
3.2.4.	SEGURIDAD	71
3.3.	DISEÑO DE LA RED DEL CIGMYP	72
3.3.1.	ANÁLISIS DEL ESPACIO FÍSICO DE LA NUEVA SEDE DEL CIGMYP	72

3.3.2.	ATENUACIÓN E INTERFERENCIA	72
3.3.3.	DISTORSIÓN	73
3.3.4.	ÁREA DE COBERTURA	74
3.3.5.	NÚMERO DE USUARIOS A SERVIR	75
3.3.6.	CALIDAD DE SERVICIO	76
3.3.7.	ADMINISTRACIÓN DE LA RED	77
3.3.8.	APLICACIONES QUE SE UTILIZARÁN EN LA WLAN Y SUS REQUERIMIENTOS	77
3.3.8.1.	Requerimientos para la transmisión de voz	77
3.3.8.2.	Requerimientos para la transmisión de video	79
3.3.8.3.	Requerimientos para la transmisión de datos	80
3.3.9.	CLASIFICACIÓN DEL TRÁFICO DE LA RED	80
3.3.10.	DIMENSIONAMIENTO DEL ANCHO DE BANDA PARA EL ACCESO A INTERNET	82
3.3.11.	UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS	87
3.3.11.1.	Site Survey	87
3.3.11.2.	Pruebas de enlace	87
3.3.11.3.	Realización del Site Survey	89
3.3.11.4.	Pruebas de velocidad de conexión	89
3.3.11.4.1.	Selección de canales	89
3.3.11.4.2.	Selección de velocidades	89
3.3.11.5.	Pruebas realizadas y resultados del Site Survey	90
3.3.12.	DISEÑO FINAL DE LA RED	95
3.3.13.	DIRECCIONAMIENTO IP PARA LA RED DEL CIGMYP	98
3.3.14.	ESQUEMA DE SEGURIDAD PARA LA RED INALAMBRICA DEL CIGMYP	99

3.3.15.	ADMINISTRACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA DEL CIGMYP	100
3.3.16.	HARDWARE PARA LA RED	101
3.3.16.1.	Switch	102
3.3.16.2.	Access Point	103
3.3.16.2.1.	Linksys	103
3.3.16.2.2.	3Com	104
3.3.16.3.	Adaptadores Inalámbricos	105
3.3.16.3.1.	Linksys	105
3.3.16.3.2.	3Com	106
3.3.16.4.	Teléfonos	107
3.3.16.4.1.	Nortel	107

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE COSTOS**

4.1.	INTRODUCCIÓN	109
4.2.	COSTOS DEL PROYECTO	109
4.2.1.	COSTOS DE EQUIPOS	109
4.2.2.	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	113
4.2.3.	COSTO TOTAL DEL PROYECTO	114
4.2.4.	ANÁLISIS DEL COSTO TOTAL DEL PROYECTO	115

**CAPÍTULO V****CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. CONCLUSIONES 117

5.2. RECOMENDACIONES 119

**BIBLIOGRAFÍA 121**

**GLOSARIO DE TÉRMINOS 123**

**ANEXOS 132**

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO I

Tabla 1.1 Resumen de estándares IEEE 802.11	5
Tabla 1.2 Plan de frecuencias 2.4 GHz. – 2.4835 GHz	26
Tabla 1.3 Parámetros de ERP-OFDM	27
Tabla 1.4 Parámetros de ERPDSSS/CCK	28

### CAPÍTULO II

Tabla 2.1 Dimensiones - Planta baja	58
Tabla 2.2 Dimensiones - Planta alta	58
Tabla 2.3 Empleados CIGMYP	59
Tabla 2.4 Puntos de voz y datos	60
Tabla 2.5 Switch Linksys SR224G	65
Tabla 2.6 PBX Panasonic KX-TES824	66
Tabla 2.7 Características del cableado	67

### CAPÍTULO III

Tabla 3.1 Materiales que causan interferencia	73
Tabla 3.2 Atenuación de las señales inalámbricas	73
Tabla 3.3 Tamaño de las Informaciones	80
Tabla 3.4 Ancho de banda por usuario	82
Tabla 3.5 Tiempos de descarga de archivos	83
Tabla 3.6 Cantidad de usuarios encuestados	84

Tabla 3.7 Resultados de las encuestas	85
Tabla 3.8 Porcentaje de utilización de las aplicaciones	85
Tabla 3.9 Número de usuarios que utilizarán las aplicaciones	86
Tabla 3.10 SSID y VLAN's del CIGMYP	97
Tabla 3.11 Distribución de equipos	99
Tabla 3.12 Direccionamiento IP de la red del CIGMYP	99
Tabla 3.13 Características Access Point Linksys SR224G	103
Tabla 3.14 Características 3Com® Wireless 8760	104
Tabla 3.15: Características Linksys Wireless-G PCI Card WMP54G	105
Tabla 3.16: Características 3Com 11a/b/g Wireless PCI Adapter	106

## **CAPÍTULO IV**

Tabla 4.1 Equipos seleccionados para la red	111
Tabla 4.2 Precios de los equipos	112
Tabla 4.3 Características de los servidores	112
Tabla 4.4 Precio de los servidores y tarjeta FXO	113
Tabla 4.5 Costos de implementación	114
Tabla 4.6 Costo total del proyecto	114

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1.1 Estimación del número global de usuarios Wi – Fi 2000 – 2008	4
Figura 1.2 Conjunto básico de servicios	7
Figura 1.3 Conjunto extendido de servicios	7
Figura 1.4 Portal	8
Figura 1.5 Conjunto básico de servicios independiente	8
Figura 1.6 Redes de infraestructura	9
Figura 1.7 Arquitectura de la capa física	12
Figura 1.8 Capa enlace	13
Figura 1.9 Modos de funcionamiento de la subcapa MAC	14
Figura 1.10 Función de coordinación distribuida	15
Figura 1.11 Función de coordinación distribuida – Nodo escondido	16
Figura 1.12 Espaciado intertrama	17
Figura 1.13 Trama 802.11	19
Figura 1.14 Estándar IEEE 802.11a	21
Figura 1.15 Estándar IEEE 802.11b	22
Figura 1.16 Técnica DSSS	23
Figura 1.17 Utilización de los chips con la técnica DSSS	24
Figura 1.18 Técnica DSSS utilizando códigos CCK	25
Figura 1.19 Opciones de trama PLCP	28
Figura 1.20 Mecanismo de protección RTS/CTS	29
Figura 1.21 Esquema de funcionamiento HCF	30

Figura 1.22 Categoría de Acceso – EDCA	31
Figura 1.23 Acceso a canal mejorado EDCA	32
Figura 1.24 Funcionamiento de EDCA	33
Figura 1.25 Algoritmos de Codificación	36
Figura 1.26 Retardo en VoIP	37
Figura 1.27 Estándar H.323	40
Figura 1.28 Estándar SIP	42
Figura 1.29 Diferencias entre H.323 Y SIP	42
Figura 1.30 WEP – Encriptación	47
Figura 1.31 WEP - Des-encriptación	47
Figura 1.32 Tipos de encriptación WPA	48
Figura 1.33 Entidades del protocolo 802.1x	49
Figura 1.34 Como funciona 802.1x	49
Figura 1.35 Estándar 802.11i	51

## **CAPÍTULO II**

Figura 2.1 CIGMYP	57
Figura 2.2 Cuarto de equipos de red	60
Figura 2.3 Deficiencias del cableado	61
Figura 2.4 Esquema de Conexión a Internet	61
Figura 2.5 Estructura de la Red del CIGMYP	64
Figura 2.6 Switch Linksys SR224G	66
Figura 2.7 PBX Panasonic KX-TES824	67

## CAPÍTULO III

Figura 3.1 Alcance y velocidad en un ambiente típico de oficina	74
Figura 3.2 Número de usuarios que utilizarán las aplicaciones	86
Figura 3.3 WirelessMon	88
Figura 3.4 (a) Site Survey – Planta baja	90
Figura 3.5 Estado de conexiones – Adaptador inalámbrico	91
Figura 3.6 (a) Niveles de señal – Planta baja	91
Figura 3.7 (b) Niveles de señal – Planta baja	92
Figura 3.8 (b) Site Survey – Planta baja	93
Figura 3.9 (a) Site Survey – Planta	93
Figura 3.10 (b) Site Survey – Planta alta	94
Figura 3.11 Niveles de señal – Planta alta	95
Figura 3.12 Esquema de red para del CIGMYP	96
Figura 3.13 Conexión de los puntos de acceso	97
Figura 3.14 Interface “What's Up”	101
Figura 3.15 Switch Linksys SR224G	102
Figura 3.16 Access Point Linksys SR224G	103
Figura 3.17 3Com® Wireless 8760	104
Figura 3.18 Linksys Wireless-G PCI Card WMP54G	105
Figura 3.19 3Com 11a/b/g Wireless PCI Adapter	106
Figura 3.20: IP Softphone 2050	107

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza el diseño de la red inalámbrica con calidad de servicio para el Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos CIGMYP, empleando los estándares IEEE 802.11g, IEEE 802.11e.

En primer lugar se estudia los estándares IEEE 802.11 (Wi - Fi), analizando sus características para la transmisión de voz, datos y video. Además se estudian parámetros como: calidad de servicio y seguridades, que hacen posible convertir a las redes inalámbricas en una vía eficiente y segura para la transmisión de la información.

Luego se realiza un levantamiento de información de la sede del CIGMYP, donde se consideran aspectos como: infraestructura física, número de usuarios, estado actual de la red de datos, proyectos a implementarse en la institución, etc. Con toda esta información es posible identificar los requerimientos de red del CIGMYP y justificar el diseño de la red inalámbrica.

Posteriormente se realiza el diseño de la red inalámbrica, basándonos en el estudio de la tecnología Wi – Fi y los requerimientos de red de la institución. El diseño se realizó considerando parámetros de calidad de servicio, seguridad y administración de red.

Finalmente se realiza una estimación de los costos de inversión para la implementación de la red inalámbrica propuesta, considerando únicamente los costos de equipos, costos de implementación y configuración de la red.

Como resultado de todo el estudio realizado, se diseño una red inalámbrica que cumple con todos los requerimientos que demanda la institución, su costo de implementación bordea los 7700 dólares. Este proyecto le permitirá al CIGMYP generar más recursos en función de los cursos de capacitación que organiza, siendo estos mismos eventos los que le permitirán al CIGMYP recuperar la inversión realizada aproximadamente en un año.

## PRESENTACIÓN

El mundo de las telecomunicaciones se ha visto revolucionado con el desarrollo e investigación de nuevas aplicaciones y sistemas inalámbricos cuya finalidad es permitir la comunicación en cualquier momento y lugar. A medida que las redes inalámbricas vayan evolucionando, los usuarios solicitarán aplicaciones de red incluso en casos donde no exista una infraestructura de red propia.

Las redes de área local inalámbricas WLAN fueron originalmente diseñadas como una alternativa a las redes cableadas. Esta tecnología, basada en el estándar IEEE 802.11 (Wi - Fi), es muy sofisticada y la multitud de aplicaciones y entornos en los que se desarrolla hacen que una red Wi – Fi sea una red compleja, tanto de diseñar, dimensionar, implantar, optimizar y operar para obtener el máximo rendimiento.

Por la importancia que han llegado a tener las WLAN, deben estar preparadas para ofrecer una cierta calidad de servicio QoS para aplicaciones de tiempo real (voz, video) que no soportan retardo elevados.

El presente trabajo, se ha desarrollado con la finalidad de diseñar una red inalámbrica en el Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos CIGMYP, para aprovechar las bondades que la tecnología inalámbrica brinda y ofrecer a los usuarios un sistema de red eficiente. Además la red inalámbrica se presenta como una alternativa para implementar los proyectos de la institución, debido a que las características físicas de la sede del CIGMYP no prestan las facilidades para realizar conexiones cableadas.

Este proyecto servirá también para comprender la capacidad que posee una red para ofrecer a las aplicaciones un servicio que cumpla con requisitos específicos (calidad de servicio).

# **CAPÍTULO I**

## **REDES LAN INALÁMBRICAS**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El creciente mundo de las Telecomunicaciones se ha visto revolucionado con el desarrollo e investigación de sistemas inalámbricos cuya finalidad es permitir la comunicación en cualquier momento y lugar.

La expansión del uso de este tipo de tecnologías de información ha contribuido para que las organizaciones se integren al cambio que ofrecen las tecnologías inalámbricas como alternativa a los sistemas cableados, convirtiéndose las redes inalámbricas de área local (WLAN) en uno de los principales escenarios a ser adoptados actualmente.

La tecnología que hay detrás de una WLAN es sofisticada y la multitud de aplicaciones y entornos en los que se desarrolla hacen que este tipo de redes sean complejas tanto para su diseño, dimensionamiento e implementación, logrando optimizar y operar la red para obtener un máximo rendimiento.

A medida que las WLAN van posesionándose en el mercado y en muchos de los casos reemplazando a las redes cableadas, es necesario que estas ofrezcan seguridad y calidad de servicio (QoS) permitiendo satisfacer las necesidades que las aplicaciones demandan para su adecuado funcionamiento.

### **1.2. REDES LAN INALÁMBRICAS**

Desde el apareamiento de las redes de computadores, las diferentes tecnologías de red de área local estuvieron marcadas por la presencia de cable entre los diferentes terminales. La evolución de los sistemas de transmisión, cada vez más

inmunes a las interferencias, han permitido la migración de las redes hacia sistemas inalámbricos.

Una red de área local inalámbrica (WLAN) proporciona todas las características de una red LAN típica, como el caso de redes Ethernet<sup>1</sup> o Token Ring<sup>2</sup>, diferenciándose de estas por utilizar un medio de transmisión no guiado para enlazar los equipos asociados a la red y liberarlos de la utilización de medios físicos como el cobre o la fibra óptica.

### 1.2.1. ANTECEDENTES

El origen de las WLAN tienen como punto de partida la publicación de los resultados de un experimento realizado en 1979 por ingenieros de IBM en Suiza, que consistía en utilizar enlaces infrarrojos para crear una red local en una fábrica.

En mayo de 1985 el FCC<sup>3</sup> (Federal Communications Commission) asignó las bandas IMS<sup>4</sup> (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2,400-2,4835 GHz., 5,725-5,850 GHz. a las redes inalámbricas basadas en técnicas Spread Spectrum<sup>5</sup> (SS) con las opciones DS (Direct Sequence) y FH (Frequency Hopping).

En 1989 se formó el comité 802.11 con el objetivo de estandarizar las WLANs y en 1997 el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) ratifica el estándar Ethernet inalámbrico 802.11 (Wi-Fi<sup>6</sup>) que especifica tres capas físicas, infrarrojo, FHSS a 1 y 2 Mbps, y DSSS a 1 y 2 Mbps en la banda 2.4 GHz. ISM. En 1999 se realiza una modificación al estándar 802.11 designada como 802.11b que trabaja en la frecuencia de 2.4 GHz. e incrementa la velocidad de transmisión

---

<sup>1</sup> Red de área local bajo el estándar 802.3.

<sup>2</sup> Red de área local, se recoge en el estándar IEEE 802.5.

<sup>3</sup> Agencia federal del Gobierno de Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de Telecomunicaciones.

<sup>4</sup> Banda para uso comercial sin licencia.

<sup>5</sup> Técnica de modulación, consiste en ampliar el rango del espectro de una señal modulada.

<sup>6</sup> Abreviatura de Wireless Fidelity, también llamada WLAN o estándar IEEE 802.11

a 5 Mbps y 11Mbps manteniendo compatibilidad con el estándar original 802.11 e incorporando un esquema de codificación más eficiente, CCK<sup>7</sup> (Complementary Code Keying). En el mismo año se crea la especificación 802.11a (Wi-Fi 5) concebida para alcanzar velocidades de transmisión de hasta 54Mbps en la banda de 5.2 GHz. utilizando la técnica de modulación OFDM (Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal), sin ser compatible con los estándares 802.11 y 802.11b.

En Junio del 2003, como consecuencia de haber analizado la posibilidad de permitir que el estándar 802.11b alcance velocidades mas altas, se crea el tercer estándar: 802.11g que permite la transmisión de datos a 54 Mbps en la banda de 2.4 GHz., es decir unen las bondades de la velocidad de transmisión de 802.11a con la cobertura de 802.11b guardando compatibilidad con esta última. Actualmente 802.11g es capaz de alcanzar ya transferencias a 108 Mbps, gracias a diversas técnicas de aceleramiento.

A futuro se espera la creación del estándar 802.11n que permitirá la transmisión de datos a una velocidad de hasta 600 Mbps haciendo uso de las bandas de 2.4 GHz. y 5GHz.

### **1.2.2. DEFINICIÓN**

Una red de área local inalámbrica WLAN es un sistema flexible de comunicaciones que utiliza ondas electromagnéticas que viajan a través de un medio no guiado (aire) para transmitir la información y enlazar los diferentes equipos o terminales móviles asociados a la red.

### **1.2.3. FUTURO DE LAS REDES LAN INALÁMBRICAS**

El nacimiento del estándar 802.11 y sus variantes han posibilitando la extensión de las redes corporativas en múltiples entornos, gracias a que Wi-Fi es

---

<sup>7</sup> Codificación complementaria en código. Tecnología de codificación empleada en los estándares IEEE 802.11 para permitir tasas binarias de 5,5 y 11 Mbps en la banda de 2,4 GHz.

considerada como una tecnología madura que ofrece todo un abanico de productos y sistemas para crear y usar redes inalámbricas fiables y asequibles en precios.

Wi-Fi tienen una enorme potencialidad, su éxito radica en ser un estándar de facto<sup>8</sup>, por ser el primero en haberse implementado, por incorporar mecanismos de seguridad y calidad y por ser una tecnología consolidada de aceptación mundial.

El futuro de las WLAN es muy prometedor, si bien en la actualidad no supera las bondades que ofrecen los medios como el par trenzado o la fibra óptica, la acogida que han tenido este tipo de redes hace pensar que muchas de las empresas no solo buscan eficiencia en su red sino una tecnología que ofrezca comodidad y facilidad de acceso a la información sin tener que atarse a un determinado lugar físico, esto hace de las WLAN una alternativa muy seductora a la hora de elegir una solución para el diseño de un sistema de red.

La figura 1.1 muestra una estimación global de los usuarios Wi – Fi entre los años 2000 y 2008.

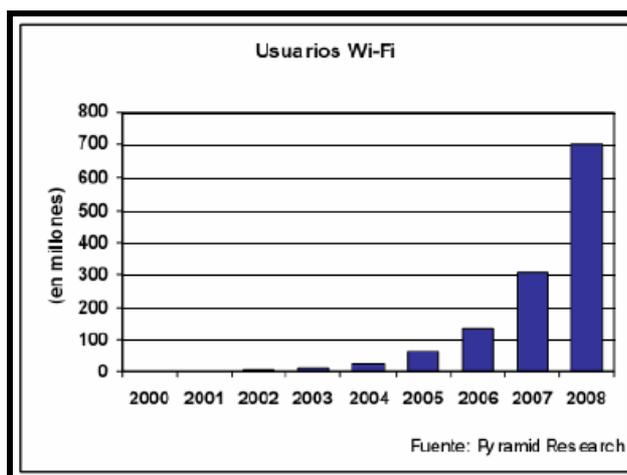


Figura 1.1 Estimación del número global de usuarios Wi – Fi 2000 - 2008<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Norma generalmente aceptada y ampliamente utilizada por iniciativa propia de un gran número de interesados

<sup>9</sup> [http://www.coit.es/foro/pub/ficheros/libroscapitulo\\_4\\_0d1c6ab3.pdf](http://www.coit.es/foro/pub/ficheros/libroscapitulo_4_0d1c6ab3.pdf)

### 1.3. PROTOCOLO IEEE 802.11

El protocolo IEEE 802.11 es un estándar de comunicaciones del IEEE que define la capa física y de enlace para una transmisión inalámbrica. Permite velocidades de transferencia desde 1 hasta 2 Mbps y trabaja en la banda ISM a una frecuencia de 2,4 GHz.

Existen diferentes grupos de trabajo dentro de 802.11 promovidos por el IEEE que trabajan en sub-estándares del mismo, como se indica en la tabla 1.1.

ESTÁNDAR	DESCRIPCIÓN
IEEE 802.11a	Extensión en la banda de 5GHz, trabajando con OFDM(Hasta 54 Mbps)
IEEE 802.11b	Versión más extendida, hasta 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz
IEEE 802.11c	Bridging
IEEE 802.11d	Cambios en la recomendación física
IEEE 802.11e	Mejora la capa MAC de 802.11, para proporcionar Calidad de Servicio
IEEE 802.11f	Definido para la compatibilidad entre AP's de diferentes vendedores
IEEE 802.11g	Extensión de alta velocidad (Hasta 54 MHz) en la banda de 2.4 GHz (Compatible con IEEE (802.11b).
IEEE 802.11h	Gestión de la potencia de transmisión y del espectro para IEEE 802.11a
IEEE 802.11i	Incorpora mecanismos mejorados de seguridad y autenticación
IEEE 802.11j	Añadir selección de canal para 4.9 y 5 GHz en Japón, conformándose a sus normativas
IEEE 802.11k	Gestión de Recursos Radio
IEEE 802.11m	Mantenimiento editorial de la versión del estándar publicada en 1999
IEEE 802.11n	Mejoras para mayores rendimientos ¿200 Mbps?

Tabla 1.1 Resumen de estándares IEEE 802.11<sup>10</sup>

<sup>10</sup> <http://cachanilla.itmexicali.edu.mx/~adiaz/Publicaciones/Estandar80211.pdf>

### 1.3.1. COMPONENTES DE UNA WLAN

Los elementos que conforman una red IEEE 802.11 son:

- **Medio Inalámbrico:** en el estándar IEEE 802.11 se define el uso del canal de radio como medio inalámbrico para mover las tramas<sup>11</sup> de una estación a otra.
- **Estaciones o dispositivos inalámbricos (STA, Station):** son elementos que se conectan al medio inalámbrico.
- **Puntos de Acceso (AP, Access Point):** actúa como una estación, su función principal es organizar las comunicaciones existentes entre las estaciones y servir de puente entre la red inalámbrica y la red cableada.
- **Sistema de Distribución (DS, Distribution System):** es un mecanismo por medio del cual un punto de acceso se comunica a otro punto de acceso para intercambiar trama de datos (MSDU<sup>12</sup>) entre las estaciones relacionadas a cada uno de los puntos de acceso. El DS no está definido por el estándar y podría implementarse a través de la red cableada o con algún tipo de red inalámbrica.
- **Conjunto Básico de Servicios (BSS, Basic Service Set):** es el bloque constructivo fundamental de una WLAN y consiste en un grupo de estaciones que se comunican entre sí. El área donde toma lugar la comunicación se llama Área Básica de Servicio (BSA, Basic Service Area).

La figura 1.2 muestra un esquema del conjunto básico de servicios.

---

<sup>11</sup> Unidad de información de la capa Enlace del modelo OSI

<sup>12</sup> MAC Service Data Unit

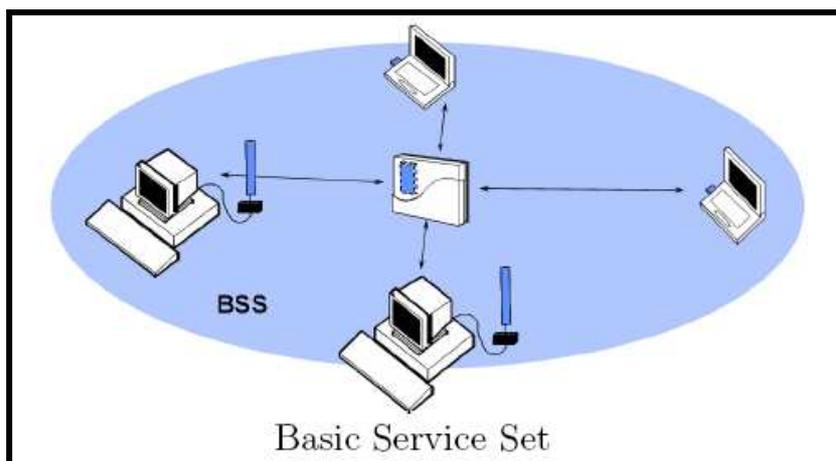


Figura 1.2 Conjunto básico de servicios<sup>13</sup>

- **Conjunto Extendido de Servicio (ESS, Extended Service Set):** se forma cuando se interconectan un conjunto de BSS's mediante un Sistema de Distribución como se muestra en la figura 1.3.

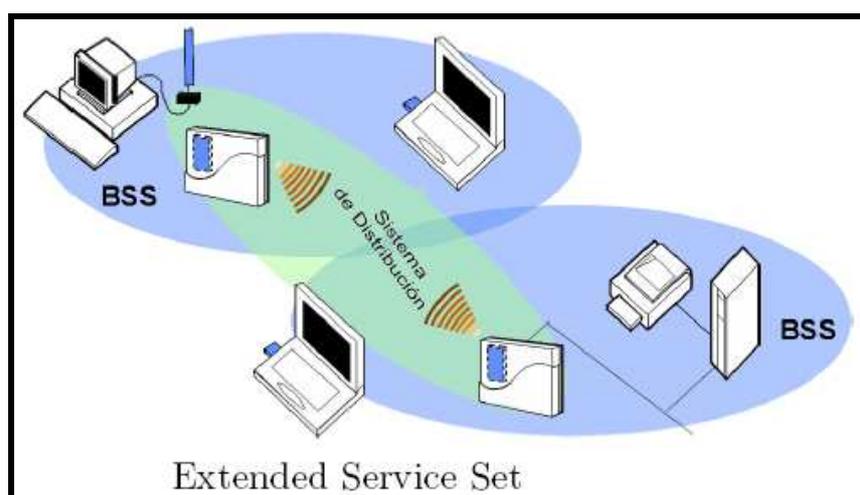


Figura 1.3 Conjunto extendido de servicios<sup>14</sup>

- **Portal:** Punto de integración con redes no – 802.11 (figura 1.4)

<sup>13</sup>[http://wilac.net/doc/tricalcar/materiales\\_abril2008/PDF\\_es/04\\_es\\_topologia-e-infraestructura\\_presentacion\\_v02.pdf](http://wilac.net/doc/tricalcar/materiales_abril2008/PDF_es/04_es_topologia-e-infraestructura_presentacion_v02.pdf)

<sup>14</sup>[http://wilac.net/doc/tricalcar/materiales\\_abril2008/PDF\\_es/04\\_es\\_topologia-e-infraestructura\\_presentacion\\_v02.pdf](http://wilac.net/doc/tricalcar/materiales_abril2008/PDF_es/04_es_topologia-e-infraestructura_presentacion_v02.pdf)

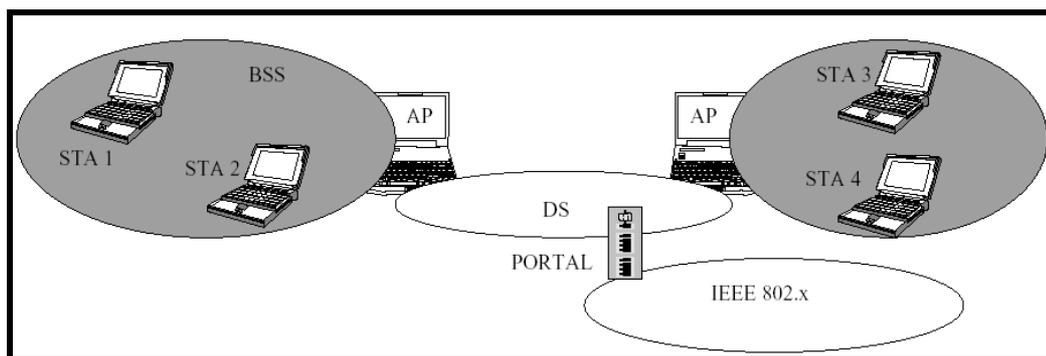


Figura 1.4 Portal<sup>15</sup>

### 1.3.2. TOPOLOGÍAS

IEEE 802.11 define dos posibles topologías:

- Redes Ad hoc
- Redes de Infraestructura

**Redes Ad hoc:** son redes temporales, están formadas por un grupo de estaciones donde cada una se encuentra dentro del límite de acción del resto. La BSS usada para formar una red Ad hoc se conoce como Conjunto Básico de Servicios Independiente (IBSS, Independent Basic Service Set). La figura 1.5 muestra un esquema de IBSS.

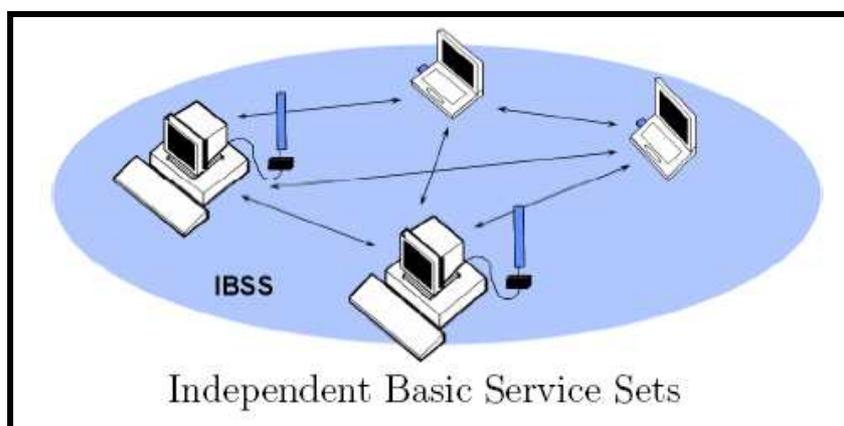


Figura 1.5 Conjunto básico de servicios independiente<sup>16</sup>

<sup>15</sup> <http://ftp.grulic.org.ar/media/eventos/demoday6/material/filminas/fernets.pdf.gz>

**Redes de Infraestructura:** es la combinación de uno o varios BSS o de un DS. Estas redes siempre utilizan un punto de acceso para todas las comunicaciones, incluyendo la existente entre los nodos móviles de una misma BSA (figura 1.6).

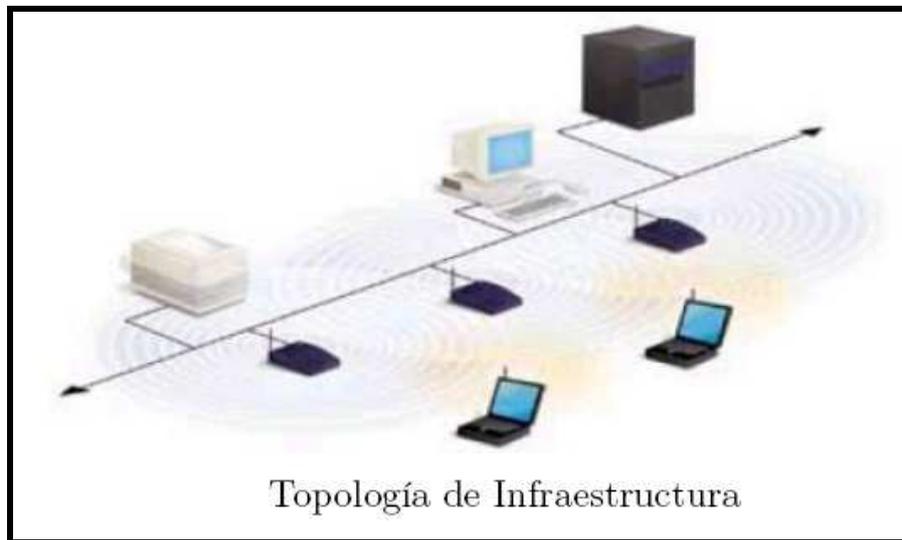


Figura 1.6 Redes de infraestructura<sup>17</sup>

### 1.3.3. SERVICIOS

El estándar IEEE definió nueve servicios de red, solamente tres están relacionados con la transferencia de datos, los otros seis se ocupan de tareas de administración de la red. Estos servicios se encuentran en la capa 2 del modelo de referencia OSI.

- **Distribución:** usado por las estaciones que se encuentran en redes BSS o ESS cada vez que desean transmitir datos. Todos los paquetes que pasan a través del AP utilizan este servicio.
- **Integración:** se utiliza para permitir la interconexión de una WLAN con redes externas a través del DS. Este servicio no está especificado en el

<sup>16</sup>[http://wilac.net/doc/tricalcar/materiales\\_abril2008/PDF\\_es/04\\_es\\_topologia-e-infraestructura\\_presentacion\\_v02.pdf](http://wilac.net/doc/tricalcar/materiales_abril2008/PDF_es/04_es_topologia-e-infraestructura_presentacion_v02.pdf)

<sup>17</sup> <http://www.canal-ayuda.org/a-informatica/inalambrica.htm>

estándar, debido a que el DS se encarga de establecer los parámetros para el acoplamiento de las dos redes.

- **Asociación:** para que una estación intercambie datos con otros equipos de la red debe estar asociada, de lo contrario no existirá conexión entre ella y el AP y ningún paquete de datos podrá ser enviado.

Durante la asociación el AP guarda información relevante de la estación como por ejemplo: la velocidad de transmisión, capacidad de ahorro de energía, etc. El AP tiene la potestad de no asociar a una estación en caso de que esta no cumpla con los requisitos de seguridad impuestos por el administrador de la red.

- **Re-asociación:** cuando una estación se desplaza tiene la capacidad de medir los niveles de señal de los APs cercanos, si la estación determina que es conveniente cambiar de AP realiza un proceso de re-asociación permitiéndole terminar la asociación con el AP que estaba conectado y asociarse a un nuevo AP, luego de esto el DS actualiza sus registros para indicar en que BSS se encuentra la estación. Este proceso es equivalente al handoff de la telefonía móvil.
- **Des-asociación:** la estación termina la asociación existente con el AP, es decir la estación deja de pertenecer a la WLAN.
- **Autenticación:** consiste en que una estación establece la identidad de otra estación. Todo equipo debe ser autenticado antes de poder ser asociado a la red.
- **Des-autenticación:** se utiliza para terminar la relación de autenticación existente entre un AP y una estación, la utilización de este servicio implica que la estación ya no estará asociada al AP.

- **Privacidad:** IEEE 802.11 provee el servicio de privacidad para reducir la vulnerabilidad de la red, éste consiste en encriptar los datos que se transmiten en la red.
- **Entrega de datos:** este servicio permite que una estación pueda transmitir y recibir datos.

#### 1.3.4. CAPA FÍSICA

La capa física se encarga de definir las características y métodos para la transmisión y recepción de la información a través del medio inalámbrico.

La capa física se divide en dos subcapas como muestra la figura 1.7:

- Subcapa Dependiente del Medio Físico (PMD, Physical Medium Dependent)
- Subcapa Procedimiento de Convergencia de Capa Física (PLCP, Physical Layer Convergence Procedure)

**Capa Dependiente del Medio Físico:** definen las características físicas y los métodos para enviar y recibir los datos a través del medio inalámbrico. Se encarga del manejo de los siguientes parámetros: sincronización, detección del medio, tipo de señal, frecuencia de operación, amplitud de la señal, esquema de modulación y todas las demás características de tipo físico.

**Capa Procedimiento de Convergencia de Capa Física:** esta capa establece la forma en que los PDU<sup>18</sup>, provenientes de la Capa MAC, serán mapeados en la Capa Física para convertirlos en paquetes y entregarlos al medio, en otras palabras traduce el paquete MAC lógico en un paquete físico.

---

<sup>18</sup> Protocol Data Unit

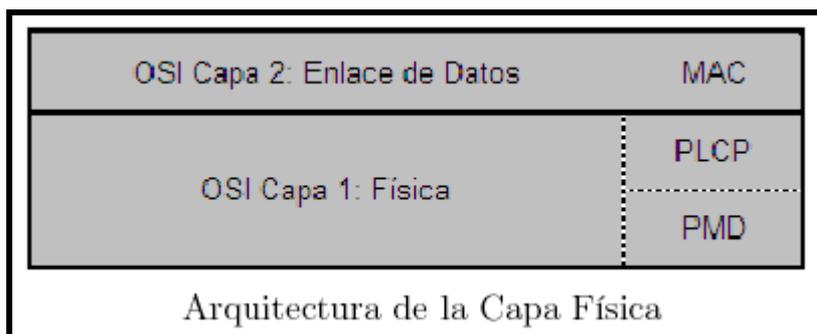


Figura 1.7 Arquitectura de la capa física<sup>19</sup>

La capa física define dos métodos de transmisión: por radio frecuencia y una de infrarrojo, cada una define la modulación y velocidades de trabajo.

Los métodos de transmisión son:

- **Espectro Ensanchado en Secuencia Directa (DSSS):** utiliza técnicas de modulación DBPSK y DQPSK para velocidades de transmisión de 1 y 2 Mbps respectivamente.
- **Espectro Ensanchado en Salto de Frecuencia (FHSS):** utiliza modulación GFSK de 2 y 4 niveles para velocidades de transmisión de 1 y 2 Mbps respectivamente.
- **Infrarrojos (IR):** utiliza técnicas de modulación 16-PPM y 4-PPM para velocidades de transmisión de 1 y 2 Mbps respectivamente.

### 1.3.5. SUBCAPA MAC

El estándar IEEE 802.11 divide a la capa de enlace en 2 subcapas (figura 1.8):

- Subcapa de control lógico de enlace (LLC, Logical Link Control)
- Subcapa de control de acceso al medio (MAC, Medium Access Control)

<sup>19</sup>

[http://www.unibague.edu.co/portal/programas/ingenieria\\_electronica/el\\_oraculo\\_wlan\\_wpan/capafisica80211.htm](http://www.unibague.edu.co/portal/programas/ingenieria_electronica/el_oraculo_wlan_wpan/capafisica80211.htm)

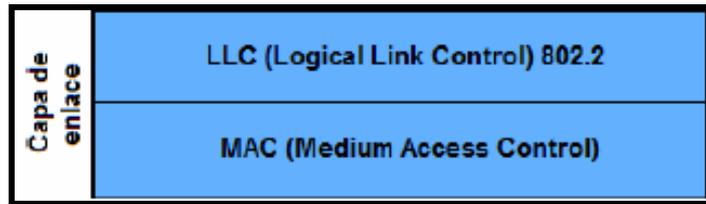


Figura 1.8 Capa enlace<sup>20</sup>

**Capa de control lógico de enlace:** define la forma en que los datos son transferidos sobre el medio físico, además es la encargada de manejar el control de errores, control de flujo, entramado y direccionamiento de la subcapa MAC.

**Capa de control de acceso al medio:** se encarga de proporcionar un servicio de datos fiable a los protocolos de capas superiores y permitir un acceso equitativo al medio inalámbrico compartido.

En las redes 802.11 no es posible la detección de colisiones porque no se puede transmitir y escuchar a la vez como en una red cableada, por este motivo se usa el protocolo CSMA/CA (Carrier Sense Múltiple Access con Collision Avoidance), que evita las colisiones.

En las especificaciones MAC del estándar IEEE 802.11 existen dos modos de funcionamiento:

- Función de Coordinación Distribuida (DCF, Distributed Coordination Function).
- Función de Coordinación Puntual (PCF, Point Coordination Function).

La figura 1.9 muestra los dos modos de funcionamiento de la subcapa MAC.

<sup>20</sup> <http://www.virginiogomez.cl/ennio/redes/subcapaenlace.pdf>

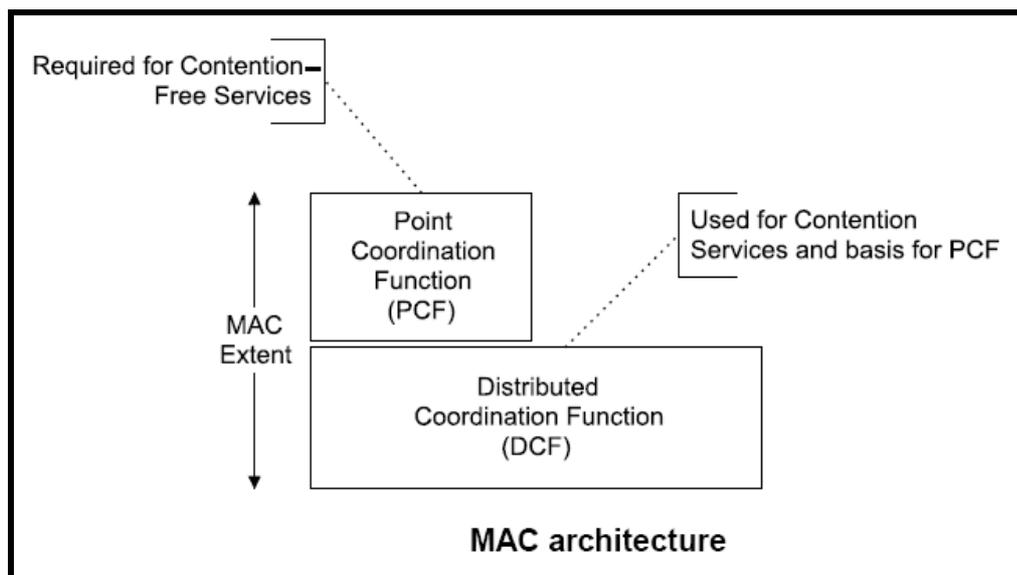


Figura 1.9 Modos de funcionamiento de la subcapa MAC<sup>21</sup>

### 1.3.5.1. Función de coordinación distribuida

Es el método de acceso principal del estándar, este concede las mismas oportunidades para cada estación, es decir ningún dispositivo tiene prioridad.

Utiliza el mecanismo de acceso múltiple con detección de portadora y evasión de colisiones (CSMA/CA) el cual primero verifica que el medio esté libre antes de realizar la transmisión, de lo contrario continua sensando el medio hasta que se desocupe para evitar colisiones. Las estaciones utilizan un mecanismo de retracción o Back-off<sup>22</sup> para evitar que ocurran colisiones cuando dos estaciones se encuentran esperando que el medio este libre. La recepción de los paquetes enviados se confirma mediante un paquete de Acknowledgment (ACK) enviado por el receptor, en caso de no recibir el ACK se reenvía el paquete. La figura 1.10 muestra un esquema de DCF.

<sup>21</sup> <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2007.pdf>

<sup>22</sup> Algoritmo de retracción

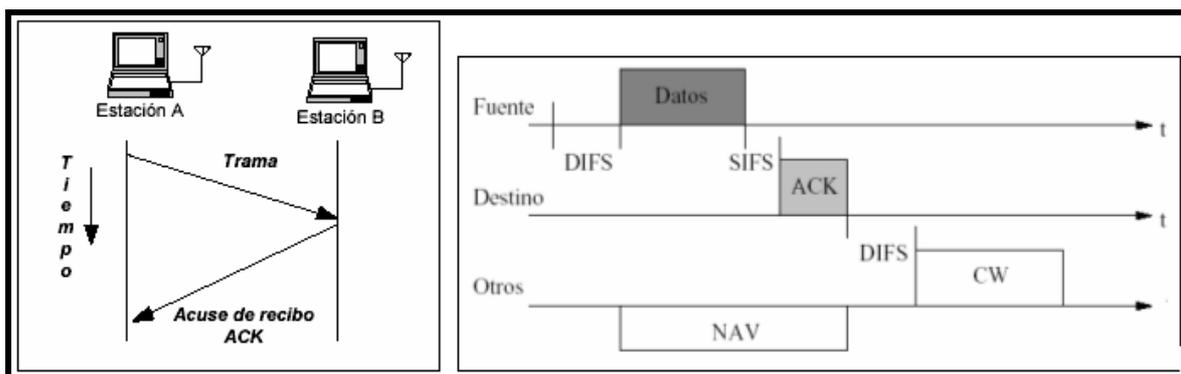


Figura 1.10 Función de coordinación distribuida<sup>23</sup>

En redes con más usuarios surge una situación especial conocida como el nodo escondido<sup>24</sup> (figura 1.11). Para solucionar este problema se utiliza el protocolo Request to Send/Clear to Send (RTS/CTS), que consiste en: cuando la estación esta lista para transmitir no envía la información sino un paquete de petición del medio (RTS), si la estación receptora considera que el medio puede ser utilizado envía un paquete concediéndole permiso (CTS), adicionalmente informa a resto de estaciones que el medio está siendo utilizado por un determinado lapso de tiempo, esto se lo realiza mediante la emisión de un paquete conocido como Network Allocation Vector (NAV<sup>25</sup>). Cuando el nodo receptor recibe el paquete satisfactoriamente envía un ACK, lo cual da por concluido el intercambio de información.

<sup>23</sup> [http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP\\_Tesis.pdf](http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP_Tesis.pdf)

<sup>24</sup> Consiste en que un terminal 1 transmite información con la potencia necesaria para que sea escuchado por la estación receptora 2, pero no por otra estación 3 que también desea transmitir paquetes a la estación 2 y no detecta la transmisión de la estación 1 lo que le hace pensar que el medio se encuentra desocupado y transmite la información, pudiéndose originar una colisión en el dispositivo receptor.

<sup>25</sup> Trama publicada periódicamente por el AP que indica por cuanto tiempo el medio será utilizado y cuando quedara libre.

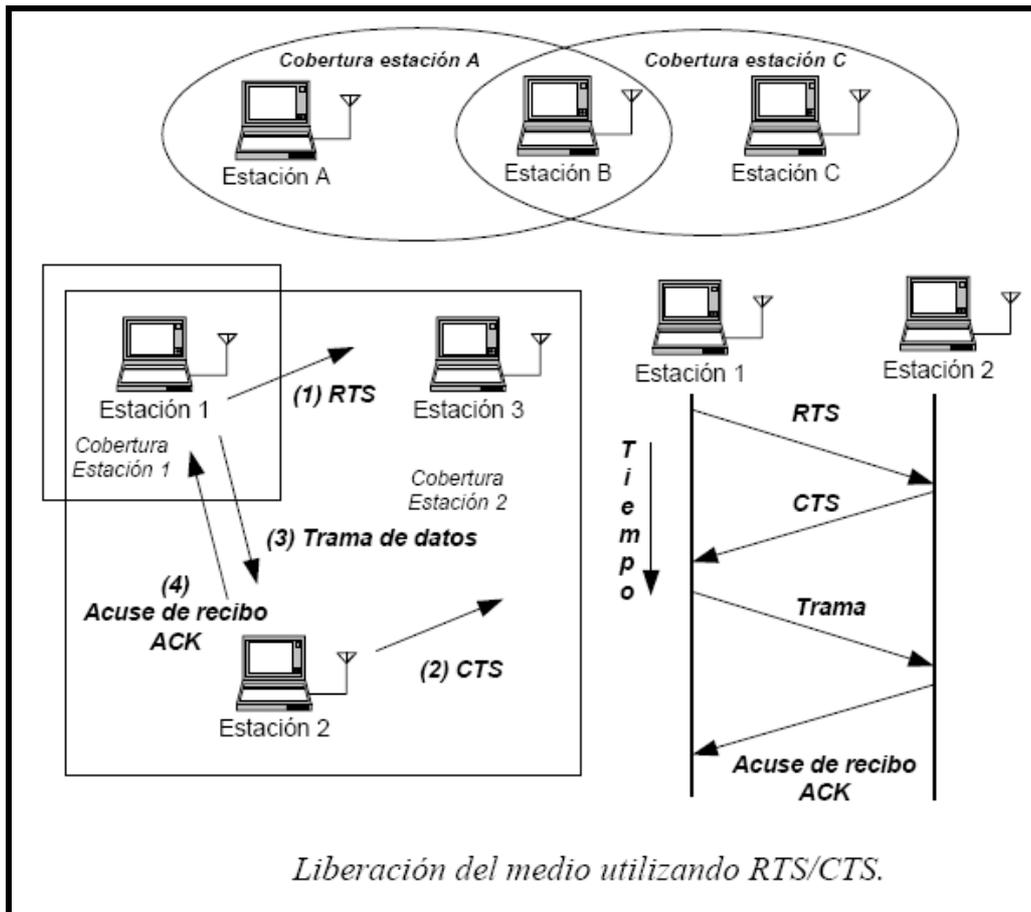


Figura 1.11 Función de coordinación distribuida – Nodo escondido<sup>26</sup>

### 1.3.5.2. Función de coordinación puntual

Esta función proporciona un servicio libre de contienda, donde no existe competencia por parte de las estaciones por el acceso al medio inalámbrico. La PCF se limita a las redes que utilizan AP (llamados coordinadores puntuales), los cuales aseguran que el medio sea asignado sin contienda.

La PCF se utiliza en aplicaciones de tiempo real como voz y vídeo, donde tiempos elevados de retardo no son tolerables.

### 1.3.5.3. Espaciado intertramas IFS

Entre la finalización de una transmisión y el comienzo de otra se debe esperar un tiempo determinado, este depende del tipo de trama que se desea transmitir. El

<sup>26</sup> [http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP\\_Tesis.pdf](http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP_Tesis.pdf)

tiempo de espera permite dar prioridad a los paquetes de información, existen cuatro períodos de tiempo distintos:

**Espacio intertrama corto (SIFS, Short Interframe Space)**: es utilizado cuando se van a transmitir tramas de alta prioridad, como ACK y RTS/CTS. Cualquier trama distinta debe esperar más tiempo para poder acceder al medio.

**Espacio intertrama PCF (PIFS, PCF Interframe Space)**: es el periodo de espera requerido cuando se hace uso del protocolo PCF. Una estación puede tomar control del medio solo después de que el periodo PIFS haya transcurrido.

**Espacio intertrama DCF (DIFS, DCF Interframe Space)**: es el tiempo de espera para que las estaciones que utilizan DCF puedan hacer uso del medio. Se utiliza para tramas que no tienen requisitos de tiempo críticos, por lo tanto su nivel de prioridad es bajo.

**Espacio intertrama extendido (EIFS, Extended Interframe Space)**: no es un intervalo fijo, pero es el intervalo más grande. Es utilizado únicamente cuando hay errores en la transmisión de las tramas, permitiéndole a la subcapa MAC realizar intercambios de tramas para corregir estos errores, antes de que otra transmisión tenga efecto.

La figura 1.12 muestra un esquema del espaciado intertrama.

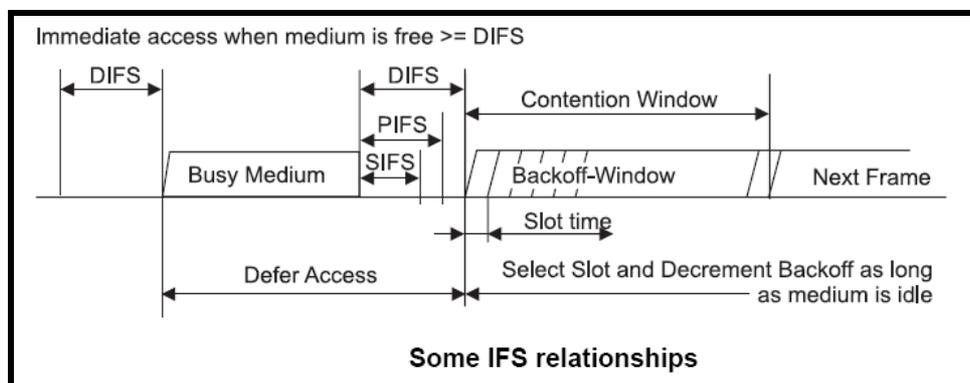


Figura 1.12 Espaciado intertrama<sup>27</sup>

<sup>27</sup> <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2007.pdf>

La relación de tamaño que existe entre los distintos períodos de espera son: SIFS <PIFS <DIFS <EIFS, esto garantiza que las tramas más importantes accedan al medio primero.

#### 1.3.5.4. Formato de la trama MAC

El estándar 802.11 define tres clases diferentes de tramas

- **Tramas de Datos:** tienen un tamaño variable, en éstas se depositan los datos que luego serán enviados por medio de los recursos de la Capa Física.
- **Tramas de Control:** son utilizadas antes y después de la transmisión de un paquete de datos para controlar el correcto intercambio de información entre las estaciones. Los ACK, RTS, CTS son ejemplos de tramas de control.
- **Tramas de Administración:** utilizados para la administración de la red y son utilizadas por los servicios.

La trama 802.11 (figura 1.13) está formada por:

- **Cabecera MAC:** contiene la información necesaria para que la trama pueda llegar a la estación receptora.
- **Cuerpo de la trama:** es la parte del paquete que contiene la carga útil (datos). Su tamaño puede variar desde 0 bytes hasta 2312 bytes, de acuerdo a las necesidades de transmisión y al tipo de trama.
- **Secuencia de chequeo de trama (FCS<sup>28</sup>):** se emplea para verificar la integridad del paquete mediante el algoritmo CRC-32, de esta forma se

---

<sup>28</sup> Frame Check Sequence

puede conocer si el paquete recibido ha sido alterado durante el proceso de transmisión.

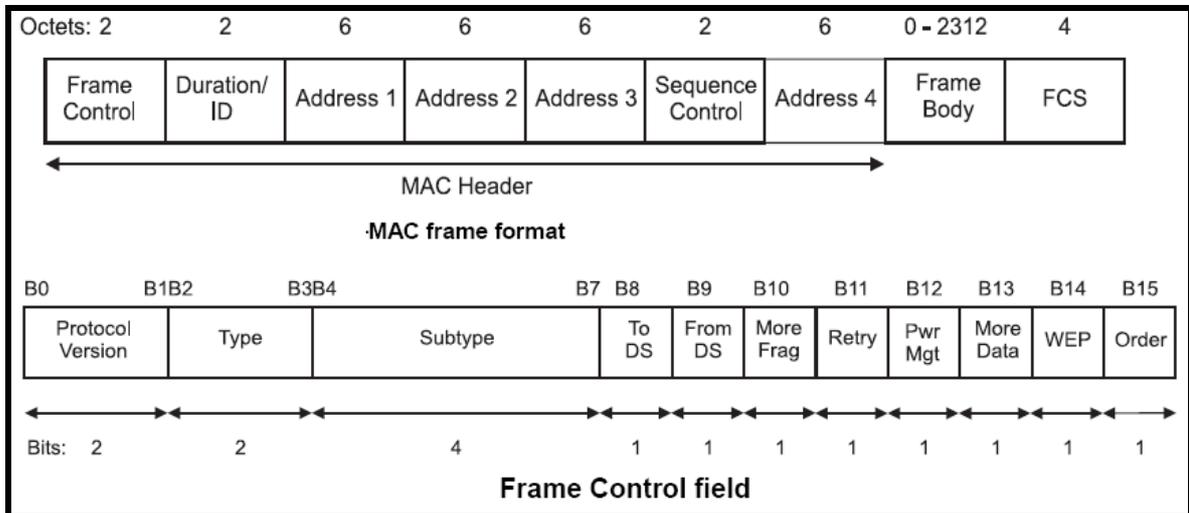


Figura 1.13 Trama 802.11<sup>29</sup>

La cabecera MAC está formado por los campos:

- **Campo de Control de Trama:** formado por los siguientes bits:
  - **Versión del protocolo:** indica la versión del protocolo.
  - **Tipo:** indica el tipo de trama (datos, control o administración).
  - **Subtipo:** indica la función de la trama (RTS, ACK o CTS).
  - **To DS:** indica (valor = 1) si la trama está destinada al DS o no.
  - **From DS:** indica (valor = 1) si la trama fue enviada desde el DS.
  - **More Fragments (MF):** indica (valor = 1) si la información es fragmento de una MSDU.

<sup>29</sup> <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2007.pdf>

- **Retry (RT):** indica (valor = 1) si la trama es una retransmisión de la trama anterior.
  - **Power Management (PM):** indica el modo de administración de potencia del emisor. Tiene el valor de 0 si está en modo activo y el valor de 1 si está en modo de ahorro de energía.
  - **More Data (MD):** indica si el emisor tiene más datos para enviar.
  - **WEP:** indica (valor = 1) si la trama ha sido o no procesada con el algoritmo WEP<sup>30</sup>.
  - **Order(O):** indica (valor = 1) si el servicio de entrega está en un orden estricto.
- **Campo Duración (ID):** se utilizan dos bytes para este campo, con este se indica el tiempo estimado durante el cual la trama estará haciendo uso del canal.
  - **Campo Dirección:** indica la dirección de origen, dirección de destino, dirección de la estación transmisora y dirección de la estación receptora. Trabaja con los campos To DS y From DS de la cabecera MAC.
  - **Campo Control de Secuencia:** indica el número de secuencia y el número de fragmento de la trama.

### 1.3.6. ESTÁNDAR IEEE 802.11a

La especificación IEEE 802.11a es una revisión del protocolo 802.11 que proporciona velocidades hasta 54 Mbps en el rango de frecuencia de los 5GHz. utilizando OFDM y DSSS.

---

<sup>30</sup> Wired Equivalent Privacy, sistema de cifrado incluido en el estándar IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11a provee 8 canales de radio de 20 MHz cada uno, estos a su vez se dividen en 52 sub-canales (48 sub-canales para datos y 4 sub-canales para sincronización), cada uno aproximadamente de 300 KHz.

Permite velocidades de 6 y 9 Mbps con modulación BPSK, 12 y 18 Mbps con modulación QPSK, 24 y 36 Mbps con 16 QAM, 48 y 54 Mbps con 64 QAM.

Sus principales inconvenientes son: la incompatibilidad con 802.11b y 802.11g, no incorpora mecanismos de calidad de servicio y la banda de frecuencias que utiliza no se encuentra disponible en Europa. Como principales ventajas tiene la capacidad de soportar muchos usuarios simultáneamente y no producir interferencias en otros dispositivos.

La figura 1.14 muestra varias características del estándar 802.11a

Velocidad de Transmisión	Modulación	Índice de codificación	Bits codificados por sub-portadora	Bits codificados por símbolo OFDM	Bits de datos por símbolo
6	BPSK	1/2	1	48	24
9	BPSK	3/4	1	48	36
12	BPSK	1/2	2	96	48
18	BPSK	3/4	2	96	72
24	16-QAM	1/2	4	192	96
36	16-QAM	3/4	4	192	144
48	16-QAM	1/2	6	288	192
54	64-QAM	3/4	6	288	216

Figura 1.14 Estándar IEEE 802.11a<sup>31</sup>

### 1.3.7. ESTÁNDAR IEEE 802.11b

El estándar IEEE 802.11b es la implementación de 802.11 que mayor aceptación ha tenido por los usuarios.

La Capa Física del estándar especifica el uso de modulación DSSS en la banda de los 2.4GHz., el ancho de banda de 83.5 MHz se divide en 11 canales de 22 MHz, los cuales se solapan entre sí, existiendo solamente 3 canales independientes (canal 1, 6 y 11).

<sup>31</sup> [http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP\\_Tesis.pdf](http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP_Tesis.pdf)

Maneja distintas tasas de transmisión: 1Mbps y 2Mbps con modulación BPSK y QPSK respectivamente, 5.5Mbps y 11Mbps con modulación QPSK, estos valores los consigue gracias a la utilización de la modulación CCK (Complementary Code Keying) que brinda una mayor eficiencia que la anterior modulación (código Barker).

Los problemas de esta tecnología es que no soporta mecanismos de calidad de servicio y se encuentra en una franja de frecuencias muy utilizada, por ejemplo teléfonos inalámbricos o dispositivos Bluetooth. Como principales ventajas se destaca el bajo coste de la tecnología que ha impulsado una fuerte implantación. La figura 1.15 muestra varias características del estándar 802.11b.

Data rate	Chipping code length	Modulation	Symbol rate	Bits/symbol
1 Mbps	11 (Barker sequence)	DBPSK	1 Msps	1
2 Mbps	11 (Barker sequence)	DQPSK	1 Msps	2
5.5 Mbps	8 (CCK)	DQPSK	1.375 Msps	4
11 Mbps	8 (CCK)	DQPSK	1.375 Msps	8

Figura 1.15 Estándar IEEE 802.11b<sup>32</sup>

## 1.4. ESTÁNDAR IEEE 802.11g

El estándar IEEE 802.11g se creó con la finalidad de contar con las características del estándar IEEE 802.11a, pero utilizando la banda de los 2.4 GHz.

### 1.4.1. MODULACIÓN

#### 1.4.1.1. Multicanalización por división de frecuencias ortogonales

OFDM, también llamada modulación por multi-tono discreto (DMT), consiste en enviar la información modulando en QAM<sup>33</sup> o en PSK<sup>34</sup>.

<sup>32</sup> [http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP\\_Tesis.pdf](http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP_Tesis.pdf)

La modulación OFDM se basa en dividir el canal de comunicaciones en el dominio de la frecuencia en varios canales más pequeños para transmitir una sub-portadora en cada uno. Cada una de las N sub-portadoras que se transmiten en los N subcanales deben ser ortogonales entre sí, esto permite el solapamiento de las mismas sin causar interferencia. La información que se envía es multiplexada en las subportadoras y se transmite en forma paralela, ahora en lugar de enviar una portadora que utilice todo el ancho de banda disponible, se envían varias subportadoras con un ancho de banda N veces menor.

Esta técnica permite aprovechar el ancho de banda del canal gracias a que las subportadoras se pueden solapar, evitando bandas de guarda.

#### 1.4.1.2. DSSS

Es una técnica de espectro esparcido, se utiliza para transmitir una señal de un determinado ancho de banda sobre un ancho de banda mucho mayor (figura 1.16).

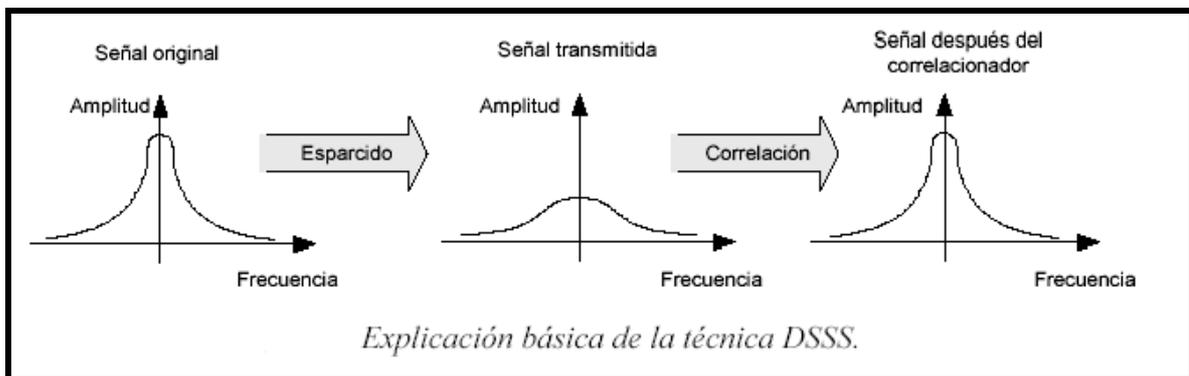


Figura 1.16 Técnica DSSS<sup>35</sup>

Esta modulación trabaja aplicando una secuencia de chips a la ristra de datos<sup>36</sup>. Matemáticamente no hay diferencia entre un bit y un chip, pero estos últimos son

<sup>33</sup> Modulación de Amplitud en Cuadratura, transporta datos cambiando la amplitud de dos ondas portadoras desfasadas entre si 90°

<sup>34</sup> Modulación por Desplazamiento de Fase, modulación angular consistente en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos

<sup>35</sup> <http://www.inf.utfsm.cl/~jcanas/ramos/TallerRedes/Apuntes/wireless.pdf>

<sup>36</sup> Secuencia continua de bits de datos

únicamente parte del proceso de codificación y transmisión, por lo tanto no llevan datos.

La figura 1.17 muestra la utilización de los chips con la técnica DSSS.

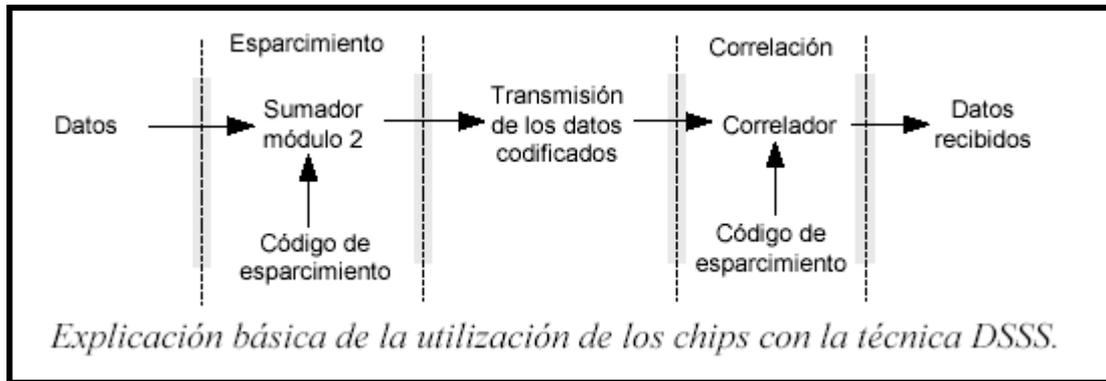


Figura 1.17 Utilización de los chips con la técnica DSSS<sup>37</sup>

La ristra de chips o código pseudo aleatorio debe tener una tasa mayor que la tasa de datos, los chips son transmitidos en una portadora. En el receptor, un correlacionador compara la señal recibida con la misma secuencia de chips para determinar si el bit codificado era 1 o 0.

### 1.4.1.3. CCK

Los sistemas de secuencia directa del estándar IEEE 802.11 utilizan una tasa de 11 millones de chips por segundo. Para las tasas de 1 y 2 Mbps, la ristra de chips se divide en series de 11 bits de palabras código, transmitiéndose 1 millón de palabras código por segundo. Cada palabra código codifica 1 o 2 bits dependiendo de la tasa de datos.

Para tasas de 5.5 y 11 Mbps se utiliza CCK, donde se divide la ristra de datos en series de códigos de 8 bits de longitud, transmitiéndose 1.375 millones de símbolos código por segundo.

La figura 1.18 muestra la técnica DSSS utilizando códigos CCK.

<sup>37</sup> [http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP\\_Tesis.pdf](http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP_Tesis.pdf)

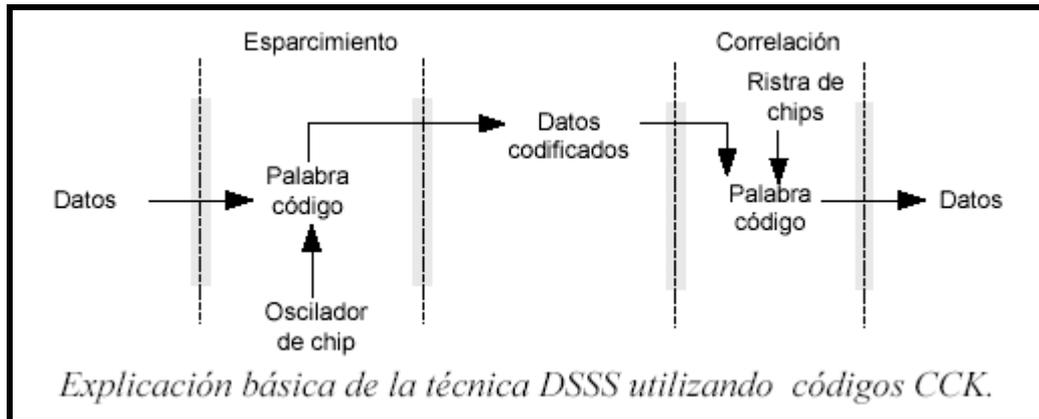


Figura 1.18 Técnica DSSS utilizando códigos CCK<sup>38</sup>

## 1.4.2. CAPA FÍSICA

El estándar IEEE 802.11g implementa OFDM como capa física para las WLAN en la banda de 2.4 GHz., además de las capas físicas CCK y DSSS.

### 1.4.2.1. Modos de operación

El estándar IEEE 802.11g define 4 esquemas de operación, las cuales se indican en el estándar como:

- ERP-PBCC
- DSSS-OFDM
- ERP-OFDM
- ERPDSSS/CCK

**ERP-PBCC**: esquema opcional, utiliza PBCC (Codificación Convolutiva Binaria de Paquete), proporcionando tasas de datos de 22 y 33 Mbps.

<sup>38</sup> [http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP\\_Tesis.pdf](http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP_Tesis.pdf)

**DSSS-OFDM:** esquema opcional, utiliza una modulación híbrida que combina preámbulo y encabezado modulados en DSSS y transmisión de datos en OFDM. Permite tasas de datos desde 6 a 54 Mbps.

**ERP-OFDM:** esquema obligatorio en el estándar IEEE 802.11g. Se basa en las especificaciones del estándar IEEE 802.11a con algunas excepciones. Esta capa se compone de una subcapa PLCP que adiciona campos a las tramas recibidas de la capa MAC para ayudar a la sincronización de las transmisiones.

Presenta un plan de frecuencias que se presenta en la banda ISM de 2.4 GHz. (2.4 GHz. – 2.4835 GHz, permitiendo colocar hasta 3 canales OFDM en este intervalo, por cuanto un canal OFDM es de 20 MHz. y el ancho de banda de operación es de 83.5 MHz., esta es una de las principales diferencias con respecto al estándar IEEE 802.11a en donde es posible tener hasta 12 canales OFDM. La tabla 1.3 indica el plan de frecuencias en la banda de 2.4 GHz.

Número de canal	Frecuencia
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462
12	2467
13	2472
14	2484

Tabla 1.2 Plan de frecuencias 2.4 GHz. – 2.4835 GHz.<sup>39</sup>

<sup>39</sup> [http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP\\_Tesis.pdf](http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP_Tesis.pdf)

Se especifica un tiempo de ranura de 20 us igual que en el estándar IEEE 802.11b, pero existe un tiempo opcional de 9 us igual al utilizado en el estándar IEEE 802.11a, este se utilizado cuando el BSS esta formado de estaciones que solo utilizan el esquema de operación ERP-OFDM.

El tiempo SIFS es 10 us. igual que en el estándar IEEE 802.11b, siendo 6 us. menos que en el estándar IEEE 802.11a, si embargo en el estándar IEEE 802.11g se define que después de la transmisión de un paquete ERP-OFDM seguirá un tiempo de no transmisión de 6 us. La tabla 1.4 resume los parámetros del esquema ERP-OFDM.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Tiempo de ranura	20 us y 9 us
Tiempo SIFS	10 us
Duración del preámbulo	16 us
Tamaño de ventana de contienda	De 15/31 a 1,023 ranuras
Duración del encabezado	4 us

Tabla 1.3 Parámetros de ERP-OFDM.<sup>40</sup>

**ERP DSSS/CCK**: esquema obligatorio en IEEE 802.11g, cumple con las características de la capa física IEEE 802.11b, incluyendo modulación DSSS a 1 y 2 Mbps, y CCK a 5.5 y 11 Mbps.

Al igual que en las otras capas físicas, esta se compone de las sub.-capas PLCP y PMD. Existen dos opciones de tramas PLCP, una trama larga y una trama corta que permiten mejorar la eficiencia (figura 1.19). En ambas, el preámbulo se transmite a 1Mbps, la diferencia entre estos dos tipos de tramas radica que el encabezado de la trama corta se transmite a 2 Mbps, mientras que el encabezado de la trama larga se transmite a 1 Mbps.

<sup>40</sup> [http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP\\_Tesis.pdf](http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP_Tesis.pdf)

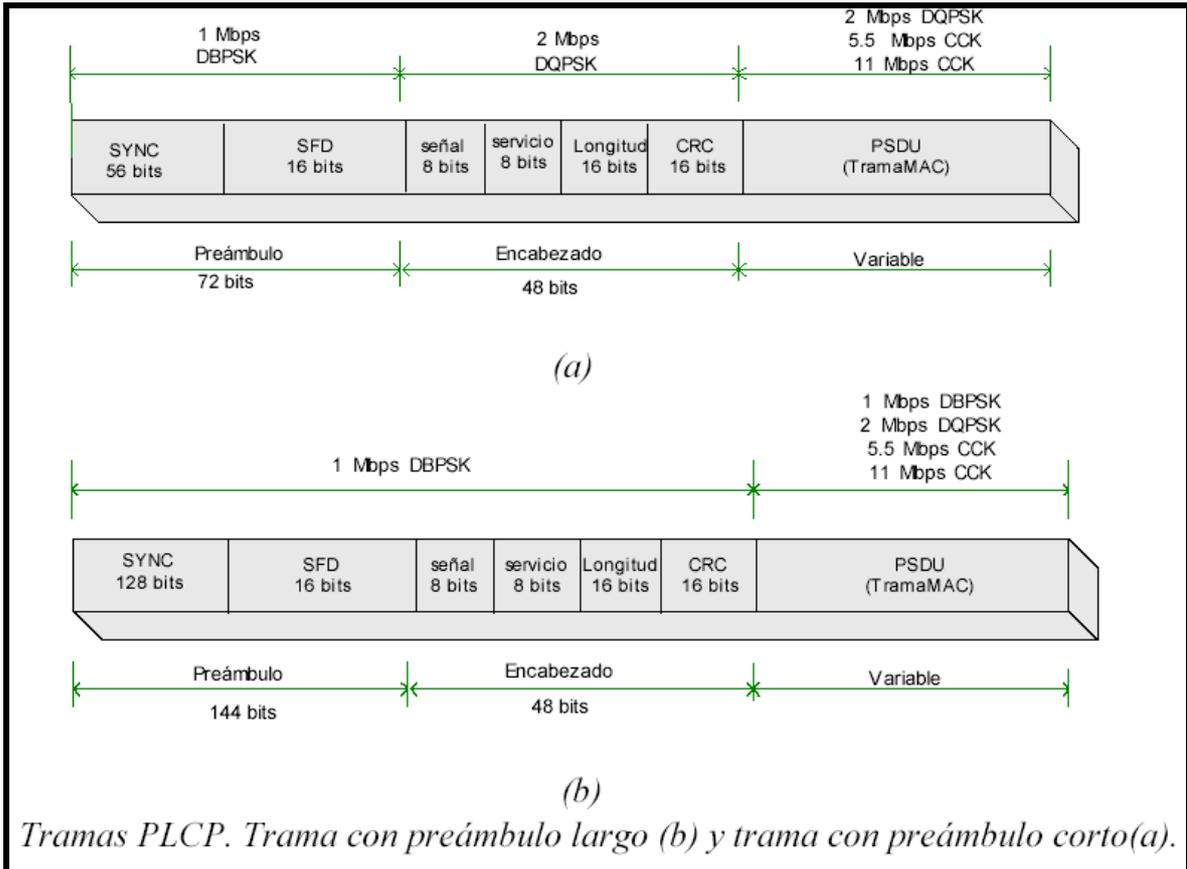


Figura 1.19 Opciones de trama PLCP<sup>41</sup>

La tabla 1.5 resume los parámetros del esquema ERPDSSS/CCK

Parámetro	Valor
Tiempo de slot	20 us
Tiempo SIFS	10 us
Tamaño de ventana de contienda	De 31 a 1,023 ranuras
Duración del preámbulo	144 us
Duración del encabezado	48 bits (varía dependiendo del tipo de trama)

Tabla 1.4 Parámetros de ERPDSSS/CCK<sup>42</sup>

#### 1.4.2.2. Mecanismos de protección

Permite la inter-operabilidad de estaciones IEEE 802.11b e IEEE 802.11g utilizando el esquema de modulación ERP.

<sup>41</sup> [http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP\\_Tesis.pdf](http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP_Tesis.pdf)

<sup>42</sup> [http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP\\_Tesis.pdf](http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP_Tesis.pdf)

IEEE 802.11g propone dos formas de implementar este mecanismo de protección:

- Las estaciones ERP-OFDM deben transmitir tramas RTS/CTS antes de transmitir un paquete ERP-OFDM.
- Las estaciones ERP-OFDM deben transmitir tramas CTS antes de transmitir un paquete ERP-OFDM.

Para un funcionamiento adecuado de los mecanismos de protección, todas las estaciones que pertenecen al BSS deberán ser capaces de detectar las tramas RTS y CTS.

Para los modos de operación opcionales no se requiere mecanismos de protección por cuanto estos esquemas empiezan con encabezado en esquema DSSS, que puede ser detectado y procesado por estaciones que no reconocen el modo ERP.

La figura 1.20 muestra el mecanismo de protección RTS/CTS

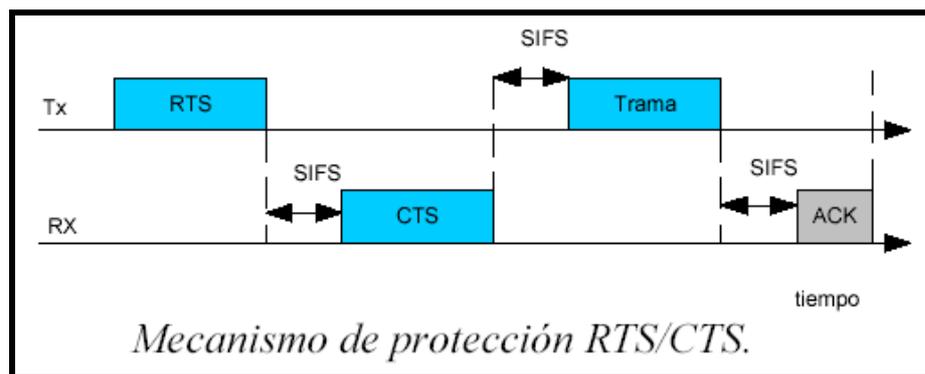


Figura 1.20 Mecanismo de protección RTS/CTS<sup>43</sup>

## 1.5. ESTÁNDAR IEEE 802.11e

IEEE 802.11e es una modificación del estándar IEEE 802.11 para el soporte de calidad de servicio. La principal característica de esta recomendación es que

<sup>43</sup> <http://www.virginiogomez.cl/ennio/redes/subcapaenlace.pdf>

permite el envío opcional de asentimientos para cada trama recibida correctamente, en este caso la capa MAC no enviará mensajes ACK, esto implica que la fiabilidad del tráfico se vería reducida pero mejoraría el rendimiento general de la capa MAC para tráfico sensible a retardo.

El estándar IEEE 802.11e define:

- Estaciones que soportan calidad de servicio (QSTA – QoS Enhanced Station).
- Estaciones que no soportan calidad de servicio (STA)
- Puntos de acceso con soporte de calidad de servicio (QAP)
- Puntos de acceso sin soporte de calidad de servicio (AP)

### 1.5.1. CAPA ENLACE

La extensión IEEE 802.11e define una nueva función de coordinación llamada función de coordinación híbrida HCF (figura 1.21), la cual se emplea para el conjunto de servicios básicos con soporte de QoS (QBSS).

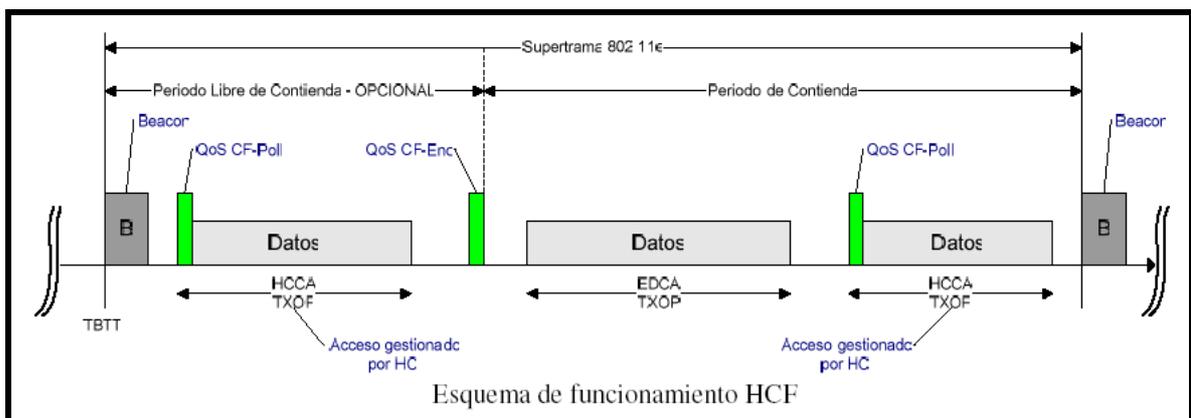


Figura 1.21 Esquema de funcionamiento HCF<sup>44</sup>

HCF define 2 modos de operación:

<sup>44</sup> <http://www.it.uc3m.es/cgarcia/articulos/tesis-carlos-garcia-15jun.pdf>

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

### 1.5.1.1. Acceso a canal mejorado – EDCA

Proporciona calidad de servicio basado en priorización de tráfico, lo cual se la consigue introduciendo 4 categorías de acceso (figura 1.22) permitiendo el envío de tráfico asociado a prioridades de usuario, tal como define el estándar IEEE 802.1d.

Prioridad	Prioridad 802.1D	Descripción 802.1D	Categoría de Acceso 802.11e	Descripción 802.11e
Menor	1	Background	AC_BK	Best Effort
...	2	-	AC_BK	Best Effort
...	0	Best Effort	AC_BE	Best Effort
...	3	Excellent Effort	AC_BE	Prueba Video
...	4	Carga Controlada	AC_VI	Video
...	5	Video	AC_VI	Video
...	6	Voz, Video	AC_VO	Voz
Mayor	7	Señalización Red	AC_VO	Voz

Mapeo de Prioridad de usuario a Categoría de Acceso

Figura 1.22 Categoría de Acceso - EDCA<sup>45</sup>

Los parámetros de mayor interés en EDCA son:

- **Número de Espacio Arbitrario entre Tramas (AIFSN - Arbitrary Inter-Frame Space Number):** corresponde al intervalo mínimo desde que el medio físico se detecta como vacío hasta que se comienza la transmisión.
- **Ventana de Contienda (CW – Contention Window):** se escoge un número aleatorio en este rango para lanzar el mecanismo de espera (backoff).

<sup>45</sup> <http://www.it.uc3m.es/cgarcia/articulos/tesis-carlos-garcia-15jun.pdf>

- **Límite de Oportunidad de Transmisión (TXOP limit):** es la duración máxima durante la cual una QSTA puede transmitir tras haber obtenido el TXOP.

La figura 1.23 muestra el modo de acceso al canal utilizando EDCA.

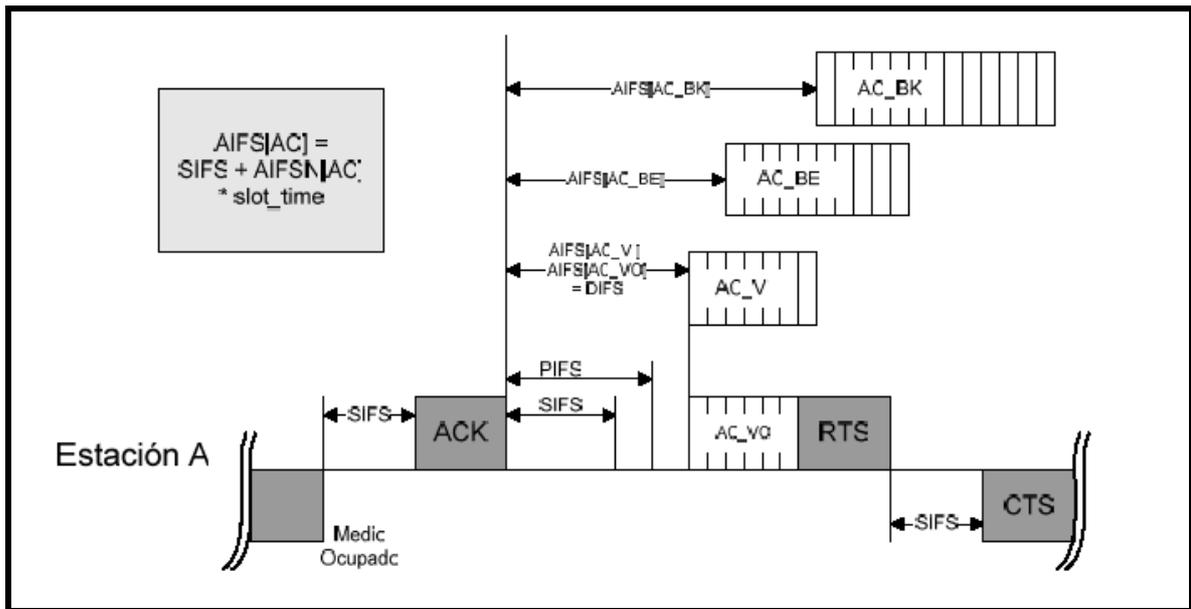


Figura 1.23 Acceso a canal mejorado EDCA<sup>46</sup>

## FUNCIONAMIENTO

Cuando los datos llegan al punto de acceso, la capa MAC de 802.11e se encarga de clasificar adecuadamente los datos y envía la MSDU a la cola correspondiente. Entonces los bloques de información (MSDU) de las diferentes colas compiten internamente por el EDCA-TXOP.

El algoritmo de contienda interna calcula la espera (backoff) independientemente para cada cola, según los parámetros descritos: AIFSN, CW, y un número aleatorio. El mecanismo de espera es similar al de DCF, y la cola con el menor backoff ganará la competición interna.

<sup>46</sup> <http://www.it.uc3m.es/cgarcia/articulos/tesis-carlos-garcia-15jun.pdf>

La cola vencedora competiría externamente por el acceso al medio inalámbrico. El algoritmo de contienda externo no se ha modificado significativamente comparado con DCF, excepto que en DCF el backoff y tiempos de espera eran fijos para un medio físico concreto, mientras que en 802.11e estos son variables, y se configuran adecuadamente según la cola correspondiente.

Mediante un ajuste adecuado de los parámetros de las colas, el rendimiento del tráfico de diferentes colas puede ser ajustado, y se puede lograr la priorización de tráfico. Esto requiere un punto de coordinación central (QAP) para mantener un conjunto común de parámetros en las colas y garantizar así un acceso justo entre las diferentes estaciones que componen la red (QBSS). La figura 1.24 muestra el funcionamiento de EDCA.

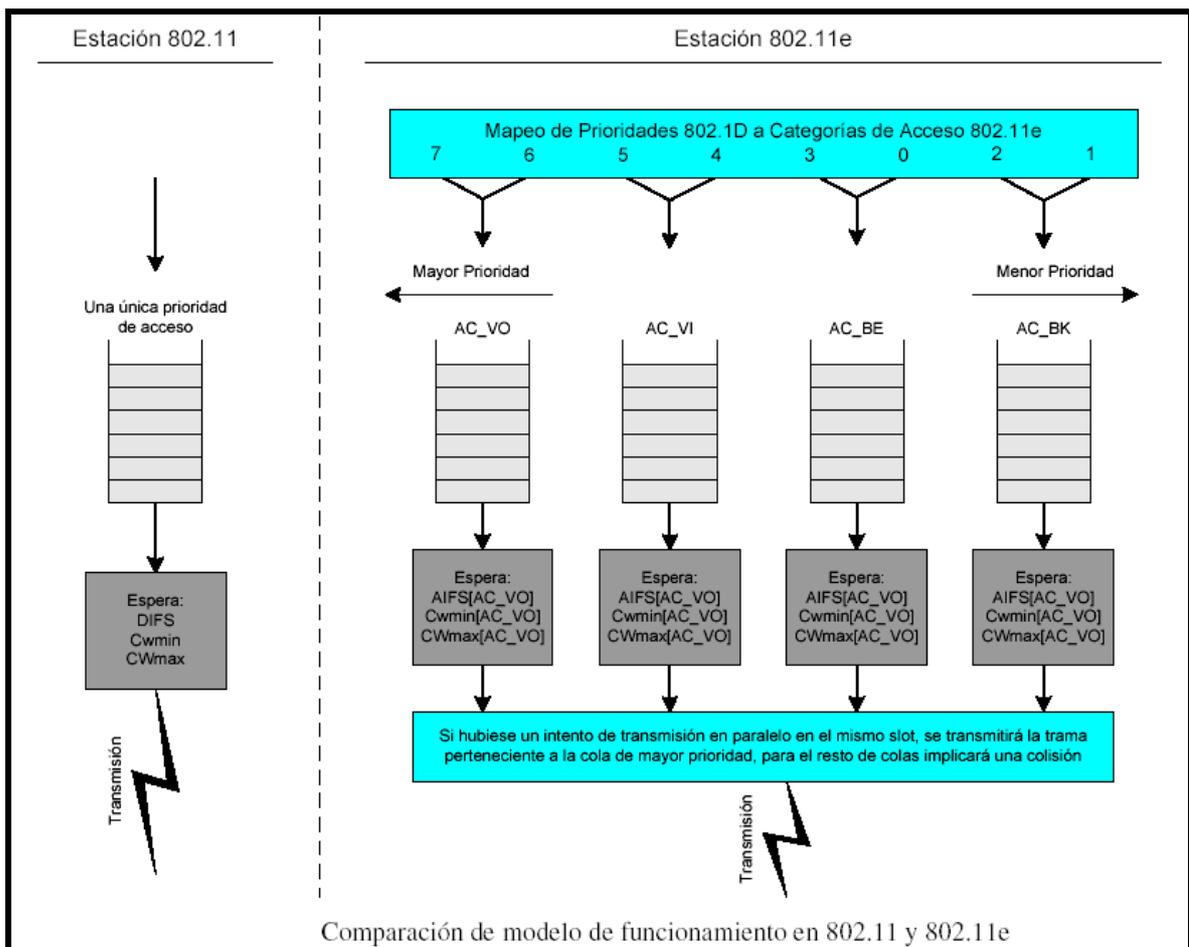


Figura 1.24 Funcionamiento de EDCA<sup>47</sup>

<sup>47</sup> <http://www.it.uc3m.es/cgarcia/articulos/tesis-carlos-garcia-15jun.pdf>

### **1.5.1.2. Acceso a canal controlado – HCCA**

Proporciona soporte de calidad de servicio basado en parametrización. HCCA proporciona acceso basado en el sondeo del medio inalámbrico, similar a PCF, pero a diferencia de este el sondeo QoS puede tener lugar en el periodo CP.

HCCA hereda algunas reglas de PCF e introduce algunas extensiones, 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.

El estándar IEEE 802.11e introduce una serie de nuevos subtipos de tramas de datos para el soporte de calidad de servicio:

- **Trama QoS CF-Poll:** se usa para garantizar el intervalo TXOP, y entonces comienza la transferencia de datos usando tramas de datos QoS.
- **Trama QoS-Null:** pueden ser utilizadas para terminar el periodo HCCA-TXOP. La gran variedad de tipos de tramas de datos QoS y las reglas de uso logran aumentar la eficiencia de la capa MAC 802.11e.

## **1.6. TRANSMISIÓN DE VOZ**

La convergencia de las redes de telecomunicaciones ha permitido que la voz y los datos puedan convivir utilizando una misma infraestructura, esto se logra gracias al establecimiento de un modelo o sistema que permite empaquetar la voz para que pueda ser transmitida junto con los datos.

### **1.6.1. VOZ SOBRE IP (VoIP)**

La telefonía IP también llamada Voz sobre IP se puede definir como la transmisión de paquetes de voz utilizando redes de datos, la comunicación se

realiza por medio del protocolo IP permitiendo establecer llamadas de voz y fax sobre conexiones IP.

El envío de la voz comprimida y digitalizada en paquetes de datos sobre el protocolo de Internet ha permitido aprovechar el ancho de banda que ofrecen las redes y su estructura física ahorrando costos considerables para las empresas.

Una de las grandes desventajas de esta tecnología es que el protocolo IP no ofrece Calidad de Servicio, por lo tanto se obtienen retardos en la transmisión afectando de esta manera la calidad de la voz.

### **1.6.2. VOZ SOBRE IP INALÁMBRICA (VoWIP)**

Las redes inalámbricas han contribuido para la convergencia entre las redes de voz y datos e inclusive ofreciendo mayores ventajas que las redes cableadas sobre todo en lo que se refiere a costos.

Wi – Fi, al ser una tecnología de capa 2, permite que el tipo información (voz, datos, video) sea transparente, ya que estas se encapsulan en capas superiores, sin embargo, la voz al ser una aplicación en tiempo real no soporta tiempos de retardo elevados, por ello, Wi – Fi hace uso de su capa MAC que utiliza la funcionalidad PCF, además define esquemas de prioridad basados en los conceptos de calidad de servicio.

#### **1.6.2.1. Parámetros a considerarse en VoIP inalámbricas**

Para implementar el servicio de VoIP en redes inalámbricas se deben considerar aspectos que garanticen calidad de voz.

- **Codificación:** para que la voz sea transmitida sobre una red IP debe ser digitalizada, para esto se utiliza codificadores de voz los cuales difieren entre sí por los niveles de compresión que ofrecen. Para la selección de un

codificador se lo realiza en base al MOS<sup>48</sup>. La figura 1.25 muestra los algoritmos de codificación y sus características.

ALGORITMO DE CODIFICACIÓN		ANCHO DE BANDA	TIEMPO DE MUESTREO	ANCHO DE BANDA TIPICO IP	MOS
G.711	PCM	64 Kbps	0.125 ms	80 Kbps	4.1
G.723.1	ACELP	5.6 Kbps	30 ms	16.27 Kbps	3.65
G.723.1	ACELP	6.4 Kbps	30 ms	17.07 Kbps	3.9
G.726	ADPCM	32 Kbps	0.125 ms	48 Kbps	3.85
G.728	LD-CELP	16 Kbps	0.625 ms	32 Kbps	3.61
G.729a	CS-ACELP	8 Kbps	10 ms	24 Kbps	3.92

Figura 1.25 Algoritmos de Codificación<sup>49</sup>

- **Pérdida de tramas:** las tramas VoIP tienen que atravesar una red IP teniendo la posibilidad de que estas se pierdan como resultado de una congestión de red o corrupción de datos. Para el tráfico en tiempo real la retransmisión de tramas perdidas no es práctico pues ocasiona retardos adicionales.
- **Latencia o Retardo:** se define como latencia al tiempo necesario para que un paquete de datos viaje desde la estación origen a la estación destino. Si el retardo introducido por la red es de más de 300 milisegundos, resulta casi imposible tener una conversación fluida, por lo tanto en promedio se debería tener un retardo de 150 milisegundos entre los extremos.

Existen diferentes formas de retardo:

<sup>48</sup> Parámetro que mide la calidad de voz, se lo obtienen mediante una prueba denominada ACR (Absolute Category Rate) que consiste en realizar pruebas de audición a un grupo heterogéneo, quienes califican la calidad entre 1 y 5.

<sup>49</sup> <http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/h323.pdf>

- **Retardo de Paquetización:** es el tiempo para llenar un paquete de información (carga útil) de la conversación ya codificada y comprimida.
- **Retardo de Serialización:** es el tiempo requerido para transmitir un paquete IP, es decir está relacionado con la tasa de transmisión
- **Retardo de Propagación:** es el tiempo requerido por la señal óptica o eléctrica para viajar a través de un medio de transmisión.
- **Retardo de Componente:** estos retardos son causados por los componentes del sistema de transmisión

El primer deterioro causado por el retardo es el efecto de ECO, este se presenta por diferentes motivos como el pobre acoplamiento entre el dispositivo de escucha y el dispositivo de habla. La figura 1.26 muestra el retardo en una transmisión de paquetes de voz.

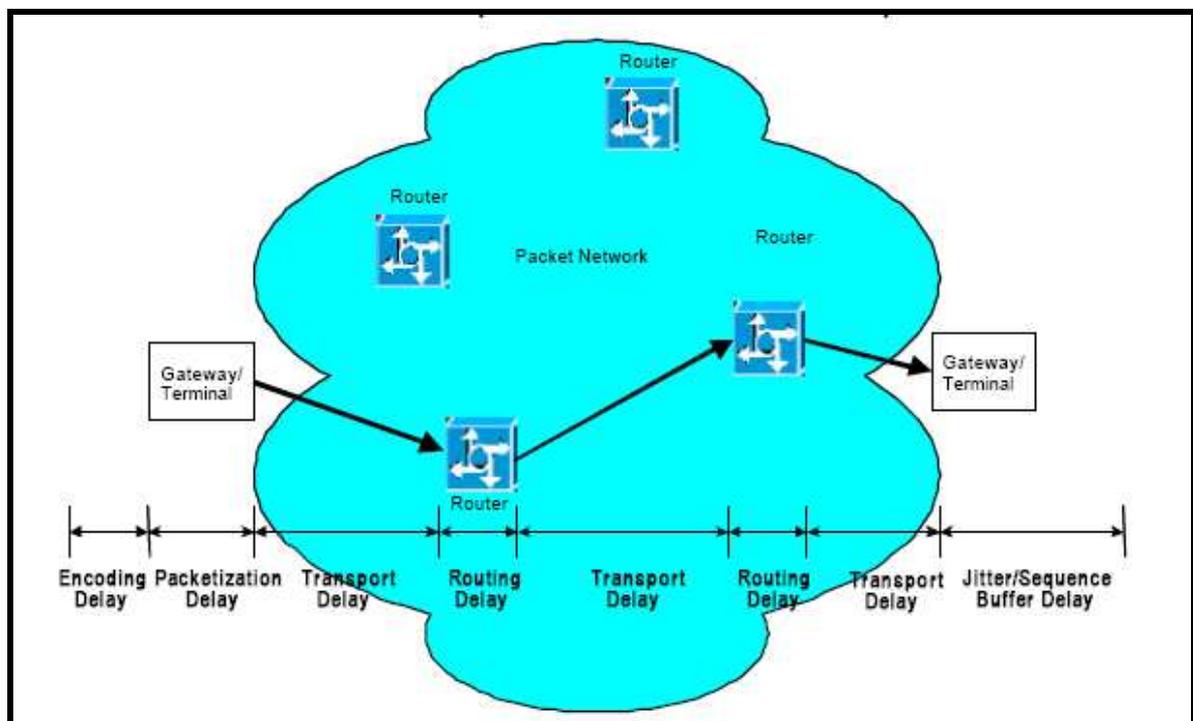


Figura 1.26 Retardo en VoIP<sup>50</sup>

<sup>50</sup> [http://digeset.ucof.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Maybelline%20Reza%20Robles.pdf](http://digeset.ucof.mx/tesis_posgrado/Pdf/Maybelline%20Reza%20Robles.pdf)

- **Jitter y Buffering:** el jitter o variación del retardo se refiere a la desincronización de la fase de los bits, mientras que el buffering es la fluctuación del retardo de tránsito entre los extremos. Debemos considerar que la cantidad de retardo experimentado por cada trama puede diferir, esto es causado por la cantidad de retardo de encolamiento y tiempo de procesamiento que puede variar dependiendo del tráfico de la red.
- **Roaming:** este parámetro garantiza que los usuarios tengan movilidad sin perder la conexión a la red, esto se logra mediante la re-asociación. El tiempo para que un usuario se asocie a un nuevo Access Point varía entre 250 y 500 milisegundos.

### 1.6.2.2. Estándares

H.323 y SIP son los dos protocolos que garantizan la interoperabilidad entre la red telefónica y las redes de transmisión de datos.

#### 1.6.2.2.1. H.323

El estándar H.323 fue creado por la ITU en Octubre de 1996, este estándar soporta multimedia sobre Ethernet, Fast Ethernet, FDDI y LAN's Token Ring.

H.323 es una especificación significativa porque permite el desarrollo de una nueva generación de aplicaciones multimedia. La versión 2 de H.323, aprobada en Febrero de 1998, añade más funciones en el área de servicios complementarios, seguridad, etc.

H.323 define cuatro componentes principales para un sistema de conferencia multimedia basado en LAN:

- **Terminales:** son los equipos finales que permiten establecer conferencias bidireccionales de audio y, opcionalmente, vídeo y datos. Pueden ser de dos tipos:

- **IP PHONE:** o teléfonos IP.
- **SOFT PHONE:** se trata de una PC multimedia que simula un teléfono IP, por ejemplo el servicio de NetMeeting.
- **Gateways:** permite conectar una red H.323 con otra red no H.323. Sus dos funciones básicas son:
  - Traducir los distintos protocolos de establecimiento y fin de llamada empleados por las distintas redes.
  - Realizar la conversión de formatos de audio / vídeo.
- **Gatekeepers:** es un elemento opcional en la red, pero cuando esta presente es el punto central en la topología de una red H.323.

Este dispositivo tiene las siguientes funciones:

- Autenticación y control de admisión, para permitir o denegar el acceso de usuarios.
- Proporciona servicios de control de llamada.
- Servicio de traducción de direcciones (DNS), para usar nombres en lugar de direcciones IP.
- Gestionar y controlar los recursos de la red: administración del ancho de banda.
- Localizar los distintos Gateways y MCU's cuando se necesita.
- **Unidades de Control Multipunto (MCU):** está diseñada para soportar conferencia entre tres o más puntos finales.

La figura 1.27 muestra los elementos de un sistema H.323

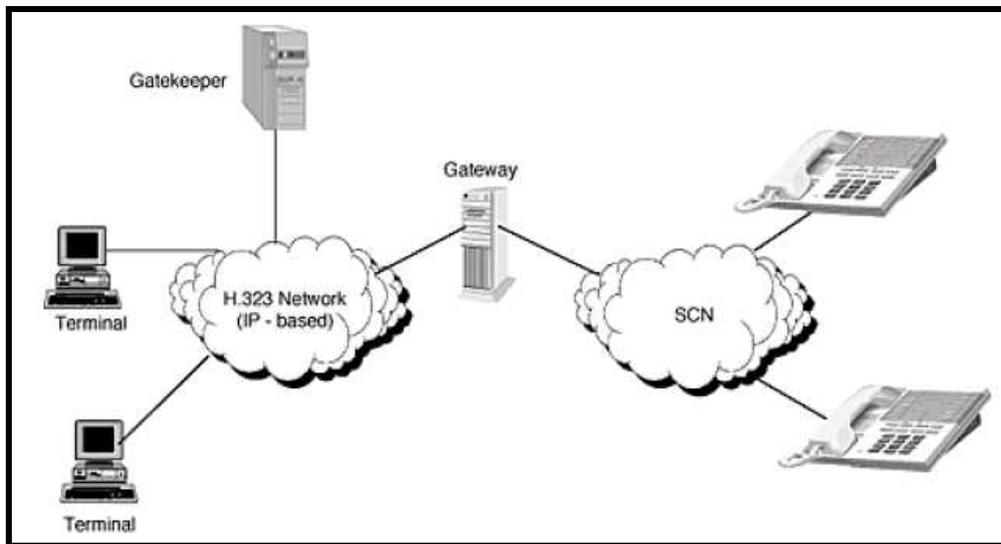


Figura 1.27 Estándar H.323<sup>51</sup>

#### 1.6.2.2.2. SIP

SIP es un protocolo de señalización de la capa aplicación para el establecimiento, mantenimiento y terminación de sesiones interactivas entre usuarios; estas sesiones pueden tratarse de conferencias multimedia, chat, sesiones de voz o distribución de contenidos multimedia.

SIP se basa en una arquitectura cliente-servidor donde los clientes se encargan de iniciar las llamadas y los servidores se encargan de responder las llamadas. SIP permite el establecimiento de varios tipos de sesiones: sesión de dos partes<sup>52</sup>, de múltiples partes<sup>53</sup> y de multidifusión<sup>54</sup>.

SIP define 5 componentes lógicos, los cuales se pueden implementar en dispositivos físicos o como aplicaciones software.

<sup>51</sup> <http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/h323.pdf>

<sup>52</sup> Sesión de dos partes o llamadas ordinarias

<sup>53</sup> Sesión de múltiples partes, en donde todos pueden oír y hablar

<sup>54</sup> Sesión de multidifusión, en donde existe un emisor y varios receptores

- **Agente Usuario SIP (UA):** es una aplicación con arquitectura cliente / servidor que se utiliza para iniciar y terminar las sesiones.

Cliente Agente Usuario (UAC): encargado de realizar peticiones SIP

Servidor Agente Usuario (UAS): encargado de notificar al usuario cuando se recibe una petición dependiendo de la acción tomada por el usuario.

- **Servidor Proxy:** es el encargado de aceptar las solicitudes de sesión realizadas por un UA, para esto realiza una petición a la base de datos para obtener la información de direccionamiento. Un servidor Proxy puede operar como cliente o servidor, pudiendo enviar y responder peticiones SIP.
- **Servidor de Redirección:** acepta una petición SIP y envía una respuesta al cliente que contiene las direcciones de los servidores con los que debe contactar el cliente.
- **Servidor de Registro:** son base de datos que contienen la ubicación de todos los UAs para su localización permanente. Los servidores de registro son ubicados a menudo con un servidor Proxy y de Redirección.
- **Servidor de Localización:** permiten consultar la ubicación actual del usuario.

La figura 1.28 muestra los elementos del protocolo SIP.

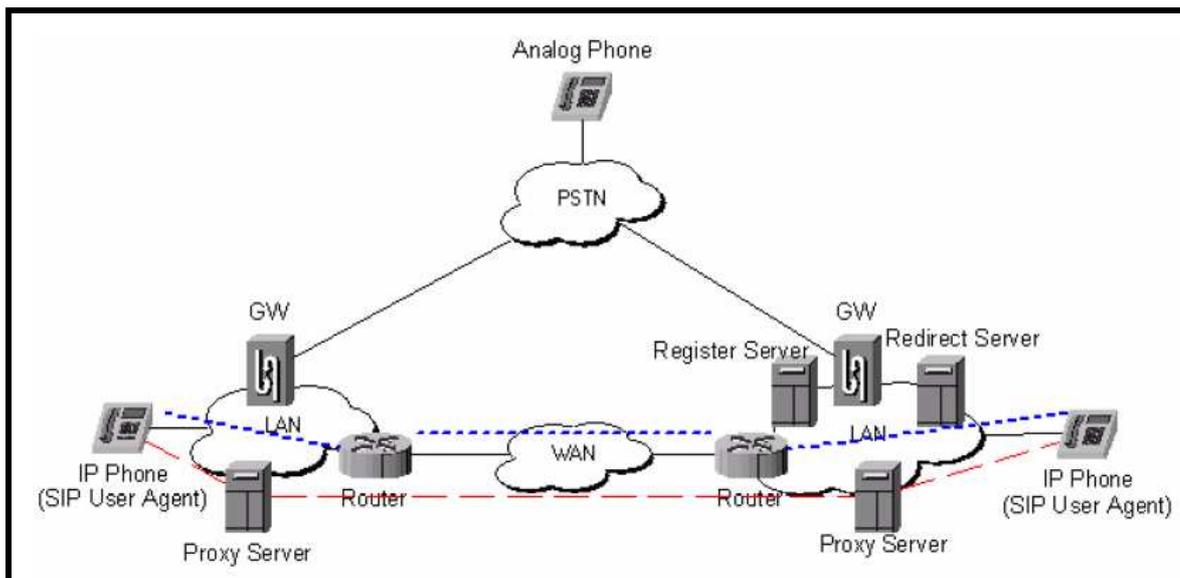


Figura 1.28 Estándar SIP<sup>55</sup>

### 1.6.2.2.3. Diferencias entre H.323 Y SIP

La principal diferencia es la velocidad, SIP hace en una sola transacción lo que H.323 hace en varios intercambios de mensajes. Adicionalmente SIP usa UDP mientras que H.323 debe usar necesariamente TCP para la señalización, lo que origina que una llamada SIP sea atendida más rápido. La figura 1.29 muestra las diferencias entre H.23 y SIP.

DESCRIPCIÓN.	SIP	H.323
Codificación.	Textual.	Binaria.
Formatos.	Tipos MIME-IANA.	Series G.XXX y H.XXX, MPEG, GSM.
Servidores.	Proxy, redirect y registro.	Gatekeeper.
Autenticación.	Análogo a http.	H.235
Localización.	DNS.	Gatekeeper (puede usar DNS)
Transporte.	TCP, UDP SCTP, CDP, etc.	TCP, UDP,
Cliente.	User Agent.	Terminal H.323
QoS.	Delegada a otros protocolos.	Soportada por el Gatekeeper.
Complejidad.	Tipo http.	Uso de un conjunto de protocolos distintos.

Figura 1.29 Diferencias entre H.323 Y SIP<sup>56</sup>

<sup>55</sup> [http://phoenix.labri.fr/documentation/sip/Documentation/Papers/SIP/Drafts\\_Publications/sip.pdf](http://phoenix.labri.fr/documentation/sip/Documentation/Papers/SIP/Drafts_Publications/sip.pdf)

<sup>56</sup> [http://www.grc.upv.es/docencia/tdm/trabajos2007/Abel\\_H.323%20vs%20SIP%20\(1\).pdf](http://www.grc.upv.es/docencia/tdm/trabajos2007/Abel_H.323%20vs%20SIP%20(1).pdf)

### 1.6.2.3. Calidad de servicio en VOIP

La red IP no está diseñada para el transporte de voz debido a que ofrece tiempos de retardo elevados.

Uno de los parámetros más importantes en la calidad de servicio es el protocolo de reserva de ancho de banda RSVP que permite pedir o establecer comunicaciones simultáneas entre dos entidades. El problema aparece cuando los equipos no soportan este protocolo o se pretende reservar más ancho de banda del que se dispone, por lo tanto hay que establecer un compromiso entre calidad de voz, retardo y ancho de banda.

## 1.7. SEGURIDADES EN REDES INALÁMBRICAS

En la actualidad, la seguridad informática ha adquirido un gran auge, la posibilidad de interconectarse a través de redes, abierto nuevos horizontes que permiten explorar más allá de las fronteras de una organización.

Establecer el valor de los datos es algo totalmente relativo, pues la información constituye un recurso intangible y eso ocasiona que no se lo valore adecuadamente, más aun cuando estos viajan a través del aire haciéndolos susceptibles a múltiples tipos de ataques.

Bajo estos antecedentes podemos definir que la seguridad en redes consiste en mantener bajo protección los recursos y la información que viaja a través de la red, utilizando procedimientos basados en políticas de seguridad (PSI)<sup>57</sup>.

Las redes inalámbricas deben cumplir con varias premisas que garanticen seguridad en la información:

- **Confidencialidad:** proteger la información de personas no autorizadas, garantizando la privacidad de la información.

---

<sup>57</sup> Establecen el canal formal de actuación del personal, en relación con los recursos y servicios informáticos, importantes de la organización

- **Integridad:** evitar la alteración no autorizada de la información. Cuando se habla de información nos referimos a los datos almacenados o transmitidos.
- **Autenticidad:** verificar la identidad de quién envía la información.
- **No – Repudio:** probar la participación de las partes en una comunicación.
  - **No – Repudio en origen:** el emisor no puede negar que envió porque el destinatario tiene pruebas del envío.
  - **No – Repudio en destino:** El receptor no puede negar que recibió el mensaje porque el emisor tiene pruebas de la recepción.
- **Disponibilidad:** resistencia y capacidad del sistema contra ataques

## 1.7.1. HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD

### 1.7.1.1. Filtrado

Es un mecanismo de seguridad que permite restringir el acceso a la red. En una WLAN existen tres tipos de filtrado:

- **Filtrado SSID:** al seleccionar un SSID en concreto, se ocultarán de la lista todas las redes cuyo SSID no se correspondan con el seleccionado.
- **Filtrado MAC:** las WLAN pueden filtrar basándose en las direcciones MAC, permitiendo el acceso a la red solo de las estaciones con direcciones MAC permitidas. La desventaja de este método son: el robo de la tarjeta de una PC o extracción de la dirección MAC.
- **Filtrado de Protocolos:** permite realizar el filtrado de los paquetes que circulan por la red utilizando protocolos de capa 2 hasta de capa 7.

### **1.7.1.2. Difusión del SSID**

Los Access Point son los encargados de enviar el SSID a las estaciones de trabajo que se encuentran dentro del área de cobertura mediante tramas de administración o tramas beacons. Para evitar este problema se debe deshabilitar la opción de broadcast en los AP.

## **1.7.2. ESTÁNDARES DE SEGURIDAD**

La IEEE y la Wi – Fi Alliance han venido desarrollando protocolos de seguridad basados en procesos de autenticación y cifrado.

### **1.7.2.1. WEP (Wired Equivalent Privacy)**

Fue el primer protocolo de encriptación introducido en el estándar IEEE 802.11 en el año de 1999.

Los propósitos de WEP es garantizar que los sistemas WLAN dispongan de un nivel de confidencialidad mediante el cifrado de los datos que son transportados por las señales de radio, evitando que usuarios no autorizados puedan acceder a la red.

#### *1.7.2.1.1. Como funciona WEP*

WEP utiliza una misma clave simétrica y estática en las estaciones y el punto de acceso. El estándar no contempla ningún mecanismo de distribución automática de claves, lo que obliga a escribir la clave manualmente en cada uno de los elementos de red. Esto genera varios inconvenientes. Por un lado, la clave está almacenada en todas las estaciones, aumentando las posibilidades de que sea comprometida. Y por otro, la distribución manual de claves provoca un aumento de mantenimiento por parte del administrador de la red, lo que conlleva, en la mayoría de ocasiones, que la clave se cambie poco o nunca.

El algoritmo de encriptación utilizado es RC4 con claves (seed) de 64 bits. Estos 64 bits están formados por 24 bits correspondientes al vector de inicialización más 40 bits de la clave secreta. Los 40 bits son los que se deben distribuir manualmente.

El vector de inicialización (IV), en cambio, es generado dinámicamente y debería ser diferente para cada trama. El objetivo perseguido con el IV es cifrar con claves diferentes para impedir que un posible atacante pueda capturar suficiente tráfico cifrado con la misma clave y terminar finalmente deduciendo la clave. Como es lógico, ambos extremos deben conocer tanto la clave secreta como el IV.

El algoritmo de WEP es el siguiente:

1. Se calcula un CRC de 32 bits de los datos. Este CRC-32 es el método que propone WEP para garantizar la integridad de los mensajes (ICV, Integrity Check Value).
2. Se concatena la clave secreta a continuación del IV formado el seed.
3. El PRNG (Pseudo-Random Number Generator) de RC4 genera una secuencia de caracteres pseudoaleatorios (keystream), a partir del seed, de la misma longitud que los bits obtenidos en el punto 1.
4. Se realiza la operación XOR de los caracteres del punto 1 con los caracteres del punto 3. El resultado es el mensaje cifrado.
5. Se envía el IV (sin cifrar) y el mensaje cifrado dentro del campo de datos (frame body) de la trama IEEE 802.11.

El algoritmo para descifrar es similar al anterior. Debido a que el otro extremo conocerá el IV y la clave secreta, tendrá entonces el seed y con ello podrá generar el keystream. Realizando la operación XOR entre los datos recibidos y el keystream se obtendrá el mensaje sin cifrar (datos y CRC-32). Las figuras 1.30 y 1.31 muestran los procesos de encriptación y des-encriptación.

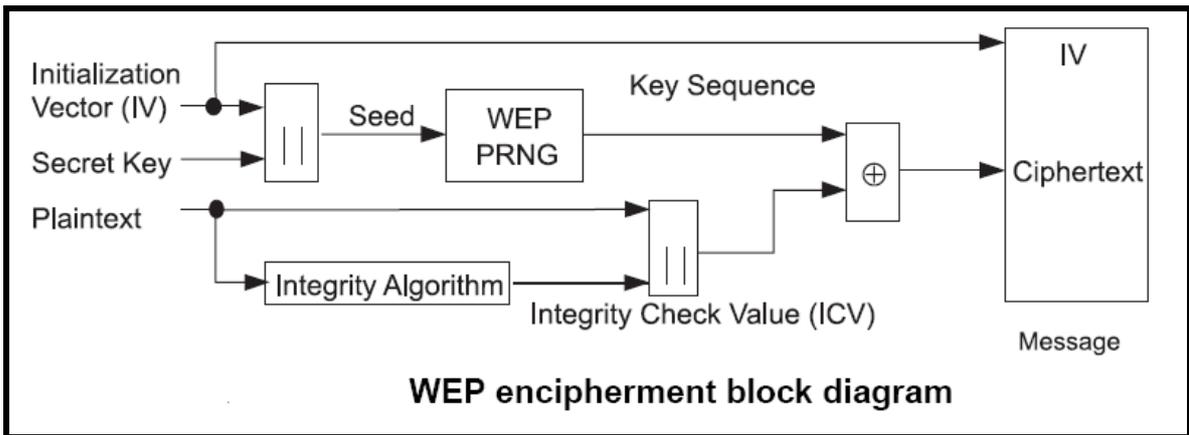


Figura 1.30 WEP – Encriptación<sup>58</sup>

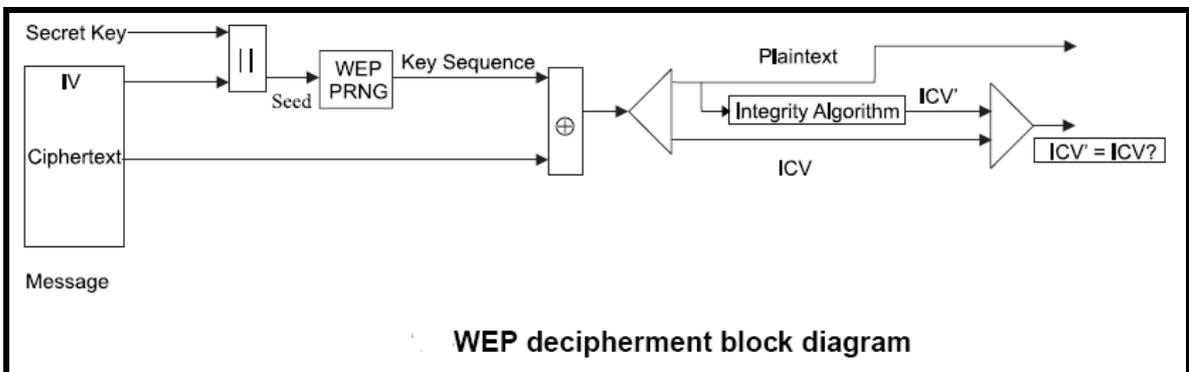


Figura 1.31 WEP - Des-encriptación<sup>59</sup>

### 1.7.2.2. WPA

Consiste en un mecanismo de control de acceso a una red inalámbrica. WPA funciona de forma similar a WEP pero utilizando claves dinámicas. WPA hace más difícil vulnerar las redes inalámbricas al incrementar los tamaños de las claves y vectores de inicialización, reduciendo el número de paquetes enviados con claves relacionadas y añadiendo un sistema de verificación de mensajes.

Una encriptación WPA puede ser de dos tipos:

- **Para el uso empresarial:** basada en servidores de autenticación, normalmente servidores Radius, que son encargados de distribuir claves diferentes a los usuarios.

<sup>58</sup> <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2007.pdf>

<sup>59</sup> <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2007.pdf>

- **Para el uso personal doméstico:** es tipo de encriptación es menos segura, pero aun así más segura que la encriptación WEP. Se trata de la encriptación WPA-PSK<sup>60</sup>.

La figura 1.32 resume los tipos de encriptación WPA.

		WPA	WPA2
Modo Personal	Autenticación	PSK	PSK
	Cifrado	TKIP (RC4) / MIC	CCMP (AES) / CBC-MAC
Modo Empresarial	Autenticación	802.1x / EAP	802.1x / EAP
	Cifrado	TKIP (RC4) / MIC	CCMP (AES) / CBC-MAC

Figura 1.32 Tipos de encriptación WPA<sup>61</sup>

WPA utiliza el algoritmo RC4 con una clave de 128 bits y un vector de inicialización de 48 bits, a esto se añade el uso del protocolo TKIP<sup>62</sup>, que cambia la clave de encriptación dinámicamente.

WPA2 es la segunda generación de WPA, la principal diferencia es la utilización del estándar de cifrado, mientras WPA utiliza TKIP, WPA2 utiliza AES

### 1.7.2.3. 802.1x

El protocolo de autenticación IEEE 802.1x fue desarrollado originalmente para redes cableadas, posee mecanismos de autenticación, autorización, distribución de claves y control de acceso de usuarios La arquitectura IEEE 802.1x está compuesta por tres entidades funcionales:

- **El suplicante:** que desea unirse a la red.

<sup>60</sup> Wireless Protected Access Pre-Shared Key

<sup>61</sup> <https://www.tlm.unavarra.es/investigacion/seminarios/slides/20071221-ana-WPA-presentacion.pdf>

<sup>62</sup> Temporal Key Integrity Protocol

- **El autenticador:** actúa como intermediario entre los dos extremos de la negociación permitiendo el acceso del suplicante únicamente con la autorización previa del servidor de autenticación.
- **El servidor de autenticación:** toma las decisiones de autorización en base a la información que contienen los equipos o usuarios autorizados para acceder a la red.

Las figuras 1.33 y 1.34 muestran el funcionamiento del protocolo 802.1x.

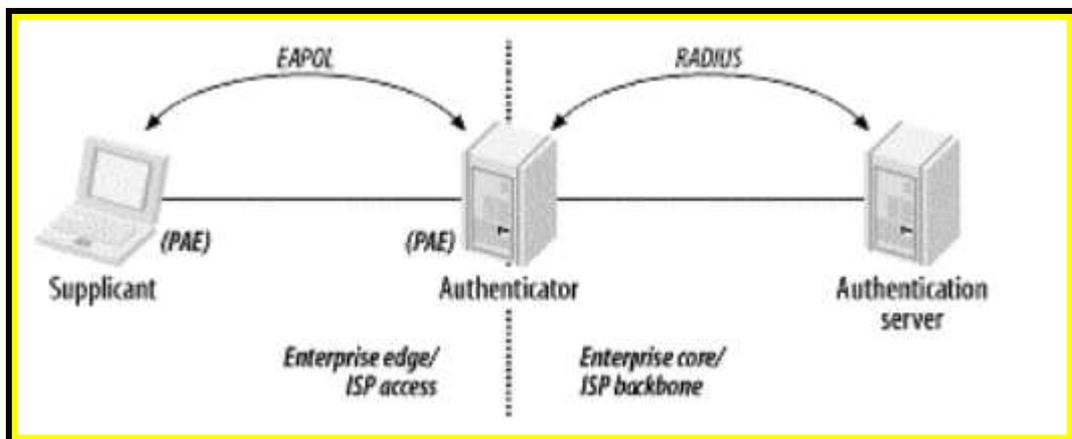


Figura 1.33 Entidades del protocolo 802.1x<sup>63</sup>

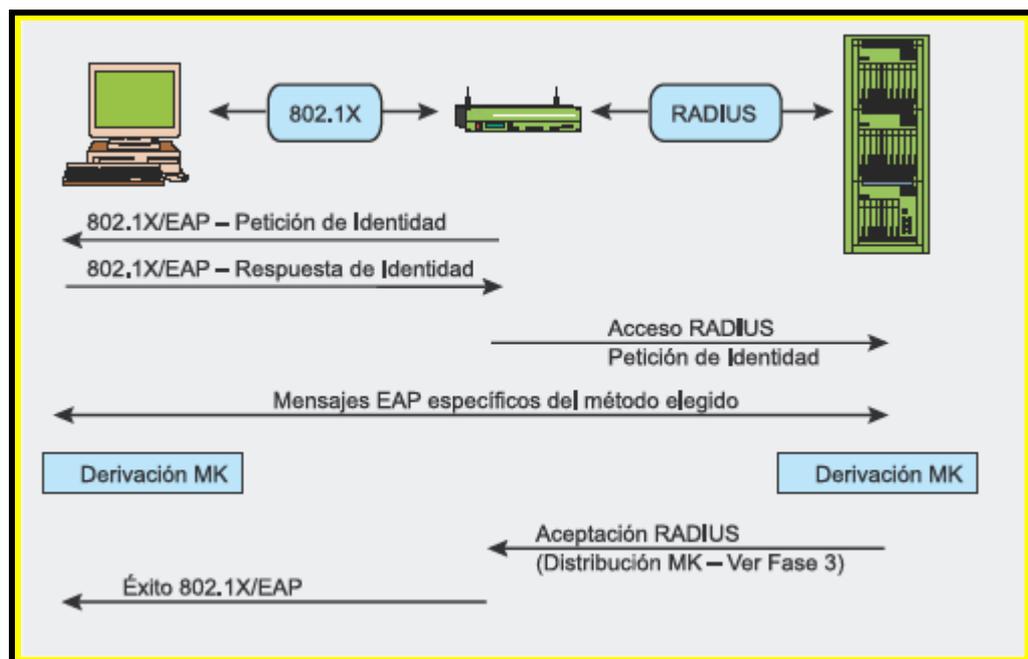


Figura 1.34 Como funciona 802.1x<sup>64</sup>

<sup>63</sup> <https://www.tlm.unavarra.es/investigacion/seminarios/slides/20071221-ana-WPA-presentacion.pdf>

#### 1.7.2.3.1. EAP

802.1x se basa en el protocolo EAP<sup>65</sup>, definido por el IETF. Este protocolo se usa para transportar la información de identificación del usuario.

Existen múltiples tipos de EAP, algunos son estándares y otros son soluciones propietarias de empresas. Entre los tipos de EAP podemos citar:

- **EAP-TLS:** es un sistema de autenticación basado en certificados digitales tanto del cliente como del servidor., requiere una configuración PKI<sup>66</sup> en ambos extremos. TLS<sup>67</sup> es el nuevo estándar que sustituye a SSL<sup>68</sup>.
- **EAP-TTLS:** se basa en una identificación de un usuario y contraseña que se transmiten cifrados mediante TLS, para evitar su transmisión en texto claro, es decir se crea un túnel mediante TLS para transmitir el nombre de usuario y la contraseña.
- **PEAP:** Consiste en un mecanismo de validación similar a EAP-TTLS, basado en usuario y contraseña.

#### 1.7.2.4. 802.11i

Aprobado en junio de 2004, el estándar IEEE 802.11i introdujo varios cambios como la separación de la autenticación de usuario de la integridad y privacidad de los mensajes, proporcionando una arquitectura robusta y escalable.

El estándar abarca los protocolos 802.1x, TKIP y AES. La nueva arquitectura para las redes wireless se llama RSN<sup>69</sup> y utiliza autenticación 802.1x, distribución de claves robustas y nuevos mecanismos de integridad y privacidad.

---

<sup>64</sup> [http://dspace.icesi.edu.co/dspace/bitstream/item/400/1/jamdrid-seguridad\\_redes\\_inalambricas.pdf](http://dspace.icesi.edu.co/dspace/bitstream/item/400/1/jamdrid-seguridad_redes_inalambricas.pdf)

<sup>65</sup> Protocolo de autenticación extensible

<sup>66</sup> Public Key Infraestructure

<sup>67</sup> Transport Layer Security

<sup>68</sup> Secure Socket Layer

Además de tener una arquitectura más compleja, RSN proporciona soluciones seguras y escalables para la comunicación inalámbrica. Una RSN sólo aceptará máquinas con capacidades RSN, pero IEEE 802.11i también define una red transicional de seguridad TSN<sup>70</sup>, arquitectura donde pueden participar sistemas RSN y WEP, permitiendo a los usuarios actualizar sus equipos en el futuro.

El establecimiento de un contexto seguro de comunicación consta de cuatro fases:

- Acuerdo sobre la política de seguridad
- Autenticación 802.1X
- Derivación y distribución de las claves
- Confidencialidad e integridad de los datos RSNA

La figura 1.35 muestra el funcionamiento del estándar 802.11i.

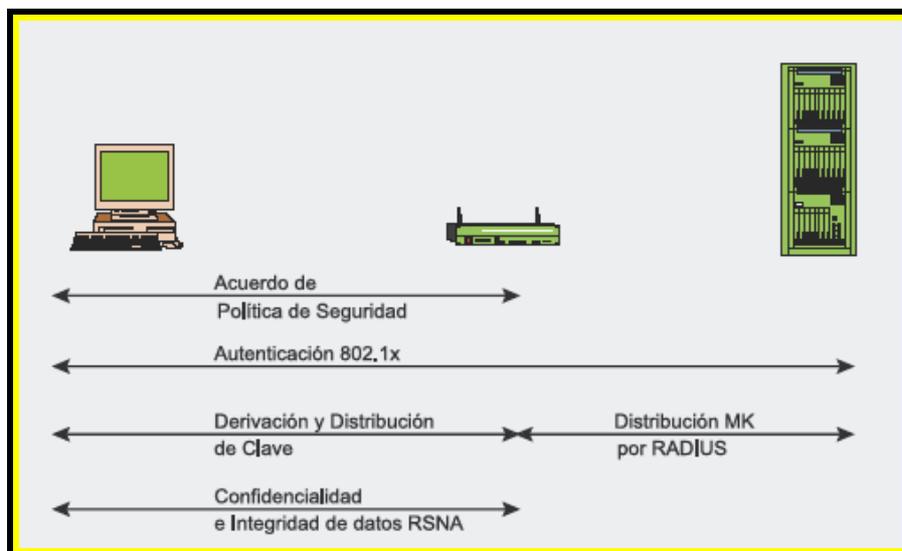


Figura 1.35 Estándar 802.11i<sup>71</sup>

<sup>69</sup> Robust Security Network

<sup>70</sup> Transitional Security Network

<sup>71</sup> [http://www.hsc.fr/ressources/articles/hakin9\\_wifi/hakin9\\_wifi\\_ES.pdf](http://www.hsc.fr/ressources/articles/hakin9_wifi/hakin9_wifi_ES.pdf)

### 1.7.2.5. 802.11w

El estándar 802.11w intenta extender la protección que aporta 802.11i, para esto protege las tramas de gestión responsables de las principales operaciones en una red.

Anteriormente las tramas de gestión no contenían información sensible por lo tanto no necesitaban protección. Actualmente por las redes inalámbricas fluyen datos altamente confidenciales. IEEE 802.11w propone extender a todas estas nuevas funciones los esquemas de seguridad de 802.11i sin necesidad de realizar cambios en el hardware, únicamente será necesario modificar el firmware de los puntos de acceso y los dispositivos cliente.

IEEE 802.11w proporcionará tres tipos de protección:

- **Seguridad en las tramas de gestión unicast o tramas entre un punto de acceso y un cliente:** las tramas de gestión unicast sin protección se convierten en un atractivo objeto de ataque para descubrir la configuración de la red, localizar los dispositivos y organizar ataques de denegación de servicio (DoS).

802.11w propone llevar los actuales algoritmos de encriptación de datos a las tramas de gestión unicast, mediante el uso de Temporal Key Integrity Protocol o algoritmos basados en AES, a fin de protegerse contra falsificaciones y proporcionar confidencialidad.

- **Protección de las tramas de gestión en modo broadcast:** utilizadas para ajustar las propiedades de la frecuencia de radio. La propuesta se basa en incorporar a la trama de gestión un código de integridad del mensaje. Un punto de acceso comparte una clave con todos los clientes asociados de forma segura, y todos ellos pueden ver el mensaje; sin embargo, la clave impide que dispositivos ajenos a la red falsifiquen mensajes.

- **Protección de las tramas de disociación y des-autenticación:** el cliente puede determinar si la des-autenticación es válida, utilizando un par de claves de uso único relacionadas.

## **CAPÍTULO II**

### **EL CIGMYP, SU SISTEMA DE RED ACTUAL Y SU FUTURO**

#### **2.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se analizará la infraestructura física de la sede del Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos, para esto se realizará un levantamiento de información de sus características arquitectónicas.

Además se analizará su infraestructura de red para evaluar y dimensionar los requerimientos de la institución y poder plantear el justificativo de la red inalámbrica a diseñarse.

#### **2.2. ANTECEDENTES DEL CIGMYP**

El Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos CIGMYP con sede en la ciudad de San Francisco de Quito, se creó el 29 de Enero de 1968 como una entidad profesional ajena a toda cuestión de carácter político-partidista, religioso o doctrinario.

El CIGMYP es un gremio de profesionales que agrupa a las ramas de la ingeniería geológica, petrolera, minera y ambiental; tiene ámbito regional, por lo cual tiene jurisdicción, competencia y ámbito sobre las provincias de Carchi, Imbabura, Esmeraldas, Napo y Pichincha. Es filial del Colegio Nacional de Ingenieros Geólogos, de Minas y Petróleos, de la Sociedad de Ingenieros del Ecuador, Zona Norte – SIDE NORTE y, a través de ella, de la Sociedad de Ingenieros del Ecuador SIDE. Está integrado por todos los Ingenieros en Geología y especialidades afines, de Minas y de Petróleos que residan en estas regiones y por aquellos que sin residir en estas expresen su voluntad de pertenecer a este Colegio, siempre que hayan cumplido con los requisitos exigidos por la Ley de

Ejercicio Profesional de la Ingeniería, su reglamento, el presente estatuto y demás disposiciones legales vigentes.

### **2.3. CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS DE LA SEDE DEL CIGMYP**

El Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos CIGMYP adquirió el 6 de Noviembre del 2006 su nueva sede administrativa, la que fue remodelada y adecuada físicamente por ser una construcción antigua y a partir del 15 de Diciembre del 2007 se inician las actividades administrativas en la misma.

La nueva sede del CIGMYP se encuentra ubicada en la Parroquia Benalcázar del cantón Quito en la Av. Orellana E4-65 y 9 de Octubre, posee una extensión de 800m<sup>2</sup> y un espacio de construcción aproximado de 600 m<sup>2</sup> dividido en dos plantas de manera no uniforme. La planta baja tiene un área aproximada de 390 m<sup>2</sup> y la planta alta un área de 190 m<sup>2</sup>, donde se encuentran los diferentes departamentos que conforman la institución.

La planta alta es soportada por una infraestructura de madera y únicamente dos departamentos de esta planta cuentan con loza de cemento. Para delimitar los diferentes ambientes de las dos plantas se utilizan paredes de ladrillo cuyo espesor varía entre 20 y 50 cm.

A continuación se detalla los diferentes ambientes que tiene el CIGMYP:

#### **Planta Baja:**

- Business Room
- Recepción
- Bodega

- Cafetería
- Patio
- Guardianía
- Centro de Capacitación Hidrocarburífera y Minera del Ecuador
  - Aula 01 de Capacitación (Auditorio)
  - Aula 02 de Capacitación
  - Aula 03 de Capacitación
- Aula de la Asociación de Ingenieros y Minas del Ecuador AIME

**Planta Alta:**

- Unidad de Comunicación
- Unidad de Proyectos
- Unidad de Operaciones
- Dirección Financiera
- Archivo
- Presidencia
- Asistencia

- Utilería

La figura 2.1 muestra la nueva sede del CIGMYP.



Figura 2.1 CIGMYP

La calidad y capacidad de la infraestructura física de la sede del CIGMYP, a más de contar con departamentos acorde a las necesidades de cada una de las áreas, cuenta con espacios físicos para la recreación y esparcimiento del personal y socios que asisten al Colegio; aulas diseñadas y destinadas para capacitación y departamentos para proyectos, negocios y operaciones. Las tabla 2.1 y 2.2 indican las dimensiones de las aulas y departamentos administrativos de la institución.

<b>Planta Baja</b>	
<b>Departamento</b>	<b>Área(m<sup>2</sup>)</b>
Business Room	17.55
Recepción	3.00
Bodega	3.40
Aula 01 de Capacitación (Auditorio)	46.20
Aula 02 de Capacitación	33.32
Aula 03 de Capacitación	34.70
Aula AIME	31.90
Guardianía	15.00
Cafetería	7.20
Patio	72.80

Tabla 2.1 Dimensiones - Planta baja

<b>Planta Alta</b>	
<b>Departamento</b>	<b>Área(m<sup>2</sup>)</b>
Unidad de Comunicación	14.10
Unidad de Proyectos	33.40
Dirección Financiera	16.30
Unidad de Operaciones	17.50
Presidencia	20.70
Asistencia	10.60
Archivo	2.40
Utilería	1.55

Tabla 2.2 Dimensiones - Planta alta

Un detalle de la distribución del espacio físico de la sede del CIGMYP y ubicación de los departamentos en las dos plantas se pueden observar en los planos en el Anexo A.

Las personas que asisten a la sede del CIGMYP han sido segmentadas en dos grupos:

- Usuarios Fijos (personal administrativo)
- Usuarios Visitantes (socios, personal de capacitaciones)

La tabla 2.3 detalla la distribución del personal administrativo en los diferentes departamentos:

<b>Departamento</b>	<b>Empleados</b>
Unidad de Comunicación	3
Unidad de Proyectos	3
Dirección Financiera	3
Unidad de Operaciones	3
Presidencia	1
Asistencia	1
Recepción	1

Tabla 2.3 Empleados CIGMYP

## **2.4. ESTADO ACTUAL DE LA RED DEL CIGMYP**

### **2.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA RED**

El Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos posee una red cableada que utiliza una topología tipo estrella, su punto central es un switch de marca Linksys de 24 puertos al cual convergen todos los puntos de datos.

Para el servicio de voz el Colegio cuenta con una PBX de marca Panasonic, que le ha permitido cubrir los requerimientos de telefonía. La institución tiene configurado diferentes números de extensiones para cada departamento.

Los equipos se encuentran ubicados físicamente en la bodega, localizada en la planta baja, en donde se encuentra instalado un gabinete de pared o rack de 19" que contienen a los dos paneles metálicos categoría 5e de 24 puertos utilizados para la distribución de los puntos de voz y datos.

La figura 2.2 muestra el cuarto de equipos de la institución.



Figura 2.2 Cuarto de equipos de red

La tabla 2.4 detalla el número de puntos de datos y voz en los diferentes departamentos:

<b>Planta Baja</b>			
<b>Departamento</b>	<b>Número Usuarios</b>	<b>Datos</b>	<b>Voz</b>
Business Room	Ninguno	1	1
Recepción	1	1	2
Bodega	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Aula 01 de Capacitación (Auditorio)	Ninguno	1	Ninguno
Aula 02 de Capacitación	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Aula 03 de Capacitación	Ninguno	1	Ninguno
Aula AIME	Ninguno	Ninguno	Ninguno
<b>Planta Alta</b>			
<b>Departamento</b>	<b>Número Usuarios</b>	<b>Datos</b>	<b>Voz</b>
Unidad de Comunicación	3	2	2
Unidad de Proyectos	3	Ninguno	3
Dirección Financiera	3	2	2
Unidad de Operaciones	3	Ninguno	1
Presidencia	1	1	1
Asistencia	1	2	1

Tabla 2.4 Puntos de voz y datos

Como se observa en la tabla anterior el cableado implementado no permite conectar todos los equipos del personal administrativo, razón por la cual varios equipos se encuentran sin conexión de red y en otros casos se han utilizado hubs para poder conectarlos, como se muestra en la figura 2.3.



Figura 2.3 Deficiencias del cableado

Para el acceso al servicio de Internet el CIGMYP tienen contratado un enlace de 256 Kbps, con la empresa SURATEL, quienes les proveen un modem Tellabs CTE-R, que cuenta con funcionalidades de ruteo, permitiendo que los usuarios tengan acceso al Internet. La figura 2.4 muestra un esquema de la conexión a Internet de la institución.

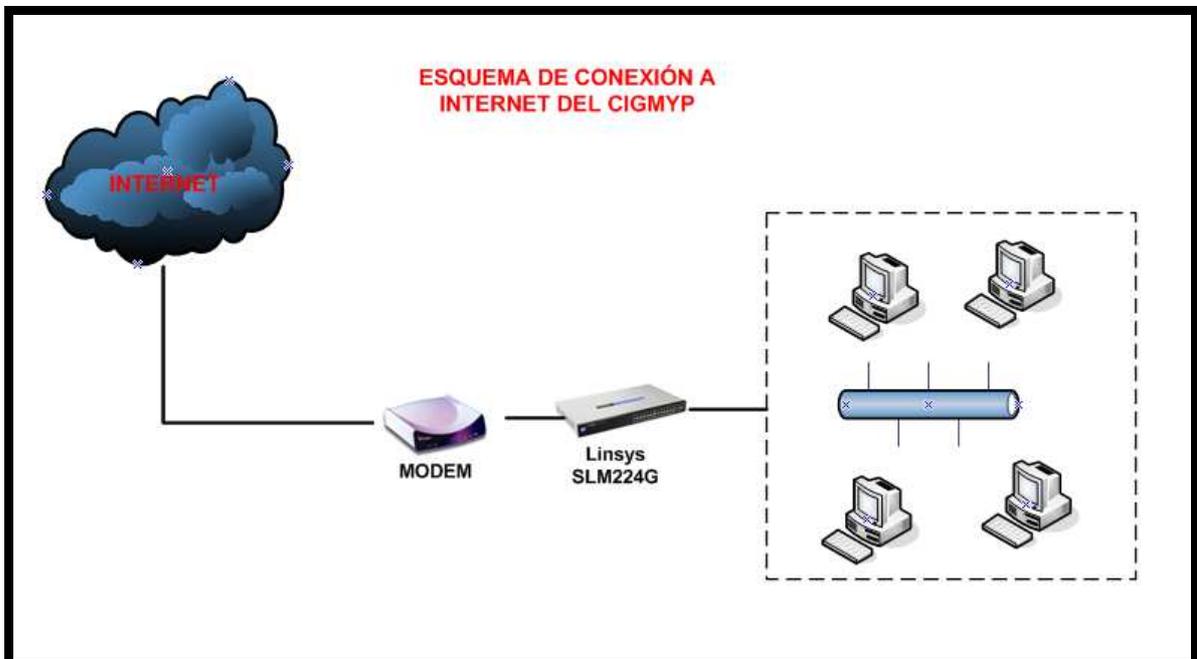


Figura 2.4 Esquema de Conexión a Internet

## **2.4.2. EQUIPOS DE USUARIOS**

Cada usuario posee computadores de escritorio clones, uno por cada usuario. Todos los equipos operan bajo el sistema operativo Windows XP.

Para el servicio de voz los usuarios utilizan teléfonos analógicos que tienen funciones básicas como: identificación de llamada, transferencia de llamada, speaker, capacidad de memoria, etc.

## **2.4.3. SERVICIOS DE LA RED**

Los servicios con los que actualmente cuenta el CIGMYP son:

### **2.4.3.1. Internet**

El proveedor de servicios de Internet es la empresa Suratel que provee un enlace de 256 Kbps empleando un modem Tellabs CTE-R de propiedad del proveedor.

### **2.4.3.2. Correo electrónico**

La empresa Quick Internet es la encargada de proveer el servicio y las cuentas de correo electrónico a la institución lo que ha provocado una deficiencia en la comunicación debido a dos factores:

- La Institución tiene cuentas de correo electrónico para cada uno de sus departamentos, pero no posee cuentas de correo para cada empleado, razón por la cual el personal administrativo en ocasiones utiliza sus cuentas de correo POP3 (hotmail, gmail, yahoo, etc.).
- En varias ocasiones el CIGMYP no ha contado con el servicio de correo electrónico, debido a problemas que se presentan en los servidores de la

empresa proveedora, provocando la incomunicación de los departamentos e institución en general.

Por estas razones, se plantea la opción de implementar un servidor de correo, que permita agilizar la comunicación.

#### **2.4.3.3. Traslado de archivos**

El Colegio no cuenta con un servidor de archivos, la transferencia de información se realiza accediendo a cada equipo de los diferentes departamentos. En otros casos se utiliza equipos externos como: diskettes, cd's, flash memory provocando un deficiente funcionamiento de las máquinas y el daño de estas.

#### **2.4.3.4. Hosting**

La empresa Quick Internet provee el servicio de Hosting para el alojamiento del portal Web que maneja el CIGMYP, este portal es administrado por el personal del Departamento de Comunicación. De igual forma en ocasiones, el CIGMYP ha dejado de contar con este servicio, por problemas que se presentan en los servidores de la empresa.

#### **2.4.3.5. DNS**

El servidor encargado de transformar los nombres de dominio en direcciones IP, es el servidor DNS. El Colegio no tiene un servidor DNS propio que le permita gestionar de forma eficiente la navegación por la web de sus usuarios. El colegio posee el dominio: cigmyp.org, que lo brinda la empresa Quick Internet.

#### **2.4.3.7. Administración de la red**

Actualmente el CIGMYP no cuenta con un sistema de red adecuado ni tampoco con personal capacitado para administrar la red y solucionar los problemas que continuamente se presentan, por estos motivos el colegio se ha visto en la

necesidad de contratar los servicios de empresas de soporte para solucionar los inconvenientes.

Además de estos inconvenientes no existen políticas de seguridad y administración definidas, todos los usuarios pueden acceder a la información sin ningún tipo de restricción provocando en ocasiones la pérdida de la información.

#### 2.4.3.8. Firewall, Antivirus, Antiespam

El CIGMYP tampoco cuenta con hardware o software que le permita proteger su sistema de los diferentes ataques que se presentan día a día, debido a cierto software malicioso que puede ser transferido por diferentes medios (correo electrónico, internet, equipos externos, etc.) o por ataques al sistema para obtener información privada. Esto hace muy vulnerable a la información que maneja la institución.

### 2.5. ESTRUCTURA DE LA RED

La figura 2.5 muestra la estructura actual de la red del Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos.

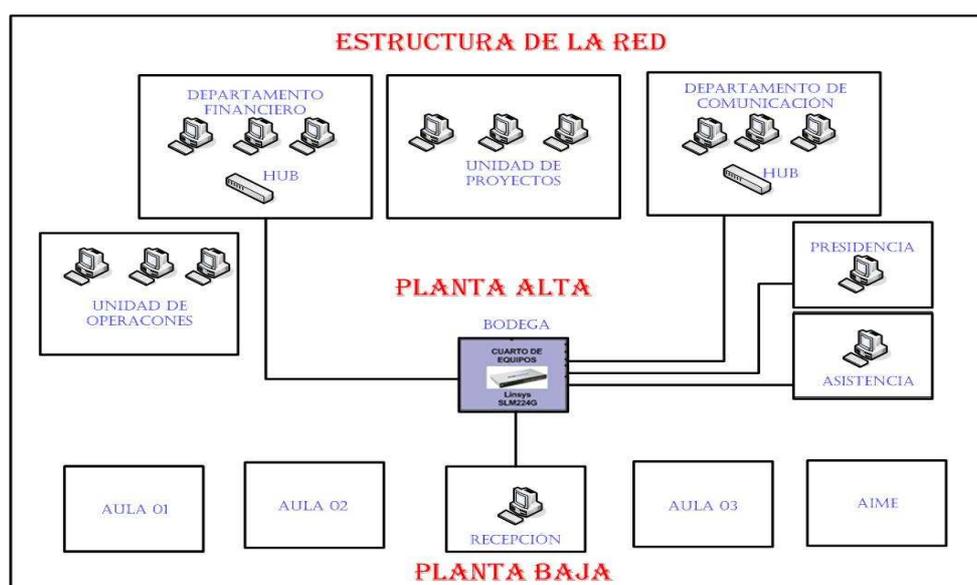


Figura 2.5 Estructura de la Red del CIGMYP

## 2.6. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

En las tablas 2.5, 2.6 y 2.7 se describe las características de los equipos y el cableado utilizado en la red para los servicios de voz y datos:

EQUIPO	Switch
MARCA	Linsys
MODELO:	SR224G
CANTIDAD	<b>1</b>
<b>CARACTERISTICAS:</b>	
Descripción del producto:	Linksys 24-port 10/100 + 2-port 10/100/1000 Gigabit Smart Switch with 2 combo SFPs SLM224G - conmutador - 24 puertos
Tipo de dispositivo:	Conmutador
Factor de forma:	Externo - 1U
Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura):	44 cm x 25.7 cm x 4.3 cm
Peso:	2.9 kg
Cantidad de puertos:	24 x Ethernet 10Base-T, Ethernet 100Base-TX, Puertos auxiliares de red: 2x10/100/1000Base-T/SFP (mini-GBIC)(señal ascendente)
Velocidad de transferencia de datos:	100 Mbps
Protocolo de interconexión de datos:	Ethernet, Fast Ethernet
Protocolo de gestión remota:	HTTP
Características:	Control de flujo, conmutación Layer 2, auto-sensor por dispositivo, soporte de DHCP, negociación automática, soporte VLAN, señal ascendente automática (MDI/MDI-X automático), snooping IGMP, copia de puertos, Weighted Round Robin (WRR) queuing, store and forward, filtrado de dirección MAC, Broadcast Storm Control, Quality of Service (QoS)
Cumplimiento de normas:	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3z, IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, IEEE 802.3ab, IEEE 802.1p, IEEE 802.3x, IEEE 802.3ad (LACP), IEEE 802.1x
Alimentación:	CA 120/230 V

Tabla 2.5 Switch Linksys SR224G



Figura 2.6 Switch Linksys SR224G

EQUIPO	PBX
MARCA	Panasonic
MODELO	KX-TES824
CANTIDAD	1
<b>CARACTERISTICAS:</b>	
Capacidad Máxima:	8 CO y 24 Extensiones
	16 Híbridas,
	8 Sencillas
Método de Discado:	Externo: Tono/Pulso (10pps, 20pps)
	Interno: Tono/Pulso (10pps, 20pps)
Conversión de Discado:	Pulso a Tono
Conexiones:	Líneas CO: Jack Modular RJ-11
	Internos: Jack Modular (4 hilos)
	Voceo: Jack Conductor
	Música Externa: Jack Conductor
	SMDR: Interface RS-232C Puerto (9 pines D-SUB)
	Programación: RS-232C/USB/modem remoto
SMDR:	Detalle de Grabación : Fecha, Hora, Número de Extensión,
	Número de Troncal, Números Marcados, Duración de la
	Llamada y Código de Cuenta, Identificador de llamada*3
Puertos para Correo de Voz:	2 puertos (APT o DTMF)
Fuente de Poder:	AC 110 – 240 Voltios, 50/60Hz
Requerimientos de Energía (max.):	45W
Dimensiones:	368mm x 284mm x 102mm
Peso (cuando tiene todos los accesorios):	Aprox. 3.5Kg

Tabla 2.6 PBX Panasonic KX-TES824



Figura 2.7 PBX Panasonic KX-TES824

CABLEADO	CARACTERISTICAS
Par trenzado	UTP. Categoría 5e
Patch Panel	Categoría 5e. Estándares TIA/EIA 568A o TIA/EIA 568B. Terminación RJ-45
Organizador	Funcional para cable UTP
Rack Metálico	Formato 19"

Tabla 2.7 Características del cableado

## 2.7. REQUERIMIENTOS DEL CIGMYP

La red actual del CIGMYP no cuenta con un diseño sistemático que le permita cubrir sus requerimientos, provocando que se limite la planificación de proyectos en la Institución.

Debido a estas razones se realizó un análisis de los requerimientos que demanda el CIGMYP, en función de las actividades que el personal administrativo desarrolla día a día y de los proyectos a implementarse a futuro.

1. Contar con un diseño sistemático de red que permita la interconexión de todos los equipos que se encuentran en los diferentes departamentos permitiendo la compartición de recursos, información, etc.

2. Contar con un sistema de red que soporte las aplicaciones que serán utilizadas por el personal administrativo y demás usuarios que asisten a la institución, brindándoles los requerimientos necesarios (Calidad de Servicio) para su correcto funcionamiento.
3. El CIGMYP desea implementar equipos que se encuentren al servicio de los socios que asisten diariamente al Colegio.
4. El CIGMYP tienen la finalidad de convertirse en una institución promotora de eventos de capacitación, para esto desea implementar equipos en las aulas de capacitación, convirtiéndolas en centros de transferencia de información.
5. Permitir la conexión al Internet de los equipos que estarán a disposición de los socios y también permitir que las máquinas que estarán en las aulas de capacitación cuenten con este servicio cuando sea necesario.
6. Para el servicio de voz, el Colegio seguirá utilizando su sistema actual de telefonía, pero además implementará una central IP para ofrecer el servicio de VoIP a los socios y personal administrativo de algunos departamentos.
7. Contar con un sistema de seguridad y administración de la información para gestionar de forma eficaz cualquier situación anormal que se presente en el sistema de red, logrando proteger la integridad y privacidad de la información.

## **2.8. JUSTIFICACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA A DISEÑARSE**

Para que el Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos CIGMYP cumpla con sus actividades administrativas de forma eficiente, brinde un servicio a los socios que asisten diariamente a la institución y principalmente para que pueda

ofrecer capacitaciones en las aulas de capacitación es necesario plantear un sistema de red que cubra estos requerimientos.

Se plantea la propuesta de implementar un sistema de red inalámbrico, debido a que la sede del Colegio es una construcción antigua y que ya fue sometida a trabajos de remodelación, donde se aprovechó para realizar el cableado actual, por lo tanto no sería prudente realizar nuevamente trabajos que alteren la estructura física de la sede. Al proponer la implementación de una red inalámbrica se pretende aprovechar el cableado existente en la sede y permitir que este coexista con la red inalámbrica como una sola red corporativa evitando realizar trabajos de expansión del segmento cableado.

Otro de los factores por el que se pretende implementar la red inalámbrica es para ahorrar en tiempo y costos, debido a que la creación de nuevos puntos de red o movimientos de los mismos demandaría más tiempo de implementación, por las modificaciones físicas y trabajos de obra civil que se deberían realizar, generando costos adicionales a los gastos que se debería cubrir únicamente por el cableado de los puntos de red.

Por estos motivos la implementación de una red inalámbrica se plantea como la solución más idónea para cubrir los requerimientos planteados.

## **CAPÍTULO III**

# **DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA PARA EL COLEGIO DE INGENIEROS GÉOLOGOS, MINAS Y PETRÓLEOS CIGMYP**

### **3.1. INTRODUCCIÓN**

En base a la situación actual y requerimientos que demanda el Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos CIGMYP, analizadas en el capítulo anterior, el presente capítulo tiene como objetivo proponer el diseño de la red inalámbrica para los servicios de voz y datos con calidad de servicio utilizando los estándares IEEE 802.11g, IEEE 802.11e.

Para esto, se establecerán parámetros como: el ancho de banda, velocidad de transmisión, áreas de cobertura entre otras. Además se considerarán criterios de seguridad y gestión de red.

### **3.2. CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO**

Un sistema de red inalámbrico debe garantizar parámetros y condiciones de disponibilidad, escalabilidad, confiabilidad, seguridad, eficiente administración, calidad de servicio en las aplicaciones, que hagan de la red una vía eficiente para la transmisión de información.

#### **3.2.1. DISPONIBILIDAD**

Es imprescindible que un sistema red tenga un grado de continuidad operacional para que los usuarios puedan acceder al sistema sin presentar problemas.

Para cumplir con este requisito es necesario diseñar la red considerando la cantidad de usuarios que operarán en la institución, las aplicaciones que se utilizarán y los equipos que se implementarán en la red. Además se debe diseñar un plan de contingencia ante imprevistos que pueden suscitarse, afectando la disponibilidad de la red.

### **3.2.2. ESCALABILIDAD**

Las redes deben tener la capacidad de adaptarse y acoplarse a nuevos requerimientos sin dejar de brindar calidad en el servicio que prestan.

Este factor es importante en el diseño, debido a que el Colegio desea instalar computadores en los diferentes departamentos y aulas de capacitación.

### **3.2.3. CONFIABILIDAD**

Un sistema es más confiable si es tolerante a fallos evitando que se produzcan tiempos de inactividad cuando ocurra algún problema. Para garantizar este parámetro se busca que exista un sistema redundante.

Para nuestro caso no se justifica la implementación de redundancia, debido a que la red es pequeña y lo único que produciría es la subutilización de equipos.

### **3.2.4. SEGURIDAD**

El concepto de seguridad es importantísimo para el diseño de redes, ningún sistema es completamente seguro y menos con la gran variedad de formas de ataque que existen (virus, hackers, entre otros), pero existen medidas preventivas que permiten cubrir estas vulnerabilidades.

Para el diseño de la red se considerará un modelo de seguridad que solucione los problemas que se han venido presentando en la información que maneja la

institución, basándose principalmente en la autenticación de usuarios y políticas de acceso a los recursos e información.

### **3.3. DISEÑO DE LA RED DEL CIGMYP**

#### **3.3.1. ANÁLISIS DEL ESPACIO FÍSICO DE LA NUEVA SEDE DEL CIGMYP**

Para el diseño de una red inalámbrica es importante analizar la infraestructura física del lugar en donde va a operar la red, para analizar aspectos como: interferencia, atenuación, distorsión, área de cobertura, entre otros.

#### **3.3.2. ATENUACIÓN E INTERFERENCIA**

Las ondas electromagnéticas que se propagan por el aire son susceptibles a sufrir diferentes fenómenos como: desvanecimiento, reflexión, atenuación, dificultando la planificación de una red inalámbrica.

Las paredes, puertas, personas y otros obstáculos provocan interferencia a las señales que viajan obteniendo como resultado que la potencia de la señal transmitida se degrade (atenúe) provocando una disminución en la intensidad de la señal durante la transmisión.

Estos factores son muy importantes en nuestro diseño debido a que la nueva sede del CIGMYP presenta zonas de difícil transmisión para las señales inalámbricas por las características físicas que presenta. Por este motivo en el diseño se analizará la ubicación física de los equipos.

Las tablas 3.1 y 3.2 muestran los materiales de algunos obstáculos, con la interferencia y atenuación que producen.

<b>MATERIAL</b>	<b>EJEMPLO</b>	<b>INTERFERENCIA</b>
Madera	Tabiques	Baja
Amianto	Techos	Baja
Yeso	Paredes Interiores	Baja
Vegetación	Árboles y Plantas	Media
Agua	Lluvia y Niebla	Media
Cerámica	Tejas	Media
Vidrio	Ventanas	Alta
Metal	Vigas	Alta

Tabla 3.1 Materiales que causan interferencia<sup>1</sup>

<b>TIPO DE OBSTÁCULO</b>	<b>ATENUACIÓN (db.)</b>
Tipo 1: Mampara de materiales sintéticos o de madera de un grosor de 2 o 3 cm.	8,10
Tipo 2: Paredes de 4 o 5 cm de grosor. Materiales sintéticos madera o yeso	13,00
Tipo 3: Paredes entre 10 y 15 cm de grosor de yeso, ladrillos y baldosas	20,90
Tipo 4: Paredes entre 30 y 60 cm de grosor de yeso, ladrillos y cemento	32,80
Vidrios: Se incluye ventanas y puertas de vidrio	19,20
Metales: Ascensor, puertas y estanterías metálicas	32,25

Tabla 3.2 Atenuación de las señales inalámbricas<sup>2</sup>

### 3.3.3. DISTORSIÓN

La distorsión se refiere a la alteración no deseada de la señal que se envía por el canal de comunicación. Todas las señales sufren alteraciones en amplitud, frecuencia o fase, porque no existen dispositivos ideales.

La distorsión se produce en función de tres factores:

- Distancia entre el emisor y el receptor.
- Entorno en el que se mueve la señal.

<sup>1</sup> GOMEZ Fernando, "Diseño, Estudio y análisis de costos de una red inalámbrica para el sistema de comunicaciones interno de PETROECUADOR"

<sup>2</sup> <http://gea.gate.upm.es/comunicaciones-moviles-digitales/contenidos/Presentaciones/WLAN-07.pdf>

- Número de componentes por el que tiene que pasar la señal.

### 3.3.4. ÁREA DE COBERTURA

La red a diseñarse debe brindar cobertura a los departamentos administrativos y salas de capacitación de la institución.

La cobertura de la red depende tanto de los adaptadores inalámbricos como de los puntos de acceso, más aún cuando los puntos de acceso van a ser instalados en el interior de una casa o edificio en donde se puede tener coberturas que alcancen distancias de 25 a 50 metros, dependiendo de los obstáculos que exista en el lugar.

La figura 3.1 muestra la relación velocidad - alcance en un ambiente típico de oficina.

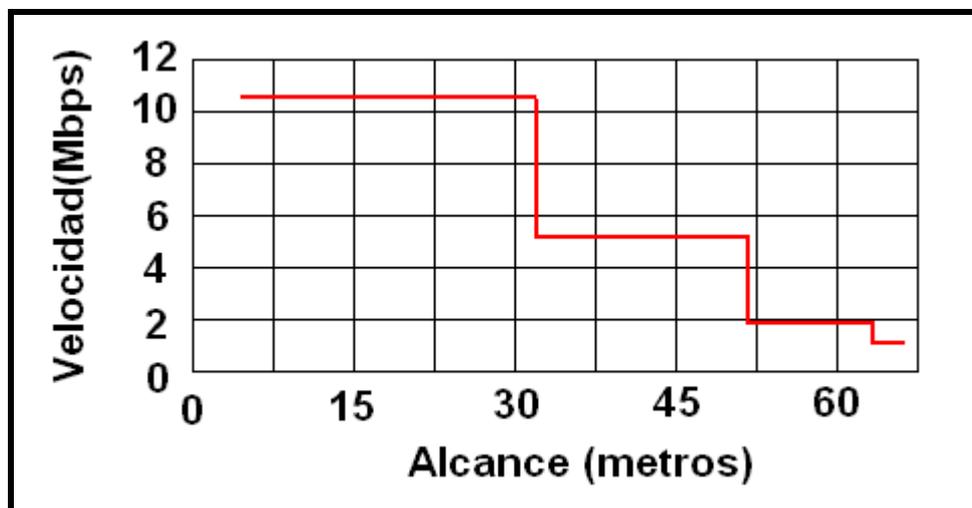


Figura 3.1 Alcance y velocidad en un ambiente típico de oficina<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Wi-Fi, Como construir una red inalámbrica, José Antonio Carballar, 2ed., Pag. 58

### 3.3.5. NÚMERO DE USUARIOS A SERVIR

Cuando se realiza el diseño de una red inalámbrica es importante conocer la cantidad de usuarios que utilizarán los servicios que se brindarán a través de la red (planeación de capacidad). En Ethernet, la planeación de capacidad es un valor absoluto. Por otro lado en Wi-Fi la cantidad de usuarios puede variar enormemente en la medida que estos entren y salgan del área de cobertura, por lo tanto la planeación de la capacidad para las WLAN está representada por una aproximación.

Para dimensionar el número de usuarios que utilizarán los servicios de red se debe considerar los siguientes aspectos:

- En el Colegio labora un número fijo de usuarios (15 empleados) y debido al espacio físico de la sede es difícil pensar en una proyección de crecimiento de empleados.
- El CIGMYP implementará equipos que estarán a disposición de los socios del Colegio, los mismos que serán ubicados en la sala del AIME.
- Para poder contar con verdaderos centros de transferencia de información el CIGMYP dotará de equipos a las aulas de capacitación, en estas se habilitará el servicio de Internet en función de los requerimientos de los cursos.
- Para el servicio de voz se mantendrá la central telefónica, pero se implementará una central IP para ofrecer el servicio de telefonía utilizando software que se instalará en las máquinas del personal administrativo y socios.

Considerando todas estas premisas, para estimar la cantidad de usuarios potenciales de la red inalámbrica clasificaremos a los usuarios en dos categorías:

**Usuarios Fijos:** son aquellos usuarios que laboran en el CIGMYP. En total se tendrán 8 usuarios que utilicen la red inalámbrica, ya que el resto de empleados utilizarán los puntos de red cableados. A futuro se podría pensar que todo el personal utilice los servicios de la red inalámbrica.

**Usuarios Visitantes:** este tipo de usuarios hace referencia a los socios y a las personas que participarán de los cursos de capacitación. Estos usuarios generarán tráfico esporádico en las horas de su permanencia.

Para conocer el número de socios que asisten al Colegio se lleva un registro diario en la recepción, verificándose que en promedio asisten 15 socios al día, mientras que el Departamento de Operaciones, encargada de la planificación de cursos y arrendamiento de las aulas, estima que mensualmente se realizan tres capacitaciones mensuales, con una duración de 3 a 5 días y un promedio de asistencia de 25 a 40 personas.

### **3.3.6. CALIDAD DE SERVICIO**

La red inalámbrica debe permitir la integración de la voz y el video, aplicaciones que por su naturaleza deben ser transmitidas en tiempo real.

Para poder cubrir este requerimiento se hará uso de la calidad de servicio, parámetro que permite dar más prioridad de transmisión a unos paquetes de datos que a otros. Además se ha considerado que la implementación de calidad de servicio permite un mejor desempeño de la red y sobre todo la satisfacción de los usuarios.

Para poder implementar calidad de servicio en la red inalámbrica será importante la selección de equipos que soporten este parámetro.

### **3.3.7. ADMINISTRACIÓN DE LA RED**

La administración tiene como objetivo controlar la información que circula a través de la red, evaluar el desempeño de los equipos que la conforman, etc., permitiendo detectar problemas que pueden presentarse para su rápida solución. Además permite implementar mejoras en la red en función de los requerimientos y necesidades que aparecen por parte de los usuarios.

En nuestro caso se considerarán las siguientes políticas de administración:

- Implementar un sistema de monitoreo de los equipos para obtener información del estado de la red, detectar problemas y evaluar el desempeño de esta.
- Habilitar la administración remota de los Access Point, con la finalidad de facilitar su administración.
- Implementar políticas de usuario con la finalidad de evitar problemas en los equipos, como por ejemplo la instalación de software que pueda generar infección de virus.

### **3.3.8. APLICACIONES QUE SE UTILIZARÁN EN LA WLAN Y SUS REQUERIMIENTOS**

Las aplicaciones que deberá soportar la WLAN son las mencionadas en el capítulo anterior, resumiéndose en transferencia de archivos, correo electrónico, navegación por Internet y otros servicios (impresión, fax, etc.). Adicionalmente a estas se debe integrar el servicio de voz y video, brindando calidad de servicio.

#### **3.3.8.1. Requerimientos para la transmisión de voz**

Implementar el servicio de voz utilizando el protocolo IP permite tener una convergencia de los servicios utilizando la infraestructura de la red de datos. Se

debe considerar que la voz es una aplicación crítica y debe ser transmitida en tiempo real debido a que los paquetes de voz no toleran tiempos de retardo elevados, ya que eso degrada el servicio. Por esta razón es importante priorizar el tráfico de la voz.

El ancho de banda que ocupa una aplicación de voz digitalizada, se la puede calcular mediante el teorema de Nyquist<sup>4</sup>:

$$C = 2AB \times \log_2 M \text{ (bits / segundo)}$$

*Donde :*

*C = Velocidad máxima de transmisión*

*AB = Ancho de Banda, 4 KHz para audio*

*M = Número de estados posibles de la señal transmitida*

Para la digitalización de la voz es posible utilizar una serie de codificadores que utilizan distintos métodos de compresión, de allí que la transmisión de voz puede ocupar diferente ancho de banda. Los dos esquemas más utilizados en aplicaciones de voz sobre IP son las normas G.723.1 y la G.729a que toman muestras con mayor frecuencia.

Para implementar el servicio de VoIP es necesario contar con una central telefónica o PBX que permita integrar la red de voz a la red de datos (IP PBX), como por ejemplo Asterisk<sup>5</sup>.

## **Calidad de Servicio**

Para brindar un servicio de voz adecuado es necesario que la red cumpla con requerimientos como: un ancho de banda óptimo en nuestro servicio de Internet, un servidor dedicado al servicio de voz, calidad de servicio en nuestra Red, etc.

---

<sup>4</sup>Teorema de Nyquist: el número de baudios que puede transmitirse por un canal no puede ser superior al doble de su ancho de banda.

<sup>5</sup>Asterisk (PC-PBX) es una aplicación para servidor de comunicaciones, el cual permite emular todas las funciones de una PBX tradicional, su arquitectura física está basada en la tecnología de un computador personal. Asterisk es del tipo Open Source.

### 3.3.8.2. Requerimientos para la transmisión de video

El crecimiento explosivo del Internet y el incremento de la información multimedia ha generado un gran interés en la industria. El video sobre Internet representa grandes desafíos debido a que este medio ofrece generalmente el servicio de mejor esfuerzo<sup>6</sup>.

Video sobre IP es una tecnología que permite que las señales de video sean capturadas, digitalizadas, secuenciadas, administradas y transmitidas sobre redes IP.

Si bien el video sobre IP abarca tres categorías: video bajo demanda<sup>7</sup>, videoconferencia y video broadcasting<sup>8</sup>, al CIGMYP le interesa contar únicamente con el servicio de videoconferencia que consiste en una comunicación simultánea bidireccional de audio y video en tiempo real permitiendo mantener una comunicación entre dos puntos geográficamente alejados. La capacidad de canal requerido para este servicio, está de acuerdo a la capacidad del equipo terminal, por lo general las especificaciones recomiendan un canal mínimo de 128 Kbps para una transmisión aceptable.

A diferencia del correo o de aplicaciones típicas, la videoconferencia requiere límites en parámetros como el jitter y la latencia. El rango total de retraso para una comunicación de video en un sentido es aproximadamente 125 - 150 milisegundos, en cuanto a la pérdida de paquetes se debe tener en cuenta:

- El jitter puede causar pérdida de paquetes.
- Una pérdida de paquetes de 1% puede producir congelamiento en el video y/o pérdida del audio.

---

<sup>6</sup>Servicio que no proporciona una garantía en cuanto al ancho de banda, al retraso (jitter) ó la pérdida de la tasa de bits.

<sup>7</sup>Permite a un usuario acceder a una determinada secuencia de video almacenada en un servidor, o a una visualización en tiempo real

<sup>8</sup>Transmisión unidireccional de video, los puntos terminales son simples visualizadores pasivos sin control sobre la sesión

- Una pérdida de paquetes de 2% puede hacer que el video sea inusable, aunque el audio puede sonar algo aceptable.
- Perdida de paquetes por arriba del 2 % es inaceptable en una videoconferencia de calidad empresarial.

Para que el Colegio cuente con el servicio de videoconferencia es necesario contar con un ancho de banda adecuado, evitando que se puedan presentar inconvenientes en la red como: congestión, pérdida de paquetes, etc. Además es importante tener una plataforma adecuada para el servicio, como por ejemplo Windows Media Player.

### 3.3.8.3. Requerimientos para la transmisión de datos

En lo relativo a los datos, las exigencias son menores. Es deseable que la velocidad no sea muy pequeña para que la transferencia de archivos no lleve demasiado tiempo. En este tipo de aplicaciones el retardo no es un factor relevante y el jitter no afecta a la transmisión.

La tabla 3.3 muestra el tamaño típico de algunos tipos de información.

<b>Tipo de Información</b>	<b>Tamaño Típico</b>
Mensaje de Correo Electrónico	2,2KB
Documento de 20 páginas	44KB
Imagen Gráfica	330 KB

Tabla 3.3 Tamaño de las Informaciones<sup>9</sup>

### 3.3.9. CLASIFICACIÓN DEL TRÁFICO DE LA RED

Para definir el ancho de banda que debemos contratar a nuestro proveedor de servicio de Internet y establecer el correcto funcionamiento de la red inalámbrica,

<sup>9</sup> Wi-Fi, Como construir una red inalámbrica, José Antonio Carballar, 2ed., Pág. 130

se analizará la cantidad de tráfico que se va a cursar en la hora de mayor afluencia.

Para cumplir con este propósito es necesario conocer el número de socios y la cantidad de personas que asisten a las capacitaciones:

- En base a los registros diarios que se lleva en Recepción se concluye que la horas de mayor afluencia de los socios se da en la mañana, con un 60% de visitantes equivalente a 9 socios.
- Las capacitaciones se coordinan a cualquier hora del día con un promedio de asistencia de 25 a 40 personas.

Considerando estos dos aspectos, en el caso más crítico se tendrán 49 usuarios (9 socios y 40 personas de las capacitaciones), a este número se debe agregar los 15 usuarios fijos, teniendo un total de 64 usuarios potenciales. Este será el caso donde la red inalámbrica soportará la mayor cantidad de tráfico.

Para el cálculo del Ancho de Banda es necesario identificar las aplicaciones que acceden al Internet y cuales con las que generan tráfico interno.

**Tráfico Interno:** el tráfico interno es aquel que fluirá solo a través de la red inalámbrica y no tendrá acceso al Internet como por ejemplo la transferencia de archivos.

**Tráfico Externo:** el tráfico externo, se lo define como aquel que sale o entra de la red interna. Para nuestro caso solamente será tráfico de Internet.

### 3.3.10. DIMENSIONAMIENTO DEL ANCHO DE BANDA PARA EL ACCESO A INTERNET

Para dimensionar el ancho de banda requerido analizaremos las aplicaciones que utiliza el Colegio.

En las aplicaciones de mejor esfuerzo (http, correo, chat, etc.), es difícil establecer el verdadero ancho de banda que ocuparían, debido a que estas dependen exclusivamente de la calidad y cantidad de información que contiene las páginas.

Un sitio Web, puede emitir contenidos de muchos formatos, tales como documentos HTML, imágenes, sonidos y videos. El tamaño del contenido, la estructura y los enlaces que contiene, afectan en el rendimiento. Por ejemplo, una página popular con muchos gráficos, podría tener un fuerte impacto en las conexiones de la red<sup>10</sup>. Otro factor a tomar en cuenta es el tráfico de las aplicaciones web, ya que este se presenta en ráfagas<sup>11</sup>.

Actualmente el Colegio cuenta con un enlace de 256 Kbps. La tabla 3.4 indica el ancho de banda que le corresponderá a cada usuario<sup>12</sup> en el caso de conservar la capacidad de este enlace y presenta diferentes escenarios en donde se considera la cantidad de usuarios que realizan peticiones a la Web, tomando como caso más crítico a los 64 usuarios potenciales.

Ancho de Banda contratado al ISP	Todos los usuarios realizan peticiones (64 usuarios)	El 40% de usuarios realizan peticiones (26 usuarios)	El 10% de usuarios realizan peticiones (7 usuarios)
256 Kbps	4 Kbps	9.9 Kbps	36.6 Kbps

Tabla 3.4 Ancho de banda por usuario

Utilizando los datos de la tabla 3.4 se analizará el tiempo que le tomará a un usuario descargar diferentes tipos de archivos, tomando como referencia al correo electrónico, páginas web y documentos con imágenes:

<sup>10</sup> <http://personals.ac.upc.edu/leandro/pubs/tesis-vjsosa.pdf>

<sup>11</sup> Tráfico en ráfagas: tráfico cuya transmisión aleatoria de datos llega a alcanzar tasas pico que exceden la tasa promedio por factores de 8 a 10.

<sup>12</sup> Para obtener el ancho de banda por usuario, se dividió el ancho de banda total para el número de usuarios.

- **Correo Electrónico:** tiene un tamaño aproximado de 26 Kbytes.<sup>13</sup>
- **Página Web/Documentos de Texto:** tienen un tamaño aproximado de 156 Kbytes.<sup>14</sup>
- **Aplicación de software/Documentos con imágenes, audio y video:** tienen un tamaño promedio de 312 Kbytes.<sup>15</sup>

La tabla 3.5 indica el tiempo de descarga<sup>16</sup> para los diferentes tamaños de archivos:

<b>Ancho de Banda</b>	<b>Archivo de 26 Kbytes</b>	<b>Archivo de 156 Kbytes</b>	<b>Archivo de 312 Kbytes</b>
<b>4 Kbps. Condición Crítica (Todos los usuarios realizan peticiones)</b>	52 segundos	312 segundos	624 segundos
<b>9.9 Kbps. El 40% los usuarios realizan peticiones</b>	21 segundos	126 segundos	252 segundos
<b>36.6 Kbps. Bajo número de peticiones similar al 10% de todos los usuarios</b>	6 segundos	34 segundos	68 segundos

Tabla 3.5 Tiempos de descarga de archivos

Como se puede apreciar en la tabla anterior, un ancho de banda de 4 Kbps por usuario en horas pico produciría tiempos de respuesta elevados (624 segundos para un archivo de 312 KBytes). Por otro lado, cuando exista un número menor a los 64 usuarios, se tendrá mejores tiempos de respuesta porque se contará con mayor ancho de banda por usuario.

<sup>13</sup> [http://technet.microsoft.com/es-es/library/aa997839\(EXCHG.65\).aspx](http://technet.microsoft.com/es-es/library/aa997839(EXCHG.65).aspx)

<sup>14</sup> MEDINA Rubén, QUISHPE Juan, “ Análisis de los parámetros de Calidad de Servicio (QoS) de las tecnologías inalámbricas Wi – Fi y Wi – Max su operación y su consideración en el diseño de una red de voz y datos para el teleférico Cruz Loma”

<sup>15</sup> <http://www.maxglaser.net/el-tamano-de-las-paginas-web-se-ha-triplicado-desde-el-2003/>

<sup>16</sup> El tiempo de descarga es igual al tamaño del archivo, transformado a bits, por el ancho de banda de cada usuario

Debemos indicar que los usuarios también estarán interesados en utilizar aplicaciones de tiempo real como el Msn Messenger. Para este tipo de aplicaciones se recomienda un ancho de banda mínimo de 16 kbps<sup>17</sup> para su correcto funcionamiento.

Las aplicaciones de telefonía IP corresponderán solo a tráfico interno, el cual accederá a la red pública de telefonía (PSTN) o se propagará por la red interna. Por este motivo, no se considerará su ancho de banda para el cálculo de la capacidad del enlace a Internet. En lo que se refiere a la videoconferencia, por tratarse de una aplicación que será utilizada ocasionalmente, se considerará un ancho de banda mínimo para tener una transmisión aceptable.

Para calcular el ancho de banda necesario se debe identificar el número de usuarios, para esto se realizó una encuesta a los empleados, socios y personas de las capacitaciones del CIGMYP.

La tablas 3.6 y 3.7 indica la cantidad de usuarios que fueron encuestados y los resultados obtenidos:

**¿Cuales de las siguientes aplicaciones utilizaría en el Colegio si dispondría de Internet: WWW, E-mail, Chat (Msn Messenger), Otros?**

**MUESTRA<sup>18</sup>**

	<b>Muestra</b>
<b>Personal Administrativo</b>	<b>15</b>
<b>Socios</b>	<b>10</b>
<b>Estudiantes Cursos</b>	<b>20</b>
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>

Tabla 3.6 Cantidad de usuarios encuestados

<sup>17</sup>MEDINA Rubén, QUISHPE Juan, “ Análisis de los parámetros de Calidad de Servicio (QoS) de las tecnologías inalámbricas Wi – Fi y Wi – Max su operación y su consideración en el diseño de una red de voz y datos para el teleférico Cruz Loma”

<sup>18</sup> El muestreo de usuarios se lo realizó de forma aleatoria tomando como referencia los registros de asistencia diaria de los socios y un curso de capacitación de 30 personas

## RESULTADOS

	WWW	E-mail	Chat (Messenger)	Otros(Descargas)
<b>Personal Administrativo</b>	13	10	10	2
<b>Socios</b>	8	5	2	1
<b>Estudiantes Cursos</b>	15	5	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>3</b>

Tabla 3.7 Resultados de las encuestas

La tabla 3.8 indica el porcentaje de utilización<sup>19</sup> de las aplicaciones en función de los resultados obtenidos de las tablas 3.6 y 3.7:

Usuarios	Aplicación	Porcentaje de Utilización %
<b>Personal Administrativo</b>	WWW	87
	E-mail	67
	Chat	67
	Otros	13
<b>Socios</b>	WWW	80
	E-mail	50
	Chat	20
	Otros	10
<b>Capacitaciones</b>	WWW	75
	E-mail	25
	Chat	0
	Otros	0

Tabla 3.8 Porcentaje de utilización de las aplicaciones

La tabla 3.9 y la figura 3.2 muestran la cantidad de usuarios que utilizarán las diferentes aplicaciones<sup>20</sup>, para esto se utilizó los resultados de la tabla anterior y se los aplicó al caso más crítico de usuarios (64 usuarios).

<sup>19</sup> El porcentaje de utilización de cada aplicación se la obtuvo de la siguiente forma: (Usuarios por aplicación x 100) / Usuarios encuestados

<sup>20</sup> El número de usuarios para cada aplicación, utilizando los 64 usuarios, se la obtuvo de la siguiente forma: (Porcentaje de utilización por aplicación) x (Usuarios totales por aplicación)

	WWW	E-mail	Chat (Msn Messenger)	Otros(Descargas)
<b>Personal Administrativo</b>	13	10	10	2
<b>Socios</b>	7	5	2	1
<b>Estudiantes Cursos</b>	30	10	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>25</b>	<b>12</b>	<b>3</b>

Tabla 3.9 Número de usuarios que utilizarán las aplicaciones

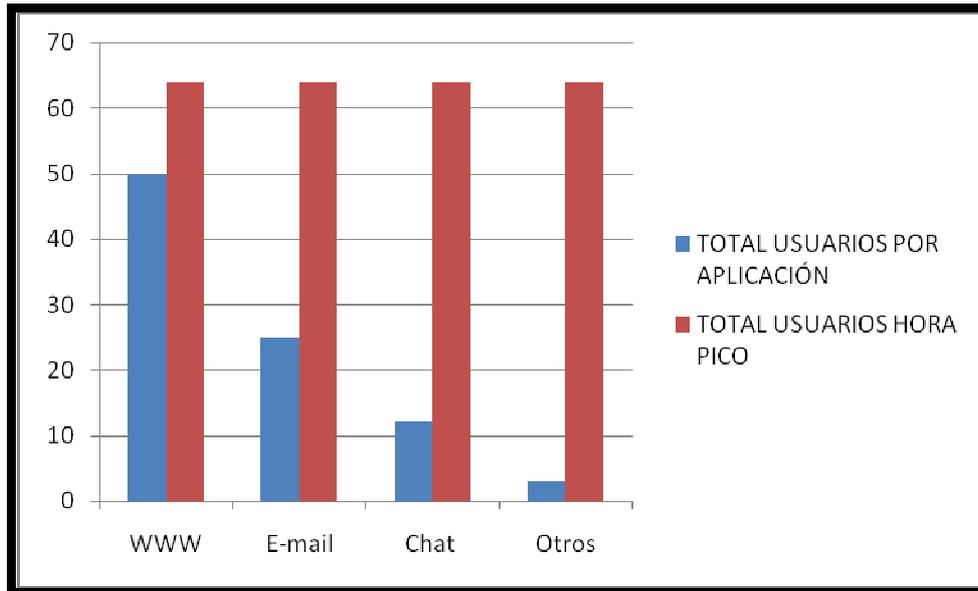


Figura 3.2 Número de usuarios que utilizarán las aplicaciones

Utilizando como ancho de banda por usuario los 4 Kbps calculados en la tabla 3.4 y los 16 Kbps requerido por las aplicaciones en tiempo real, la capacidad del enlace para Internet es:

$$C_{TOTAL} = C_a (\text{www} + \text{E-mail} + \text{otros}) + C_b (\text{Chat} / \text{MsnMessenger})^{21}$$

Donde:  $C_a$  es 4 Kbps y  $C_b$  es 16 Kbps

$$C_{TOTAL} = 4 \text{ Kbps} (50 + 25 + 3) \text{ usuarios} + 16 \text{ Kbps} (12) \text{ usuarios}$$

$$C_{TOTAL} = 504 \text{ Kbps}$$

Se concluye que el ancho de banda que se debe contratar al proveedor de servicios de Internet es de 512 Kbps.

<sup>21</sup> MEDINA Rubén, QUISHPE Juan, “ Análisis de los parámetros de Calidad de Servicio (QoS) de las tecnologías inalámbricas Wi – Fi y Wi – Max su operación y su consideración en el diseño de una red de voz y datos para el teleférico Cruz Loma”

En este cálculo no se ha considerado los 128 Kbps necesarios para el servicio de videoconferencia, debido a que este servicio no es utilizado frecuentemente y lo único que generaría es que el ancho de banda se incremente y lo sub-utilicemos. Por tal motivo cuando este servicio sea requerido se suspenderá el Internet a determinados usuarios para asignar su ancho de banda al servicio de videoconferencia.

### 3.3.11. UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS

#### 3.3.11.1. Site Survey

El Site Survey ayuda a determinar la mejor ubicación para los Puntos de Acceso en la red inalámbrica. Antes de instalar un sistema se recomienda desarrollar el Site Survey para determinar la utilización óptima de los componentes de la red.

En este tipo de pruebas se debe considerar:

- **Velocidades:** la sensibilidad y el rango son inversamente proporcionales a la tasa de transmisión.
- **Ambiente físico:** áreas abiertas y libres de obstáculos proporcionan una mejor cobertura que áreas cerradas y con objetos.
- **Obstrucciones:** Una obstrucción física pueden disminuir el performance del adaptador del cliente.
- **Material de Edificaciones:** Las señales de radio son influenciadas por los materiales de los edificios.

#### 3.3.11.2. Pruebas de enlace

El objetivo es determinar las posibles áreas de cobertura de los puntos de acceso. La aplicación WirelessMon (Figura 3.3) permite medir el nivel de la señal entre el

adaptador cliente y un punto de acceso asociado, el tipo de red (Ad-Hoc, Infraestructura), el tipo de modulación, el número de canal utilizado, etc.

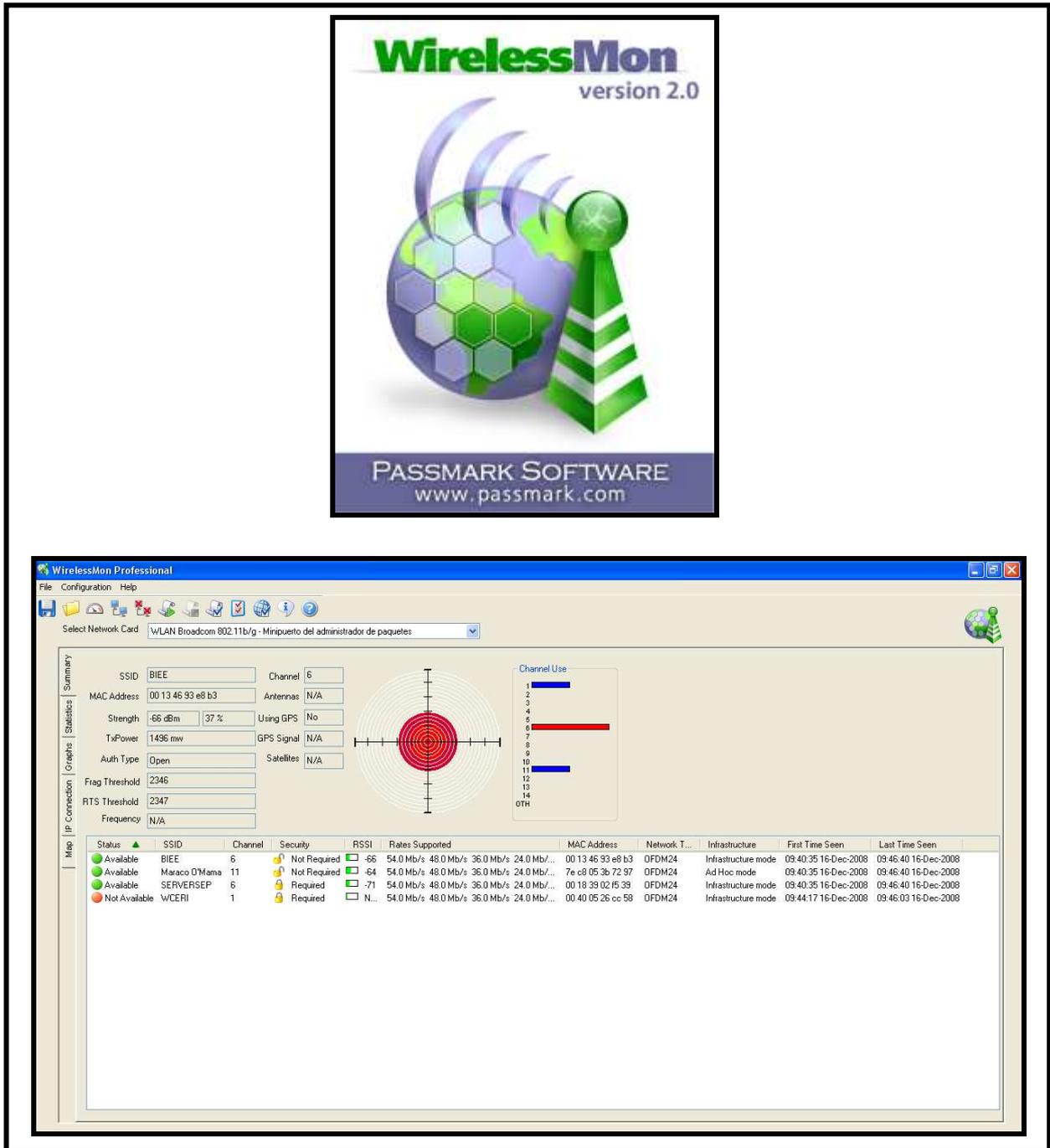


Figura 3.3 WirelessMon

### **3.3.11.3. Realización del Site Survey**

Para iniciar el Site Survey hay que establecer el área que necesita cobertura e inspeccionarla, con la finalidad de reconocer los posibles obstáculos y fuentes de interferencia. Con esta información se determina una ubicación preliminar del punto de acceso para comprobar que se alcance las coberturas y rendimientos esperados. En caso de ser necesario se debe considerar la re-ubicación de los puntos de acceso para alcanzar mejores coberturas y rendimientos. Se debe considerar que las áreas de cobertura se pueden sobreponer.

Con toda esta información es posible dimensionar la cantidad de puntos de acceso necesarios para la red inalámbrica.

### **3.3.11.4. Pruebas de velocidad de conexión**

Para determinar las velocidades de conexión debemos considerar la relación que existe entre velocidad y cobertura.

#### *3.3.11.4.1. Selección de canales*

Debemos tomar en cuenta que los estándares IEEE 802.11b e IEEE 802.11g definen únicamente tres canales no interferidos (canal 1, canal 6, canal 11). Parea realizar una cobertura completa, mediante la superposición de áreas de cobertura, se debe intercalar las frecuencias a las cuales operen los puntos de acceso con la finalidad de no incurrir en interferencia.

#### *3.3.11.4.2. Selección de velocidades*

La cantidad de equipos que se requieran para cubrir una determinada área dependerá de la capacidad de negociación de las velocidades que estos presenten.

### 3.3.11.5. Pruebas realizadas y resultados del Site Survey

Para el diseño de la red se realizó el Site Survey en los lugares donde se requiere conexión, considerando sitios de poco y mayor tráfico, para estas pruebas se utilizó un access point de marca LINKSYS modelo SRX 200.

A continuación se muestra los resultados obtenidos de las pruebas realizadas:

**PLANTA BAJA:** se consideró la posibilidad de utilizar dos access point, ubicados en las Aulas 2 y 3. La figura 3.4 muestra las pruebas realizadas.

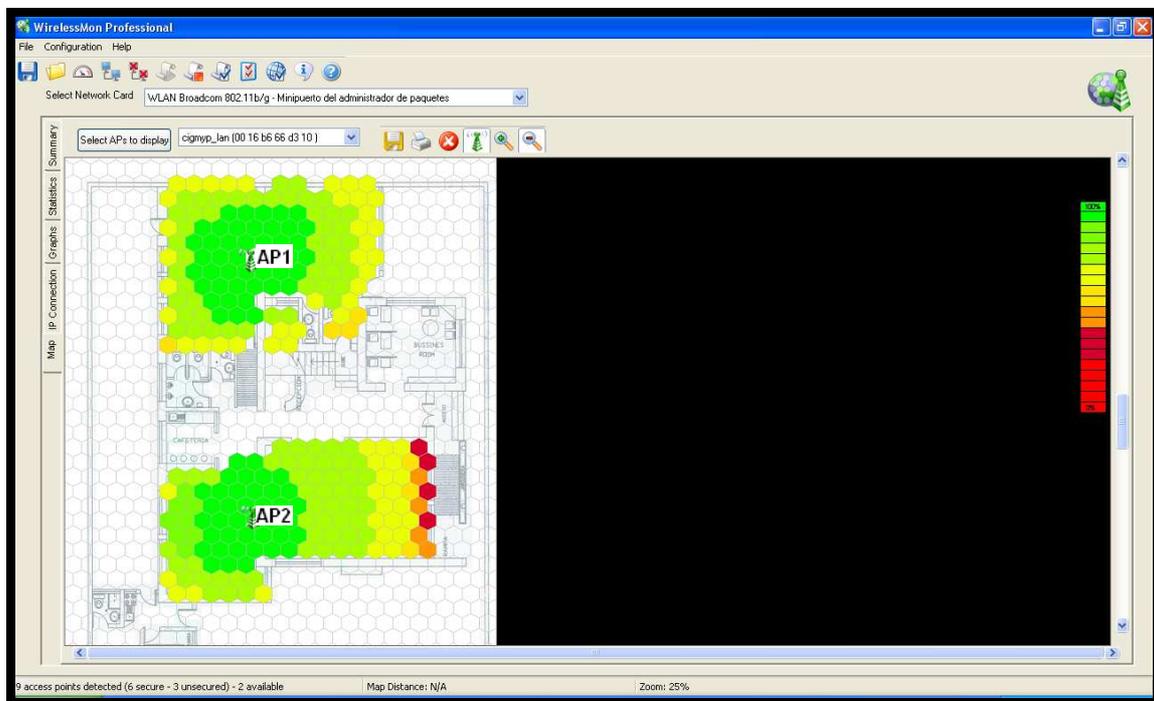


Figura 3.4 (a) Site Survey – Planta baja

Como se observa en la figura anterior el AP1 permite tener cobertura del aula 3 y del aula AIME con velocidades que varían desde los 54Mbps hasta los 48 Mbps.

El AP2 cubre el aula 1 y el aula 2 con velocidades de conexión de 54 Mbps hasta un mínimo de 5.5 Mbps. En las figuras 3.5, 3.6 y 3.7 se observa el estado de conexión del adaptador inalámbrico y los niveles de señal de las pruebas realizadas.

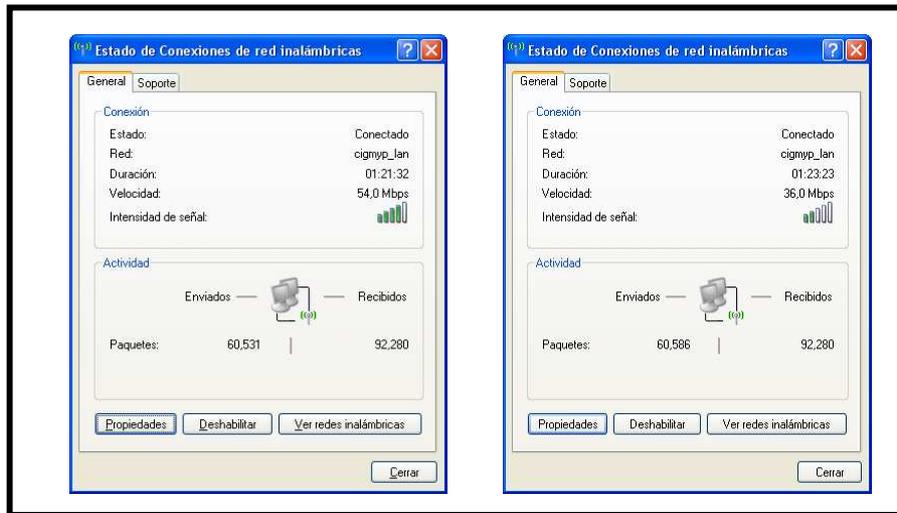


Figura 3.5 Estado de conexiones – Adaptador inalámbrico

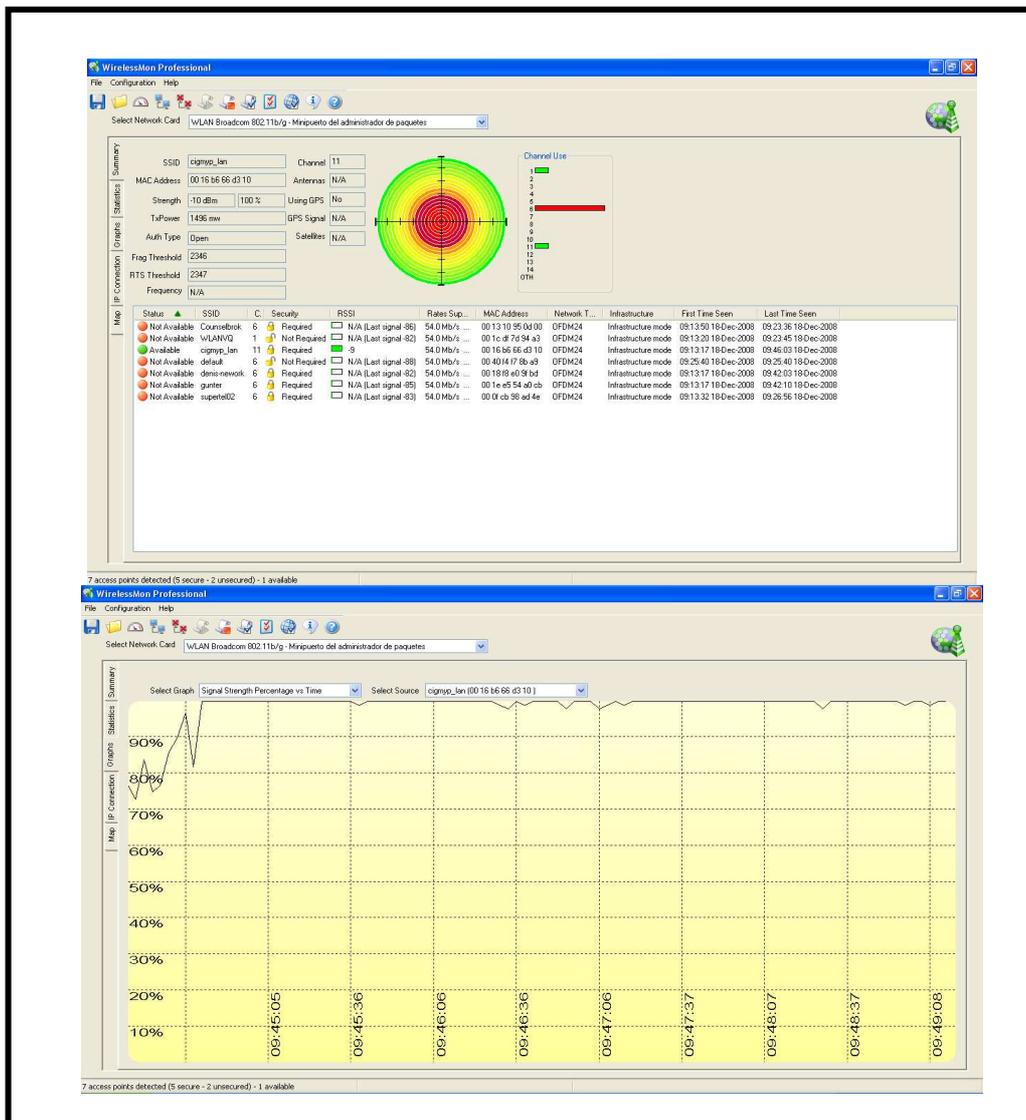


Figura 3.6 (a) Niveles de señal – Planta baja

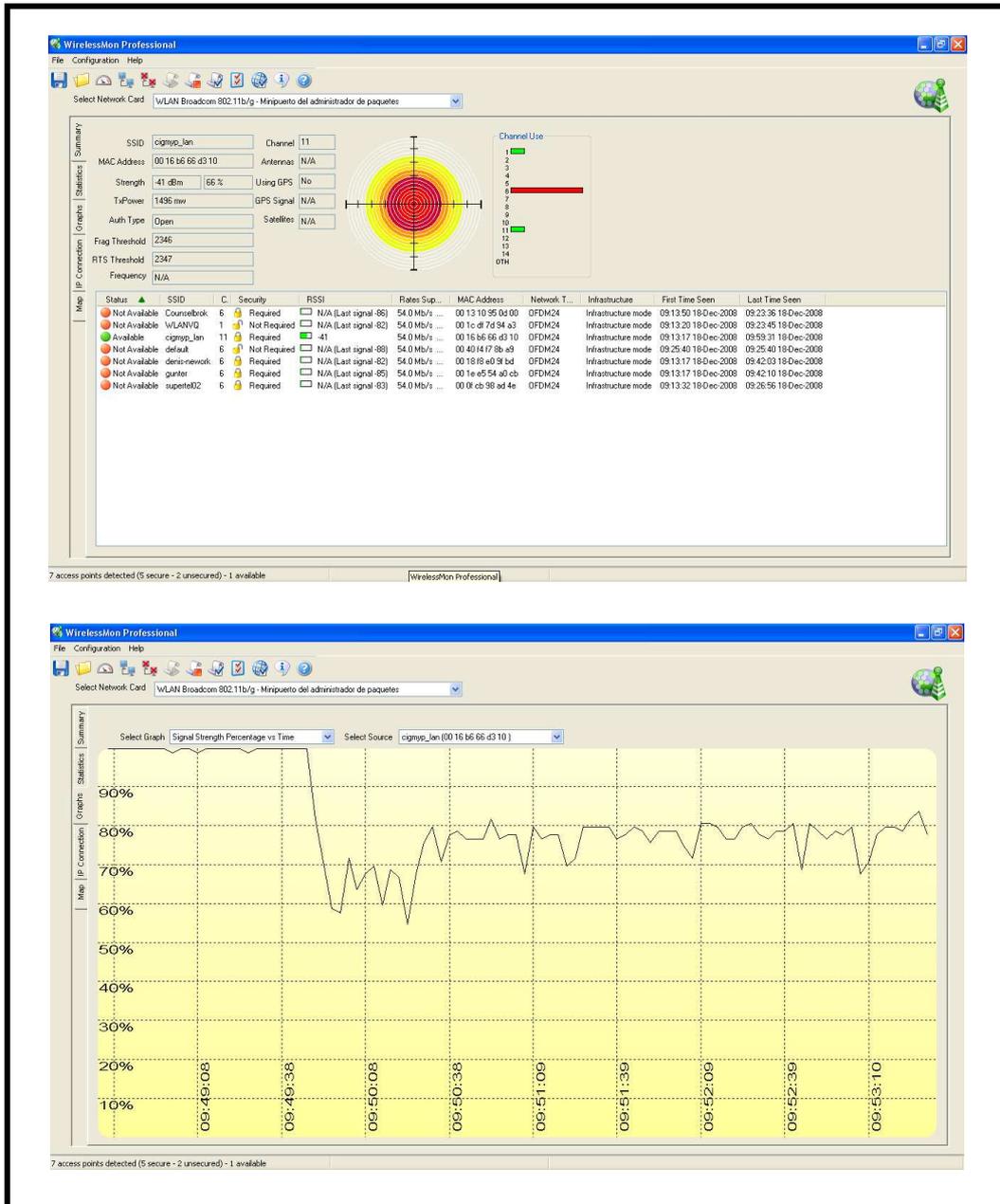


Figura 3.7 (b) Niveles de señal – Planta baja

Debido a que la velocidad de conexión del aula 1 alcanzó un mínimo de 5.5 Mbps, se consideró la opción de utilizar dos accees point para cubrir el aula 1 y el aula 2. La figura 3.8 muestra los resultados obtenidos de esta prueba.

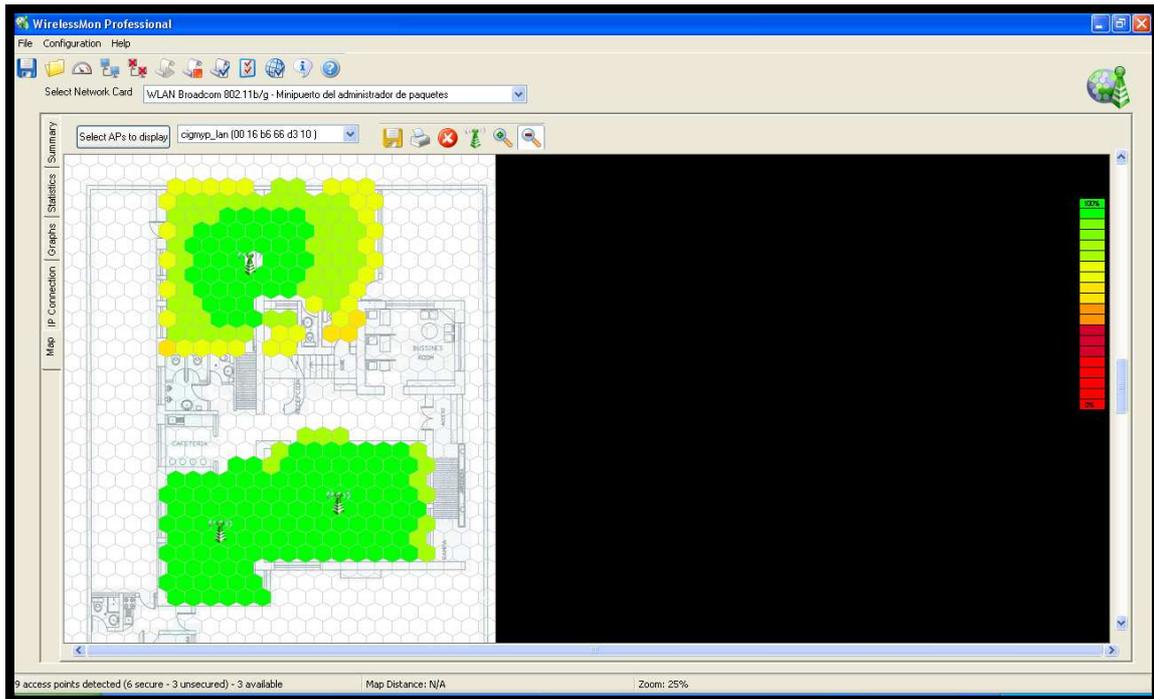


Figura 3.8 (b) Site Survey – Planta baja

En la figura anterior los niveles de señal mejoraron con respecto a las pruebas anteriores (figura 3.4), teniendo como velocidad de conexión mínima 48 Mbps.

**PLANTA ALTA:** se realizó las pruebas considerando la utilización de un solo access point. La figura 3.9 muestra las pruebas realizadas.

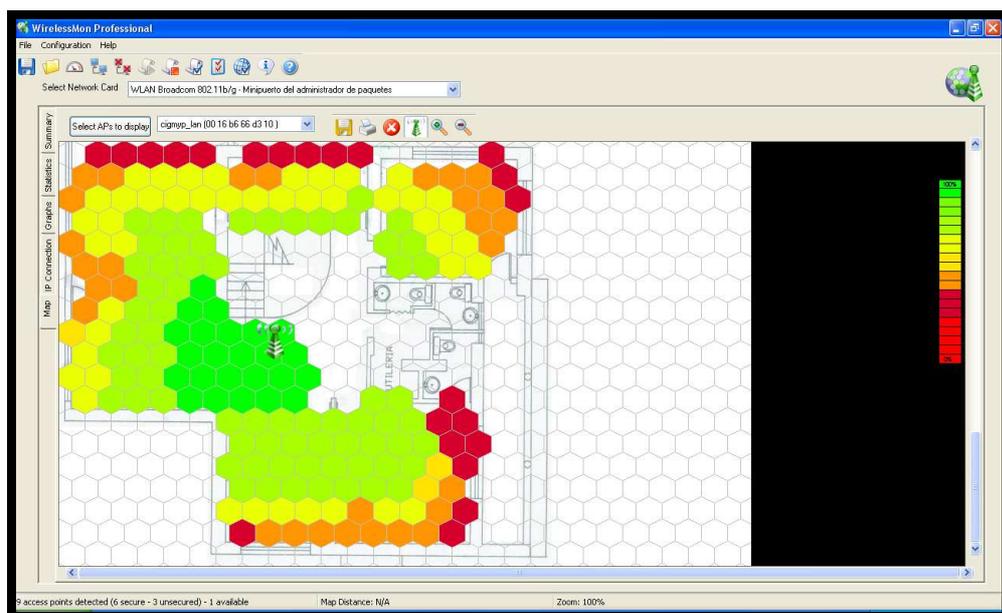


Figura 3.9 (a) Site Survey – Planta alta

En la figura anterior se observa que la velocidad de conexión varió hasta un mínimo de 5.5 Mbps en los lugares más alejados, por lo tanto se realizó una segunda prueba considerando dos access point. La figura 3.10 muestra las pruebas realizadas.

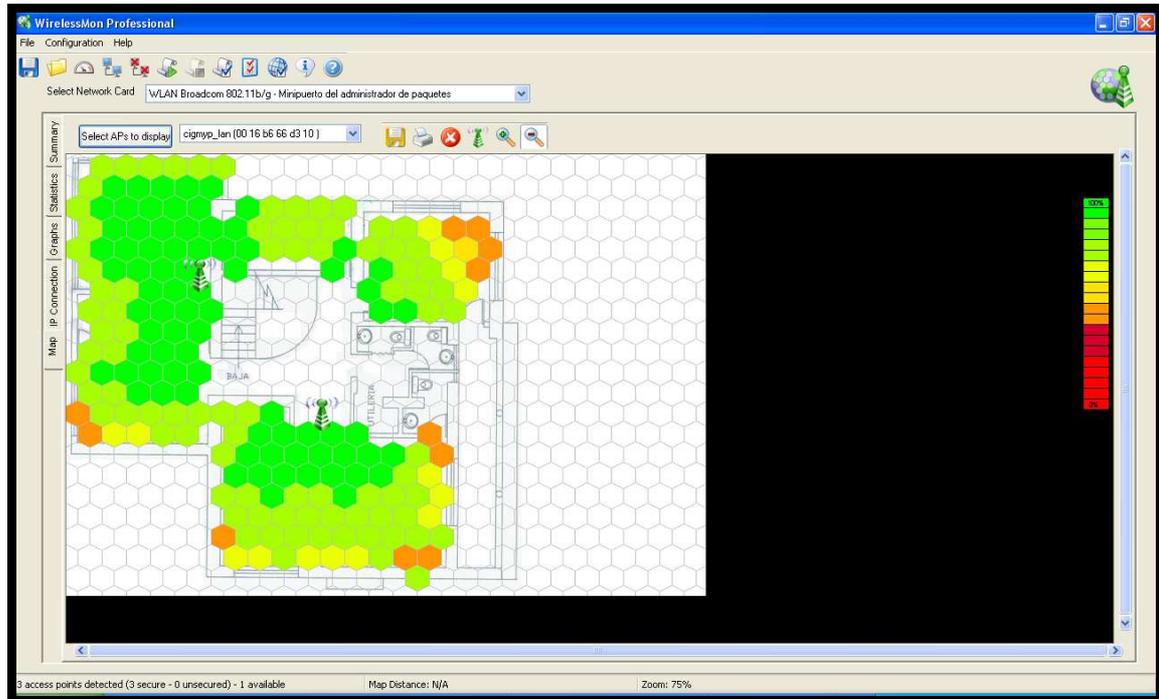


Figura 3.10 (b) Site Survey – Planta alta

En esta segunda prueba los niveles de señal mejoraron, alcanzándose velocidades mínimas de 24 Mbps, como se observa en la figura 3.11.

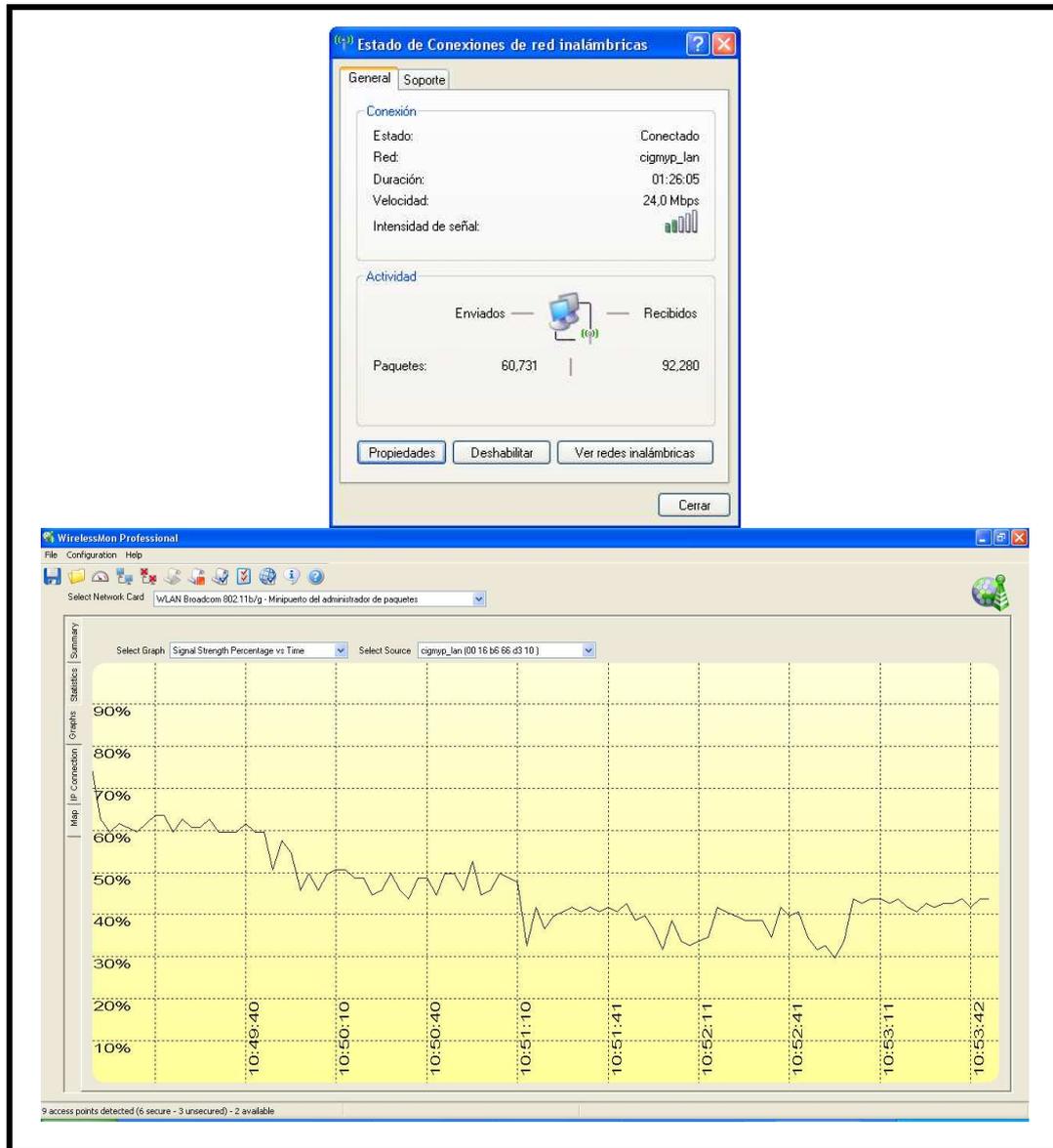


Figura 3.11 Niveles de señal – Planta alta

### 3.3.12. DISEÑO FINAL DE LA RED

Considerando todos los aspectos analizados y las pruebas realizadas, para la planta baja se requerirá 3 puntos de acceso que permitirán cubrir el aula AIME y todas las aulas de capacitación, para la planta alta se utilizará únicamente un punto de acceso porque la cantidad de usuarios es pequeña y además algunos usuarios utilizan la red cableada.

La figura 3.12 presenta el esquema de red para el Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos.

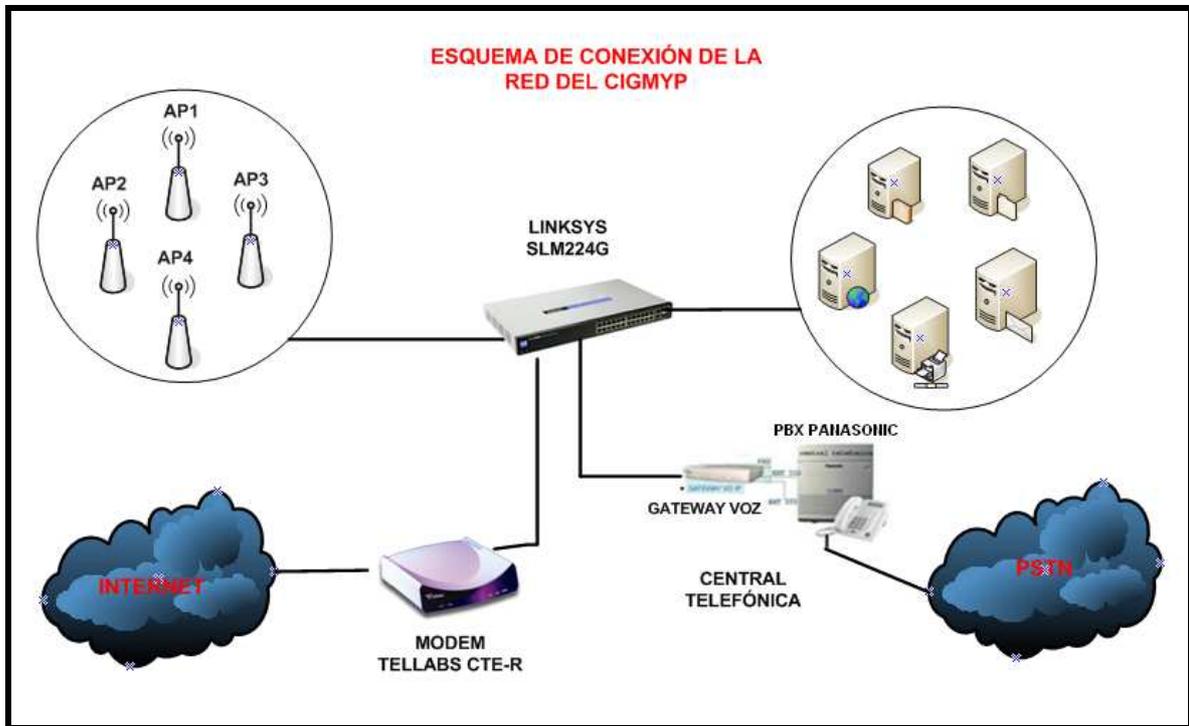


Figura 3.12 Esquema de red para del CIGMYP

La red inalámbrica brindará servicios a tres tipos de usuarios, por lo tanto es necesario segmentar la red para dar seguridad y restringir el acceso de personas no autorizadas. Para cumplir con este propósito se utilizarán LAN virtuales (VLAN). La figura 3.13 muestra la conexión de los puntos de acceso.

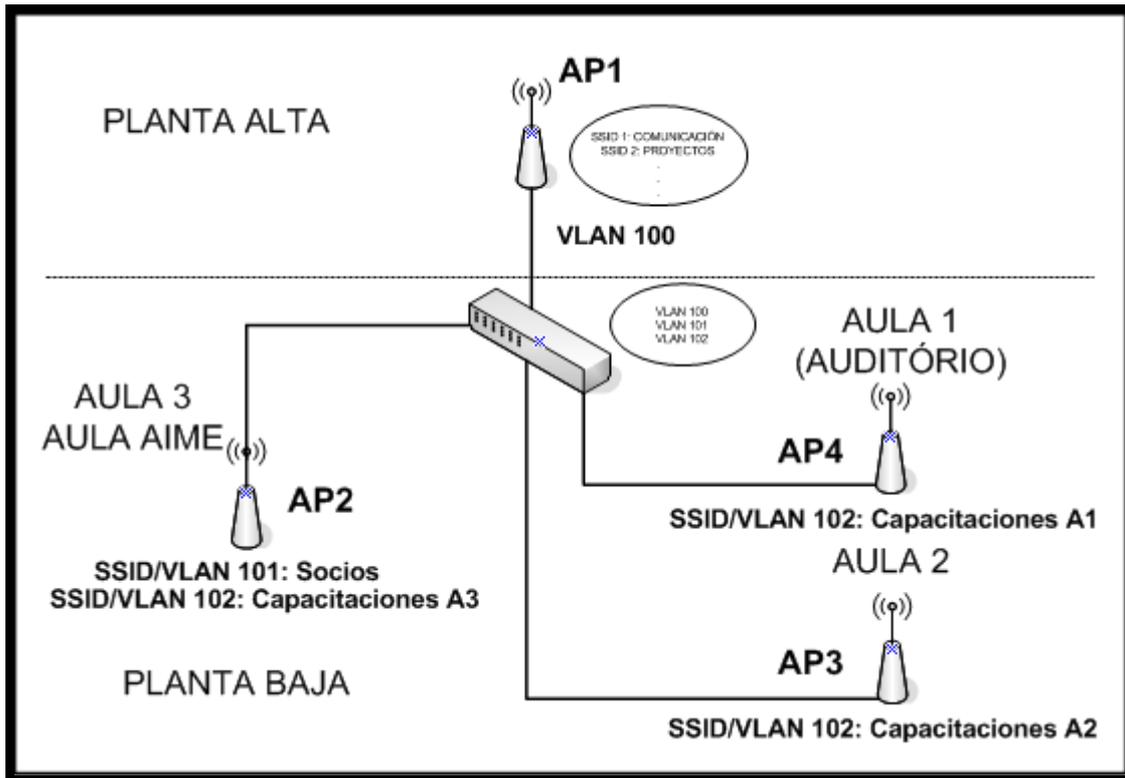


Figura 3.13 Conexión de los puntos de acceso

Todos los puntos de acceso se conectarán por medio de cable UTP directamente al switch Linksys. El resto de puertos se utilizarán para los puntos de red, conexión de los servidores y conexión del modem que permite la salida al Internet.

La tabla 3.10 indica los SSID y las VLAN's a configurarse en cada punto de acceso.

	AP1	AP2	AP3	AP4
SSID	COMUNICACIÓN PROYECTOS D.FINANCIERA OPERACIONES ASISTENCIA PRESIDENCIA	SOCIOS CAPACITACIONES A3	CAPACITACIONES A2	CAPACITACIONES A1
VLAN	100(Empleados)	101(Socios) y 102	102(Capacitaciones)	102

Tabla 3.10 SSID y VLAN's del CIGMYP

### **3.3.13. DIRECCIONAMIENTO IP PARA LA RED DEL CIGMYP**

Las direcciones IP se forman por una cadena de cuatro cifras separadas de un punto. Cada cifra puede tomar un valor entre 0 y 255. Por ejemplo, el número 10.13.136.2.

Para conformar redes de distintos tamaños, las direcciones IP están divididas en grupos denominados clases. Existen 5 clases de direcciones IP:

- Clase A: comprende redes desde 1.0.0.0 hasta 127.0.0.0. El número de red, está contenido en el primer octeto y permite aproximadamente 1,6 millones de direcciones.
- Clase B: comprenden redes desde 128.0.0.0 hasta 191.255.0.0. El número de red, está en los dos primeros octetos. Esta clase, permite 16.320 redes con 65.024 direcciones de host.
- Clase C: comprenden redes desde 192.0.0.0 hasta 223.255.255.0. El número de red está en los tres primeros octetos. Esta clase, permite cerca de 2 millones de redes con de 254 host cada red.
- Clases D y E: las direcciones que están en el rango de 224.0.0.0 hasta 254.0.0.0, son experimentales o están reservadas para uso con propósitos especiales y no especifican ninguna red.

Debido al rápido crecimiento de Internet, las direcciones IP empezaron a agotarse, la solución que se desarrolló fue el uso de direcciones IP privadas. Mediante este tipo de direcciones se pretende optimizar las direcciones IP y puedan ser utilizadas en redes privadas.

- Clase A: 10.0.0.0 a 10.255.255.255
- Clase B: 172.16.0.0 a 172.31.255.255

- Clase C: 192.168.0.0 a 192.168.255.255

El CIGMYP adquirirá 95 equipos para distribuirlos como se indica la tabla 3.11.

No Hosts	Aula
45	Aula 1 (Auditorio)
20	Aula 2
25	Aula 3
5	Aula AIME (socios)

Tabla 3.11 Distribución de equipos

A estos equipos debemos sumarles los 15 equipos del personal administrativo teniendo un total de 110 host, por lo tanto se considera conveniente utilizar una red clase C con direcciones distribuidas como indica la tabla 3.12.

ID VLAN	NOMBRE VLAN	DIRECCION VLAN	DIRECCION BROADCAST	MASCARA DE RED	HOST
100	EMPLEADOS	192.168.1.0	192.168.1.31	255.255.255.224	30
101	SOCIOS	192.168.1.32	192.168.1.47	255.255.255.240	14
102	CAPACITACIÓN	192.168.1.48	192.168.0.175	255.255.255.128	126

Tabla 3.12 Direccionamiento IP de la red del CIGMYP

### 3.3.14. ESQUEMA DE SEGURIDAD PARA LA RED INALAMBRICA DEL CIGMYP

Cualquier equipo que se encuentre dentro del área de cobertura de un punto de acceso, podría acceder a la red inalámbrica para navegar gratis en Internet, emplear la red como punto de ataque hacia otras redes, robar o alterar información, etc. Por todas estas razones es importante implementar políticas de seguridad con el propósito de evitar que personas no autorizadas accedan a los recursos y servicios de la red provocando alteración o pérdida de información.

Para proteger los recursos, tener un control de las personas que acceden a la red y a la información que maneja el Colegio se plantea las siguientes políticas de seguridad:

- Pese a no considerarse como un método de seguridad inalámbrica, la utilización de VLANs evita que usuarios de grupos diferentes tengan acceso a los recursos y servicios que no le corresponden. La creación de VLANs permite ocupar un mismo medio de transmisión disponiendo de redes diferentes.
- Para controlar el acceso de los usuarios a la red corporativa o al Internet se propone la utilización del protocolo 802.1x, permitiendo a los usuarios autenticarse y registrarse en la red.
- Otra medida es proteger los recursos de la red de otras redes mediante la implementación de un firewall que permita el control de acceso por aplicación para todo el tráfico IP. Para esto, es necesario contar con un servidor Proxy como: Microsoft Proxy Server, Winproxy, etc.

### **3.3.15. ADMINISTRACIÓN DE LA RED INALAMBRICA DEL CIGMYP**

Gestionar la red permite conocer el estado de los equipos, diagnosticar y solucionar posibles fallas que se pueden presentar en el sistema. Estos sistemas trabajan generalmente en base al protocolo SNMP<sup>22</sup>, definido a nivel de capa aplicación, cuyo propósito es intercambiar información de administración entre los diferentes dispositivos de la red.

Si bien la red del CIGMYP es una red de dimensiones pequeña, se hará uso de una aplicación de monitoreo que alertarán la presencia de una falla en la red. Además este tipo de aplicaciones permitirán obtener estadísticas del consumo de Ancho de Banda en función del tráfico de entrada y salida.

La figura 3.14 muestra la interface del programa “What’s Up” que facilita la tarea de monitoreo pues dispone de un sistema de alarmas de audio, remotas (vía SMS), etc.

---

<sup>22</sup> Simple Network Management Protocol

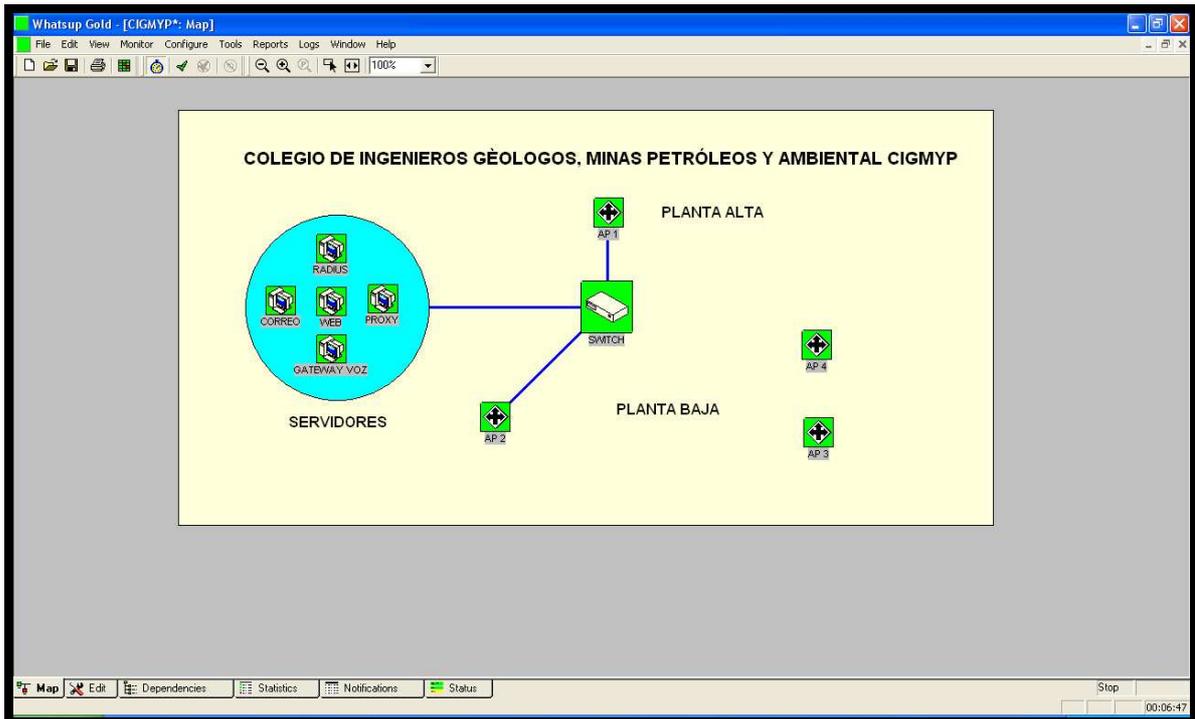


Figura 3.14 Interface “What’s Up”

### 3.3.16. HARDWARE PARA LA RED

Las tecnologías inalámbricas, y en especial Wi –Fi, han alcanzado un grado de madurez y posicionamiento dentro del mercado lo que ha permitido que actualmente exista todo un abanico de productos y sistemas que permiten crear redes inalámbricas robustas.

Dentro del mercado existe diversidad de productos para implementar redes inalámbricas que permitirán seleccionar los equipos de acuerdo al costo y adaptabilidad a los requerimientos establecidos.

Considerando todos los aspectos analizados, para implementar la red inalámbrica se requieren equipos con las siguientes características:

- Equipos para ambientes interiores.

- Soporten estándares: IEEE 802.11 g, IEEE 802.11 e, IEEE 802.11 q, IEEE 802.11 x.
- Permitan la configuración de varios SSID.
- Permitan la configuración de VLAN's.
- Provean Calidad de servicio.
- Tengan certificación Wi-Fi.
- Soporten el protocolo SNMP.

#### **3.3.16.1. Switch**

Para comunicar la red cableada con la red inalámbrica, estableciéndolas como una sola red corporativa, se usará el switch LINSYS SR224G (figura 3.15) de propiedad del Colegio cuyas características fueron indicadas en el Capítulo II, entre las más principales mencionamos el soporte de VLAN's y Calidad de Servicio.



Figura 3.15 Switch Linksys SR224G

### 3.3.16.2. Access Point

#### 3.3.16.2.1. Linksys

Wireless-G Access Point with Power over Ethernet WAP2000



Figura 3.16 Access Point Linksys SR224G

<b>Banda de frecuencia:</b>	2,4 GHz
<b>Conformidad con estándares:</b>	IEEE802.11g, IEEE802.11b, IEEE802.3, IEEE802.3u, IEEE802.3af (Power over Ethernet), 802.1p (QoS priority), 802.1Q (VLAN), 802.1X (Security Authentication), 802.11i - Ready (Security WPA2), 802.11e - Ready (Wireless QoS), 802.11F (Wireless Roaming), Certificación Wi-Fi
<b>Velocidades de datos:</b>	1; 2; 5,5,11, 24, 36, 48, 54 Mbps
<b>Técnica de modulación:</b>	DSSS: IEEE802.11b OFDM: IEEE802.11g
<b>Protocolo de acceso a medios:</b>	CSMA/CA
<b>Seguridad:</b>	WEP/WPA/WPA2: WEP 64bit/128bit, WPA-PSK, WPA2-PSK, WPA-ENT, WPA2-ENT Control de Acceso: Basado en MAC SSID Broadcast Enable/Disable Soporta IEEE 802.1X
<b>Gestión de red:</b>	Built-In Web UI for Easy Browser-Based Configuration (HTTP/HTTPS), SNMP Version 1, 2c, 3, E-Mail Notification, DHCP Client
<b>Calidad de servicio (QoS)</b>	Wi-Fi Multimedia (WMM) basándose en el estándar IEEE 802.11e. Asigna prioridad al tráfico en función de los requisitos de las diferentes aplicaciones. Balanceo de carga, Selección de auto canal. Wireless Roaming basado en 802.11F (IAPP).
<b>Antena:</b>	Antenas omnidireccionales con diversidad integradas de 3 dBi
<b>Dimensiones &amp; Peso:</b>	Altura: 3,8 cm, Anchura: 22 cm, Fondo: 17cm, Peso: 0,77 kg

Tabla 3.13 Características Access Point Linksys SR224G

3.3.16.2.2. 3Com

**3Com® Wireless 8760 Dual Radio 11a/b/g PoE Access Point**



Figura 3.17 3Com® Wireless 8760

<b>Banda de frecuencia:</b>	IEEE 802.11a: 5 GHz; 802.11b/g: 2,4 GHz
<b>Conformidad con estándares:</b>	IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11i, 802.3, 802.3af, 802.1X; WEP, AES, WPA, WPA2, Certificación Wi-Fi
<b>Velocidades de datos:</b>	Para modo normal: 11a: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps.
<b>Técnica de modulación:</b>	802.11b: DSSS, 802.11g: OFDM y DSSS
<b>Protocolo de acceso a medios:</b>	CSMA/CA
<b>Usuarios soportados:</b>	Hasta 128 usuarios inalámbricos 802.11a y 802.11b/g simultáneos
<b>Alcance operativo:</b>	802.11a: hasta 50 metros para transmisión y recepción; 802.11b/g: hasta 100 metros para transmisión y recepción
<b>Seguridad:</b>	Encriptación WPA/WPA2, AES, y TKIP; encriptación WEP de 64/128/152 bits; 802.1X con EAP-TLS, EAP-TTLS, y PEAP; autenticación WPA-/WPA2-PSK VLAN 802.1Q; múltiple SSID; AAA de cliente RADIUS
<b>Gestión de red:</b>	Administración remota con navegador web sobre SSL o HTTPS; interfaz de línea de comando sobre SSH v2 o Telnet
<b>Características de rendimiento:</b>	Modo SuperAG de 108 Mbps, soporte de bridging con WDS para modos PTP, PTMP, Repetidor, y Cliente, Clear Channel Select; cambio dinámico de velocidad; Wi-Fi Multimedia (WMM) basándose en el estándar IEEE 802.11e
<b>Antena:</b>	Dos antenas externas de banda dual de 2,4/5,15 GHz con conectores R-SMA
<b>Dimensiones &amp; Peso:</b>	Altura: 26,7 cm, Anchura: 8,3 cm, Fondo: 3,2 cm, Peso: 200 g

Tabla 3.14 Características 3Com® Wireless 8760

### 3.3.16.3. Adaptadores Inalámbricos

#### 3.3.16.3.1. Linksys

#### Linksys Wireless-G PCI Card WMP54G



Figura 3.18 Linksys Wireless-G PCI Card WMP54G

<b>Banda de frecuencia:</b>	2.4GHz
<b>Conformidad con estándares:</b>	IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.1x, Wi-Fi Multimedia (WMM), Wi-Fi CERTIFIED
<b>Velocidades de datos:</b>	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
<b>Técnica de modulación:</b>	OFDM
<b>Seguridad:</b>	Encriptación WEP de 128 bits, WEP 64 bits, WPA
<b>Interfaces:</b>	PCI
<b>Dimensiones &amp; Peso:</b>	Altura: 12.2 cm, Anchura: 2.3 cm Peso: 0.1 Kg

Tabla 3.15 Características Linksys Wireless-G PCI Card WMP54G

3.3.16.3.2. 3Com

**3Com 11a/b/g Wireless PCI Adapter**



Figura 3.19 3Com 11a/b/g Wireless PCI Adapter

<b>Banda de frecuencia:</b>	2.4-2.4835 GHz
<b>Conformidad con estándares:</b>	IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, IEEE 802.11g, IEEE 802.1x, IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, IEEE 802.11g, IEEE 802.1x, Wi-Fi CERTIFIED, IEEE 802.11e
<b>Velocidades de datos:</b>	IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, IEEE 802.11g
<b>Técnica de modulación:</b>	OFDM, DSSS
<b>Protocolo de acceso a medios:</b>	CSMA/CA
<b>Seguridad:</b>	MD5, AES, WEP de 128 bits, encriptación de 64 bits WEP, WEP de 152 bits, WEP de 40 bits, PEAP, WPA, LEAP, AES, WEP de 128 bits, encriptación de 64 bits WEP, TLS, PEAP, TTLS, TKIP, WPA, WPA2, WPA-PSK
<b>Gestión de red:</b>	Wireless Card Manager, ajustes por defecto
<b>Características de rendimiento:</b>	Dynamic rate shifting (cambio dinámico de velocidad)
<b>Antena:</b>	Externa desmontable
<b>Interfaces:</b>	1 x red - Radio-Ethernet
<b>Dimensiones &amp; Peso:</b>	Altura: 12 cm, Profundidad: 0,5 cm, Anchura: 6,5 cm

Tabla 3.16 Características 3Com 11a/b/g Wireless PCI Adapter

### 3.3.16.4. Teléfonos

#### 3.3.16.4.1. Nortel

#### IP Softphone 2050

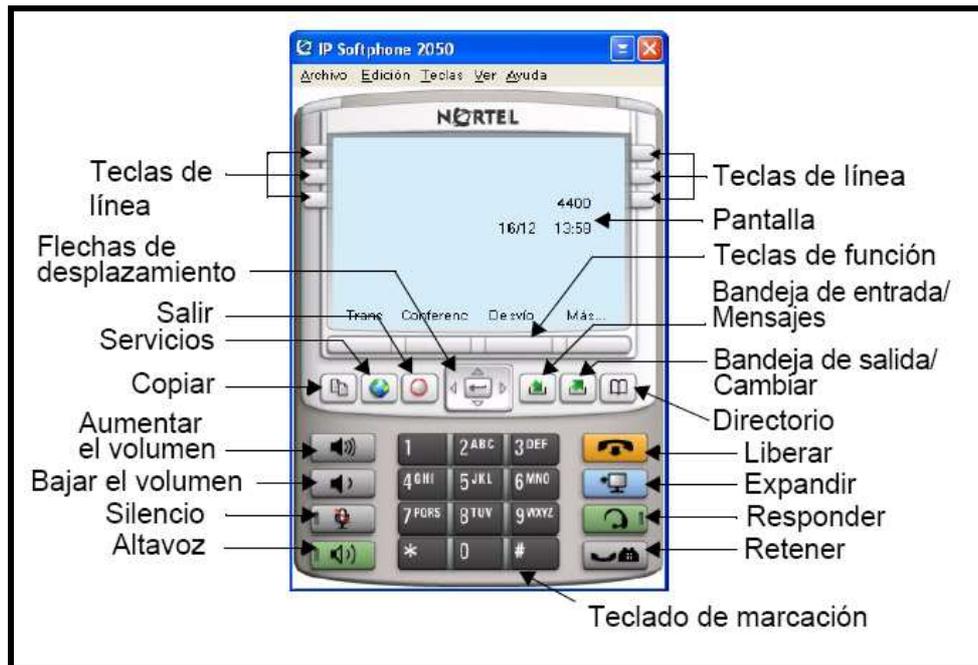


Figura 3.20 IP Softphone 2050

El IP Softphone 2050 es una aplicación telefónica empresarial que puede utilizarse para realizar y recibir llamadas. Diseñado para funcionar con sistemas telefónicos basados en IP. Esta aplicación ofrece servicios de voz sobre IP (VoIP) utilizando un servidor de telefonía y la red de área local (LAN) o la red de área extensa (WAN).

El Nortel IP Softphone 2050 se ha diseñado con calidad de audio ofreciendo un rendimiento con Calidad de Servicio (QoS).

#### Estándares

- G.711, G.723.1, G.729a

- Puede interoperar con MGCP, SIP, H.323.
- Soporta Calidad de Servicio: Capa 2 (802.1p/802.1q), Priorización de paquetes y Servicios Diferenciados (DiffServ).

Las características completas de los equipos se encuentran detalladas en los datasheets que se encuentran en el Anexo B

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE COSTOS**

#### **4.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se realizará una estimación de los costos de inversión para la implementación de la red inalámbrica, únicamente se considerará los costos de los equipos, costos de implementación y configuración de la red.

No se tomarán en cuenta los costos que involucra el diseño del sistema porque este trabajo es parte de un proyecto de titulación que no tiene fin de lucro.

#### **4.2. COSTOS DEL PROYECTO**

Los costos del proyecto se desglosan de la siguiente manera:

- Costo de equipos
- Costo de implementación y configuración

##### **4.2.1. COSTOS DE EQUIPOS**

En el capítulo anterior se propusieron diferentes equipos que cumplen con las características requeridas para implementar la red inalámbrica en el CIGMYP, de estas alternativas se decidió utilizar los equipos de marca Linksys por las siguientes razones:

- El costo del Access Point Linksys WAP2000 es la mitad del costo del Access Point 3COM 8760, en el caso de los adaptadores inalámbricos la diferencia de costos es de 3 a 1.

- Es deseable que los equipos que conformen la red inalámbrica sean de la misma marca, por tal motivo como el switch que posee el CIGMYP es de marca Linksys se utilizarán puntos de acceso y adaptadores inalámbricos de esta marca.
- En el caso del software para telefonía se utilizará la aplicación de Nortel, el IP Softphone 2050, porque esta se adapta a los requerimientos planteados para el servicio de voz y además es un producto compatible con la versión 1.6 de Asterisk que integra el servidor UNISTIM que permite conectar diferentes modelos de teléfonos NORTEL (i2002, i2004, y i2050) al servidor Asterisk.

La tabla 4.1 muestra los equipos seleccionados, su descripción y detalla la cantidad de equipos que se debe adquirir para implementar la red:

EQUIPO		DESCRIPCIÓN												
WIRELESS-G ACCESS POINT WITH POWER OVER ETHERNET WAP2000		ACCESS POINT												
LINKSYS WIRELESS-G PCI CARD WMP54G		ADAPTADOR INALÁMBRICO												
EQUIPOS DE RED														
EQUIPO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN												
ACCESS POINT	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 AP para la planta baja</li> <li>• 1 AP para la planta alta</li> </ul>												
ADAPTADORES INALÁMBRICOS	103	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No Hosts</th> <th>Aula</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>45</td> <td>Aula 1 (Auditorio)</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Aula 2</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>Aula 3</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Aula AIME (socios)</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>PC's personal administrativo</td> </tr> </tbody> </table>	No Hosts	Aula	45	Aula 1 (Auditorio)	20	Aula 2	25	Aula 3	5	Aula AIME (socios)	8	PC's personal administrativo
		No Hosts	Aula											
		45	Aula 1 (Auditorio)											
		20	Aula 2											
		25	Aula 3											
5	Aula AIME (socios)													
8	PC's personal administrativo													
SOFTWARE VOZ	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 PC's socios</li> <li>• 4 PC's personal administrativo (Unidad de Comunicación, Dirección Financiera, 2 para Unidad de Operaciones)</li> </ul>												

Tabla 4.1 Equipos seleccionados para la red

La tabla 4.2 presenta una estimación de los precios de los equipos que fueron seleccionados para implementar la red inalámbrica.

<b>EQUIPOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO<sup>1</sup></b>	<b>TOTAL(Dólares)</b>
<b>ACCESS POINT</b>	4	159.64	638.56
<b>ADAPTADORES INALÁMBRICOS</b>	103	33.67	3468.01
<b>SOFTWARE VOZ</b>	9	39.00	351
		<b>TOTAL</b>	4457.57

Tabla 4.2 Precios de los equipos

Adicionalmente a los equipos de red, se debe adquirir dos servidores para los servicios de autenticación (RADIUS) y telefonía, que se implementará a través de Asterisk. Para implementar estos servicios se ha seleccionado el servidor HP ML110 G5 cuyo costo bordea los 620 dólares. La tabla 4.3 indica las características de los equipos:

<b>Procesador:</b>	Procesador Intel Xeon de doble núcleo 3050, 2.13 GHz, 1066 MHz, Cache L2 de 2MB (Configuraciones CTO)
<b>RAM:</b>	1GB
<b>Ranuras de expansión:</b>	(2) PCI-Express (1 x4 y 1 x8)/ (2) PCI 3.3 V de 32-bits/33MHz
<b>Controlador de red:</b>	Broadcom 5721 Gigabit NIC 10/100/1000

Tabla 4.3 Características de los servidores

<sup>1</sup> EQUIPOS:

ACCESS POINT:

[http://www.ciao.es/Linksys\\_Wireless\\_G\\_Access\\_Point\\_with\\_Power\\_Over\\_Ethernet\\_and\\_RangeBooster\\_WAP200\\_\\_800159](http://www.ciao.es/Linksys_Wireless_G_Access_Point_with_Power_Over_Ethernet_and_RangeBooster_WAP200__800159)

ADAPTADORES INALÁMBRICOS:

[http://www.ciao.es/Linksys\\_Wireless\\_G\\_PCI\\_Card\\_WMP54G\\_\\_669428](http://www.ciao.es/Linksys_Wireless_G_PCI_Card_WMP54G__669428)

SOFTWARE VOZ:

[http://www.blackboxresale.com/products/nortel/ip\\_phones/software/ip\\_softphone\\_2050.htm](http://www.blackboxresale.com/products/nortel/ip_phones/software/ip_softphone_2050.htm)

SERVIDOR:

<http://h10010.www1.hp.com/wwpc/us/en/sm/WF04a/15351-15351-241434-241646-3328424.html>

En el caso del servidor de telefonía se debe adquirir una tarjeta FXO (Foreing Exchange Office) para poder conectarnos a la PBX del Colegio, se utilizará la tarjeta OpenVox A400P<sup>2</sup> que tiene un costo aproximado de 120 dólares. La tabla 4.4 indica el costo de los servidores y de la tarjeta FXO para el servidor de telefonía.

<b>EQUIPOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>TOTAL(Dólares)</b>
<b>SERIDORES</b>	2	620.00	1240.00
<b>TARJETA FXO</b>	1	120.00	120.00
		<b>TOTAL</b>	1440.00

Tabla 4.4 Precio de los servidores y tarjeta FXO

#### 4.2.2. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Estos hacen referencia a los costos de la mano de obra para el montaje y configuración de los equipos: instalación y configuración de los AP, adaptadores inalámbricos, software de telefonía y los servidores de autenticación y telefonía. Para calcular estos costos se debe manejar un valor de mano de obra promedio que se cobra en el mercado. Además se debe considerar el tiempo que tomará la implementación del proyecto, para nuestro caso se estima que poner en marcha la red inalámbrica tardará aproximadamente 5 días laborables.

La tabla 4.5 indica los costos de implementación del proyecto.

---

<sup>2</sup> TARJETA OpenVox A400P:  
[http://www.capatres.com/tiendaonline.html?page=shop.product\\_details&flypage=flypageask.tpl&product\\_id=1&category\\_id=1&keyword=tarjeta](http://www.capatres.com/tiendaonline.html?page=shop.product_details&flypage=flypageask.tpl&product_id=1&category_id=1&keyword=tarjeta)

<b>COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>NÚMERO DE TRABAJADORES</b>	<b>HORAS DE TRABAJO</b>	<b>VALOR POR HORA DE TRABAJO</b>	<b>TOTAL (DÓLARES)</b>
<b>Personal encargado de la supervisión (Instalación y Configuración de AP, Software Telefonía y Servidores)</b>	1	40	30.00	1200.00
<b>Personal encargado de la implementación de redes (Instalación y Configuración de Estaciones de Trabajo)</b>	3	40	15.00	600.00
			<b>TOTAL</b>	<b>1800.00</b>

Tabla 4.5 Costos de implementación

#### 4.2.3. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El costo total del proyecto se lo calcula sumando los costos de los equipos y los costos de implementación.

La tabla 4.6 indica el costo total del proyecto:

<b>COSTOS TOTAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA PARA EL CIGMYP</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL (DÓLARES)</b>
<b>COSTO EQUIPOS</b>	5897.57
<b>COSTO IMPLEMENTACIÓN</b>	1800.00
<b>TOTAL</b>	<b>7697.57</b>

Tabla 4.6 Costo total del proyecto

Como se manifestó en capítulos anteriores, la red inalámbrica se planteó como la solución más idónea para cumplir con los requerimientos del Colegio y además como una solución que permite el ahorro de costos y tiempo.

Si realizamos un análisis de costos donde consideremos el cableado para los 103 equipos a instalarse y asumimos un costo promedio de instalación, por cada punto de red de 75 dólares<sup>3</sup>, tenemos un costo aproximado de 7725.00 dólares por concepto de cableado estructurado. En este cálculo no se ha considerado los costos de los trabajos de obra civil que se debería realizar y el costo de la mano de obra que esto demandaría. Además el tiempo que se tardaría la instalación de todo el cableado estructurado sería mucho mayor que el tiempo estimado para la instalación de la red inalámbrica.

#### **4.2.4. ANÁLISIS DEL COSTO TOTAL DEL PROYECTO**

En toda empresa es necesario realizar la evaluación del Proyecto, para así determinar su viabilidad; considerando varios aspectos que permitan determinar en qué medida el Proyecto va a ser rentable, la evaluación se basa normalmente en el estudio de los ingresos y gastos.

Una vez detallado los costos que comprende implementar la red inalámbrica propuesta en el diseño, es importante destacar el ahorro que le significará a la institución el implementar la red inalámbrica frente a una infraestructura cableada. Como se mencionó, el costo del cableado estructurado alcanza los 7725.00 dólares sin considerarse los costos extras que esto involucra (trabajos de obra civil, mano de obra, etc.), lo que implica que el costo para una infraestructura cableada superaría los 7697.57 dólares calculados para implementar la red inalámbrica.

Por otro lado, se consultó a los representantes del CIGMYP sobre el costo total del proyecto, manifestando que están dispuestos a realizar esta inversión, pues consideran que este proyecto facilitaría los procesos administrativos del personal, brindarían un servicio de calidad a sus afiliados y cumplirían con los

---

<sup>3</sup>GOMEZ Fernando, “Diseño, Estudio y análisis de costos de una red inalámbrica para el sistema de comunicaciones interno de PETROECUADOR”

requerimientos que demandan los cursos de capacitación, permitiéndoles cumplir con sus objetivos planteados.

En este análisis es importante mencionar la forma como la institución recuperará esta inversión:

- **Cursos de Capacitación:** el CIGMYP realiza en promedio tres seminarios mensuales, percibiendo un ingreso aproximado de 1800 dólares al mes.
- **Alquiler de las Instalaciones<sup>4</sup>:** el CIGMYP alquila sus instalaciones en un promedio de dos veces por mes, percibiendo un ingreso aproximado de 800 a 1000 dólares mensuales.
- **Pago de afiliaciones de los socios:** si bien actualmente ya no es obligatorio que los socios realicen pagos de afiliación a los gremios, actualmente el CIGMYP continúa percibiendo ingresos por el pago de las cuotas mensuales de los agremiados. Estos ingresos alcanzan los 300 dólares al mes y en el mejor de los casos de 800 a 1000 dólares.<sup>5</sup>

Esto indica que los ingresos que recibe la institución no son regulares y que para recuperar la inversión realizada el Colegio dependerá de la cantidad de eventos que se realicen, antes que del pago de las cuotas por parte de los socios. Por este motivo el CIGMYP considera que este proyecto le permitirá incrementar sus ingresos por concepto de seminarios y cursos, pero también estima que existirá una buena acogida del proyecto por parte de los socios y, pese a que el ingreso por el pago de cuotas es mínimo, existirán más socios que colaboren con la institución.

---

<sup>4</sup> Se debe indicar que la realización de los cursos de capacitación y el alquiler de las instalaciones de la institución no son iguales para todos los meses.

<sup>5</sup> Estos ingresos se los obtiene generalmente en el mes de Diciembre, cuando los socios realizan el pago de sus cuotas atrasadas para poder acceder a los eventos, homenajes, etc. que la institución brinda a sus agremiados.

Por estos motivos se considera que la inversión será recuperada en el tiempo de 1 año, para esto la institución deberá aumentar sus ingresos a razón de 642 dólares mensuales.

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- Se han cumplido los objetivos planteados en el proyecto: Diseñar una red LAN inalámbrica con calidad de servicio para proveer los servicios de voz y datos al Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos CIGMYP utilizando un análisis detallado de la situación actual y requerimientos futuros de la institución.
- La ubicación física de los Access Point juega un papel preponderante en el diseño de una red inalámbrica, ya que esto permite conocer las áreas de cobertura, la intensidad de las señales en los diferentes lugares, etc. permitiendo tomar medidas ante problemas de interferencia o atenuación que se podrían presentar, factores que fueron considerados en el diseño debido a las características arquitectónicas de la sede del CIGMYP.
- La selección de los equipos de red representa una parte importante en el diseño, porque el funcionamiento del sistema depende de las características técnicas que estos presentan como por ejemplo: el tipo de estándares que soportan, el tipo de seguridad que implementan, las velocidades de operación, etc.
- El crecimiento y popularidad de las redes Wi-Fi ha sido constante durante estos últimos años, varias son las causas que explican la proliferación imparable de redes Wi-Fi: su versatilidad y economía, la existencia de hardware comercial accesible, etc., permitido que organismos públicos, a nivel mundial, estén implantando redes que proporcionan acceso a Internet gratuito o de bajo coste para las comunicaciones de banda ancha.

- El estándar IEEE 802.11g permite la posibilidad de alcanzar velocidades de 54Mbps y 108 Mbps. (en modo no estandarizado), velocidad que decrece rápidamente cuando aumenta la densidad de dispositivos inalámbricos en la zona. Actualmente se viene trabajando en otro estándar, IEEE 802.11n, que anuncia velocidades de transmisión muy superiores a las que proporciona 802.11g sin tener que aumentar el ancho de banda o usar una constelación QAM menos robusta.
- El estándar IEEE 802.11e tiene como objetivo introducir nuevos mecanismos a nivel de la capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de QoS (Quality of Service). Para cumplir con su objetivo, IEEE 802.11e emplea la técnica llamada HCF que define dos formas de acceder al canal, EDCA (el tráfico de alta prioridad tiene una mayor probabilidad de ser enviado que el tráfico de baja prioridad, para un periodo de tiempo dado) y HCCA que define otra forma de acceder al canal más avanzada y compleja.
- El estándar IEEE 802.11e está enfocado a proveer calidad de servicio mediante el manejo de prioridades de acuerdo a las distintas clase de tráfico, permitiendo disminuir los retardos en las comunicaciones inalámbricas Wi-Fi, favoreciendo de esta forma las transmisiones de aplicaciones de tiempo real.
- Para implementar calidad de servicio en la red diseñada para el CIGMYP se utilizarán VLAN's que permitan distinguir el tráfico de voz y datos, además se realizará la configuración de EDCA en los puntos de acceso ya que la certificación WMM (Wi-Fi Multimedia) permite la configuración opcional de HCCA. Para poder disfrutar de los beneficios de WMM en una red Wi-Fi, se debe cumplir la condición que el punto de acceso y el adaptador inalámbrico estén certificados para WMM y que la aplicación esté diseñada con soporte para WMM.

- En el diseño de redes es importante implementar un modelo de seguridad que garantice privacidad y confidencialidad de la información, para este caso se ha seleccionado la técnica 802.1x porque posee mecanismos de autenticación, autorización y distribución de claves, incorporando además controles de acceso para los usuarios que se unan a la red.
- La gestión de la red permite la interacción de hardware, software y el recurso humano permitiendo la evaluación, control y sondeo de la red para garantizar una alta disponibilidad del servicio y evitar la degradación del mismo.
- El diseño de una red inalámbrica contempla varios parámetros que deben ser considerados: análisis del terreno, área de cobertura, número de usuarios a servir, aplicaciones que se utilizarán, etc. Para poder dimensionar el tráfico y estimar el ancho de banda adecuado para la red así como también para poder ubicar los equipos en lugares estratégicos donde las señales emitidas por los Access Point no sean interferidas y atenuadas con gran intensidad.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Previo a la instalación de una red inalámbrica se deben realizar pruebas de campo porque pueden existir factores que impliquen efectuar cambios en el diseño planteado.
- Es fundamental conocer la cantidad de usuarios que utilizarán la red inalámbrica del CIGMYP, esto para poder dimensionar la cantidad de tráfico que fluirá a través de la red y poder dimensionar la cantidad de equipos que se debe utilizar en el diseño, evitando que exista saturación del canal y degradación de los servicios.
- Para la adquisición de los equipos de red se debe considerar las características técnicas que estos presentan, además se debe realizar una

selección de equipos en función del costo-beneficio que representarán para el proyecto.

- Se recomienda diseñar un plan de mantenimiento de los equipos para evitar el deterioro de los mismos, impidiendo que exista problemas en el correcto funcionamiento de la red del CIGMYP.

## BIBLIOGRAFÍA

- ROLDÁN, David; “Comunicaciones Inalámbricas”; Primera edición; México 2005
- CARBALLAR, José; “Wi-Fi Como construir una red inalámbrica”; Segunda edición; España 2005.
- CARBALLAR, José; “Instalación, Seguridad y Aplicaciones”; Primera edición; España 2007.
- REID, Nail; “Manual de redes inalámbricas” Primer edición; México 2003.
- CISCO NETWORKING ACADEMY PROGRAM; “Fundamentos de redes inalámbricas”
- <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2007.pdf>, IEEE Std 802.11. 1999. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications.
- [www.merl.com/papers/docs/TR2003-67.pdf](http://www.merl.com/papers/docs/TR2003-67.pdf), Documento: QoS mejorada en las redes de área local inalámbricas IEEE 802.11.
- [http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP\\_Tesis.pdf](http://usuario.cicese.mx/~luisvi/Tesistas/CJP_Tesis.pdf), Tesis: Simulación de la eficiencia MAC considerando escenario con multitrayectorias.
- [http://digeset.ucoj.mx/tesis\\_posgrado](http://digeset.ucoj.mx/tesis_posgrado), Tesis: Voz sobre IP
- [https://www.cwnp.com/learning\\_center](https://www.cwnp.com/learning_center), Documentos: “Is it the network? Solving VoIP Problems on a Wireless LAN”, “Inside 802.11n Wireless LANs”.
- [www.asterisk-es.org](http://www.asterisk-es.org)

- [http://products.nortel.com/go/product\\_index.jsp](http://products.nortel.com/go/product_index.jsp)
- <http://www-es.linksys.com>
- <http://www.3com.com>
- <http://www.hp.com>
- <http://www.ciao.es/>

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

ACK	Confirmación de que un paquete de datos ha sido recibido.
AIFS	Espacio entre trama amplia o extendida, es un intervalo de tiempo que es fijado por un concentrador el cual asigna su duración dependiendo de la prioridad de los paquetes a transmitir por la estación de trabajo.
AP	Punto de acceso, este generalmente cumple la función de conectar a los dispositivos de cliente.

### B

BSS	Conjunto de servicios básicos, es uno de los modos de comunicación en los que se puede configurar una red Wi-Fi, para esto es necesario un punto de acceso el cual se encarga de gestionar las comunicaciones de todos los dispositivos que forman parte de la red.
-----	---

### C

CIGMYP	Acrónimo de Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos.
--------	--

CRC Código de redundancia cíclica. Es una técnica de revisión de errores en la que la trama que se recibe calcula un valor restante al dividir el contenido de la trama mediante un divisor binario principal y compara el valor restante calculado con un valor que el nodo emisor almacena en la trama.

CSMA/CA Acceso al medio con escucha de portadora y prevención de colisiones. Este es el sistema que emplea Wi-Fi para negociar las comunicaciones entre los distintos dispositivos, este sistema evita que dos dispositivos puedan hacer uso del medio simultáneamente.

CTS Clear to send, permiso para transmitir, trama usada para confirmación de envío de paquetes por la estación destino.

## D

DCF Función de coordinación distribuida, es un método en el cual se coordina el acceso al medio entre estaciones de trabajo, las mismas que contienden por acceder al medio.

DIFS Espacio entre tramas de la Función de Coordinación Distribuida, intervalo de tiempo fijado para la transmisión de paquetes DCF.

DSSS Espectro expandido por secuencia directa, técnica de modulación utilizada por los sistemas IEEE 802.11b.

DSSS-OFDM Esquema opcional de operación de la capa física del estándar IEEE 802.11g. Utiliza una modulación híbrida que combina preámbulo y encabezado modulados en DSSS y transmisión de datos en OFDM.

## E

EAP Protocolo de autenticación extensible.

EAP-TLS Protocolo de autenticación extensible-seguridad, este es un protocolo de autenticación basado en certificados. Necesita la configuración de la máquina para establecer el certificado e indicar al servidor de autenticación.

EAP-TTLS Protocolo de autenticación, se basa en una identificación de un usuario y contraseña que se transmiten cifrados mediante TLS.

EDCA Acceso al canal distribuido mejorado, estándar definido para mejorar la calidad de servicio en redes inalámbricas 802.11.

EDCF Función de coordinación distribuida mejorada, es la función de coordinación distribuida pero mejorada, en donde se asignan categorías de acceso.

EIFS Espacio intertramas, es utilizado únicamente cuando hay errores en la transmisión de las tramas, permitiéndole a la subcapa MAC realizar intercambios de tramas para corregir estos errores.

ERP-DSSS/CCK	Esquema de operación obligatorio en IEEE 802.11g, cumple con las características de la capa física IEEE 802.11b, incluyendo modulación DSSS a 1 y 2 Mbps, y CCK a 5.5 y 11 Mbps.
ERP-PBCC	Esquema de operación opcional en IEEE 802.11g, utiliza PBCC (Codificación Convolutiva Binaria de Paquete), proporcionando tasas de datos de 22 y 33 Mbps.
ERP-OFDM	Esquema de operación obligatorio en el estándar IEEE 802.11g. Se basa en las especificaciones del estándar IEEE 802.11a con algunas excepciones.
ESS	Conjunto de servicios extendidos, conjunto formado por la unión de varios BSS, dando lugar a una red más amplia donde se concentran varias estaciones de trabajo.

## F

FCC	Agencia federal del Gobierno de Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de Telecomunicaciones.
FHSS	Espectro Expandido por Salto de Frecuencia, técnica de modulación utilizada tanto por los sistemas IEEE 802.11 como Bluetooth.

## H

H.323	Protocolo de señalización y control de llamadas que se utiliza para VoIP.
HCCA	Acceso controlado al canal de la función de coordinación híbrida.
HCF	Función de coordinación híbrida, donde se hace necesario un concentrador híbrido el cual puede trabajar en periodos de contención o libres.
HCCA–TXOP	Oportunidad de transmisión de HCCA, es el intervalo de tiempo durante el cual una estación puede transmitir y el concentrador híbrido es el que asigna este tiempo y su duración.
HTTP	Protocolo de hipertexto

## I

IBSS	Conjunto de servicios básicos independientes, conocida también como redes inalámbricas espontáneas que realizan una conexión peer to peer.
IEEE	Acrónimo de Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
IMS	Industrial,Scientific and Medical. Banda para uso comercial sin licencia.



PIFS Espacio entre tramas de la función de coordinación de punto. Son intervalos más pequeños de tiempo en comparación con DIFS.

PSTN Red telefónica pública conmutada, este término se refiere a la variedad de redes y servicios telefónicos que existen a nivel mundial.

## Q

QAP Punto de acceso con calidad de servicio, es el concentrador que trabaja con el estándar 802.11e.

QoS Calidad de servicio. Es una característica de algunos protocolos de red que trabajan con tipos distintos de tráfico de red en forma distinta para asegurar los niveles requeridos de confiabilidad y latencia de acuerdo con el tipo de tráfico.

QSTA Estación con calidad de servicio, es el dispositivo o equipo terminal de usuario que trabaja con el estándar 802.11e.

## R

RTS Petición de envío o transmisión, es una señal de control que solicita una transmisión de datos.

## S

SIFS	Espacio entre tramas pequeño, es un intervalo de tiempo que es usado generalmente entre la transmisión y recepción de tramas de información, confirmación, poleo, etc.
SIP	Protocolo de señalización de la capa aplicación para el establecimiento, mantenimiento y terminación de sesiones interactivas entre usuarios para VoIP.
SNMP	Simple Network Manager Protocol, es un protocolo que se usa en redes TCP/IP. Este proporciona los medios para supervisar y controlar los dispositivos de red, además de manejar las configuraciones, estadísticas, el desempeño y la seguridad.
STA	Estación, acrónimo asignado a los equipos terminales de usuario.

## T

TXOP	Oportunidad de transmisión, definida en el estándar 802.11e donde se asigna un intervalo libre de contención para que una estación transmita.
------	---

## V

VLAN	Red de área local virtual, se les nombra así a un grupo de máquinas que pueden estar ubicados en distintos
------	--

lugares pero que se comunican entre ellos como si pertenecieran al mismo segmento LAN.

**VoIP** Voz sobre protocolo de Internet, es una tecnología que permite la transmisión de voz sobre las redes de datos IP.

**VoWLAN** Voz sobre WLAN, voz en redes LAN inalámbricas.

## W

**WEP** Sistema de cifrado de datos que incorporan las redes Wi – Fi.

**Wi-Fi** Wireless Fidelity o Fidelidad Inalámbrica, es una marca creada por la asociación WECA con el objetivo de fomentar la tecnología inalámbrica y asegurarse la compatibilidad de equipos.

**WLAN** LAN inalámbrica, este acrónimo hace referencia a las redes de área local inalámbricas. Las redes Wi-Fi son un ejemplo de este tipo de redes.

**WPA** Acceso protegido Wi-Fi. Son especificaciones de seguridad basadas en el estándar IEEE 802.11i que incrementan fuertemente el nivel de protección de datos y de control de acceso a las redes Wi-Fi.

**WPA2** Acceso protegido Wi-Fi versión 2.

**WWW** Páginas Web, es un servicio de Internet basado fundamentalmente en la presentación de información en forma de documentos multimedia.

# **ANEXOS**