



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

**“ESTUDIO DE QoS SOBRE WLAN UTILIZANDO EL ESTÁNDAR  
802.11e APLICADO A TRANSMISIONES DE SISTEMAS  
MULTIMEDIALES EN TIEMPO REAL”**

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERA EN SISTEMAS INFORMÁTICOS**

Presentado por:

**Angélica Yolanda Zavala Yerovi**

Riobamba – Ecuador

2010

## **AGRADECIMIENTO**

Me gustaría agradecer sinceramente a mi director de Tesis, Ing. Alberto Arellano y al Ing. Diego Ávila, por su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mí. Ellos han inculcado en mí un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico sin los cuales no podría tener una formación completa como investigadora. A su manera, han sido capaces de ganarse mi lealtad y admiración, así como sentirme en deuda con ellos por todo lo recibido durante el periodo de tiempo que ha durado esta Tesis.

## **DEDICATORIA**

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a Dios, porque me dio la fe, la fortaleza necesaria para salir siempre adelante pese a las dificultades, por colocarme en el mejor camino, iluminando cada paso de mi vida, y por darme la salud y la esperanza para terminar este trabajo.

A toda mi familia especialmente a mis padres quienes me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento.

A mi hermana quien ha sido sostén y apoyo en mis esfuerzos de superación profesional.

A todas las personas que han creído en mí.

**FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA**

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Romeo Rodríguez <b>DECANO FACULTAD INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	_____	_____
Ing. Iván Menes <b>DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS</b>	_____	_____
Ing. Alberto Arellano <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	_____	_____
Ing. Diego Ávila <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____
Tlgo. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	_____	_____

“Yo Angélica Yolanda Zavala Yeroi, soy la responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis de Grado y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

---

Angélica Yolanda Zavala Yeroi

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS RESPONSABLES

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL .....	17
1.1.	Antecedentes.....	17
1.2.	Justificación.....	20
1.2.1.	Justificación Teórica.....	20
1.2.2.	Justificación Práctica.....	21
1.3.	Objetivos.....	24
1.3.1.	Objetivo General.....	24
1.3.2.	Objetivos Específicos .....	24
1.4.	Hipótesis .....	24

### CAPÍTULO II

2.	REDES INALÁMBRICAS .....	25
2.1.	Introducción a las Redes Inalámbricas.....	25
2.1.1.	¿Qué es una Red Inalámbrica?.....	25
2.1.2.	Ventajas de las Redes Inalámbricas.....	26
2.1.3.	Desventajas de las Redes Inalámbricas.....	26
2.1.4.	WLAN (Wireless Local Area Network, Redes de Área Local Inalámbrica) .....	27

2.1.5.	Wi-Fi Alliance .....	27
2.1.6.	Estándares de las redes inalámbricas (IEEE 802.11) .....	27
2.1.6.1.	IEEE 802.11.....	27
2.1.6.2.	IEEE 802.11a.....	28
2.1.6.3.	IEEE 802.11b .....	28
2.1.6.4.	IEEE 802.11e.....	29
2.1.6.5.	IEEE 802.11g.....	29
2.1.6.6.	IEEE 802.11n .....	29
2.1.7.	SSID (Service Set Identifier, Identificador de conjunto de servicios) .....	29
2.1.8.	DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol, Protocolo Configuración Dinámica de Servidor).....	30
2.1.9.	Dirección MAC(Media Access Control Address, Dirección de control de acceso al medio).....	32
2.1.10.	QoS (Quality of Service, Calidad de servicio) .....	32
2.1.11.	Factores que afectan la calidad de servicio.....	33
2.1.11.1.	Retardo .....	34
2.1.11.2.	Jitter.....	34
2.1.11.3.	Pérdida de paquetes.....	36
2.1.11.4.	Ancho de Banda .....	37
2.1.12.	AP (Access Point, Punto de Acceso) .....	37
2.1.13.	Modos de Funcionamiento .....	37

### **CAPÍTULO III**

3.	EL ESTÁNDAR 802.11e .....	43
3.1.	Introducción al estándar IEEE 802.11e.....	43
3.1.1.	EDCA (Enhanced Distributed Channel Access, Función Mejorada de Distribución de Acceso al Canal).....	44
3.2.	Modelos de servicios .....	48
3.2.1.	Servicio de mejor esfuerzo .....	48
3.2.2.	IntServ (Integrated services, Servicios integrados).....	48

3.2.3.	Diff-Serv (Differentiated Services, Servicios diferenciados) .....	49
--------	--	----

## **CAPÍTULO IV**

4.	IMPLEMENTACION.....	55
4.1.	Introducción .....	55
4.1.1.	Características de los equipos activos de la ESPOCH.....	56
4.2.	Estructura de la WLAN actual de la Facultad de Recursos Naturales.....	63
4.2.1.	Configuración de QoS en el CISCO WLC.....	64
4.2.1.1.	Guías de Configuración.....	64
	Utilizando una GUI para configurar los perfiles de QoS .....	65
	Utilizando CLI para configurar los perfiles QoS .....	75
4.2.2.	Asignar un Perfil QoS a una WLAN.....	76
	Utilizando una GUI para asignar un perfil QoS a una WLAN .....	77
	Utilizando la CLI para asignar un perfil QoS a una WLAN .....	78

## **CAPÍTULO V**

5.	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN FINAL.....	80
5.1.	Software de monitoreo de la red Observer v10.0 .....	80
5.2.	Escenario de Pruebas en la Facultad de RRNN .....	82
5.3.	Escenario de Pruebas para la obtención del valor DSCP.....	123
5.4.	Comprobación de la Hipótesis .....	126
5.5.	Demostración por Análisis Cuantitativo.....	127
5.6.	Graficas obtenidas .....	127

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **RESUMEN**

## **SUMMARY**

## **GLOSARIO**

## **ANEXOS**

## **BIBLIOGRAFÍA**



## INDICE DE ABREVIATURAS

**AC:** Access categories, Categorías de Acceso

**AIFS:** Arbitrary Interframe Space, Espacio Inter-Trama Arbitrario

**BSS:** Basic Service Set, Conjunto de servicio extendido

**CAPWAP:** Control and provisioning of wireless Access points protocol, Protocolo de Control y aprovisionamiento de puntos de acceso inalámbricos

**CLI:** Command Line Interface, Interfaz de línea de comandos

**CSMA/CA:** Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect, Múltiple acceso por detección de portadora evitando colisiones

**DIFS:** DCF Interframe Space, Espacio Inter-Trama DCF

**Diff-Serv:** Differentiated Services, Servicios diferenciados

**DNS:** Domain Name System, Sistema de Nombres de dominio

**DS:** Direct Sequence, Secuencia Directa

**DSCP:** Differentiated Services Code Point, Punto de código de servicios diferenciados

**DHCP:** Dynamic Host Configuration Protocol, Protocolo Configuración Dinámica de Servidor

**EDCA:** Enhanced Distributed Channel Access, Función Mejorada de Distribución de Acceso al Canal.

**ESS:** Extended Service Set, Conjunto de servicio extendido

**ESSID:** Extended Service Set ID, Identificador del conjunto de servicio extendido

**FH:** Frequency Hopping, Salto en frecuencia

**FQDN:** Fully Qualified Domain Name, Nombre de Dominio totalmente calificado

**GUI:** Graphical user interface, Interfaz gráfica de usuario

**HC:** Hybrid Coordinator, Coordinador Híbrido

**HCCA:** HCF Controlled Channel Access, Función HCF de Control de Acceso al Canal.

**HCF:** Hybrid Coordination Function, Función de Coordinación Híbrida

**IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers, Instituto de Ingenieros Eléctricos Electrónicos

**IntServ:** Integrated services , Servicios integrados

**LWAPP :** Lightweight Access Point Protocol, Protocolo Ligero para Puntos de Acceso

**NAV:** Network Allocation Vector, Vector de asignación de red

**OUI:** Organizationally Unique Identifier, Identificador Único Organizacional

**PC:** Point Coordinator, Punto coordinador

**QBSS:** Quality of Service Basic Service Set, Grupo de Servicio Básico con calidad de Servicio

**QSTA:** Quality of Service Stations, Estaciones con calidad de servicio

**RF:** Radio Frequency, Radiofrecuencia

**RSVP:** Resource Reservation Protocol, Protocolo de reserva de recursos

**SSID:** Service Set Identifier, Identificador de conjunto de servicios

**TC:** Traffic Class, Clases de tráfico

**TLD:** Top Level Domains, Dominios de nivel superior

**ToS:** Type of Service, Tipo de servicio

**TXOP:** Transmission Opportunity, Oportunidad de transmisión

**UP:** User priority, Prioridad de usuario

**WECA:** Wireless Ethernet Compatibility Alliance, Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica

**WCS:** Wireless Control System, Sistema de Control Inalámbrico

**WMM:** Wi-Fi Multimedia, Wi-Fi Multimedia

**WMM-SA:** Wi-Fi Multimedia Scheduling Access, Acceso Programado Wi-Fi Multimedia

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.01 Topología de la Red de la ESPOCH .....	20
Figura I.02 Escenario de pruebas.....	22
Figura II.03 Jitter .....	35
Figura II.04 Conjunto de servicio extendido .....	38
Figura II.05 Conjunto de servicio básico independiente.....	39
Figura II.06 Componentes de la Solución Cisco UWN .....	41
Figura II.07 Implementación de un único WLC .....	42
Figura III.08 EDCA .....	45
Figura III.09 Formato de la cabecera IPv4 .....	50
Figura III.10 Formato de la cabecera IPv6 .....	50
Figura III.11 Campo TOS.....	52
Figura IV.12 Diseño de la WLAN.....	63
Figura IV.13 Desactivar la red 802.11a.....	65
Figura IV.14 Desactivar la red 802.11b/g.....	66
Figura IV.15 Página de los perfiles QoS.....	66
Figura IV.16 Página Edit QoS Profile Platinum .....	67
Figura IV.17 Página Edit QoS Profile Gold .....	67
Figura IV.18 Página Edit QoS Profile Best Effort .....	68
Figura IV.19 Página Edit QoS Profile Bronze.....	68
Figura IV.20 Página Edit QoS Profile Platinum .....	71
Figura IV.21 Página Edit QoS Profile Gold .....	72
Figura IV.22 Página Edit QoS Profile Best Effort.....	72
Figura IV.23 Página Edit QoS Profile Bronze.....	73
Figura IV.24 Habilitar la red 802.11a.....	74
Figura IV.25 Habilitar la red 802.11b/g.....	74
Figura IV.26 Selección de la WLAN.....	77
Figura IV.27 Página de Edición de WLANs.....	78
Figura V.28 Escenario RRNN .....	82

Figura V.29 Escenario de pruebas .....	83
Figura V.30 Pantalla TCP Events .....	84
Figura V.31 Pantalla UDP Events .....	85
Figura V.32 Observer – Pérdida de paquetes.....	86
Figura V.33 Wireshark – Pérdida de paquetes.....	87
Figura V.34 Observer - Jitter .....	88
Figura V.35 Wireshark - Jitter .....	88
Figura V.36 Observer - Ancho de banda .....	89
Figura V.37 Tráfico VoIP .....	90
Figura V.38 Opciones de red .....	92
Figura V.39 RTP/GSM.....	94
Figura V.40 RTP/PCMU .....	95
Figura V.41 Retardo RTP/GSM .....	96
Figura V.42 Retardo RTP/PCMU.....	96
Figura V.43 Jitter - Perfil Platinum – RTP/GSM.....	97
Figura V.44 Jitter - Perfil Platinum – RTP/PCMU .....	97
Figura V.45 Jitter - Perfil Platinum.....	98
Figura V.46 Jitter - Perfil Gold – RTP/GSM.....	98
Figura V.47 Jitter - Perfil Gold – RTP/PCMU .....	99
Figura V.48 Jitter - Perfil Gold.....	99
Figura V.49 Jitter - Perfil Best Effort – RTP/GSM .....	100
Figura V.50 Jitter - Perfil Best Effort – RTP/PCMU.....	100
Figura V.51 Jitter - Perfil Best Effort .....	101
Figura V.52 Jitter - Perfil Bronze – RTP/GSM .....	101
Figura V.53 Jitter - Perfil Bronze – RTP/PCMU .....	102
Figura V.54 Jitter - Perfil Bronze .....	102
Figura V.55 Perfil Platinum – RTP/GSM.....	103
Figura V.56 Perfil Platinum – RTP/PCMU .....	104
Figura V.57 Perfil Gold – RTP/GSM .....	104

Figura V.58 Perfil Gold – RTP/PCMU.....	104
Figura V.59 Perfil Best Effort – RTP/GSM.....	104
Figura V.60 Perfil Best Effort – RTP/PCMU .....	105
Figura V.61 Perfil Bronze – RTP/GSM.....	105
Figura V.62 Perfil Bronze – RTP/PCMU .....	105
Figura V.63 Tráfico Video.....	106
Figura V.64 Configuración Skype .....	107
Figura V.65 RTP/DYNAMIC.....	109
Figura V.66 Retardo – RTP/DYNAMIC .....	109
Figura V.67 Jitter - Perfil Platinum – RTP/DYNAMIC .....	110
Figura V.68 Jitter - Perfil Gold – RTP/DYNAMIC.....	111
Figura V.69 Jitter - Perfil Best Effort – RTP/DYNAMIC .....	111
Figura V.70 Jitter - Perfil Bronze – RTP/DYNAMIC .....	112
Figura V.71 Perfil Platinum – RTP/DYNAMIC.....	112
Figura V.72 Perfil Gold – RTP/DYNAMIC .....	112
Figura V.73 Perfil Best Effort – RTP/DYNAMIC .....	113
Figura V.74 Perfil Bronze – RTP/DYNAMIC .....	113
Figura V.75 Tráfico HTTP .....	114
Figura V.76 Panel de control de XAMPP.....	115
Figura V.77 HTTP .....	116
Figura V.78 Retardo HTTP.....	117
Figura V.79 Ancho de banda - HTTP.....	118
Figura V.80 Tráfico FTP .....	119
Figura V.81 Creación de sitios.....	120
Figura V.82 FTP .....	121
Figura V.83 Retardo - FTP .....	122
Figura V.84 Ancho de banda .....	123
Figura V.85 Desitel – Valor de DSCP .....	125
Figura V.86 Facultad RRNN – Valor de DSCP.....	126

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA III.01	Prioridad de usuario y Categoría de acceso .....	46
TABLA III.02	Valores de DSCP, ToS e IP Precedence .....	53
TABLA IV.03	Equipos activos de red.....	57
TABLA IV.04	Switch Cisco 4507R .....	57
TABLA IV.05	Wireless LAN Controller 4402.....	58
TABLA IV.06	Switch Cisco 3560G .....	59
TABLA IV.07	Switch 3COM 4400.....	60
TABLA IV.08	Cisco Aironet 1300.....	61
TABLA IV.09	Cisco Aironet 1500.....	62
TABLA IV.10	802.1P y la Clasificación WMM .....	71
TABLA V.11	Retardo en paquetes RTP/GSM .....	94
TABLA V.12	Retardo en paquetes RTP/PCMU .....	94
TABLA V.13	Pérdida de paquetes RTP .....	103
TABLA V.14	Retardo en paquetes RTP/DYNAMIC.....	108
TABLA V.15	Retardo en paquetes HTTP .....	116
TABLA V.16	Pérdida de paquetes HTTP .....	117
TABLA V.17	Retardo en paquetes FTP .....	121
TABLA V.18	Retardo en paquetes FTP .....	122
TABLA V.19	Cuadro comparativo de los perfiles y protocolos.....	129

## INTRODUCCIÓN

En esta tesis se presentan los resultados obtenidos de una investigación realizada para determinar si la implementación de QoS en las WLAN garantiza que las aplicaciones que se transmiten en tiempo real tengan prioridad en el uso del ancho de banda. El objetivo principal de esta tesis es implementar el estándar IEEE 802.11e y aplicar en la transmisión de Sistemas Multimediales de la Facultad de Recursos Naturales de la institución.

La ejecución de dicho estudio se lo realizará utilizando el equipo de Cisco Wireless Lan Controller 4402. Al utilizar las métricas se demostrará de manera detallada los parámetros para lograr la comprobación de la hipótesis planteada. La investigación de los equipos utilizados nos permitirá definir sus características, ventajas, desventajas y otros aspectos importantes. Con respecto a la gestión de QoS, se ha optado por el modelo de **servicios diferenciados**, el cual se ajusta a las especiales características de las WLAN.

El desarrollo de la tesis contendrá cinco capítulos los cuales abarcan información importante. El capítulo I Marco Referencial se detallará los antecedentes, justificación, objetivos e hipótesis, los cuales deberán cumplirse al momento de finalizar dicha tesis. Además se describen las herramientas que se van a utilizar para dar solución al problema planteado inicialmente. El Capítulo II, Marco Teórico en dicho capítulo se da a conocer de una manera detallada sobre las WLAN, su estructura y funcionamiento; además se presentan conceptos básicos relacionados con dichas redes.

En el Capítulo III, se analiza el estado de arte relacionado con la tesis, para lo cual se profundiza en el funcionamiento a nivel de la capa de enlace de las WLAN, la problemática que conlleva para el soporte de QoS, y se describe la solución propuesta por el IEEE a través del estándar IEEE 802.11e. Una vez identificada la problemática que abordará la tesis en el Capítulo IV, se

propone la implementación que se realizará configurando el equipo Cisco WLC 4402, debiendo verificar el correcto funcionamiento de la red. A continuación se procede a realizar las pruebas oportunas que permiten corroborar los beneficios derivados de la propuesta especificada en la tesis basándonos en el escenario previamente seleccionado. Finalmente, en el Capítulo V, se procederá a resumir los principales resultados alcanzados en la tesis, en función de las gráficas obtenidas dada una población mediante la utilización de muestras utilizadas durante el desarrollo de las pruebas.



# **CAPÍTULO I**

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1.1. Antecedentes**

En la actualidad la integración de los servicios de voz, video y datos sobre una misma infraestructura se ha convertido en una tendencia tecnológica que exige que los proveedores de la red se adapten a los requerimientos de cada uno de estos servicios. En particular, la gran acogida de las WLAN (Wireless Local Area Network, Redes de Área Local Inalámbrica) ha generado la necesidad de proporcionar un tratamiento diferente al tráfico de voz y video, mediante la aplicación de técnicas que aseguren una determinada QoS (Quality of Service, Calidad de servicio).

Las redes inalámbricas son una realidad bien asentada, sin embargo dicha realidad proporciona un servicio de cierta calidad únicamente en condiciones de baja carga de tráfico y/o ausencia de requisitos en la entrega del mismo. El hecho de disponer de un acceso al medio compartido sin capacidad de diferenciación puede ocasionar que una aplicación de voz, por ejemplo, sufra pérdidas o retardos muy elevados. Que las redes WLAN puedan ser empleadas con garantías en telefonía IP inalámbrica o cualquier otro tipo de servicio que incluya requisitos de entrega dependería, en gran medida, de su capacidad para proporcionar QoS.

Varios son los motivos que han propiciado la gran aceptación de la tecnología inalámbrica, en concreto de los productos derivados del estándar 802.11. Dicho estándar ha sido recientemente ampliado para incluir mecanismos que permitan el suministro de garantías de servicio a las aplicaciones con 802.11e. Existen tesis desarrolladas con temas similares al propuesto, pero que no abarcan QoS sobre sistemas multimediales tales como aplicaciones de telefonía sobre Internet y videoconferencia en WLAN, por nombrar algunas de ellas.

La institución únicamente utiliza la red inalámbrica para pasar tráfico de internet, no se realiza la transmisión de sistemas multimediales; se pretende en un futuro lograr transmitir telefonía IP y videoconferencia a través de la misma. Debido a que estas aplicaciones son susceptibles a retardos se deberá emplear el estándar IEEE 802.11e, pues las redes de datos no distinguen entre las diferentes aplicaciones que transportan, es decir no pueden diferenciar entre una videoconferencia con determinados requisitos de ancho de banda y la navegación web de características completamente diferentes. Se requiere que de alguna manera las funciones de QoS sean capaces de reconocer las aplicaciones para reservarles unos determinados recursos en la red.

A través de los años la red del campus politécnico ha ido cambiando, desde sus inicios en el 2002 hasta la fecha actual se han incorporado nuevos enlaces, equipos, redes, etc. por lo anterior resulta necesario recabar información relevante y de interés de la estructura general de la ESPOCH que tiene incidencia en el diseño de la presente tesis.

La red de la ESPOCH, actualmente se encuentra diseñada utilizando el modelo jerárquico de 3 capas, en la capa de Núcleo o Core tenemos un switch cisco 4507R, en la capa de distribución tenemos switch cisco 3560G, y en la capa de acceso tenemos switch 3com.

Se cuenta en la Facultad de Recursos Naturales para el acceso a la red inalámbrica con tres

Access Point, dos son equipos CISCO AIRONET 1300 y uno es un CISCO AIRONET 1500. En el edificio del Centro de Cómputo se encuentra ubicado el Aironet 1300 el cual está conectado a un punto de un Switch CISCO 3560G y el Aironet 1500 también está conectado a otro punto del mismo switch, además existe conectividad con la Facultad de Ciencias Pecuarias en donde se encuentra el switch CISCO 3560G. El tercer Aironet 1300 se encuentra en el edificio del Decanato de dicha Facultad y está conectado a un punto de un Switch 3Com 4400, estos Switch se encuentran interconectados al Backbone de fibra óptica de la institución.

Actualmente el Departamento de Sistemas y Telemática cuenta con un equipo Cisco Wireless Lan Controller 4402 el mismo que gestiona la red inalámbrica de la institución, además permite la administración de hasta 25 AP (Access Point, Puntos de acceso), este se encuentra conectado a un switch Capa 3 Cisco 4507R. La configuración se la realizará sobre dicho equipo, aplicando el estándar IEEE 802.11e, para de esta manera permitir que la transmisión tanto de videoconferencia y telefonía IP sea de una manera eficiente y sin retardos.

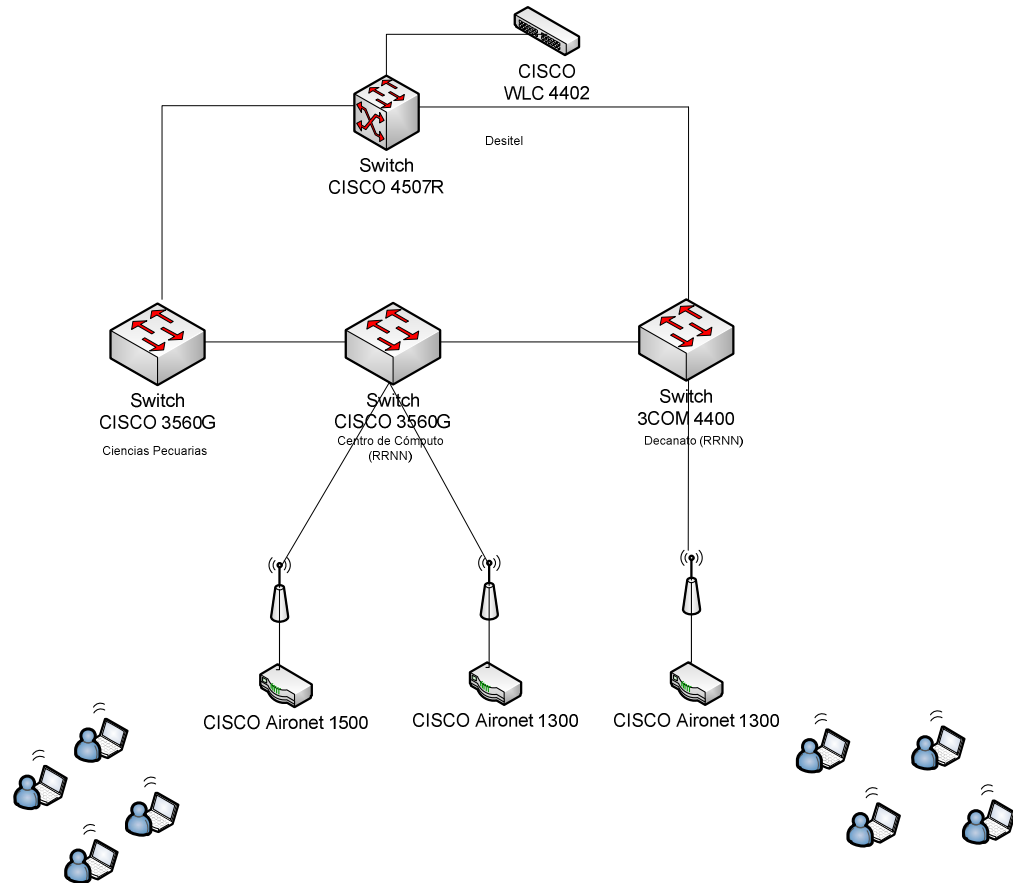
Cabe resaltar que para el uso de los equipos se cuenta con el apoyo y la autorización necesaria por parte del Ing. Eduardo Muñoz Jácome, Decano de la Facultad y del Ing. Franklin Cuadrado, Técnico Informático de la Facultad de Recursos Naturales.

### **Equipos a nivel de usuario**

Cada usuario dispone de un computador portátil. Los computadores pueden trabajar con los Sistemas Operativos Windows, Mac OSX y Linux.

### **Topología de la red**

En la Figura I.01 se muestra la disposición física de la red de la ESPOCH.



**Figura I.01** Topología de la Red de la ESPOCH

## 1.2. Justificación

### 1.2.1. Justificación Teórica

Como sabemos las WLAN permiten a sus usuarios acceder a información y recursos en tiempo real sin necesidad de estar físicamente conectados a un determinado lugar. La implantación de QoS en el backbone es esencial para el éxito de aplicaciones avanzadas, como telemedicina, videoconferencia y VoIP (voz sobre IP o telefonía sobre IP). Estas aplicaciones demandan, además de gran ancho de banda, un servicio diferenciado. En muchos casos es necesario garantizar que la transmisión de los datos sea realizada sin interrupción o pérdida de paquetes.

No tiene importancia si un mensaje de correo electrónico se entrega en 4 segundos o en 14 segundos, pero sí hay una diferencia enorme si un paquete de audio se entrega en 200

milisegundos o en 2 segundos. Una red que tenga el mismo comportamiento para correo electrónico que para multimedia no alcanzará los resultados necesarios para experiencias de alta calidad.

La telefonía IP, videoconferencia y video streaming por nombrar algunas aplicaciones son viables con las actuales redes y sistemas de propósito general, a pesar de que a menudo la calidad del audio y del video resultante está lejos de ser satisfactoria. Las aplicaciones multimedia generan y consumen flujos de datos continuos en tiempo real. Las aplicaciones en tiempo real no soportan retardos, por ello, se define un esquema de prioridades basados en los conceptos de QoS.

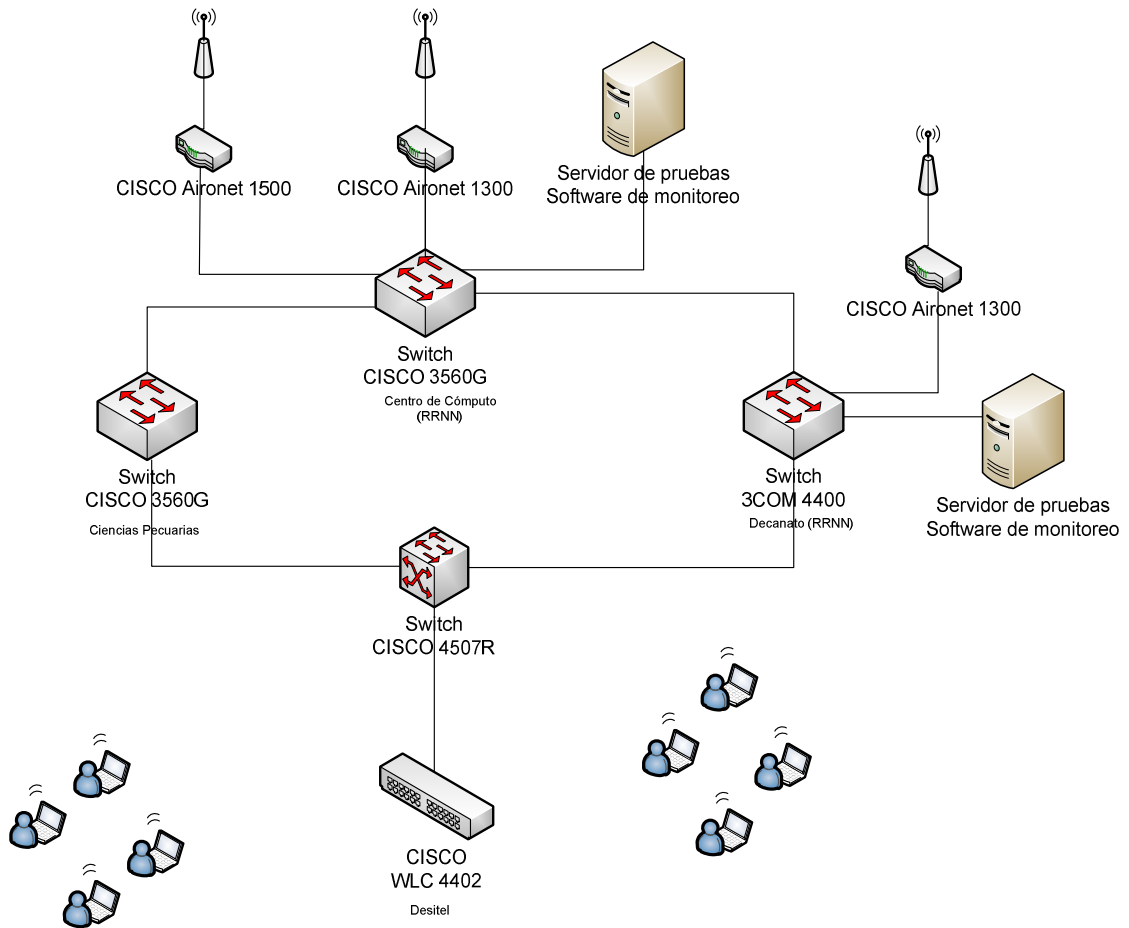
### **1.2.2. Justificación Práctica**

La red de fibra Óptica permite enviar voz, datos e imágenes simultáneamente a una gran velocidad de transmisión, lo que se logra también a través de la tecnología de comunicación inalámbrica, el potencial que las nuevas tecnologías de comunicación e información proporcionan al ser humano y a la sociedad tienen que ver con la rapidez en el procesamiento de información con el manejo de grandes volúmenes de la misma, con el fácil acceso, disposición, intercambio y transformación de información.

El servicio wireless de la ESPOCH permite la conectividad a la red a todos los usuarios de la institución, que por diversos motivos hacen uso frecuente de un equipo portátil como estación de trabajo teniendo la opción de desplazarse por las diferentes ubicaciones de la institución. El perfil del estudiante en un futuro es que a través de la red inalámbrica pueda tener acceso a las clases de una manera no presencial, debido a que se realizará la transmisión de telefonía IP y videoconferencia a través de la WLAN de la Institución, pero sin retardos es decir brindando QoS en la transmisión de este tipo de sistemas.

## Escenario de Pruebas

En la Figura I.02 se muestra la red utilizada incluyendo los equipos que se utilizarán para la realización de las pruebas:



**Figura I.02** Escenario de pruebas

## Elementos Hardware

El esquema muestra el escenario para las pruebas compuesto por:

- ✓ Portátil
- ✓ Cisco Aironet 1300
- ✓ Cisco Aironet 1500
- ✓ Switch Cisco 3560G

- ✓ Switch 3COM 4400
- ✓ Cisco WLC 4402
- ✓ Servidor de pruebas

### **Elementos Software**

El esquema muestra el escenario para las pruebas compuesto por:

- ✓ **Xampp.-** Es un servidor independiente desarrollado con software libre, que consiste principalmente en la base de datos MySQL, el servidor Web Apache y los intérpretes para lenguajes de script: PHP y Perl. El nombre proviene del acrónimo de **X** (para cualquiera de los diferentes sistemas operativos), **A**pache, **M**ySQL, **P**HP, **P**erl.
- ✓ **Asterisk.-** Es una aplicación de software libre que proporciona funcionalidades de una central telefónica PBX. Se puede conectar un número determinado de teléfonos para hacer llamadas entre sí e incluso conectar a un proveedor de VoIP.
- ✓ **Observer.-** Es un completo analizador de protocolos para redes alámbricas e inalámbricas, que captura y descifra sobre 500 protocolos.
- ✓ **Wireshark** (Ethereal Network Protocol Analyzer).- Es un software de libre distribución, de código abierto, realizado bajo licencia GNU.
- ✓ **Filezilla.-** Es el mejor cliente FTP gratuito.
- ✓ **Zoiper.-** Es un softphone VoIP gratuito de alta calidad, que permite conectarse a centralitas Asterisk, además es una buena opción de comunicación telefónica por internet. Los usuarios pueden configurar las prioridades de QoS utilizando etiquetas DSCP.
- ✓ **Skype.-** Es un software para realizar llamadas sobre Internet de forma gratuita. Además se puede tener videollamadas, mensajería instantánea, entre otros.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- ✓ Analizar la QoS sobre las WLAN utilizando el Estándar IEEE 802.11e y su aplicación en transmisiones de Sistemas Multimediales en tiempo real en la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Conocer las tecnologías y estándares de redes las inalámbricas; la arquitectura en general, los componentes de hardware y las principales aplicaciones de este tipo de soluciones, para poder utilizarlas de una manera más eficiente en el presente trabajo investigativo.
- ✓ Configurar los equipos necesarios utilizando el estándar IEEE 802.11e, para brindar QoS a los sistemas multimediales.
- ✓ Proponer una metodología de una arquitectura de red con soporte de QoS, apoyándose en mecanismos de priorización de tráfico proporcionados por 802.11e, para que se maximice el rendimiento a la red de acceso.
- ✓ Implementar el estándar IEEE 802.11e en la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, para de esta manera lograr obtener un mejor aprovechamiento y rendimiento de los sistemas multimediales que serán transmitidos por la WLAN.

### **1.4. Hipótesis**

“El manejo de QoS en las WLAN, garantizará que las aplicaciones en tiempo real tengan prioridad en el uso del ancho de banda, para que no sufran alteraciones y logren transmitirse con una mejor calidad”.



## **CAPÍTULO II**

### **REDES INALÁMBRICAS**

#### **2.1. Introducción a las Redes Inalámbricas**

##### **2.1.1.¿Qué es una Red Inalámbrica?**

Es una red en la que dos o más dispositivos tales como ordenadores portátiles, celulares, etc, se pueden comunicar sin la necesidad de conectarlos con cables. En las redes inalámbricas, se utiliza el término movilidad debido a que los usuarios pueden mantenerse conectados a la red cuando se desplazan dentro de una determinada área geográfica. Dichas redes se enlazan mediante ondas electromagnéticas (radio e infrarrojo) en lugar de cables. Existen muchas tecnologías las cuales se diferencian por la frecuencia de transmisión que utilizan, por el alcance y por la velocidad de sus transmisiones.

El uso de esta tecnología se ha extendido con rapidez debido a que las redes inalámbricas permiten que los dispositivos remotos se conecten sin dificultad, ya sea que se encuentren a unos metros como a varios kilómetros de distancia, la instalación de estas redes no requiere de ningún cambio significativo en la infraestructura existente como pasa con las redes cableadas, no se tiene la necesidad de agujerear paredes para pasar cables ni de instalar portacables o conectores.

Muchos dispositivos transmiten ondas electromagnéticas (de uso militar, científico y de aficionados), pero son propensos a las interferencias. Por esta razón, existen algunas cuestiones afines con la regulación legal del espectro electromagnético, es decir todos los países necesitan definir los rangos de frecuencia y la potencia de transmisión que se permite a cada categoría de uso.

### **2.1.2. Ventajas de las Redes Inalámbricas**

**Movilidad:** Los usuarios conectados a una red inalámbrica tienen acceso a la información en tiempo real en cualquier lugar (zona limitada) en el que están desplegadas dichas redes.

**Instalación rápida, simple y flexible:** La instalación es rápida, simple y elimina la necesidad de colocar cables a través de paredes y techos. Además permite a la red llegar a puntos de difícil acceso para una LAN cableada.

**Costo reducido:** La inversión inicial para una red inalámbrica puede ser más alta que el costo de una LAN, sin embargo la inversión de toda la instalación y el costo durante el ciclo de vida puede ser significativamente inferior. Con esto se obtienen beneficios a largo plazo superiores en ambientes que requieren acciones y movimientos frecuentes.

**Escalable:** Las redes inalámbricas pueden ser configuradas utilizando diferentes topologías para satisfacer las necesidades de las instalaciones y aplicaciones específicas. Las configuraciones son fáciles de cambiar, además que resulta sencillo la incorporación de nuevos usuarios a la red.

### **2.1.3. Desventajas de las Redes Inalámbricas**

La principal desventaja es la pérdida de velocidad de transmisión en comparación con los cables y las posibles interferencias. Otra desventaja es que al ser una red abierta puede ocasionar problemas de seguridad, aunque actualmente existen mecanismos de protección como es la contraseña.

#### **2.1.4.WLAN (Wireless Local Area Network, Redes de Área Local Inalámbrica)**

Se define como una red de alcance local que tiene como medio de transmisión el aire. La red de área local inalámbrica, también llamada wireless LAN (WLAN), es un sistema flexible de comunicaciones que puede implementarse como una extensión o directamente como una alternativa a una red cableada. Permite que las terminales que se encuentran dentro del área de cobertura puedan conectarse entre sí. Existen varios tipos de tecnologías así como Wi-Fi.

#### **2.1.5.Wi-Fi Alliance**

Wi-Fi o IEEE 802.11 es un sistema de envío de datos sobre redes computacionales que utiliza ondas de radio en lugar de cables, Wi-Fi es una organización comercial sin ánimos de lucro que adopta y prueba que los equipos cumplen los estándares 802.11, además certifica la interoperabilidad de productos IEEE 802.11. En el ámbito comercial los sub estándares de Wi-Fi que actualmente más se están explotando y que por lo tanto se presentan en los AP son: 802.11b, 802.11g y 802.11n.

#### **2.1.6.Estándares de las redes inalámbricas (IEEE 802.11)**

##### **2.1.6.1. IEEE 802.11**

Se publicó en 1997, fue el primero de los estándares definidos por la IEEE para aplicaciones WLAN, y especifica dos velocidades de transmisión teóricas de 1 y 2 Mbps que se transmiten por señales de RF (Radio Frequency, Radiofrecuencia) e IR (Infrared, Infrarrojas). Funciona sobre la banda ISM (Industrial,Scientific and Medical, Industria Científica y Médica) de 2.4 GHz (de 2.400 MHz a 2.483,5 MHz).

El estándar original también define el protocolo CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance, Múltiple acceso por detección de portadora evitando colisiones) como método de acceso. Una parte importante de la velocidad de transmisión teórica se utiliza en las necesidades de esta codificación para mejorar la calidad de la transmisión bajo condiciones ambientales diversas, lo cual se tradujo en dificultades de interoperabilidad entre

equipos de diferentes marcas. Debido a la aparición de una serie de variantes que mejoran no sólo la velocidad de transferencia, sino que además dan cobertura a funciones especiales de seguridad este estándar está prácticamente en desuso. Estas y otras debilidades fueron corregidas en el estándar 802.11b, que fue el primero de esta familia en alcanzar amplia aceptación entre los consumidores.

#### **2.1.6.2. IEEE 802.11a**

Estándar de conexión inalámbrica que tiene una velocidad de transmisión de 54 Mbps con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbps, en una banda de 5 GHz. Las distancias de cobertura se ven reducidas significativamente, alcanzando entre 30m (a 54 Mbps) y 300m (a 6 Mbps) en exteriores, y entre 12m (a 54 Mbps) y 90m (a 6 Mbps) en interiores.

La revisión 802.11a al estándar original fue ratificada en 1999, es también conocido como “Wi-Fi5”. Las desventajas de la utilización de esta banda es que dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas, los equipos 802.11a deben quedar en línea de vista y es necesario un mayor número de AP.

#### **2.1.6.3. IEEE 802.11b**

Estándar de conexión inalámbrica que tiene una velocidad de transmisión capaz de variar desde 1, 2,5.5, y 11 Mbps, dependiendo de diferentes factores, en una banda de 2.4 GHz. En cuanto a las distancias a cubrir, dependerá de las velocidades aplicadas, del número de usuarios conectados y del tipo de antenas y amplificadores que se puedan utilizar. Aún así, se podrían dar unas cifras de alrededor de entre 120m (a 11 Mbps) y 460m (a 1 Mbps) en espacios abiertos, y entre 30m (a 11 Mbps) y 90m (a 1 Mbps) en interiores, dependiendo lógicamente del tipo de materiales que sea necesario atravesar. Es la evolución natural del IEEE 802.11 fue ratificada en 1999. No es compatible con el 802.11a pues funciona en otra banda de frecuencia.

#### **2.1.6.4. IEEE 802.11e**

Estándar en elaboración desde Junio de 2003 y publicado en el 2005, el objetivo del nuevo estándar IEEE 802.11e es introducir nuevos mecanismos a nivel de capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de Calidad de Servicio. Para cumplir con su objetivo introduce un nuevo elemento llamado HCF (Hybrid Coordination Function, Función de Coordinación Híbrida) con dos tipos de acceso: (EDCA, Enhanced Distributed Channel Access, Función Mejorada de Distribución de Acceso al Canal) y (HCCA, HCF Controlled Channel Access, Función HCF de Control de Acceso al Canal).

#### **2.1.6.5. IEEE 802.11g**

Fue aprobado en Junio de 2003. Estándar de conexión wireless que suministra una velocidad de transmisión de 54 Mbps pero de 30 Mbps en la práctica en una banda de frecuencia de 2.4 GHz. Una de sus ventajas es la compatibilidad con el estándar 802.11b. Cubre de 50 a 100m de distancia en interiores pero permite hacer comunicaciones de hasta 50Km con antenas parabólicas apropiadas.

#### **2.1.6.6. IEEE 802.11n**

El borrador fue desarrollado en el 2007 y aprobado en 2009. La velocidad real estimada es de 600 Mbps (la velocidad teórica de transmisión es aún mayor), y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. Mejor rendimiento en 5GHz, se puede usar en 2.4 GHz si las frecuencias están libres.

#### **2.1.7. SSID (Service Set Identifier, Identificador de conjunto de servicios)**

Es un código que está incluido en todos los paquetes de una red inalámbrica y consiste en un máximo de 32 caracteres alfanuméricos. Sirve para identificarlos como parte de esa red y para determinar el área cubierta por uno o más APs. En un modo comúnmente usado, el AP

periódicamente transmite su SSID. Una estación inalámbrica que desee asociarse con un AP puede escuchar estas transmisiones y puede escoger un AP al que desee asociarse basándose en su SSID. Todos los dispositivos inalámbricos que intentan comunicarse entre sí deben compartir el mismo SSID.

Cuando se activa la WLAN en el router, se debe configurar parámetros y uno de ellos es el nombre de la red inalámbrica para que identifiquen los dispositivos. Las redes inalámbricas pueden verse desde el exterior, sólo buscando los SSID existentes en el aire, se puede conectar un ordenador con la propia red inalámbrica, o con otras redes vecinas cercanas a la red LAN. Para garantizar la no conexión de otros dispositivos externos en nuestras redes inalámbricas, existe la autenticación y aceptación de dichos dispositivos a la red LAN y WLAN del router. Si no se está bien autenticado, la red inalámbrica rechazará dicho dispositivo y no lo dejará entrar a la red<sup>1</sup>.

#### **2.1.8.DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol, Protocolo Configuración Dinámica de Servidor)**

Es un protocolo que facilita la administración de la red, ya que permite automatizar y gestionar de una manera centralizada la asignación de direcciones IP en una red de una organización o de un proveedor de servicios de Internet (ISP). Cuando se usan los protocolos de Internet (TCP/IP), cada ordenador que puede conectarse necesita una dirección IP exclusiva.

Sin DHCP, la dirección IP debe ser configurada manualmente en cada ordenador, y si los ordenadores cambian de sitio a otro lugar de la red, hay que introducir una nueva dirección IP. DHCP usa el concepto de alquiler o préstamo de dirección IP, cuyo significado es que una dirección IP determinada será válida para un ordenador durante un cierto período de tiempo. La duración del préstamo puede variar dependiendo de cuánto tiempo esté conectado a Internet el

---

<sup>(1)</sup>APPLE Inc. “Redes inalámbricas y sus conceptos (SSID)”, <http://www.telepieza.com/wordpress/2008/05/08/redes-inalambricas-y-sus-conceptos-wifi-wireless-wlan-lan-wan-ssid-wep-wpa/>, (8 de Mayo de 2008).

usuario de una ubicación determinada. Utilizando préstamos muy cortos, DHCP puede reconfigurar dinámicamente las redes en las cuales hay más ordenadores que direcciones IP disponibles<sup>2</sup>.

Este es un protocolo de tipo cliente/servidor en el que generalmente un servidor posee una lista de direcciones IP dinámicas y las va asignando a los clientes conforme éstas van estando libres, sabiendo en todo momento quién ha estado en posesión de esa IP, cuánto tiempo la ha tenido y a quién se la ha asignado posteriormente.

### **Asignación de direcciones IP**

El protocolo DHCP incluye tres métodos de asignación de direcciones IP:

- ✓ **Asignación manual o estática:** Asigna una dirección IP a una máquina determinada. Se suele utilizar cuando se quiere controlar la asignación de dirección IP a cada cliente y evitar que se conecten clientes no identificados.
- ✓ **Asignación automática:** Asigna una dirección IP de forma permanente a una máquina cliente la primera vez que hace la solicitud al servidor DHCP y hasta que el cliente la libera. Se suele utilizar cuando el número de clientes no varía demasiado.
- ✓ **Asignación dinámica:** El administrador de la red determina un rango de direcciones IP y cada computadora conectada a la red está configurada para solicitar su dirección IP al servidor cuando la tarjeta de interfaz de red se inicializa. El procedimiento usa un concepto muy simple en un intervalo de tiempo controlable, esto facilita la instalación de nuevas máquinas clientes a la red. El único método que permite la reutilización dinámica de las direcciones IP.

---

<sup>(2)</sup>APPLE Inc. “¿Qué es DHCP y qué necesito saber?”, <http://docs.info.apple.com/article.html?artnum=58507-es>, (2009).

### **2.1.9. Dirección MAC (Media Access Control Address, Dirección de control de acceso al medio)**

Es un identificador de 48 bits (6 bytes) que corresponde de forma única a una tarjeta o interfaz de red. Cada dispositivo tiene su propia dirección MAC determinada y configurada por el IEEE (los últimos 24 bits) y el fabricante (los primeros 24 bits) utilizando el OUI (Organizationally Unique Identifier, Identificador Único Organizacional). Las direcciones MAC son únicas a nivel mundial, puesto que son escritas directamente, en forma binaria, en el hardware en su momento de fabricación<sup>3</sup>. Como cada dígito hexadecimal son 4 dígitos binarios (bits), tendríamos:

$4 \times 12 = 48$  bits únicos  $\rightarrow$  XX.XX.XX.XX.XX.XX

En la mayoría de los casos no es necesario conocer la dirección MAC, ni para montar una red doméstica, ni para configurar la conexión a internet. Pero si queremos configurar una red Wi-Fi y habilitar en el AP un sistema de filtrado basado en MAC (a veces denominado filtrado por hardware), el cual solo permitirá el acceso a la red a adaptadores de red concretos, identificados con su MAC, entonces sí se necesita conocer dicha dirección.

Éste medio de seguridad se puede considerar como un refuerzo de otros sistemas de seguridad, ya que teóricamente se trata de una dirección única y permanente, aunque en todos los sistemas operativos hay métodos que permiten a las tarjetas de red identificarse con direcciones MAC distintas de la real. Cada dispositivo debe tener una dirección MAC única de manera que sea posible enviar y recibir paquetes de datos exclusivamente a esa dirección. Si las direcciones MAC no son únicas, no habría manera de poder distinguir a dos dispositivos de red.

### **2.1.10. QoS (Quality of Service, Calidad de servicio)**

Es la capacidad de una red para proveer diferentes niveles de servicio a los distintos tipos de tráfico. Permite que los administradores de una red puedan asignarle a un determinado tráfico prioridad sobre otro y, de esta forma, garantizar que un mínimo nivel de servicio le será

---

<sup>(3)</sup>VELOSO, Bryan. “¿Qué es una dirección MAC?”, <http://cwflores.wordpress.com/2008/09/11/¿que-es-una-direccion-mac>, (11 Septiembre, 2008).



provisto. Debido al desarrollo de estos nuevos tipos de aplicaciones (video streaming, VoIP, videoconferencia, etc.), la necesidad de implementar técnicas de QoS se ha vuelto más evidente. Dependiendo del tipo de aplicación son los requerimientos que se precisan. Por ejemplo, FTP no es un protocolo críticamente sensitivo a la congestión de la red. Simplemente, la operación tardará un tiempo mayor en realizarse pero no impide que se ejecute correctamente (salvo que la congestión sea tan grande que la conexión de timeout se aborte). En cambio, las aplicaciones de voz o video son particularmente sensitivas a retardos de la red. Si a los paquetes que componen una comunicación de voz les toma demasiado tiempo en llegar al destino, el sonido o el video resultante estarán distorsionados. Aplicando técnicas de QoS se puede proveer un servicio más acorde al tipo de tráfico.

A continuación se indican algunas de las situaciones en las cuales sería conveniente dar QoS:

- ✓ Para dar prioridad a ciertas aplicaciones de nivel crítico en la red
- ✓ Para maximizar el uso de la infraestructura de la red
- ✓ Para proveer un mejor desempeño a las aplicaciones sensitivas al retardo como son las de voz y video
- ✓ Para responder a cambios en los flujos del tráfico de red

Si una red estuviese vacía el tráfico de una aplicación debería conseguir cumplir con todos los parámetros anteriores, obtendría el ancho de banda necesario, no perdería paquetes y tampoco sufriría delay ni jitter. Pero la realidad es diferente. Existen varias aplicaciones usando la red al mismo tiempo y, por lo tanto, compitiendo por los recursos disponibles.

#### **2.1.11. Factores que afectan la calidad de servicio**

Los principales problemas en cuanto a la calidad de servicio (QoS) de una red inalámbrica, son el Retardo, la pérdida de paquetes, el Jitter y el Ancho de Banda.

### **2.1.11.1. Retardo**

El retardo o latencia se define técnicamente como la diferencia que existe entre el momento en que una señal es transmitida y el momento que una señal llega a su destino<sup>4</sup>.

#### **Causas:**

El retardo no es un problema específico de las redes no orientadas a conexión y por tanto de la VoIP. Es un problema general de las redes de telecomunicación. Por ejemplo, la latencia en los enlaces vía satélite es muy elevada por las distancias que debe recorrer la información.

Las comunicaciones en tiempo real (como VoIP) son sensibles a este efecto. Es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados.

#### **Posibles soluciones:**

No hay una solución que se pueda implementar de manera sencilla. Muchas veces depende de los equipos por los que pasan los paquetes, es decir, de la red misma. Se puede intentar reservar un ancho de banda de origen a destino o señalar los paquetes con valores de TOS para intentar que los equipos sepan que se trata de tráfico en tiempo real y lo traten con mayor prioridad pero actualmente no suelen ser medidas muy eficaces ya que no disponemos del control de la red.

Si el problema de la latencia está en la propia red interna se puede aumentar el ancho de banda, velocidad del enlace o priorizar esos paquetes dentro de la red.

### **2.1.11.2. Jitter**

El Jitter se define como la diferencia entre el tiempo en que llega un paquete y el tiempo que se cree que llegará el paquete, es decir es la variación en el retardo. El jitter se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red,

---

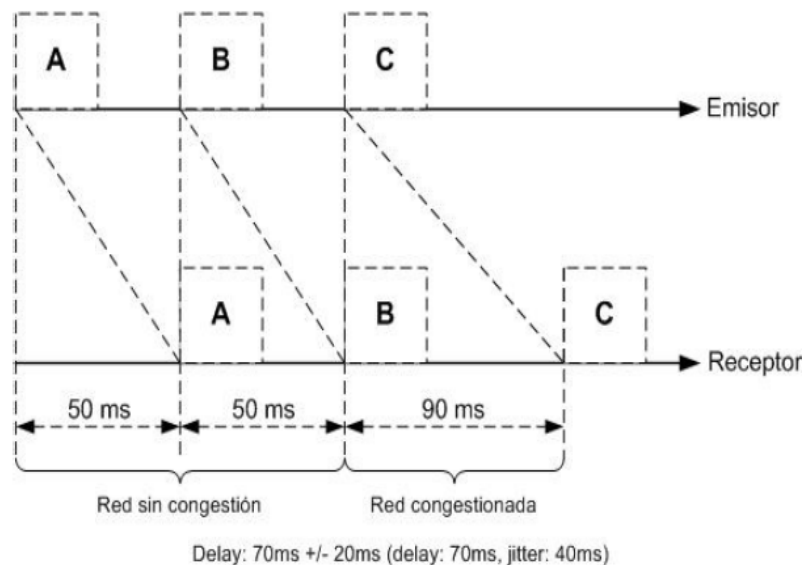
<sup>4</sup> TORRES AGUILERA, Alejandro, "Atorresa", <http://atorresa.spaces.live.com/blog/cns!95CE28337639F962!177.entry>, (14 de Enero de 2009).

pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino<sup>5</sup>.

El jitter afecta a las comunicaciones en tiempo real (como VoIP) pues éstas son especialmente sensibles y es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados. El aumento de mecanismos de QoS como prioridad en las colas, reserva de ancho de banda o enlaces de mayor velocidad (1000Mb Ethernet, E3/T3) pueden reducir los problemas del jitter en un futuro aunque seguirá siendo un problema por bastante tiempo.

En TCP/IP los paquetes no llegan a su destino en un orden y a una velocidad constante. Debido a que el audio tiene una velocidad constante existen los jitter buffer, éstos pueden manejar unos 300 milisegundos y controlar esta variación para que el audio se escuche a velocidad constante, si la llegada de paquetes es demasiado desigual el buffer no la alcanza a controlar y perderá los paquetes, deteriorando la calidad de la voz.

Un ejemplo se muestra en la Figura II.03: Los paquetes A y B llegan al destino cada 50 milisegundos pero el paquete C tarda 90 milisegundos, 40 milisegundos más de retardo que los dos paquetes anteriores lo que provoca un jitter de 40 milisegundos.



**Figura II.03 Jitter**

<sup>(5)</sup>VOIPFORO. “Jitter, Causas, Soluciones y valores recomendados”, [http://www.VoIPforo.com/QoS/QoS\\_Jitter.php](http://www.VoIPforo.com/QoS/QoS_Jitter.php) (2009).

**Causas:**

El jitter es un efecto de las redes de datos no orientadas a la conexión y basadas en conmutación de paquetes. Como la información se divide en paquetes cada uno de los paquetes puede seguir una ruta distinta para llegar al destino.

**Posible solución:**

La solución más ampliamente adoptada es la utilización del jitter buffer, consiste básicamente en asignar una pequeña cola o almacén para ir recibiendo los paquetes y sirviéndolos con un pequeño retraso. Si algún paquete no está en el buffer (se perdió o no ha llegado todavía) cuando sea necesario se descarta. Normalmente en los teléfonos IP (hardware y software) se pueden modificar los buffers. Un aumento del buffer implica menos pérdida de paquetes pero más retraso. Una disminución implica menos retardo pero más pérdida de paquetes.

**2.1.11.3. Pérdida de paquetes**

**Causas:**

Las comunicaciones en tiempo real están basadas en el protocolo UDP. Este protocolo no está orientado a conexión y si se produce una pérdida de paquetes no se reenvían. Además la pérdida de paquetes también se produce por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor.

Sin embargo la voz es bastante predictiva y si se pierden paquetes aislados se puede recomponer la voz de una manera bastante óptima. El problema es mayor cuando se producen pérdidas de paquetes en ráfagas.

**Posibles Soluciones:**

Para evitar la pérdida de paquetes existe una técnica muy eficaz en redes con congestión o de baja velocidad ésta **es no transmitir los silencios**. Gran parte de las conversaciones están llenas de momentos de silencio. Si solo se transmite cuando haya información audible se libera

bastante los enlaces y se evita fenómenos de congestión. De todos modos este fenómeno puede estar también bastante relacionado con el jitter y el jitter buffer.

#### **2.1.11.4. Ancho de Banda**

Es la cantidad de información o de datos que se envían a través de una conexión de red en un período de tiempo determinado. El ancho de banda está dado generalmente en bites por segundo (bps), kilobites por segundo (kbps), megabites por segundo (mbps), o gigabites por segundo (gbps)<sup>6</sup>.

#### **2.1.12. AP (Access Point, Punto de Acceso)**

Es un dispositivo que conecta equipos de comunicación inalámbrica entre sí para formar una red inalámbrica. Los puntos de acceso inalámbrico crean un puente entre la red cableada y la red inalámbrica con lo cual se puede compartir recursos de la red además del internet. Se le puede considerar como la antena a la que se va a conectar.

#### **Ventajas:**

- ✓ Debido a que no se necesita cableado la instalación es flexible.
- ✓ La conexión al AP se puede proteger con una clave de acceso, impidiendo la piratería.
- ✓ El usuario en tiempo real captura datos y accede a la información, permitiendo movilizarse por toda el área de cobertura.

#### **2.1.13. Modos de Funcionamiento**

Los posibles modos de funcionamiento de los dispositivos de una red WLAN son los siguientes:

**Infraestructura.-** Este modo permite la conexión de las estaciones inalámbricas o dispositivos de usuario a un AP, el cual gestiona las conexiones. Las estaciones inalámbricas envían los paquetes al AP. Este AP sirve para encaminar las tramas hacia una red convencional o hacia

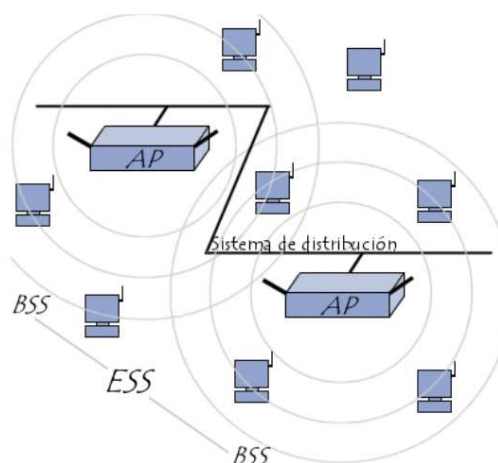
---

<sup>6</sup> MASADELANTE, "Definición de ancho de banda", <http://www.masadelante.com/faqs/ancho-de-banda>, (2009)

otras redes distintas. Para poder establecer la comunicación, todos los usuarios deben estar dentro de la zona de cobertura del AP.

BSS (Basic Service Set, Conjunto de servicio básico), es una zona cubierta por un AP. Es posible vincular varios grupos de BSS conectados con una conexión llamada Sistema de distribución para formar un ESS (Extended Service Set, Conjunto de servicio extendido). El sistema de distribución también puede ser una red conectada, un cable entre dos AP o incluso una red inalámbrica<sup>7</sup>. Un ESS se identifica a través de un ESSID (Extended Service Set ID, Identificador del conjunto de servicio extendido), que es un identificador de 32 caracteres en formato ASCII que actúa como su nombre en la red. El ESSID, a menudo abreviado SSID, muestra el nombre de la red y de alguna manera representa una medida de seguridad de primer nivel ya que una estación debe saber el SSID para conectarse a la red extendida.

Cuando un usuario itinerante va desde un BSS a otro mientras se mueve dentro del ESS, el adaptador de la red inalámbrica de su equipo puede cambiarse de AP, según la calidad de la señal que reciba desde distintos AP. Los AP se comunican entre sí a través de un sistema de distribución con el fin de intercambiar información sobre las estaciones y, si es necesario, para transmitir datos desde estaciones móviles. Esta característica que permite a las estaciones moverse de forma transparente de un AP al otro se denomina itinerancia.

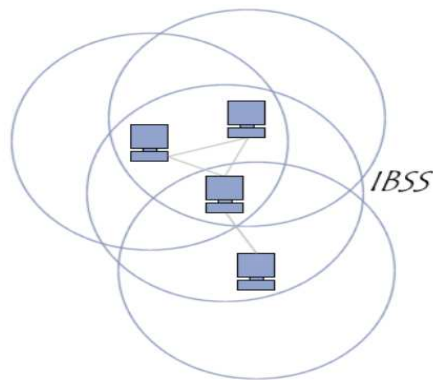


**Figura II.04** Conjunto de servicio extendido

<sup>(7)</sup>KIOSKEA, “Modos de funcionamiento Wifi (802.11 o Wi-Fi, <http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifimodes.php3> , (14 de junio de 2009).

**Ad-Hoc (Punto a Punto).**- Este modo permite la conexión de las estaciones inalámbricas o dispositivos de usuario directamente entre sí, sin ningún AP. Cada dispositivo se puede comunicar con todos los demás. Cada AP forma parte de una red peer to peer o de igual a igual, no se debe sobrepasar un número razonable de dispositivos pues podrían hacer que baje el rendimiento. A más dispersión geográfica de cada AP más dispositivos pueden formar parte de la red, aunque algunos no lleguen a verse entre sí.

La configuración que forman las estaciones se llama IBSS (Independent Basic Service Set, Conjunto de servicio básico independiente), la cual es una red inalámbrica que tiene al menos dos estaciones y no usa ningún AP. Por eso, crea una red temporal que le permite a la gente que esté en la misma sala intercambiar datos. Se identifica a través de un SSID. En una red ad hoc, el rango del IBSS está determinado por el rango de cada estación. Esto significa que si dos estaciones de la red están fuera del rango de la otra, no podrán comunicarse, ni siquiera cuando puedan ver otras estaciones. No tiene un sistema de distribución que pueda enviar tramas de datos desde una estación a la otra. Entonces, por definición, un IBSS es una red inalámbrica restringida.



**Figura II.05** Conjunto de servicio básico independiente

## **2.2. Información general de la solución Cisco UWN**

La solución de Cisco UWN (Unified Wireless Network) está diseñada para proporcionar redes inalámbricas 802.11 a empresas y proveedores de servicios. La solución Cisco UWN simplifica

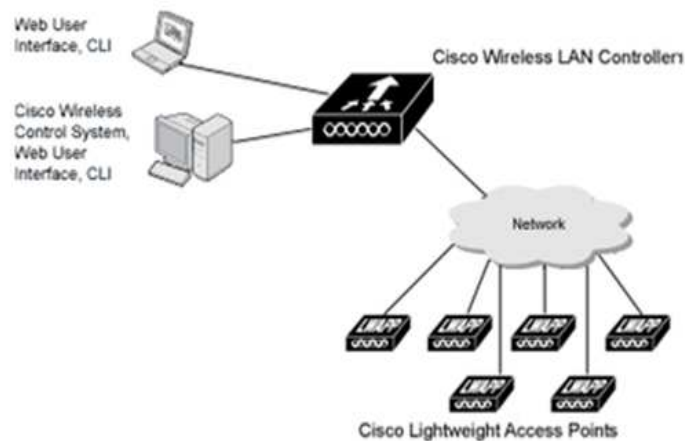
el despliegue y la gestión de WLANs de gran escala y habilita una infraestructura de seguridad única en su clase. El sistema operativo gestiona toda la información del cliente, comunicaciones y funciones del sistema de administración, realiza la gestión de los recursos de radio (RRM), gestiona las políticas de sistemas móviles, utiliza políticas de seguridad del sistema operativo, coordina todas las funciones de seguridad utilizando el marco de funcionamiento del sistema operativo.

La solución Cisco UWN consiste en un Cisco WLC y sus AP ligeros asociados por el sistema operativo, todo lo explicado anteriormente se logra con interfaces de usuario de dicho sistema operativo:

- ✓ Una interfaz de usuario web con características HTTP o HTTPS organizada por Cisco WLC puede ser utilizada para configurar y monitorear controladores individuales.
- ✓ Una CLI (Command-line interface, Interfaz de línea de comandos) puede ser utilizada para configurar y monitorear controladores Cisco individuales.
- ✓ El WCS (Cisco Wireless Control System) se utiliza para configurar y monitorear uno o más Cisco WLC y sus AP asociados. La WCS tiene las herramientas para facilitar el monitoreo y el control de sistemas grandes. El WCS trabaja sobre Windows 2000, Windows 2003, y Servidores Red Hat Enterprise Linux ES. La versión del software WCS 5.2 debe ser utilizada con controladores ejecutando el software de control v5.2, y no se debe intentar utilizar dicho software con versiones anteriores.

La solución Cisco UWN soporta servicios de datos a clientes, monitoreo, control, detección de AP y función de contención. Utiliza AP ligeros, Cisco WLC, y el Cisco WCS para brindar servicios a las empresas y proveedores de servicios. Los componentes de la solución Cisco UWN que pueden ser desplegados de forma simultánea a través de varios pisos y edificios, se muestra a través de la Figura II.06:





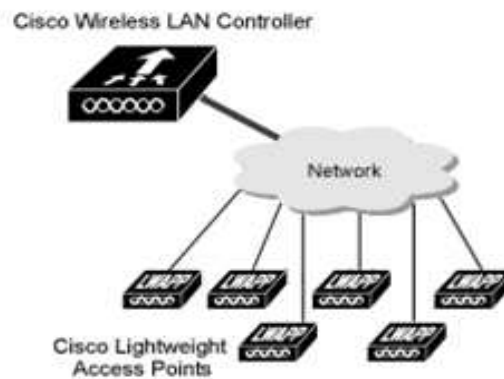
**Figura II.06** Componentes de la Solución Cisco UWN

### 2.2.1. Implementación de un WLC

Un WLC es un dispositivo que mediante la automatización de las funciones de configuración y administración de las WLAN, permite que los administradores puedan controlar la seguridad, redundancia y fiabilidad necesarias para aumentar el tamaño de las redes inalámbricas y administrarlas de manera rentable, y todo con la misma facilidad de las redes cableadas convencionales. Un WLC puede soportar APs a través de múltiples pisos y edificios simultáneamente, además brinda las siguientes características:

- ✓ Autodetección y autoconfiguración de APs a medida que se añaden a la red.
- ✓ Control total de APs.
- ✓ Los APs se conectan a los controladores a través de la red. El equipo de red puede o no proporcionar alimentación a través de Ethernet a los APs.

Se debe tener en cuenta que algunos controladores utilizan conexiones redundantes de Gigabit Ethernet para eludir los fallos de una única red. Algunos controladores se pueden conectar a través de múltiples puertos físicos a varias subredes. Esto se puede observar en la Figura II.07.



**Figura II.07** Implementación de un único WLC

### **2.2.2. Operación de Capa 2 y Capa 3**

El LWAPP (Lightweight Access Point Protocol, Protocolo Ligero para Puntos de Acceso) comunica el WLC y los AP ligeros, se puede llevar a cabo con el ISO Data Link Layer 2 o Network Layer 3. El protocolo de la capa de red IPv4 es compatible para el transporte a través de LWAPP para el sistema del WLC. IPv6 (sólo para clientes) y AppleTalk son también compatibles, pero sólo en los WLC serie 4400. Otros protocolos de capa 3 (tales como IPX, DECnet Fase IV, OSI CLNP) y los protocolos de capa 2 (tales como LAT y NetBEUI) no son soportados.

### **2.2.3. Requerimientos Operacionales**

Los requerimientos para la comunicación de la capa 3 LWAPP es que el WLC y los AP ligeros puedan estar conectados a través de dispositivos de capa 2 en la misma subred o conectados a través de dispositivos de capa 3 a través de subredes. Otro requisito es que las direcciones IP de los AP deban ser asignadas de manera estática o de manera dinámica a través de un servidor DHCP externo.

## **CAPÍTULO III**

### **EL ESTÁNDAR 802.11e**

#### **3.1. Introducción al estándar IEEE 802.11e**

El desarrollo de la tecnología en los últimos años está orientado a la implementación de nuevas aplicaciones que deben ser garantizadas en las redes inalámbricas, por ejemplo VoIP, aplicaciones multimedia, videoconferencia, transmisión de video, radio Internet, juegos interactivos, mundos virtuales, aprendizaje a distancia y muchos más; las cuales están ganando popularidad en el mercado y deben cumplir requerimientos mínimos para su correcta operación, por lo que se hace necesario brindar un mecanismo de QoS a las WLAN mediante el estándar IEEE 802.11e.

Para poder garantizar QoS, éste debe ser adoptado por todas y cada una de las capas de red. Empezando por la QoS en la capa física, la cual se refiere a la tasa de transmisión y al número de paquetes perdidos, lo que es función de las condiciones del canal. En la capa MAC la QoS se da de acuerdo al tiempo mínimo en el que se puede acceder al medio para realizar una transmisión exitosa, y finalmente la capa red debe garantizar un enrutamiento eficiente. El estándar IEEE 802.11e posee un conjunto de técnicas para priorizar tráfico, prevenir la colisión y el retraso de los paquetes, mejorando la experiencia del usuario al realizar llamadas VoIP y al ver videos sobre WLAN, esto se logra modificando la capa MAC original.

El estándar IEEE 802.11e aporta mejoras en el sistema de control y servicios de 802.11. Su objetivo es soportar tráfico en tiempo real con garantías de Calidad de Servicio (QoS). Para ello introduce clases de tráfico y un nuevo elemento llamado HCF con dos tipos de acceso: EDCA y HCCA. La primera función de acceso EDCA, fue diseñada para soportar la priorización de tráfico tal como lo hace Diffserv, mientras que HCCA soporta tráfico parametrizado de la misma forma que Intserv.

Cabe anotar que al ser aprobado el estándar IEEE 802.11e a mediados del año 2005 la Alianza Wi-Fi generó una especificación interna llamada WMM (Wi-Fi Multimedia, Wi-Fi Multimedia) adoptando únicamente el mecanismo EDCA con el propósito de facilitar la interoperabilidad y garantizar la QoS entre diferentes proveedores de equipos según el tipo de tráfico que exista en la red. Para la clasificación de los paquetes, WMM se basa en las cuatro categorías: voz, video, bestt effort y background, es decir, WMM se basa en EDCA. De igual manera el grupo de estudio E tomó en consideración a HCCA como mecanismo de acceso generando un nuevo grupo conocido como WMM-SA (Wi-Fi Multimedia Scheduling Access, Acceso Programado Wi-Fi Multimedia). Sin embargo, en mayo de 2006, la junta directiva de la Alianza Wi-Fi decidió dar por terminado el grupo WMM-SA dejando así a WMM (EDCA) como único esquema de QoS que puede ser certificado en equipos de la Alianza Wi-Fi.

### **3.1.1.EDCA (Enhanced Distributed Channel Access, Función Mejorada de Distribución de Acceso al Canal)**

Está basado en prioridad y diferenciación basada en CW. Proporciona acceso diferenciado DCF al medio inalámbrico para ocho clases de tráfico o, UPs (User Priorities, Prioridades de usuario). Tal y como se muestra en la Figura III.08, cada estación tendrá cuatro colas o ACs (Access Categories, Categorías de acceso) para poder implementar las ocho clases de tráfico que han sido definidas donde una AC es una variante mejorada de DCF con un encolamiento FIFO (Este el tipo más sencillo de encolamiento y se basa en el concepto de que el primer paquete en

entrar a la interfaz, es el primero en salir. Es adecuado para interfaces de alta velocidad, sin embargo, no para bajas, ya que FIFO es capaz de manejar cantidades limitadas de ráfagas de datos. Si llegan más paquetes cuando la cola está llena, éstos son descartados. No tiene mecanismos de diferenciación de paquetes. Si se llenan, los buffers empiezan a descartar paquetes (tail-drop). Y esto lo hace con todos los paquetes sin importar la prioridad de los mismos. Al arribar los paquetes de un flujo en particular, la cola puede estar vacía, con lo cual se reenviarán rápidamente, prácticamente sin delay, o puede estar casi llena lo que provocará que tengan que esperar un tiempo mayor para ser retransmitidos. Esto puede introducir variación en el jitter de la conexión).

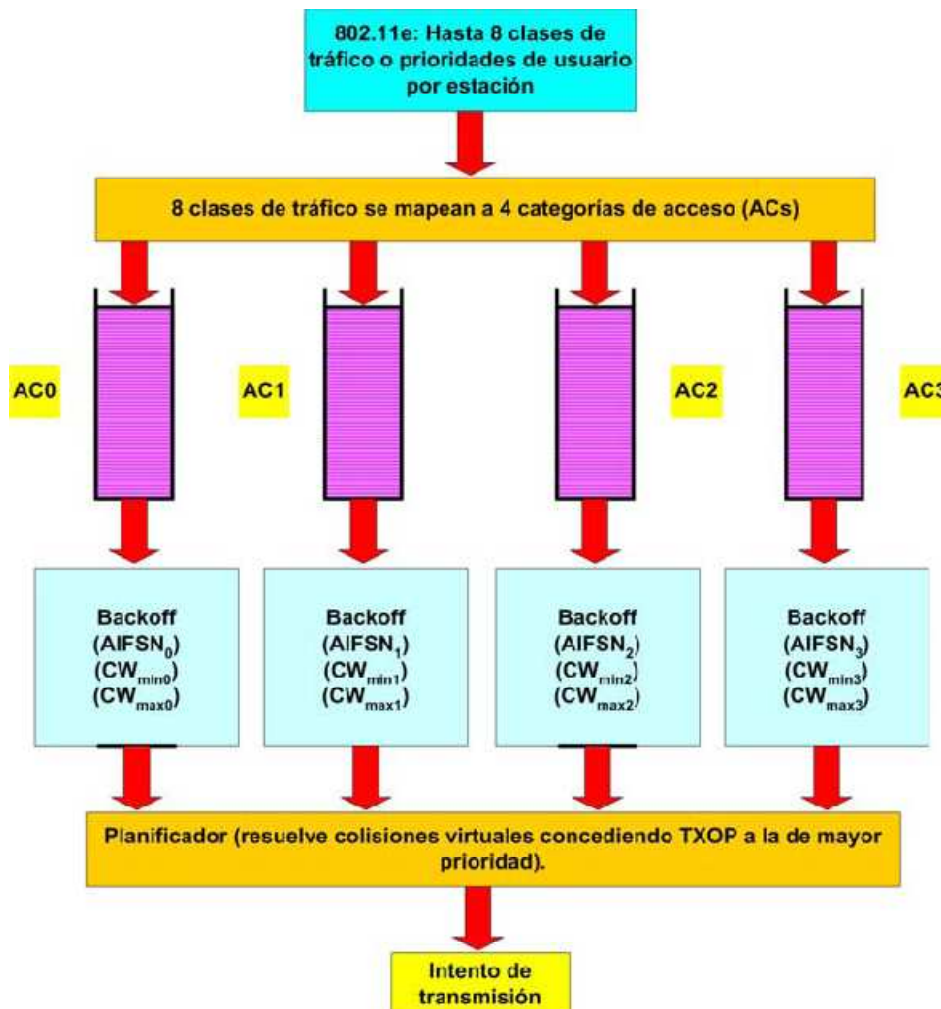


Figura III.08 EDCA

Por este motivo, una o más clases de tráfico están asignadas a una misma cola AC (Ver la Tabla III.01). El número de ACs es inferior al de clases de tráfico para reducir la complejidad (contienda por el acceso al medio), teniendo en cuenta que resulta muy poco probable que ocho aplicaciones quieran transmitir tramas simultáneamente.

**TABLA III.01**

**Prioridad de usuario y Categoría de acceso**

CLASES DE TRÁFICO o PRIORIDAD DE USUARIO	COLAS o CATEGORIA DE ACCESO	DESCRIPCION 802.11e
1	AC_BK	Background
2	AC_BK	Background
0	AC_BE	Best Effort
3	AC_BE	Best Effort
4	AC_VI	Video
5	AC_VI	Video
6	AC_VO	Voz
7	AC_VO	Voz

**Fuente:** Estimación de capacidad en una red IEEE 802.11e para entornos outdoor multicelda

**Elaborado por:** Estudiantes miembros de la IEEE

Para que una AC, con una mayor prioridad, obtenga acceso al medio con anterioridad a las demás ACs, con menor prioridad, se le asigna un tiempo de backoff menor, lo que implica que la AC con mayor prioridad tenga que esperar menos tiempo. Esto se hace seteando los valores de los parámetros, específicos para cada AC,  $CW_{min}[AC]$  y  $CW_{max}[AC]$  que no son fijos como en DCF sino que son variables. Estos valores, que definen el rango del cual se obtiene el

$CW[AC]$ , son menores cuando mas prioritaria es la AC. Además, para lograr una mayor diferenciación entre las distintas ACs se introducen diferentes espacios llamados IFS (Inter-frame space, Espacio entre tramas). En lugar de DIFS (DCF Inter Frame Space, Espacio entre tramas DCF) se utiliza un nuevo IFS llamado AIFS (Arbitration Inter Frame Space, Espacio entre tramas arbitrario), específico para AC, que indica el tiempo que debe esperar esa AC antes de intentar transmitir o empezar el algoritmo de backoff.

La siguiente fórmula define el valor de AIFS:

$$AIFS[AC] = AIFSN[AC] \times T slot + SIFS,$$

donde AIFSN (Arbitration Inter Frame Space Number, Número arbitrario de espacio entre tramas) toma el valor de 1 o 2,  $Tslot$  representa el intervalo de tiempo escogido por la capa física y SIFS (Short Inter Frame Space, Espacio entre tramas corto) que son espacios entre tramas más cortos.

Cuando en la ecuación  $AIFSN = 1$ , las colas de alta prioridad AC1, AC2 y AC3 pasan a tener un valor de AIFS igual a PIFS (PCF Inter Frame space, Espacio entre tramas PCF)  $PIFS = T slot + SIFS$ . En cambio, si en la ecuación  $AIFSN = 2$ , la cola de baja prioridad AC0 tendrá un valor de AIFS igual a DIFS ( $DIFS = 2 \times T slot + SIFS$ ). Si llega una trama a una cola de AC vacía y el medio permanece inactivo durante un  $AIFS [AC] + T slot$ , la trama se transmite inmediatamente. En cambio, si el canal está ocupado, la trama que llegue a la AC deberá de esperar a que el canal se desocupe y después deberá esperar un tiempo  $AIFS [AC] + T slot$ . Así, la categoría de acceso AC con un valor de AIFS menor tendrá una prioridad mayor.

Además, cada AC tiene diferentes tamaños de ventana de contención. Las ACs que tengan valores menores de  $CW$  acostumbrarán a disminuir sus intervalos de backoff y en consecuencia tardarán menos tiempo en acceder al medio. Si los intervalos de backoff de dos ACs en una

misma estación expiran a la vez, la trama de la cola más prioritaria es la que conseguirá acceder con anterioridad al medio. De esta forma se evita una colisión virtual. La estación con una trama que también hubiera colisionado pero que hasta ahora no ha podido transmitir, doblará su CW y entrará en un proceso de backoff.

Por otro lado, se puede mejorar la eficiencia permitiendo que una estación transmita varios paquetes (ráfagas de paquetes) sin necesidad de volver a competir por el acceso al medio siempre y cuando no se exceda un tiempo de operación máximo denominado TXOPLimit que no será mayor al tiempo de transmisión de la trama de duración máxima para que el jitter no aumente excesivamente.

### **3.2. Modelos de servicios**

Son aquellos que permiten describir un conjunto de capacidades que provee la red a determinados tráficos desde su origen hasta su destino. Pueden ser divididos en tres niveles o modelos de servicios: servicio de mejor esfuerzo, servicios integrados y servicios diferenciados.

#### **3.2.1. Servicio de mejor esfuerzo**

Se le llama servicio de mejor esfuerzo al que la red provee cuando hace todo lo posible para intentar entregar el paquete a su destino, donde no hay garantía de que esto ocurra. Una aplicación enviará datos en cualquier cantidad, cuando lo necesite, sin pedir permiso o notificar a la red. Éste es el modelo utilizado por las aplicaciones de Ftp y Http. Obviamente, no es el modelo apropiado para aplicaciones sensibles al retardo o variaciones de ancho de banda, las cuales necesitan de un tratamiento especial.

#### **3.2.2. IntServ (Integrated services, Servicios integrados)**

Este modelo provee, a cada flujo, un nivel garantizado de servicio mediante la negociación de distintos parámetros de red desde el origen al destino. Para esto, la aplicación debe indicar las



características del flujo que inyectará en la red y especificar los requerimientos de recursos para el flujo. Los routers que se encuentran a lo largo del camino, entre el origen y el destino, reservan los recursos de red solicitados antes de que la aplicación empiece a transmitir. Ésta no enviará tráfico hasta que reciba una señal de la red indicándole que puede manejar la carga y proveer la QoS requerida.

Cuando recibe una solicitud de recursos, la red ejecuta un proceso de control de admisión. Mediante este mecanismo, la red comprueba que está en condiciones de satisfacer los requerimientos solicitados. Si es así, se realiza la reserva de recursos en los routers, que se mantiene hasta que la aplicación termine la transmisión. En caso contrario, la reserva no se puede hacer y se rechaza la conexión.

RSVP (Resource Reservation Protocol, Protocolo de reserva de recursos) es el protocolo que se encarga de realizar la reserva de los recursos solicitados por la aplicación en forma dinámica. Éste es un protocolo que se desarrolla entre los usuarios y la red, y entre los routers de la red que soportan este protocolo. Tanto la solicitud de reserva de recursos en los routers, como su mantenimiento y cancelación, se hace mediante el intercambio de mensajes de señalización RSVP. En grandes entornos esto representaría un considerable tráfico adicional.

Este método tiene la desventaja de que para cada flujo de información que lo requiera es necesario hacer una reserva de recursos en los routers, lo que puede producir que, ante una gran demanda de servicios, un router no pueda satisfacer todos los pedidos. No es una solución escalable, por lo cual no es adecuada para grandes entornos como Internet.

### **3.2.3. Diff-Serv (Differentiated Services, Servicios diferenciados)**

Este método fue concebido para superar los problemas de escalabilidad de IntServ. Los tráficos ya no se tratan individualmente, sino que se agrupan en diferentes clases que reciben distinto

tratamiento por parte de los routers y en la asignación de prioridades. Los routers de borde son los encargados de marcar los paquetes que entran a la red. El procesamiento que reciban los paquetes dentro de la red depende de la clase en la que fueron ubicados.

Originalmente, para el protocolo IPv4 se diseñó el campo ToS (Type of Service, Tipo de servicio) para capacitar el marcado de paquetes con un nivel de servicio requerido. Esta definición no se utilizó mayormente debido a la ambigüedad de su significado, por lo que más tarde se convirtió en el denominado campo DSCP (Differentiated Services Code Point, Punto de código de servicios diferenciados). Este campo sí tuvo una aceptación global y asumió una interpretación estándar que permitió a las redes planificar metodologías basándose en ésta. Tal fue el éxito de esta nueva definición, que fue incluida para ofrecer las mismas ventajas en el protocolo IPv6 en el denominado campo TC.

La cabecera IP tiene un campo llamado TOS que se encuentra entre el campo **Tamaño de la cabecera** y **Longitud Total**. Para IPv4 se puede observar en la Figura III.09 y para IPv6 se puede observar en la Figura III.10.

0	3	4	7	8	15	16	18	19	31
Versión		Tamaño Cabecera		Tipo de Servicio (TOS)		Longitud Total			
Identificador						Flags	Posición de Fragmento		
Time To Live (TTL)				Protocolo		Suma de Control de Cabecera			
Dirección IP de Origen de 32 bits									
Dirección IP de Destino de 32 bits									
Opciones								Relleno	

**Figura III.09** Formato de la cabecera IPv4

0	3	4	11	12	15	16	23	24	31
Versión	Clase de Tráfico		Etiqueta de flujo						
Longitud del paquete					Sig. cabecera		Limite de saltos		
Dirección IP de Origen de 128 bits									
Dirección IP de Destino de 128 bits									

**Figura III.10** Formato de la cabecera IPv6

Tradicionalmente, **IP Precedence** utiliza los primeros 3 bits del campo TOS, dando como resultado 8 posibles valores de precedencia.

**000** (0) - Routine

**001** (1) - Priority

**010** (2) - Immediate

**011** (3) - Flash

**100** (4) - Flash Override

**101** (5) - Critical

**110** (6) - Internetwork Control

**111** (7) - Network Control

Los 5 últimos bits de menos peso son independientes e indican las características del servicio.

**Bit 0** – Sin uso, debe permanecer en 0

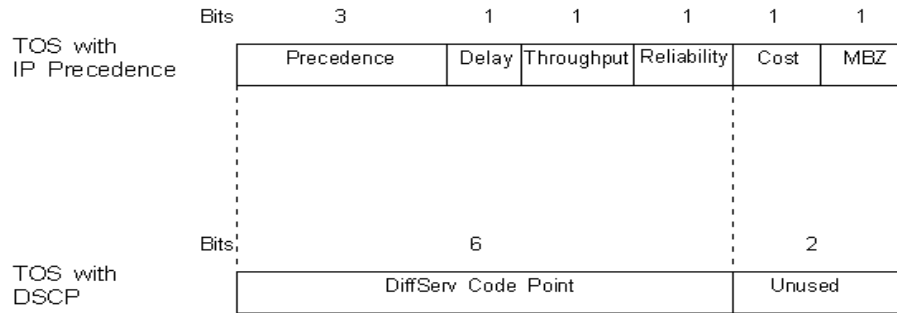
**Bit 1** – 1 Costo mínimo, 0 costo normal

**Bit 2** – 1 Máxima fiabilidad, 0 fiabilidad normal

**Bit 3** – 1 Máximo rendimiento, 0 rendimiento normal

**Bit 4** – 1 Mínimo retardo, 0 retardo normal

En la capa 3, el marcado DSCP utiliza un campo de la cabecera IP para definir la prioridad y/o tipo de servicio. En este caso el marcado consiste en modificar los 6 primeros bits del campo TOS, (siendo los 3 primeros bits utilizados para marcar la prioridad y los siguientes para definir estrategias de descarte). Los otros 2 bits están actualmente reservados para un futuro uso. A continuación se muestra la estructura del campo TOS en la Figura III.11.



**Figura III.11** Campo TOS

Cada uno de los posibles valores de DSCP puede significar una forma diferente de tratar los paquetes por parte de los dispositivos. A cada una de las formas de tratar los paquetes se lo conoce como PHB (Per-Hop Behavior, Comportamiento por salto). El PHB define la precedencia de reenvío que un paquete marcado recibe en relación con otro tráfico del sistema con Diffserv. Esta precedencia determina si el sistema con QoS o encaminador Diffserv reenvía o descarta el paquete marcado. Para un paquete reenviado, cada encaminador Diffserv que el paquete encuentra en la ruta hasta su destino aplica el mismo PHB. La excepción ocurre si otro sistema Diffserv cambia el DSCP.

El objetivo de PHB es proporcionar una cantidad específica de recursos de red a una clase de tráfico en la red contigua. Puede conseguir este objetivo en la directiva QoS.

QoS admite dos tipos de comportamientos de reenvío, definidos en la arquitectura Diffserv:

- ✓ AF (Assured Forwarding, Reenvío acelerado): Asegura un trato preferente, pero sin fijar garantías. Se definen cuatro clases y en cada una tres niveles de descarte de paquetes según la precedencia.
- ✓ EF (Expedited Forwarding, Reenvío asegurado): Es el que da más garantías. Su función es proveer un servicio con bajas pérdidas, bajo retardo, bajo jitter y un ancho de banda asegurado dentro de Diffserv. Su valor es 101110 en DSCP.

En resumen, entonces, se tienen los siguientes valores, mostrados a través de la TABLA III.02.

**TABLA III.02**

**Valores de DSCP, ToS e IP Precedence**

DSCP Decimal	DSCP Binary	Codepoint Name	IP Precedence	ToS Value	Service Class
0	000 000	CS0	0	0	Standard
2	000 010		0	8	
4	000 100		0	16	
6	000 110		0	24	
8	001 000	CS1	1	32	Low-Priority Data
10	001 010	AF11	1	40	High-Throughput Data
12	001 100	AF12	1	48	
14	001 110	AF13	1	56	
16	010 000	CS2	2	64	OAM
18	010 010	AF21	2	72	Low Latency Data
20	010 100	AF22	2	80	
22	010 110	AF23	2	88	
24	011 000	CS3	3	96	Broadcast Video
26	011 010	AF31	3	104	Multimedia Streaming
28	011 100	AF32	3	112	
30	011 110	AF33	3	120	
32	100 000	CS4	4	128	Realtime Interactive
34	100 010	AF41	4	136	Multimedia Conferencing
36	100 100	AF42	4	144	
38	100 110	AF43	4	152	
40	101 000	CS5	5	160	Signalling
42	101 010		5	168	
44	101 100		5	176	
46	101 110	EF	5	184	Telephony
48	110 000	CS6	6	192	Network Control
50	110 010		6	200	
52	110 100		6	208	
54	110 110		6	216	
56	111 000	CS7	7	224	
58	111 010		7	232	
60	111 100		7	240	
62	111 110		7	248	

**Fuente:** <http://networknerd.wordpress.com>

**Elaborado por:** Wordpress

El dispositivo sólo debe mirar el valor del campo DSCP para decidir como procesar cada paquete. No es necesario mantener un estado por flujo en cada dispositivo ni intercambiar tráfico de señalización.

La desventaja de este método es que si se agrega una nueva conexión, todas las demás conexiones serán afectadas. Por ejemplo, si hay 10 conexiones atravesando un router y se genera una nueva conexión, el router la aceptará, incluso si sus recursos están saturados, los que, a partir de ahora serán compartidos por las 11 conexiones, introduciendo una posible degradación en la calidad recibida en todas las conexiones. En IntServ esto no sucede. Una nueva conexión no afecta el rendimiento de las demás conexiones ya establecidas y, si un router no tiene suficientes recursos para satisfacer los requerimientos de aplicación, la conexión se rechaza.

## **CAPÍTULO IV**

### **IMPLEMENTACIÓN**

#### **4.1. Introducción**

El presente capítulo describe la implementación del estándar IEEE 802.11e sobre la red inalámbrica en la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Previo a la realización del diseño de la red, es imprescindible conocer el terreno de implementación, es decir, la infraestructura existente, el espacio disponible y distribución del mismo. Una vez determinada la situación actual se podrá tener las condiciones adecuadas para la implementación y buen funcionamiento de QoS sobre la WLAN.

En lo sucesivo se presentará en detalle cada una de las configuraciones necesarias de los equipos utilizados para posteriormente realizar las pruebas para la obtención de los datos analizando los cuatro tipos de perfiles utilizados en el estándar. Dado el aumento de usuarios en la red que utilizan correos electrónicos, generan tráfico de archivos y navegación Web existe un aumento en el consumo del ancho de banda de la WLAN, el administrador de la institución hace grandes esfuerzos por mantener funcionando a niveles aceptables de rendimiento las aplicaciones críticas de la ESPOCH, tales como la Voz sobre IP (VoIP), videoconferencia, sistemas de videovigilancia de alta calidad con infraestructura inalámbrica, pues la VoIP es una aplicación sensible a las respuestas y que requiere mucho ancho de banda.

En la actualidad la ESPOCH cuenta con una solución unificada para el control y administración de los distintos CISCO aironet en el campus, el equipo encargado de la gestión es el CISCO WLC 4402 el cual nos permite remotamente configurar los aironet, por este motivo todos los procesos de configuración de QoS sobre dichos equipos se los va a realizar en este equipo. Debido a que el WLC brinda disponibilidad y prioridad garantizada del ancho de banda, dependiendo del tipo de perfil que se utilice, se asegura la coherencia y la calidad de las conexiones de voz sobre IP y una mayor satisfacción en el usuario. La asignación dinámica garantiza que el ancho de banda se asigne al inicio de una llamada y se libere al término de ella para que otras llamadas o aplicaciones críticas lo usen, además se puede proveer tratamiento preferencial a determinado tráfico con relación a otros. Sin QoS el WLC ofrece el servicio de mejor esfuerzo a cada paquete, a pesar del contenido o tamaño; es decir este envía el paquete sin asegurar su entrega, retardo o rendimiento.

Típicamente las redes operan con la técnica de mejor esfuerzo lo que significa que todo el tráfico tiene la misma prioridad y la misma oportunidad de ser entregado en forma oportuna. Cuando se produce congestión todo el tráfico tiene la misma oportunidad de ser eliminado. Al configurar QoS en el WLC se puede seleccionar el tráfico específico de la red, priorizarlo, administrar la congestión y utilizar técnicas para evitar la congestión. Implementar QoS en redes inalámbricas hace que el rendimiento de la red sea más predecible y la utilización del ancho de banda sea más efectiva.

#### **4.1.1. Características de los equipos activos de la ESPOCH**

Los equipos utilizados en la WLAN de la ESPOCH son switches, AP y WLC de marca CISCO. A continuación en la Tabla IV.03 se presentan las características principales de los equipos existentes en el DESITEL y en la Facultad de Recursos Naturales:



**TABLA IV.03**

**Equipos activos de red**

ASIGNACIÓN	EQUIPO	FABRICANTE	MODELO
DESITEL	Switch	Cisco	Catalyst 4507 R
DESITEL	WLC	Cisco	4402
RRNN	Switch	Cisco	Catalyst 3560
RRNN	Switch	3COM	4400
RRNN	Access point	Cisco	Series 1300
RRNN	Access point	Cisco	Series 1500

**Fuente:** Informe Técnico - Desitel

**Elaborado por:** Autora

**DESITEL:**

Los equipos activos de red se encuentran totalmente disponibles y funcionales. Podemos observar en la TABLA IV.04 las características más importantes del Switch Cisco 4507R, mientras que en la TABLA IV.05 se puede observar las características del Wireless Lan Controller 4402, estos dos dispositivos se encuentran en el DESITEL.

**TABLA IV.04**

**Switch Cisco 4507R**

Datos del producto	
Descripción del producto	Cisco Catalyst 4507R – switch – 24 puertos
Tipo de dispositivo	Switch
Factor de forma	Montable en bastidor - 11U
Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura)	44 cm x 31.7 cm x 48.7 cm
Características	Diseño modular, Quality of Service (QoS)
Expansión / Conectividad	
Total ranuras de expansión (libres)	7 ( 7 ) x Ranura de expansión
Diverso	
Cumplimiento de normas	CE, certificado FCC Clase A, CSA, UL, CISPR 22 Class A, EN 60950, EN 61000-3-2, VCCI Class A ITE, IEC 60950, EN 61000-3-3, EN55024, EN55022 Class A, UL 60950, EN50082-1, CSA 22.2 No. 60950, EN 61000-6-1, AS/NZS 3260, FCC Part 68, AS/NZ 3548 Class A, ICES-003 Class A, FCC CFR47 Part 15

**Fuente:** <http://es.hardware.com/store/Cisco/WS-C4507R>

**Elaborado por:** Autora

**TABLA IV.05**

**Wireless LAN Controller 4402**

<b>Datos del producto</b>	
Descripción del producto	Cisco Wireless LAN Controller 4402
Tipo de dispositivo	Dispositivo de gestión de la red
Tipo incluido	Montable en bastidor - 1U
Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura)	44.3 cm x 40 cm x 4.5 cm
Cantidad de puertos	2
Características	Soporte de DHCP, soporte BOOTP, soporte ARP, soporte VLAN, soporte para Syslog, Quality of Service (QoS)
<b>Conexión de redes</b>	
Factor de forma	Montable en bastidor
Cantidad de puertos	2
Tecnología de conectividad	Cableado
Protocolo de interconexión de datos	Gigabit Ethernet
Red / Protocolo de transporte	TCP/IP, UDP/IP, ICMP/IP, IPSec
Protocolo de gestión remota	SNMP 1, RMON, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP, HTTPS, SSH
Capacidad	Puntos de acceso gestionables : 25
Indicadores de estado	Actividad de enlace, alimentación, tinta OK, estado, despertador
Algoritmo de cifrado	RSA, RC4, MD5, WEP de 128 bits, SSL, TLS 1.0, WEP de 104 bits, TKIP, WPA, WPA2, PKI, AES-CCMP, AES-CCM
Cumplimiento de normas	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, IEEE 802.11e, IEEE 802.11d, IEEE 802.11g, X.509, IEEE 802.11h, IEEE 802.11n, Certificado WMM
<b>Expansión / Conectividad</b>	
Total ranuras de expansión (libres)	1 ( 1 ) x Ranura de expansión   2 ( 2 ) x SFP (mini-GBIC)
Interfaces	1 x gestión - consola - D-Sub de 9 espigas (DB-9)   1 x gestión - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45   1 x red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX/1000Base-T - RJ-45

**Fuente:** <http://es.hardware.com/store/Cisco/AIR-WLC4402-50-K9>

**Elaborado por:** Autora

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES:**

Los switch activos de la red se encuentran totalmente disponibles y funcionales. Podemos observar en la TABLA IV.06 las características más importantes del **Switch Cisco Catalyst**

**3560G** y en la TABLA IV.07 se puede observar las características del **Switch 3COM 4400**, estos dos equipos se encuentran en la Facultad de RRNN.

**TABLA IV.06**

**Switch Cisco 3560G**

Datos del producto	
Descripción del producto	Cisco Catalyst 3560G -24TS - switch - 24 puertos
Tipo de dispositivo	Switch
Factor de forma	Externo - 1U
Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura)	44.5 cm x 37.8 cm x 4.4 cm
Memoria RAM	128 MB
Memoria Flash	32 MB
Cantidad de puertos	24 x Ethernet 10Base-T, Ethernet 100Base-TX, Ethernet 1000Base-T
Velocidad de transferencia de datos	1 Gbps
Protocolo de interconexión de datos	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
Protocolo de gestión remota	SNMP 1, RMON 1, RMON 2, RMON 3, RMON 9, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP, SSH-2
Modo comunicación	Semidúplex, dúplex pleno
Características	Capacidad duplex, conmutación Layer 3, conmutación Layer 2, auto-sensor por dispositivo, Encaminamiento IP, soporte de DHCP, negociación automática, concentración de enlaces, soporte de MPLS, soporte VLAN, señal ascendente automática (MDI/MDI-X automático), snooping IGMP, limitación de tráfico, activable, snooping DHCP, soporte de Dynamic Trunking Protocol (DTP), soporte de Port Aggregation Protocol (PAgP), soporte de Trivial File Transfer Protocol (TFTP), soporte de Access Control List (ACL), Quality of Service (QoS), Servidor DHCP, Virtual Route Forwarding-Lite (VRF-Lite), rastreador MLD, Dynamic ARP Inspection (DAI), Time Domain Reflectometry (TDR)
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 802.1w, IEEE 802.1x, IEEE 802.1s

**Fuente:** <http://es.hardware.com/store/Cisco/WS-C3560G-24TS-S>

**Elaborado por:** Autora

**TABLA IV.07**

**Switch 3COM 4400**

Datos del producto	
Descripción del producto	3COM 4400 switch - 24 puertos
Tipo de dispositivo	Switch
Factor de forma	Externo - 1U
Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura)	440 mm x 304 mm x 43.6 mm
Cantidad de puertos	24 auto-negociación x 10BASE-T , 100BASE-TX
Característica	Quality of Service (QoS)
Seguridad	RADIUS (RFC 2865, RFC 2869) Session accounting (RFC 2866) SSH v2 (SSH Secure Shell, 'PuTTY', OpenSSH) IEEE 802.1X network login
Estándares soportados	IEEE 802.1D (STP) IEEE 802.1p (CoS) IEEE 802.1Q (VLANs) IEEE 802.1w (RSTP) IEEE 802.1X (Security) IEEE 802.3ab (1000BASE-T) IEEE 802.3ad (Link Aggregation) IEEE 802.3af (Power over Ethernet) IEEE 802.3ah (Ethernet in First Mile over Point to Point Fiber - EFMF) IEEE 802.3i (10BASE-T) IEEE 802.3u (Fast Ethernet) IEEE 802.3x (Flow Control) IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet)

**Fuente:** <http://es.hardware.com/store/Cisco/AIR-WLC4402-50-K9>

**Elaborado por:** Autora

Adicionalmente se encuentran dos equipos Cisco Aironet, en la TABLA IV.08 se da a conocer las características más importantes de Aironet 1300 y en la TABLA IV.09 se da a conocer las características del Aironet 1500, dichos equipos se encuentran en la Facultad de RRNN:

**TABLA IV.08**

**Cisco Aironet 1300**

<b>Datos del producto</b>	
Descripción del producto	Cisco Aironet 1300 Outdoor Access Point/Bridge - punto de acceso inalámbrico
Tipo de dispositivo	Punto de acceso inalámbrico
Tipo incluido	Externo
Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura)	20.3 cm x 20.6 cm x 7.9 cm
<b>Conexión de redes</b>	
Velocidad de transferencia de datos	54 Mbps
Formato código de línea	DBPSK, DQPSK, CCK, 64 QAM, BPSK, QPSK, 16 QAM
Protocolo de interconexión de datos	IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11e
Método de espectro expandido	OFDM, DSSS
Protocolo de gestión remota	SNMP 1, SNMP 2, Telnet, HTTP
Banda de frecuencia	2.4 GHz
Nº de canales seleccionables	11
Indicadores de estado	Actividad de enlace
Características	Soporte de DHCP, de carga, soporte VLAN, activable, repliegue automático, Quality of Service (QoS)
Algoritmo de cifrado	LEAP, TLS, PEAP, TTLS, WPA
Método de autenticación	RADIUS
Cumplimiento de normas	IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.1x
<b>Expansión / Conectividad</b>	
Interfaces	1 x antena - RP-TNC   1 x red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45   1 x red – consola
Altitud máxima de funcionamiento	4.2 km

**Fuente:** <http://es.hardware.com/store/Cisco/AIR-BR1300G-E-K9>

**Elaborado por:** Autora

**TABLA IV.09**

**Cisco Aironet 1500**

<b>Datos del producto</b>	
Descripción del producto	Cisco Aironet 1500AG Lightweight Outdoor Mesh Access Point - punto de acceso inalámbrico
Tipo de dispositivo	Punto de acceso inalámbrico
Tipo incluido	Externo
Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura)	25.4 cm x 18.5 cm x 14.5 cm
<b>Conexión de redes</b>	
Factor de forma	Externo
Tecnología de conectividad	Inalámbrico
Velocidad de transferencia de datos	54 Mbps
Formato código de línea	CCK, OFDM
Protocolo de interconexión de datos	IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, IEEE 802.11g, IEEE 802.11e
Método de espectro expandido	OFDM, DSSS
Red / Protocolo de transporte	TCP/IP, L2TP, IPSec
Protocolo de gestión remota	SNMP 1, SNMP 2, SNMP 3
Características	Auto-sensor por dispositivo, filtrado de dirección MAC, pasarela VPN, Quality of Service (QoS)
Algoritmo de cifrado	LEAP, AES, TLS, PEAP, TTLS, TKIP, WPA
Método de autenticación	Certificados X.509, Identificación de conjunto de servicios de radio (SSID)
Cumplimiento de normas	IEEE 802.3u, IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, IEEE 802.11g, IEEE 802.1x, IEEE 802.11i
<b>Expansión / Conectividad</b>	
Interfaces	1 x red / energía - Ethernet 10Base-T/100Base-TX 2 x antenna - conector N-series
	Diverso
Cumplimiento de normas	EN 61000-4-4, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, EN 61000-4-5, FCC, NEMA Type 4
<b>Alimentación</b>	
Alimentación por Ethernet (PoE)	Sí

**Fuente:** <http://es.hardware.com/tienda/Cisco/AIR-LAP1500AG-A-K9>

**Elaborado por:** Autora

#### 4.2. Estructura de la WLAN actual de la Facultad de Recursos Naturales

La red de la ESPOCH, se tiene un switch cisco 4507R, un switch cisco 3560G, un switch 3com 4400. El switch Cisco 4507R ubicado en el Desitel se encuentra conectado al switch 3560G (que está ubicado en la Facultad de Ciencias Pecuarias, este a su vez se conecta a otro switch Cisco 3560G el cual se enlaza a dos dispositivos Cisco Aironet 1300 y 1500), y al switch 3Com (Se conecta a un dispositivo Cisco Aironet 1300), éstos switch se encuentran en el Centro de Cómputo y en el Decanato de la Facultad de RRNN respectivamente.

Es importante conocer los valores de tráfico cursado, para de esta manera tener la referencia necesaria sobre el diseño. Los valores de tráfico han sido tomados de las instalaciones del Centro de Cómputo y del Decanato de la Facultad de Recursos Naturales. Tomando en cuenta los requerimientos de red, y las consideraciones de diseño, en la Figura IV.12 se presenta la estructura del diseño de la red actual. La configuración de QoS se va a realizar en el equipo Cisco WLC 4402.

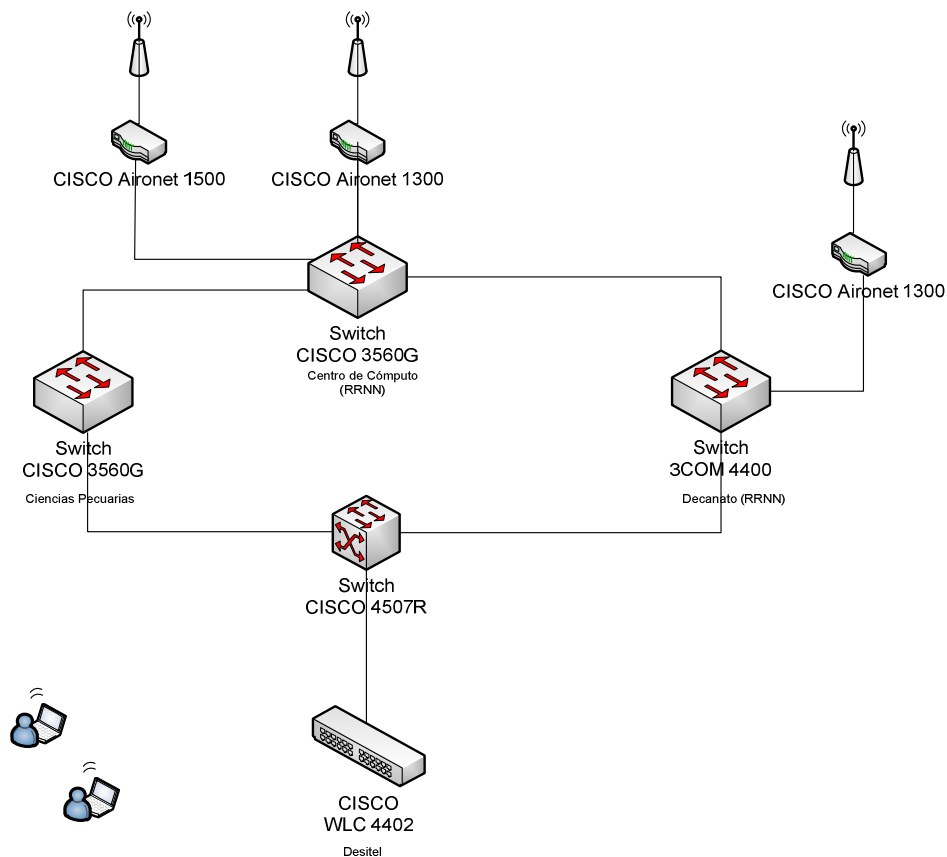


Figura IV.12 Diseño de la WLAN

#### **4.2.1. Configuración de QoS en el CISCO WLC**

El WLC soporta cuatro niveles de QoS:

- ✓ Platinum/Voice—Asegura una alta QoS para voz sobre redes inalámbricas.
- ✓ Gold/Video—Soporta alta calidad en aplicaciones de video.
- ✓ Silver/Best Effort—Soporta ancho de banda normal para los clientes. Esta es la configuración por defecto.
- ✓ Bronze/Background—Provee un menor ancho de banda para usuarios invitados del servicio.

Los clientes VoIP deben ser asignados a Platinum, Gold o Silver mientras que los clientes con bajo ancho de banda se pueden establecer en Bronze. Se puede configurar el ancho de banda para cada nivel de QoS utilizando perfiles de QoS y luego aplicar los perfiles a las WLAN. La configuración del perfil es asignada a los clientes asociados a la WLAN.

##### **4.2.1.1. Guías de Configuración**

Antes de configurar el CISCO WLC se debe tener en cuenta la siguiente información:

- ✓ La guía más importante para la implementación de QoS es familiarizarse con el tráfico de la WLAN. Si se conoce: las aplicaciones utilizadas por los dispositivos clientes inalámbricos, la sensibilidad al retardo de las aplicaciones y la cantidad de tráfico asociado a dichas aplicaciones se puede configurar QoS para mejorar el rendimiento.
- ✓ QoS no crea ancho de banda adicional en su red inalámbrica sino que ayuda a controlar la asignación del mismo. Si tiene una gran cantidad de ancho de banda es posible que no se necesite configurar QoS.

Se puede utilizar la GUI (Graphical user interface, Interfaz gráfica de usuario) o la CLI (Command Line Interface, Interfaz de línea de comandos) para configurar los perfiles Platinum, Gold, Silver y Bronze.



En este caso se utilizó la interfaz gráfica de usuario a la cual se debe acceder a través de un navegador web ingresando la dirección `http://172.30.123.11` nos aparecerá la pantalla de inicio de sesión a la cual se debe ingresar con el nombre de usuario y clave del administrador.

### Utilizando una GUI para configurar los perfiles de QoS

Se debe seguir los siguientes pasos para configurar los perfiles de QoS utilizando la GUI:

Se debe deshabilitar las redes 802.11a y 802.11b/g para poder configurar los perfiles QoS. Para deshabilitar dichas redes, dar clic en **Wireless > 802.11a/n** o **802.11b/g/n > Network**, desmarcar la casilla de verificación **802.11a** (o **802.11b/g**) **Network Status**, y dar click en **Apply**. Por defecto viene activada esta opción. La desactivación de la red 802.11a se puede observar en la Figura IV.13 y la desactivación de la red 802.11b/g se puede observar en la Figura IV.14:

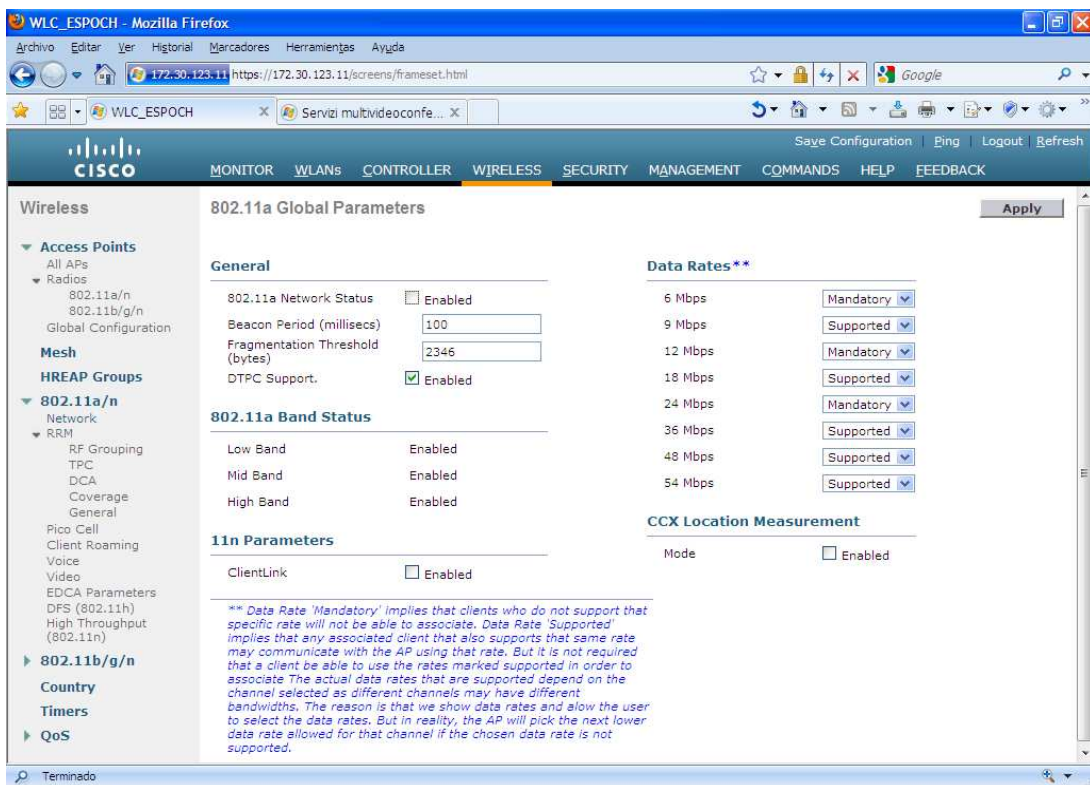


Figura IV.13 Desactivar la red 802.11a

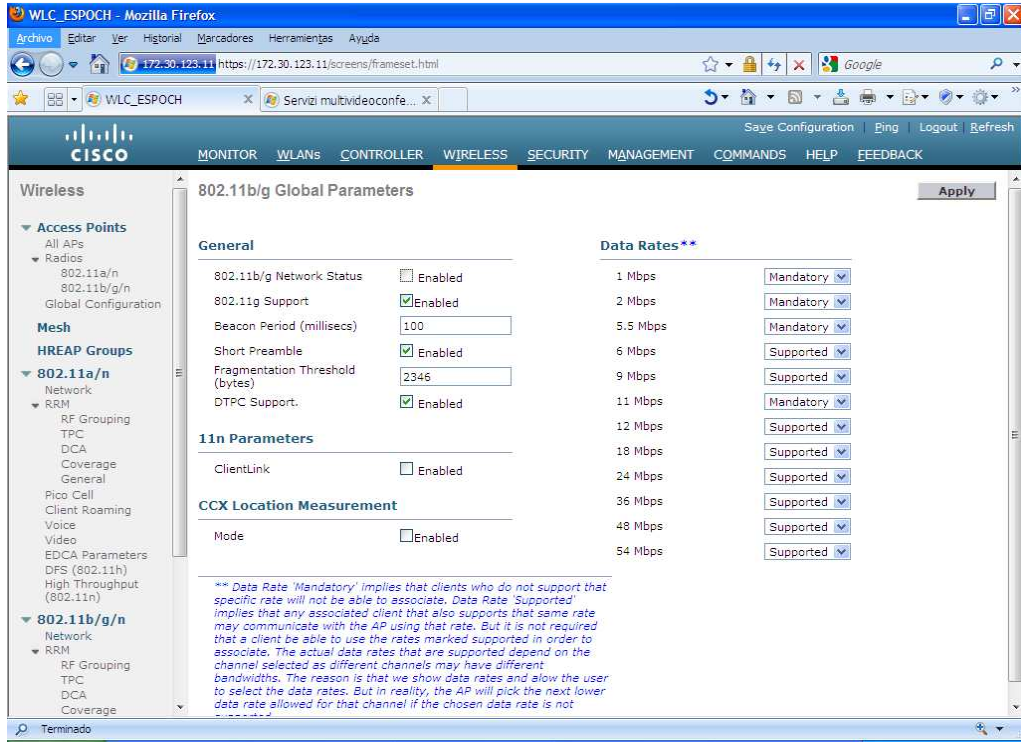


Figura IV.14 Desactivar la red 802.11b/g

En la Figura IV.15 se muestra la pantalla QoS profile. Para ingresar a dicha página se debe dar un click en **Wireless >QoS > Profiles**.

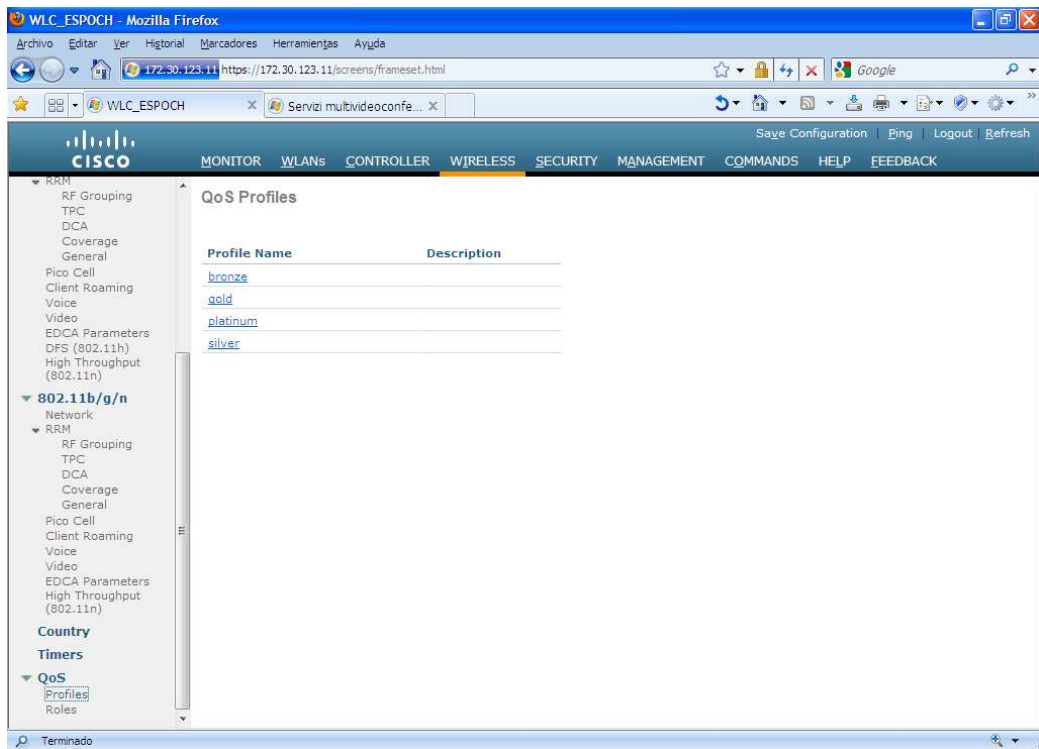


Figura IV.15 Página de los perfiles QoS

Para configurar el nombre se debe dar click en la opción QoS Profile Name abriendo la página Edit QoS Profile. A continuación se presenta la pantalla de configuración mediante la Figura IV.16 para el perfil Platinum, la Figura IV.17 para el perfil Gold, la Figura IV.18 para el perfil Best Effort y la Figura IV.19 para el perfil Bronze:

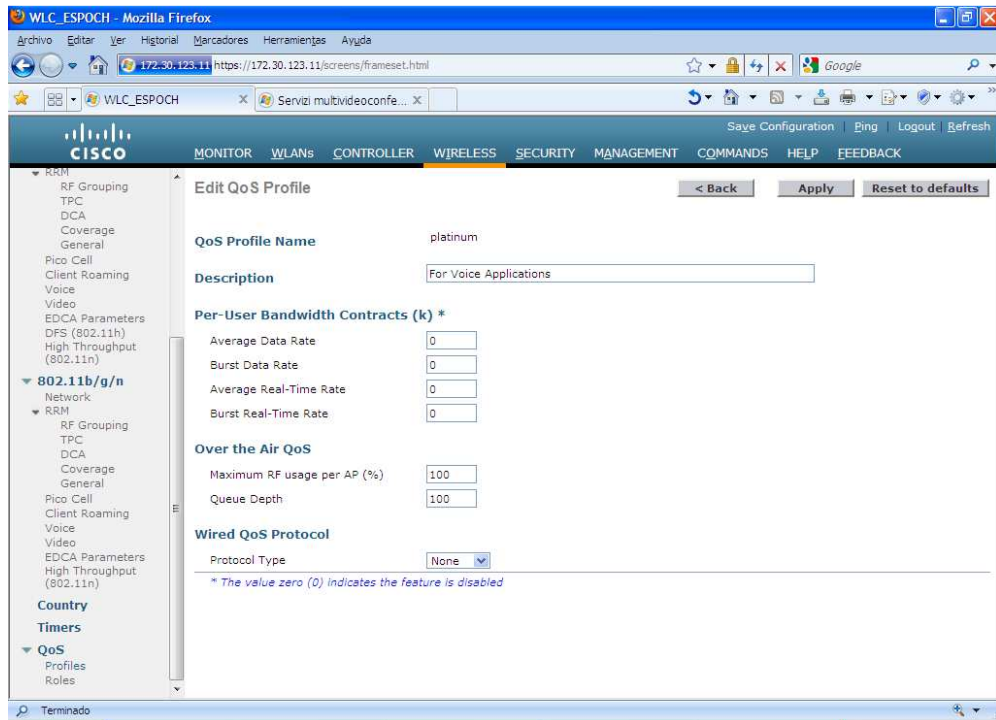


Figura IV.16 Página Edit QoS Profile Platinum

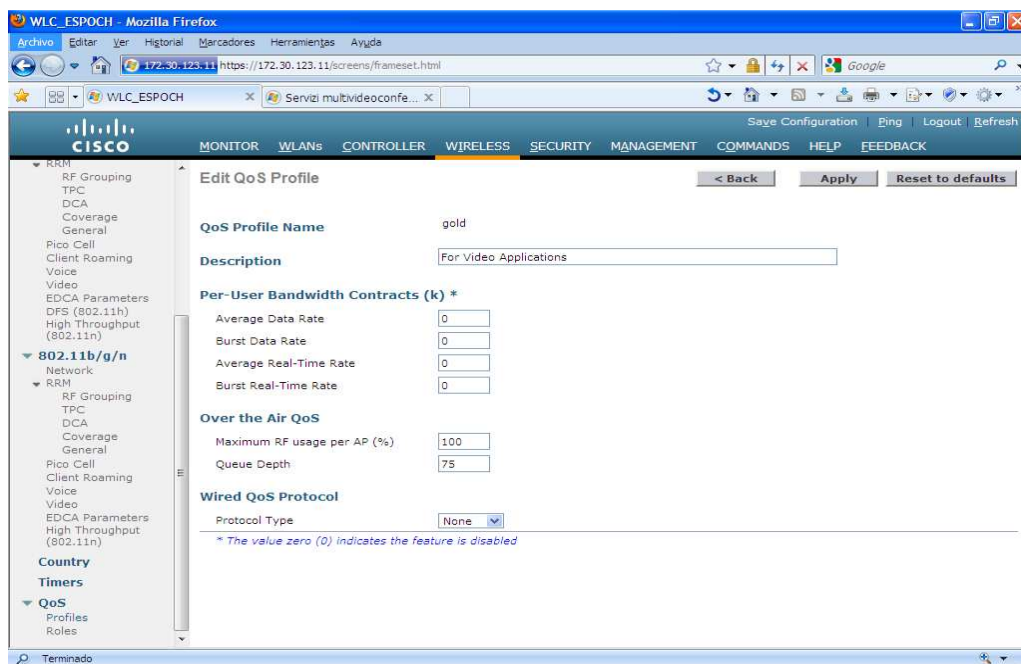


Figura IV.17 Página Edit QoS Profile Gold

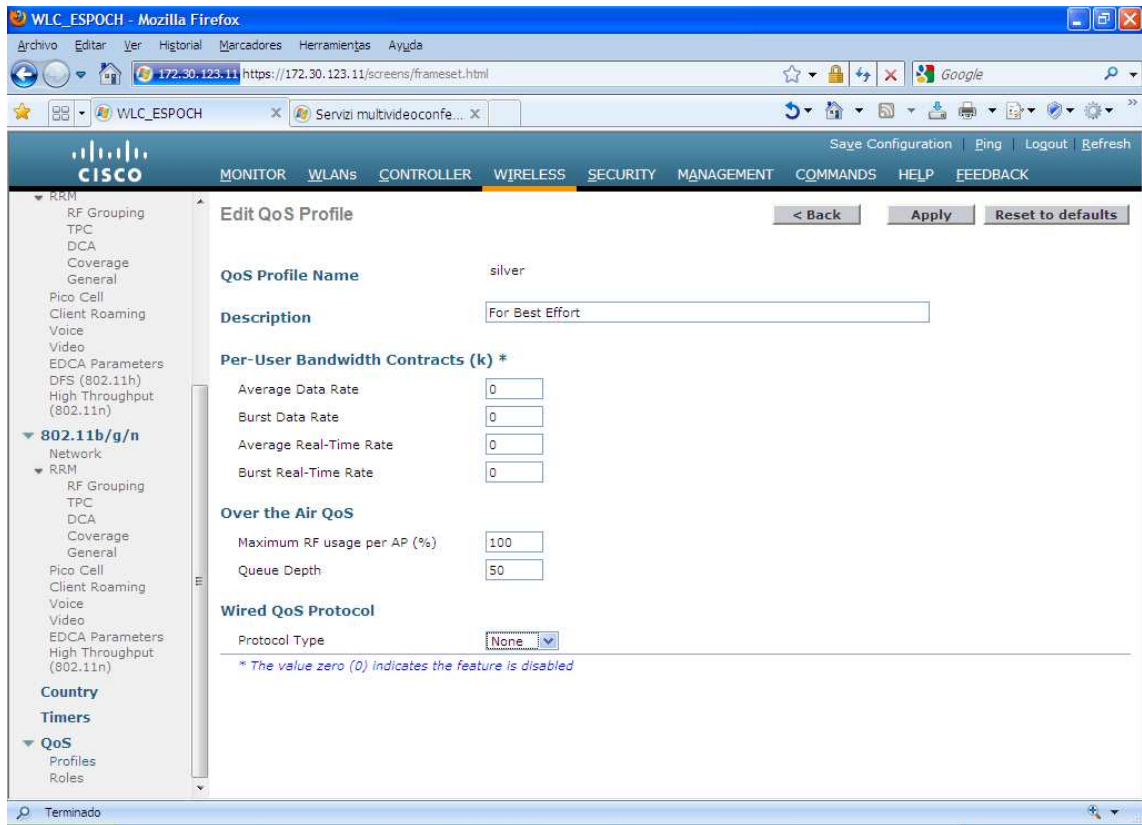


Figura IV.18 Página Edit QoS Profile Best Effort

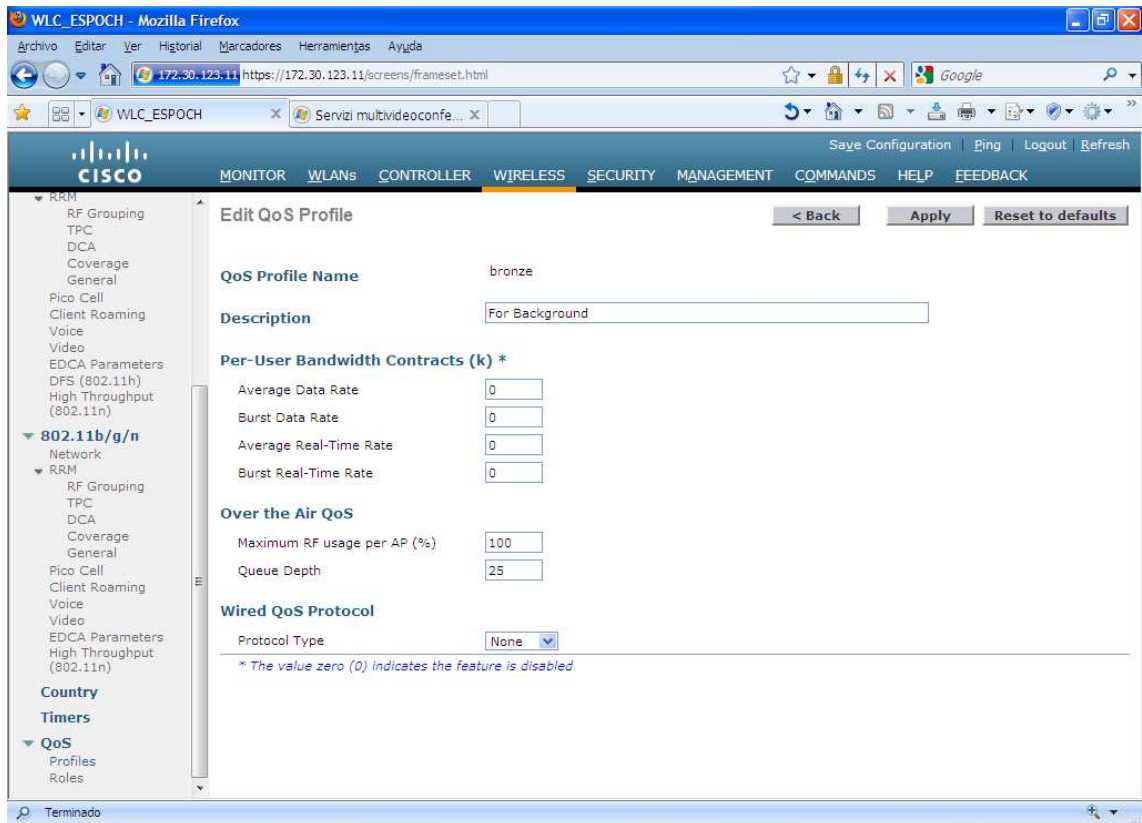


Figura IV.19 Página Edit QoS Profile Bronze

Si se desea cambiar la descripción del perfil, modificar el contenido del campo Description.

Para definir el campo average data rate (tasa promedio de datos) para el tráfico TCP por usuario, ingresar la tasa de Kbps en el campo Average Data Rate. Se puede introducir un valor entre 0 y 60.000 Kbps. El valor de 0 indica que no existe ninguna restricción en el ancho de banda del perfil.

Para definir el campo peak data rate (tasa máxima de datos) para el tráfico TCP por usuario, ingresar la tasa de Kbps en el campo Burst Data Rate. Se puede introducir un valor entre 0 y 60.000 Kbps. El valor de 0 indica que no existe ninguna restricción en el ancho de banda del perfil.

**NOTA:** El Burst Data Rate debe ser mayor o igual al Average Data Rate. De lo contrario, la política de QoS puede bloquear el tráfico desde y hacia el cliente inalámbrico.

Para definir el campo average real-time rate (tasa promedio de tiempo real) para el tráfico UDP por usuario, ingresar la tasa de Kbps en el campo Average Real-Time Rate. Se puede ingresar un valor entre 0 y 60.000 Kbps. El valor de 0 indica que no existe ninguna restricción en el ancho de banda del perfil.

Para definir el campo peak real-time rate (tasa máxima de tiempo real) para el tráfico UDP por usuario, ingresar la tasa en Kbps en el campo Burst Real-Time Rate. Puede introducir un valor entre 0 y 60.000 Kbps. El valor de 0 indica que no existe ninguna restricción en el ancho de banda del perfil.

**NOTA:** El Burst Real-Time Rate debería ser mayor o igual que el Average Real-Time Rate. De lo contrario, la política de QoS puede bloquear el tráfico desde y hacia el cliente inalámbrico.

En el campo Maximum RF Usage Per AP, se debe ingresar el porcentaje máximo de ancho de banda para un perfil. Por ejemplo, se establece el 50% para el QoS bronze, todos los usuarios de la WLAN bronze combinados no obtendrán más del 50% del ancho de banda de RF disponible. La velocidad de transmisión real puede ser inferior al 50%, pero nunca será más del 50%.

En el campo Queue depth, escribir el número máximo de paquetes que los AP tengan en sus colas. Cualquier paquete adicional será eliminado.

**Etiquetado IEEE 802.1p.-** Es un estándar que proporciona priorización de tráfico es un mecanismo para implementar QoS a nivel de MAC (Media Access Control, Control de Acceso al Medio). Existen 8 clases diferentes de servicios, expresados por medio de 3 bits del campo prioridad de usuario de la etiqueta 802.1q. El etiquetaje 802.1p permite asignar niveles de prioridad específicos desde 0 (bajo) a 7 (alto).

Para definir el valor máximo (0-7) en la etiqueta de prioridad, asociar con los paquetes que entran en el perfil, escoger 802.1p desde el menú desplegable Protocol Type e ingresar el valor de la máxima prioridad en el campo de etiquetas 802.1p. Los paquetes etiquetados incluyen datos CAPWAP paquetes de datos (entre los APs y el WLC) y los paquetes enviados a la red principal. IEEE 802.1p es un estándar IEEE para el etiquetado.

En la Figura IV.20 se define el valor para el perfil Platinum, en la Figura IV.21 se define el valor para el perfil Gold, en la Figura IV.22 se define el valor para el perfil Best Effort y en la Figura IV.23 se define el valor para el perfil Bronze. La Tabla IV.10 muestra la relación que existe entre el 802.1p y WMM.



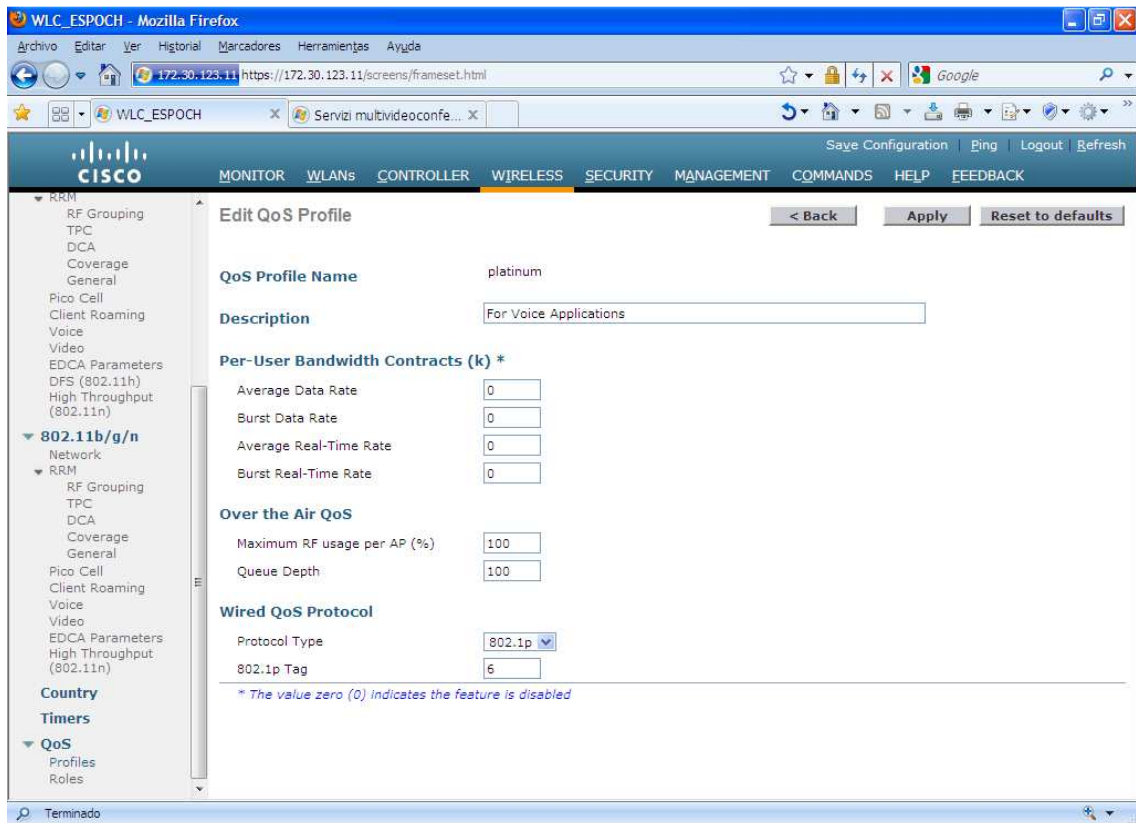
**TABLA IV.10**

**802.1P y la Clasificación WMM**

Prioridad	Prioridad 802.1P	802.1P Designación	Categoría de Acceso	Designación WMM
<b>Lowest</b>	1	Background	AC_BK	Background
	2	-		
	0	Best Effort	AC_BE	Best Effort
	3	Excellent Effort		
	4	Controlled Load	AC_VI	Video
	5	Video		
	6	Voice	AC_VO	Voice
	<b>Highest</b>	7		

**Elaborado por:** Cisco Systems

**Fuente:** [http://www.cisco.com/en/US/solutions/Enterprise/Mobility/emob41dg/ch5\\_QoS.pdf](http://www.cisco.com/en/US/solutions/Enterprise/Mobility/emob41dg/ch5_QoS.pdf)



**Figura IV.20** Página Edit QoS Profile Platinum

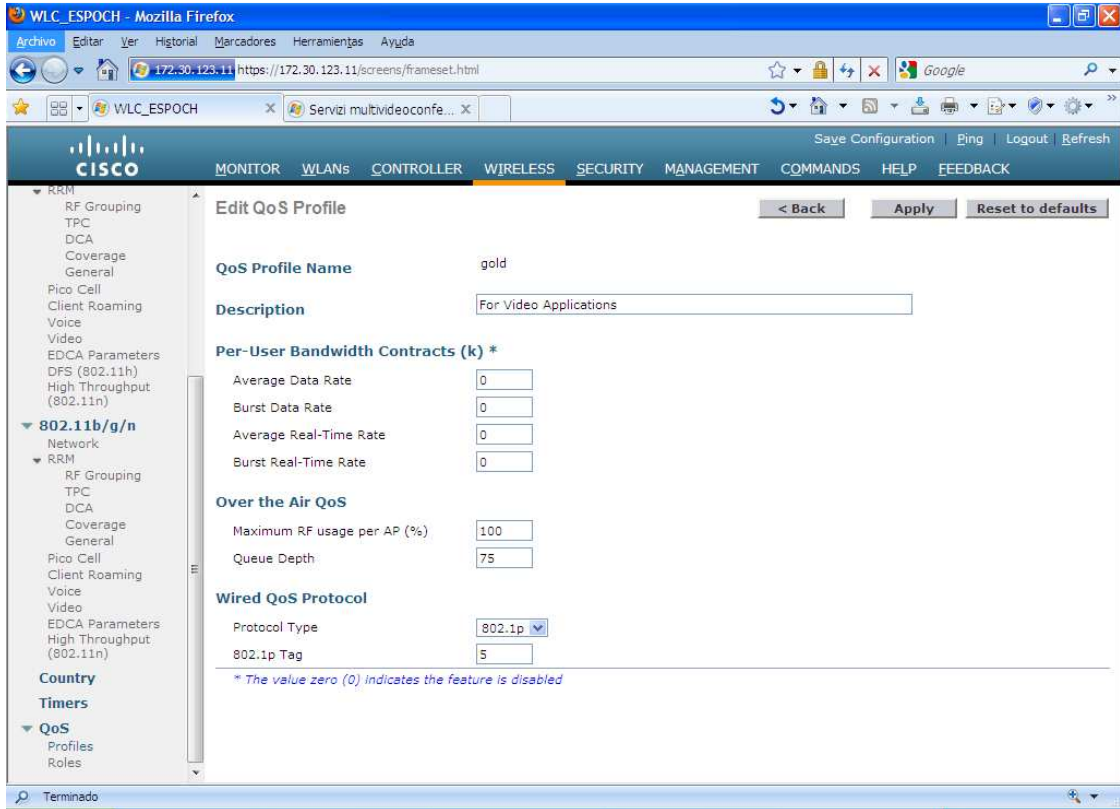


Figura IV.21 Página Edit QoS Profile Gold

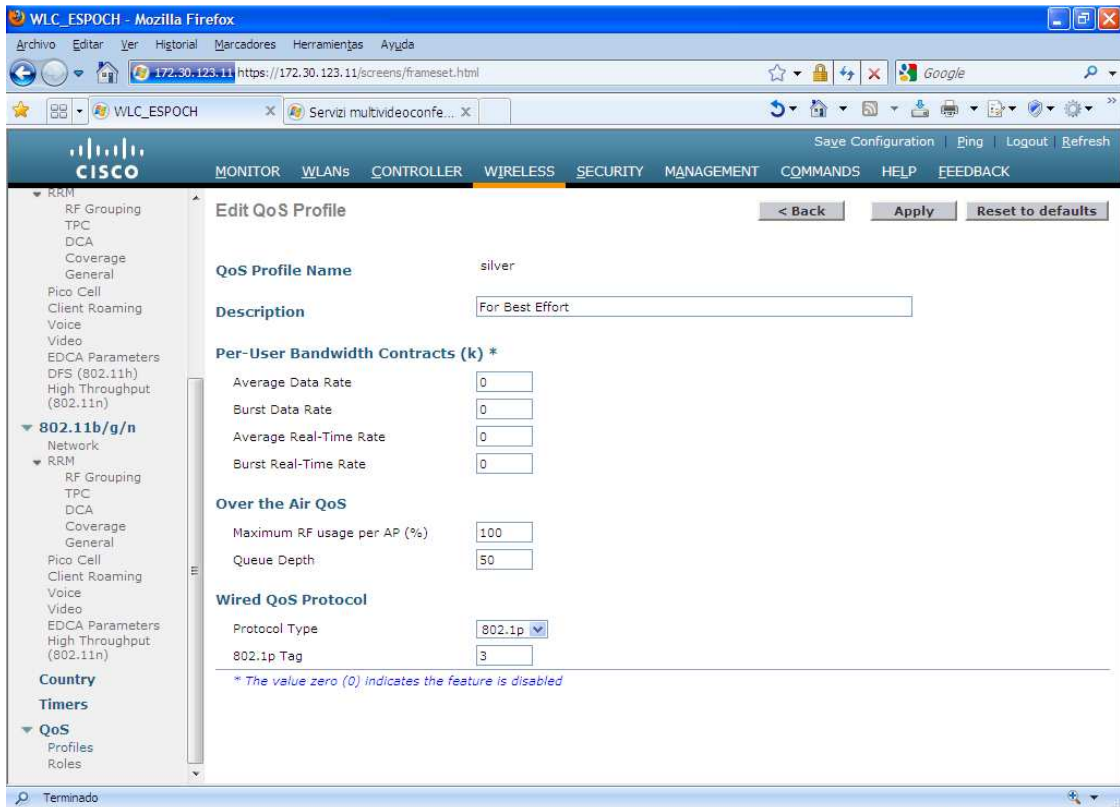
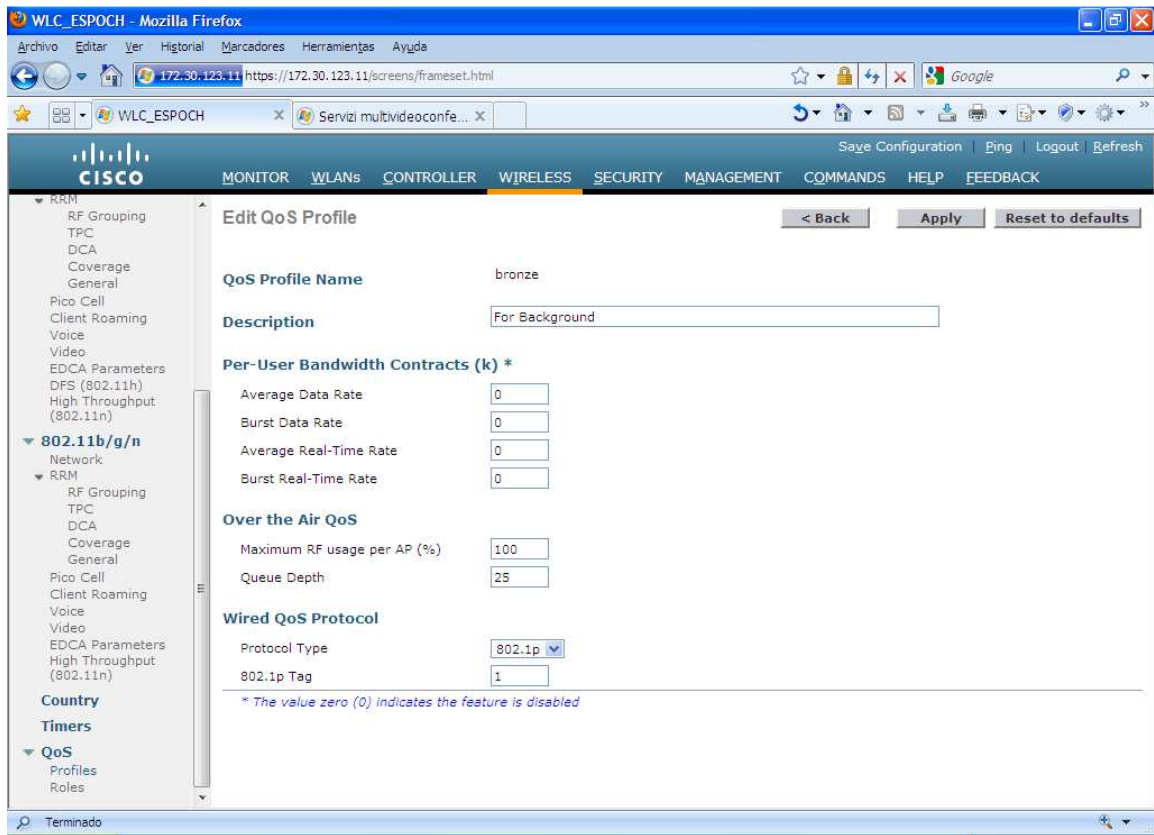


Figura IV.22 Página Edit QoS Profile Best Effort





**Figura IV.23** Página Edit QoS Profile Bronze

Para confirmar los cambios se debe dar un clic en Apply y para guardar los cambios se debe dar click en Save Configuration. Finalmente se debe volver a habilitar las redes 802.11a y 802.11b/g. Para hacerlo se debe dar un clic en **Wireless > 802.11a/n o 802.11b/g/n > Network**, marcar la casilla de verificación del **802.11a** (o **802.11b/g**) **Network Status**, y hacer click en **Apply**.

La Figura IV.24 muestra la pantalla para habilitar la red 802.11a y la Figura IV.25 muestra la pantalla para Habilitar la red 802.11b/g.

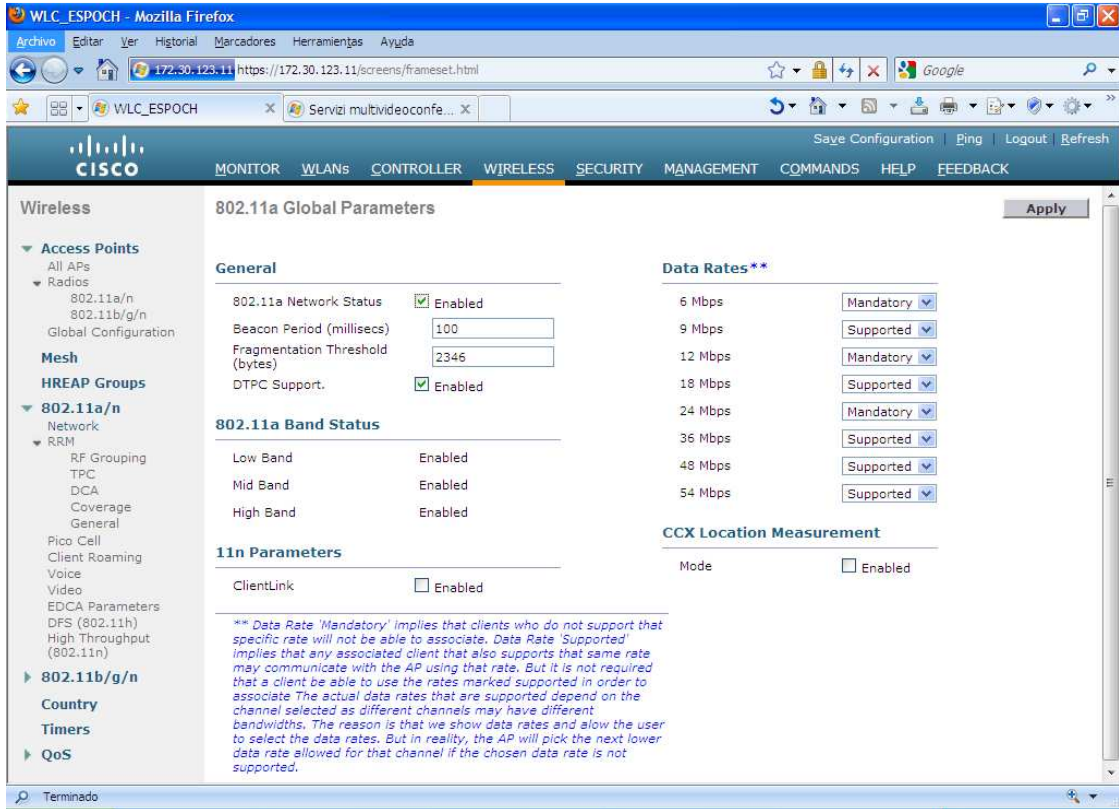


Figura IV.24 Habilitar la red 802.11a

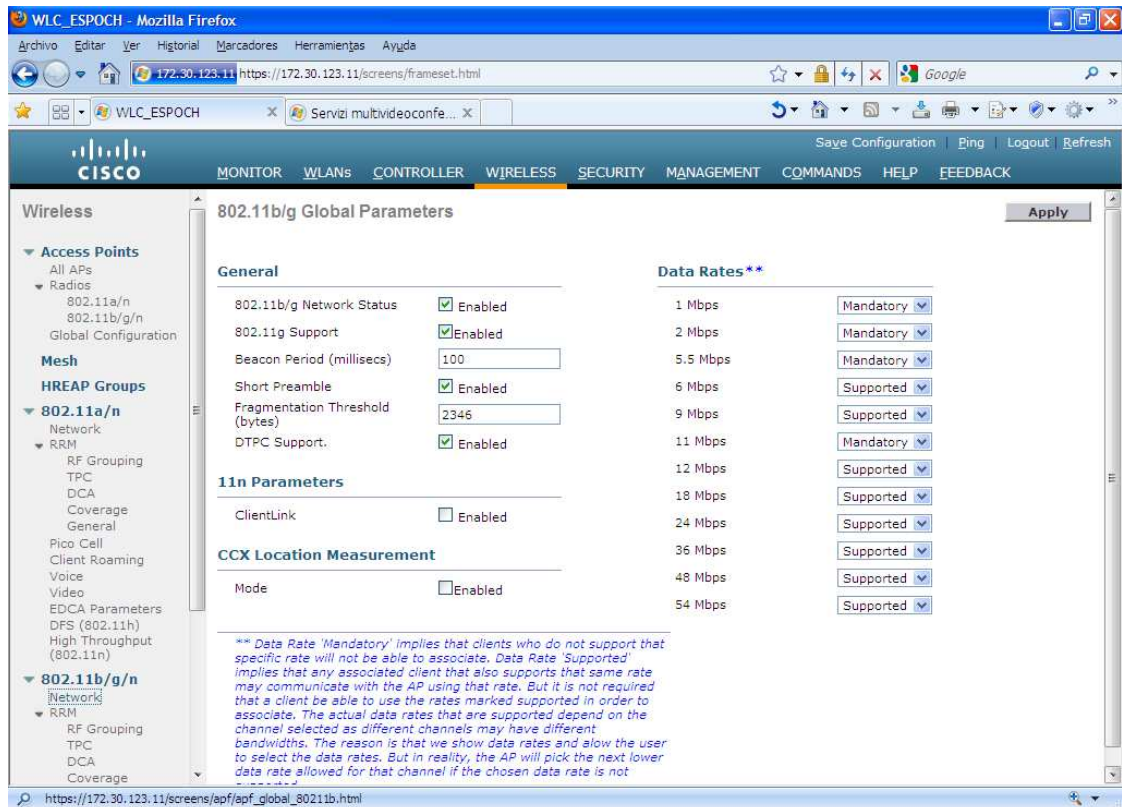


Figura IV.25 Habilitar la red 802.11b/g

Se debe asignar un perfil de QoS a una WLAN.

### **Utilizando CLI para configurar los perfiles QoS**

Se debe seguir los siguientes pasos para configurar los perfiles Platinum, Gold, Silver, y Bronze utilizando CLI.

Para deshabilitar las redes 802.11a y 802.11b/g, ingresar los siguientes comandos:

**config 802.11a disable network**

**config 802.11b disable network**

Para cambiar la descripción de los perfiles, ingresar el comando:

**config qos description {bronze | silver | gold | platinum} *descripción***

Para definir el average data rate en Kbps para el tráfico TCP por usuario, escribir el siguiente comando:

**config qos average-data-rate {bronze | silver | gold | platinum} *tasa***

Para el parámetro *rate*, se puede ingresar un valor entre 0 y 60.000 Kbps. El valor de 0 indica que no existe ninguna restricción en el ancho de banda del perfil QoS.

Para definir el peak data rate en Kbps para el tráfico TCP por usuario, escribir el siguiente comando:

**config qos burst-data-rate {bronze | silver | gold | platinum} *tasa***

Para definir el average real-time rate en Kbps para el tráfico UDP por usuario, escribir el siguiente comando:

**config qos average-realtime-rate {bronze | silver | gold | platinum} *tasa***

Para definir el peak real-time rate en Kbps para el tráfico UDP por usuario, escribir el siguiente comando:

```
config qos burst-realtime-rate {bronze | silver | gold | platinum} tasa
```

Para especificar el porcentaje máximo de uso de RF por punto de acceso, escribir el siguiente comando:

```
config qos max-rf-usage {bronze | silver | gold | platinum} porcentaje de uso.
```

Para especificar el número máximo de paquetes que el punto de acceso pueda mantener en sus colas, introducir el siguiente comando:

```
config qos queue_length {bronze | silver | gold | platinum} longitud de la cola.
```

Para definir el valor máximo (0-7) de la etiqueta de prioridad asociada con los paquetes que entran en el perfil, introducir los siguientes comandos:

```
config qos protocol-type {bronze | silver | gold | platinum} dot1p
```

```
config qos dot1p-tag {bronze | silver | gold | platinum} etiqueta
```

Para volver a habilitar las redes 802.11a y 802.11b/g, introducir los siguientes comandos:

```
config 802.11a enable network
```

```
config 802.11b enable network
```

Finalmente se debe seguir las instrucciones de Asignación de un perfil de QoS a una WLAN.

#### **4.2.2. Asignar un Perfil QoS a una WLAN**

La solución Cisco UWN soporta cuatro niveles de calidad de servicio: Platinum/Voz, Gold/Video, Silver/Mejor Esfuerzo (por defecto), y Bronze/Background. Se puede configurar el tráfico de voz de la WLAN para que utilice el QoS Platinum, asignar un ancho de banda bajo a

la WLAN para que utilice el QoS Bronze, y asignar el resto de tráfico entre los niveles de QoS restantes. Se puede asignar un perfil de QoS a la WLAN utilizando un controlador GUI o CLI.

### Utilizando una GUI para asignar un perfil QoS a una WLAN

Seguir los siguientes pasos para asignar un perfil QoS a una WLAN, se debe configurar uno o más perfiles QoS utilizando las instrucciones de la Configuración de los perfiles QoS.

En la Figura IV.26 se muestra la pantalla WLANs. Para abrir dicha página se debe dar un clic en la pestaña WLANs. Dar un clic en WLAN SSID de la WLAN a la que desea asignar un perfil de QoS, en este caso específico se seleccionó la red la ver.

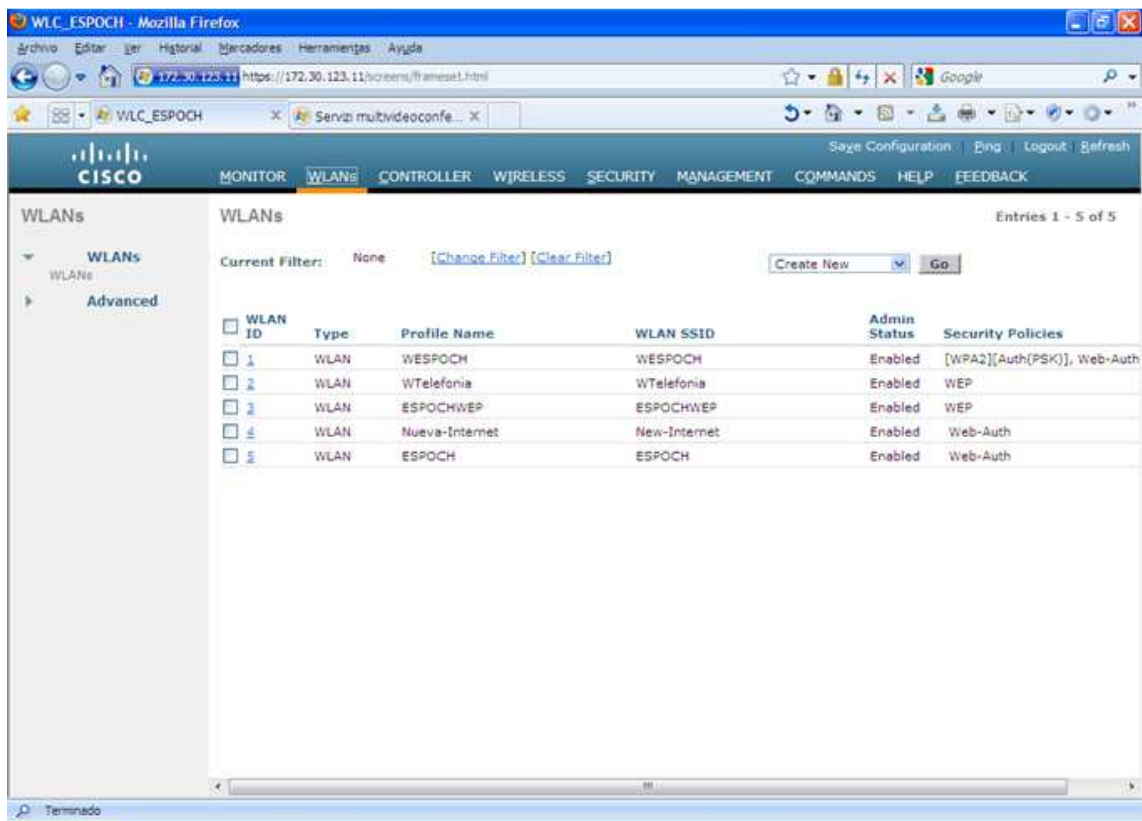
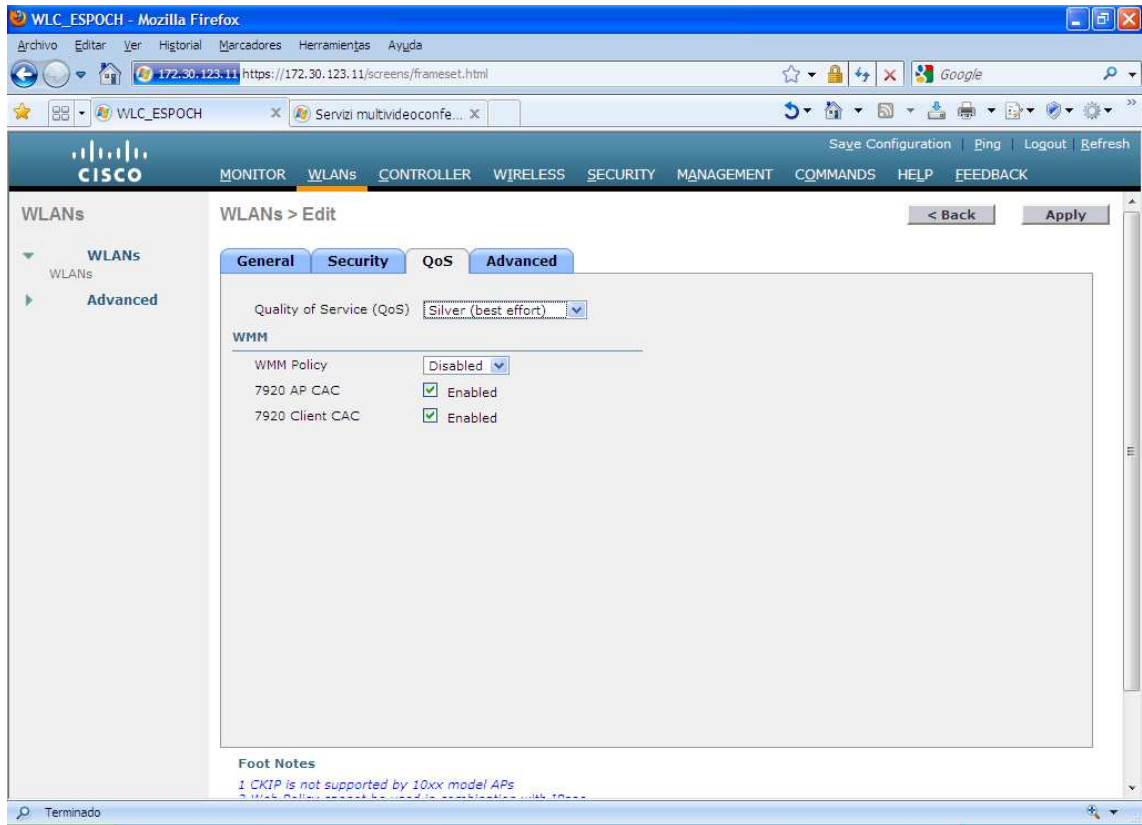


Figura IV.26 Selección de la WLAN

Cuando aparezca la página WLAN> Edit seleccionada se debe dar un clic en la pestaña QoS ver la Figura IV.27 y escoger una de las siguientes opciones desde el menú desplegable de QoS:

- ✓ Platinum (voice)
- ✓ Gold (video)
- ✓ Silver (Best Effort) es el valor por defecto
- ✓ Bronze (background)



**Figura IV.27** Página de Edición de WLANs

Una vez terminado el proceso de configuración para confirmar los cambios se debe dar un clic en Apply y para guardar los mismos se debe dar un clic en Save Configuration.

### **Utilizando la CLI para asignar un perfil QoS a una WLAN**

Se debe seguir los siguientes pasos para asignar un perfil QoS a una WLAN.

Para asignar un perfil QoS a una WLAN, ingresar el siguiente comando:

```
config wlan qos wlan_id {bronze | silver | gold | platinum}
```

Silver es el valor por defecto.

Para guardar los cambios, ingresar el siguiente comando: **save config**

Para comprobar que se ha asignado correctamente el perfil QoS a la WLAN, ingresar el siguiente comando: **show wlan wlan\_id**

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS Y EVALUACIÓN FINAL

La capacidad de una red para ofrecer prioridad a determinados tipos de tráfico, independientemente de la tecnología de red utilizada, se le conoce como QoS, generalmente se aplica a nivel de la capa 3-4. Dichos mecanismos son indispensables cuando se ofrece servicios de tiempo real tales como VoIP, videoconferencia, video streaming, radio por Internet, entre otros.

Las gráficas obtenidas tienen una completa validez y representan de la manera más fiel posible los resultados pues fueron obtenidos de escenarios reales. Como se indicó anteriormente los parámetros que definen QoS son cuatro: *Retardo temporal*, *Jitter (o variación de retardo)*, *Pérdida de paquetes* y *ancho de banda*. Para poder gestionar estos parámetros de forma eficiente se debe utilizar la prioridad y la gestión del tráfico por medio de colas.

#### **5.1. Software de monitoreo de la red Observer v10.0**

Existe un gran número de herramientas para realizar el monitoreo y gestión de la red. Para la ejecución de la presente tesis se ha decidido utilizar la herramienta Observer, dado que esta cumple a cabalidad los requisitos propuestos, su manejo es intuitivo y la interfaz es de fácil manejo. Observer es un sistema implementado para la gestión del monitoreo de red. Es un



completo analizador de protocolos para redes alámbricas e inalámbricas, captura y descifra sobre 500 protocolos.

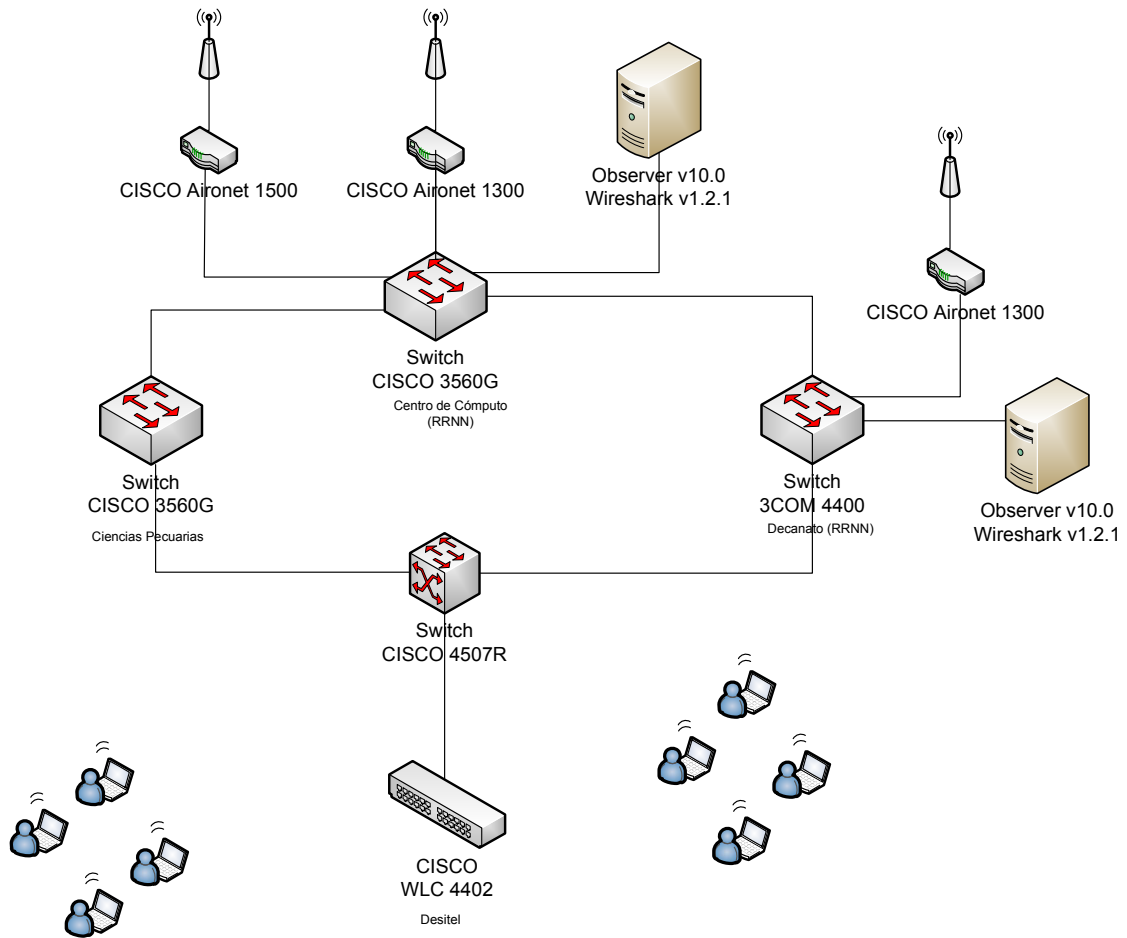
Con el Observer el administrador de la red tiene una visión más clara del tráfico de su red, facilitando la toma de decisiones sobre la administración de la misma. Observer ofrece varios modos de análisis para ayudarle a aislar problemas específicos de la red y concentrarse en la solución. Una vez planteada la infraestructura adecuada, será necesario establecer las herramientas de generación, captura, monitoreo, medición y visualización para análisis de tráfico, con el objetivo de posteriormente cuantificar las métricas establecidas.

Entre las pruebas realizadas para el monitoreo con el software Observer se procedió a implementar dos escenarios similares:

- ✓ Decanato
- ✓ Centro de Cómputo

Este programa permite obtener el número de paquetes transmitidos por los diferentes protocolos tales como TCP, que provee comunicaciones de red confiables, orientadas a la conexión además de ser uno de los protocolos fundamentales en Internet, y UDP, que es no orientado a conexión. TCP da soporte a muchas de las aplicaciones más populares de Internet, incluidas HTTP y FTP. Debido a que RTP tiene algunas características de protocolo de nivel de transporte, es transportado usando UDP, pudiendo así analizar el protocolo RTP/GSM, RTP/PCMU y RTP/DYNAMIC.

Adicionalmente este programa permite realizar el análisis del jitter y del ancho de banda de la red sobre los paquetes UDP únicamente. El número de paquetes perdidos para TCP se puede obtener en el campo Retrans. También se utilizó el programa Wireshark v1.2.1 como complemento del software de monitoreo Observer. En la Figura V.28 se puede observar el escenario con los software de monitoreo.



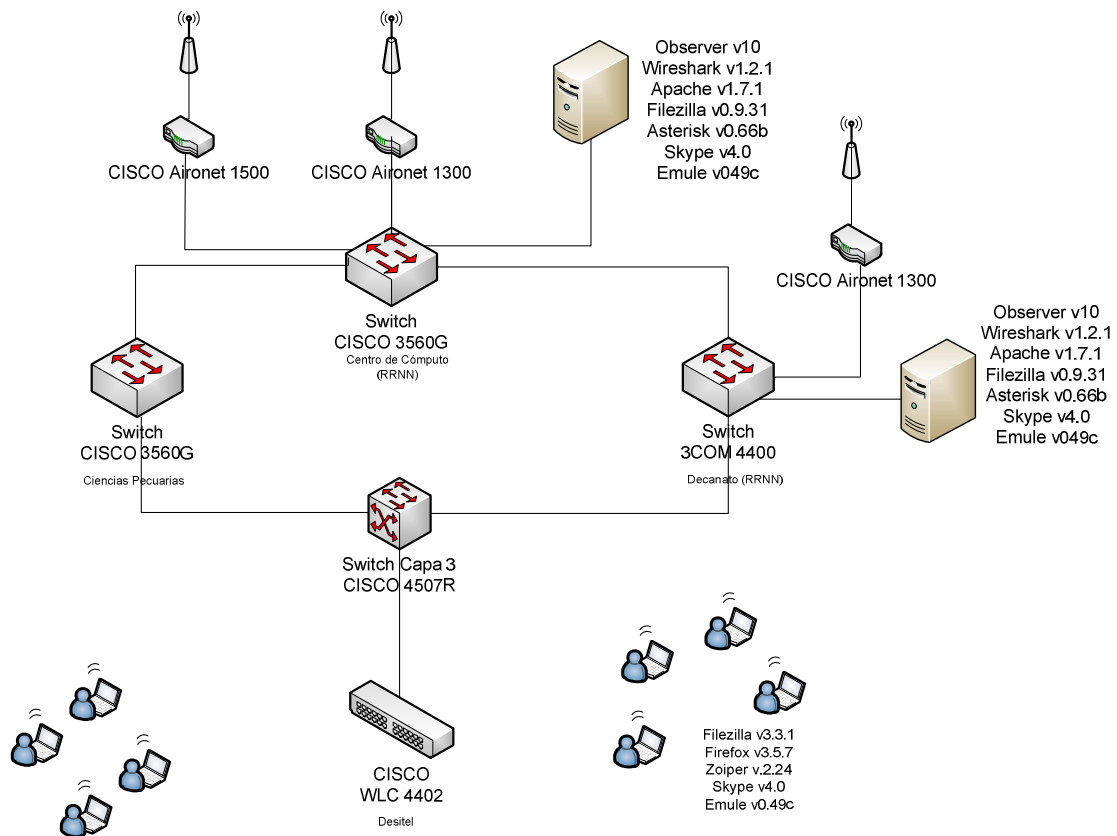
**Figura V.28** Escenario RRNN

### 5.2. Escenario de Pruebas en la Facultad de RRNN

Se instaló un escenario que cuenta con un servidor de pruebas en donde estaba ejecutándose el sistema operativo Windows XP. Para la generación de tráfico se utilizó un servidor web (Apache v1.7.1), un servidor ftp (Filezilla v0.9.31) y un servidor para VoIP (Asterisk v0.66b). Como equipos clientes se contó con varios equipos inalámbricos en los cuales se encuentran instaladas herramientas clientes para consumir los servicios ftp (Filezilla v3.3.1), http (Firefox v3.5.7), VoIP (Zoiper v2.24) el cual permite que los usuarios puedan configurar las prioridades de QoS utilizando el marcado DSCP.

Adicionalmente se utilizaron los programas **Skype v4.0** el cual es un software para realizar llamadas, videoconferencia y mensajería instantánea gratis sobre Internet (VoIP), y **Emule**

**v049c** que es el mejor y el que más usuarios tiene entre los programas de intercambio de archivos en redes p2p "peer-to-peer" del mundo, este programa fue de mucha ayuda ya que se logró congestionar la red. Una descripción completa y bien detallada del escenario de pruebas se encuentra desplegada en la Figura V.29:



**Figura V.29** Escenario de pruebas

El estándar IEEE 802.11e soporta ampliamente cuatro prioridades de colas las cuales pueden ser utilizadas para asignar prioridades más altas a aplicaciones con baja tolerancia a la latencia y a la fluctuación, tal como VoIP, y video streaming; y prioridades más bajas a aplicaciones menos sensibles al tiempo como los correos electrónicos.

### 5.3.Pruebas Realizadas

Los factores que afectan a la calidad de servicio son Retardo, Pérdida de paquetes, Jitter y Ancho de banda.

#### RETARDO

Para la realización de las pruebas se analizaron los protocolos Http, Ftp y Rtp. Los datos se obtuvieron del programa Observer, el cual en su interfaz tiene al lado izquierdo las opciones TCP Events ver la Figura V.30 que presenta los paquetes de los protocolos Http y Ftp y la opción UDP Events ver la Figura V.31 que presenta los paquetes del protocolo RTP. Para el análisis se debe dar click derecho sobre el protocolo y aparecerá la opción Connection Dynamics.

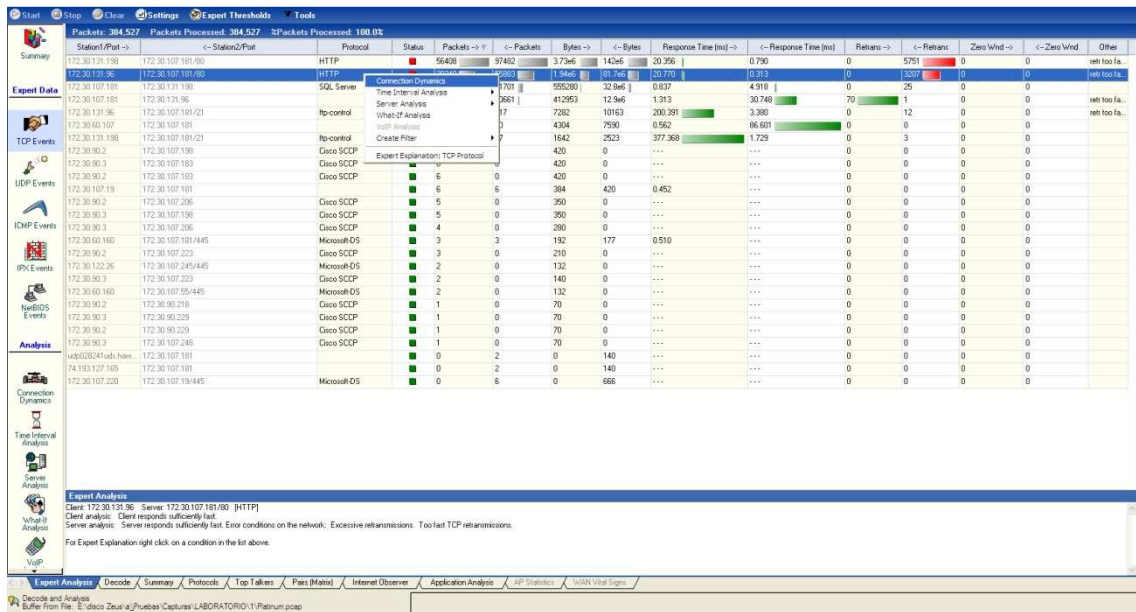


Figura V.30 Pantalla TCP Events

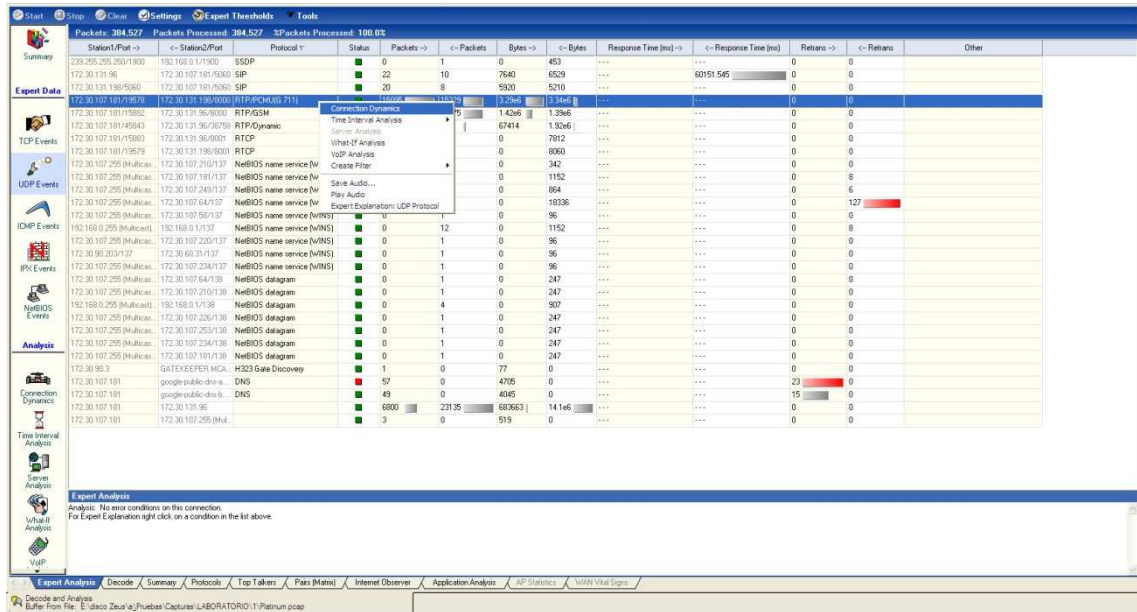


Figura V.31 Pantalla UDP Events

Uno de los aspectos más importantes pues determina el grado de credibilidad de los resultados obtenidos es el cálculo del tamaño de la muestra lo cual se realizó mediante la utilización de una fórmula muy extendida que orienta sobre el cálculo del tamaño de la muestra para datos globales:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

N: es el tamaño de la población o universo.

k: es una constante que depende del nivel de confianza que se asignará. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de la investigación sean ciertos: un 95,5 % de confianza es lo mismo que decir que se puede equivocar con una probabilidad del 4,5%.

Los valores k más utilizados y sus niveles de confianza son:

<b>K</b>	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
<b>Nivel de confianza</b>	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

e: es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que se obtiene preguntando a una muestra de la población y el que obtendría si se preguntara al total de ella.

p: es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que  $p=q=0.5$  que es la opción más segura.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es  $1-p$ .

n: es el tamaño de la muestra (número de encuestas que se va a realizar).

## PÉRDIDA DE PAQUETES

Para obtener los datos, en el software Observer se debe dar click en la opción TCP Events aquí aparecerán todos los paquetes de los protocolos Http y Ftp. En la opción Retrans se puede obtener los valores referentes a los paquetes perdidos. Mientras que para obtener los valores de paquetes perdidos para el protocolo Rtp se debe utilizar la herramienta Wireshark que permite obtener mediante la opción Telephony -> RTP -> Show All Streams. En la Figura V.32 se puede observar la pantalla del software Observer y en la Figura V.33 la pantalla del software Wireshark.

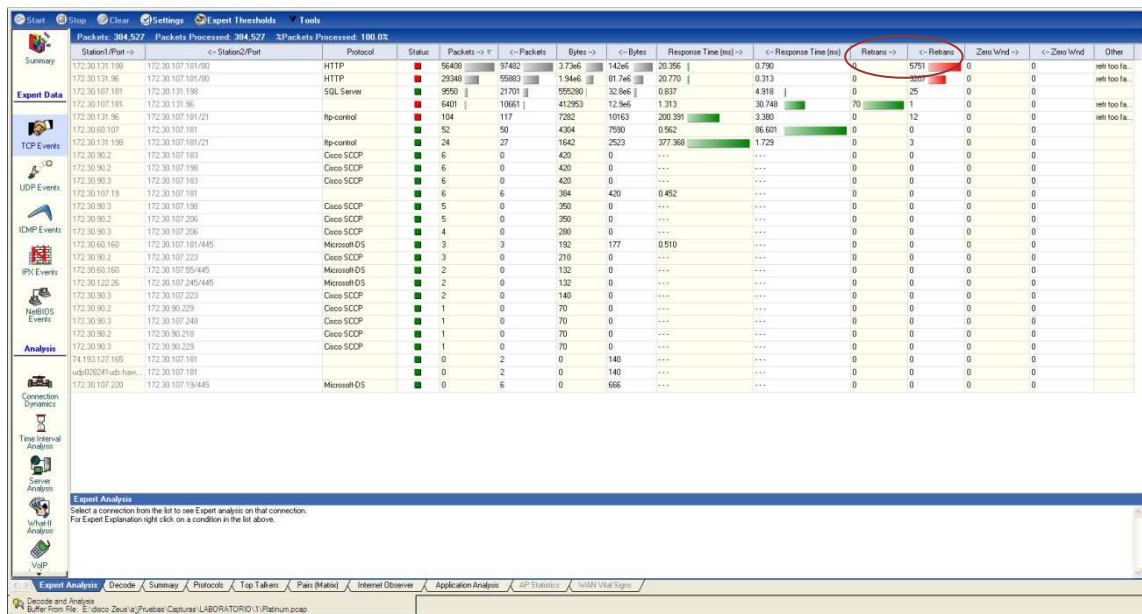


Figura V.32 Observer – Pérdida de paquetes

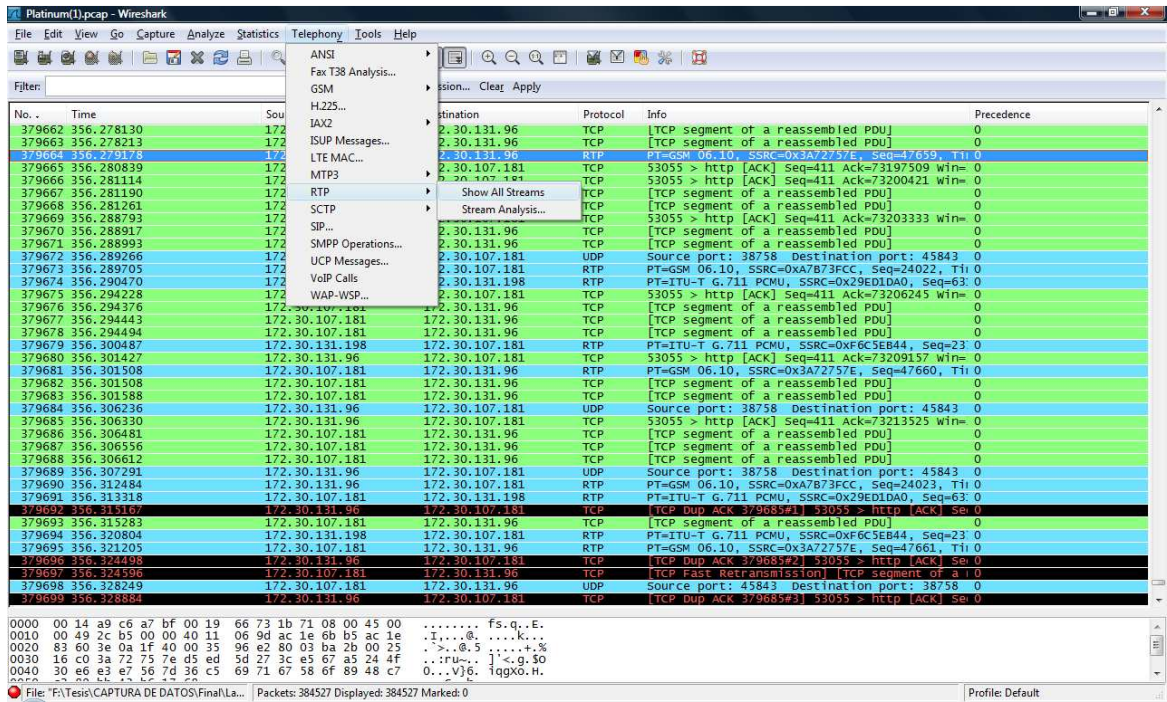


Figura V.33 Wireshark – Pérdida de paquetes

### JITTER

El jitter se puede obtener mediante el software Observer ver la Figura V.34, este software permite el análisis del protocolo RTP en este caso específico se va a realizar el análisis para el protocolo RTP/GSM, RTP/PCMU Y RTP/DYNAMIC. En la opción UDP Events aparecerán todos estos códecs, se debe dar click derecho y aparecerá la opción VoIP Analysis.

El jitter obtenido mediante este software es únicamente una estimación de la varianza estadística de la hora de llegada de paquetes de datos RTP, medido en unidades de tiempo y hora y expresado como un entero sin signo.



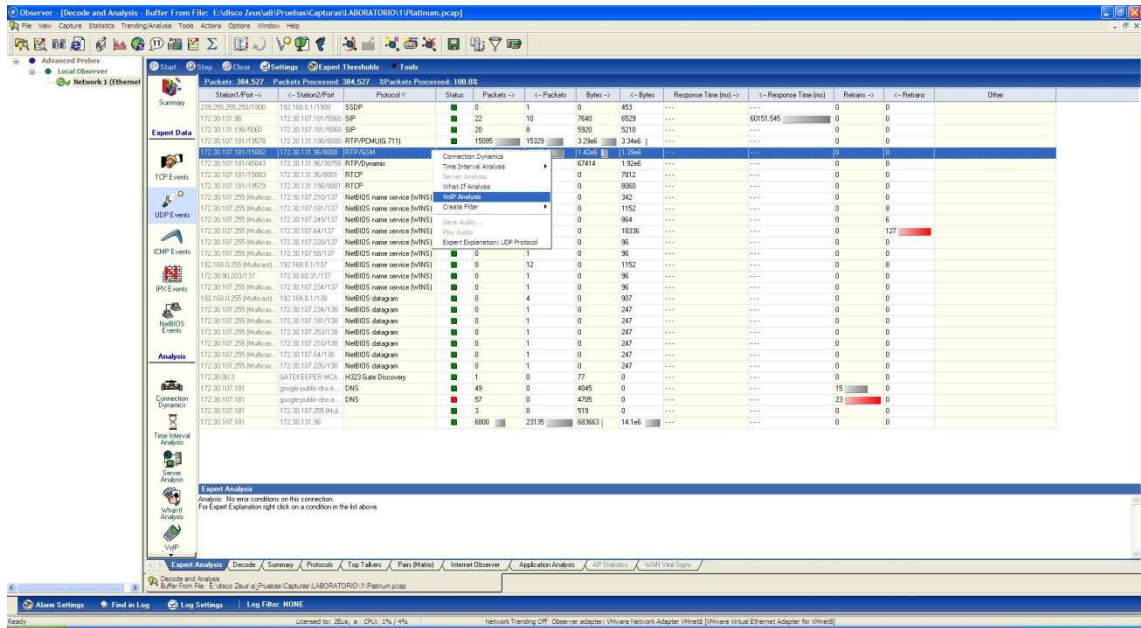


Figura V.34 Observer - Jitter

El jitter también se puede obtener mediante el software Wireshark ver la Figura V.35, este software permite el análisis del protocolo RTP, mediante la opción Telephony -> RTP -> Show All Streams.

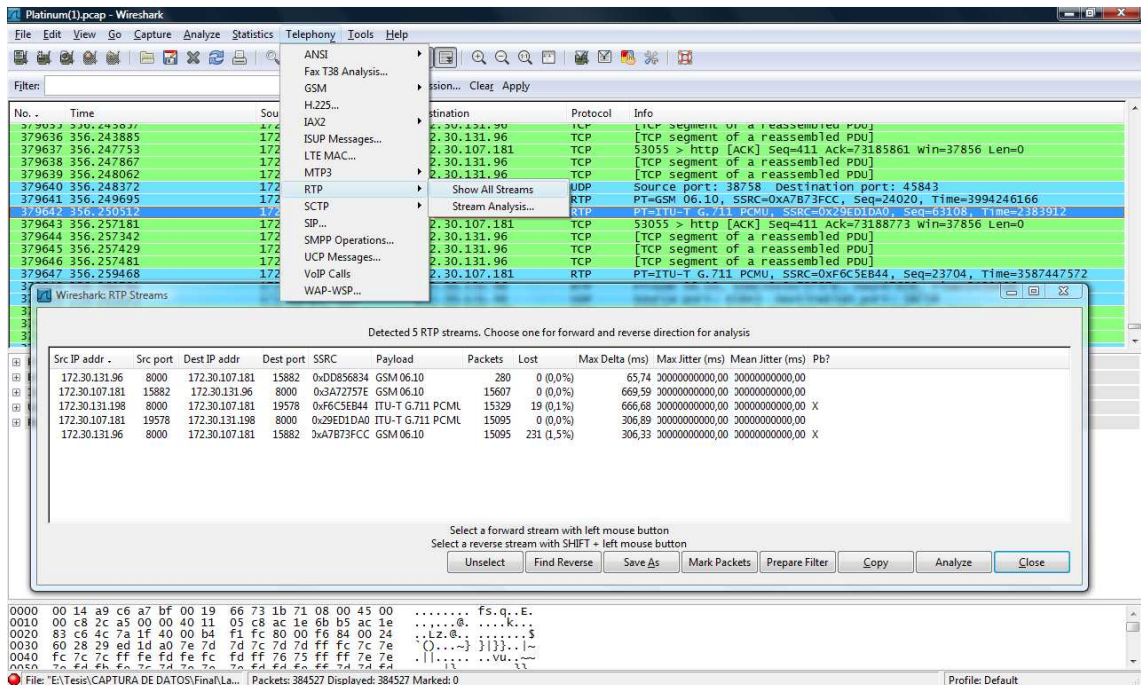
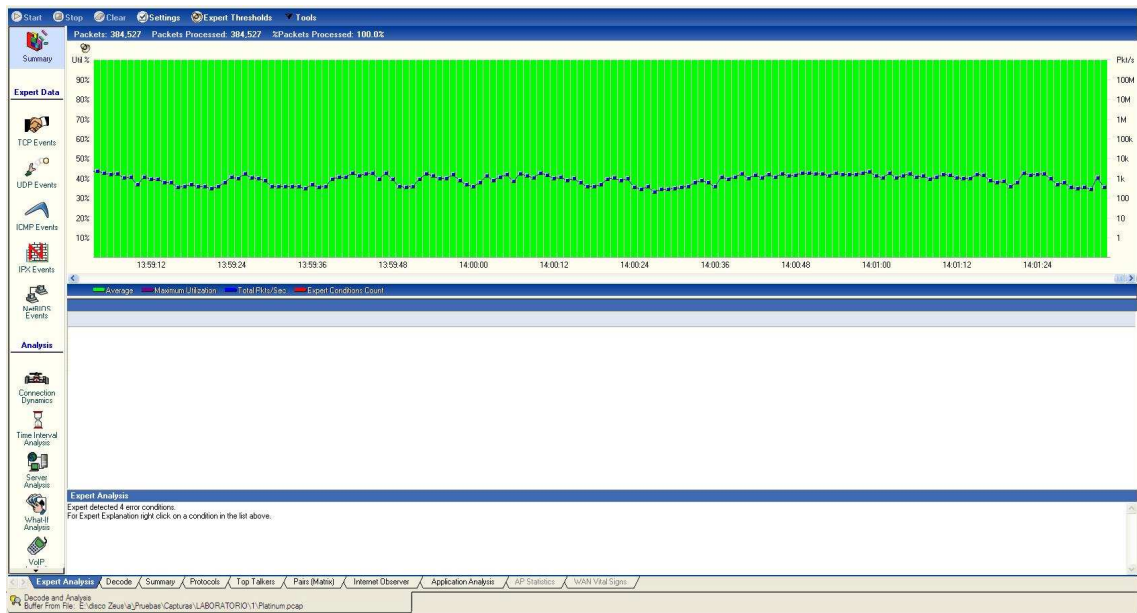


Figura V.35 Wireshark - Jitter



## ANCHO DE BANDA

Los datos del ancho de banda se obtienen del software Observer, el cual en la opción UDP Events, se debe dar click en VoIP Analysis y al igual que el jitter obtenemos las graficas. Para cada uno de los perfiles se adquirió el porcentaje de utilización del ancho de banda. El límite esta dado por la capacidad de la infraestructura física de la red y los flujos de datos que se originan en los nodos, al ir entre origen y destino, compartiendo enlaces en una determinada ruta. Además también se puede obtener dicha gráfica através del software Observer en la opción Summary ver la Figura V.36.



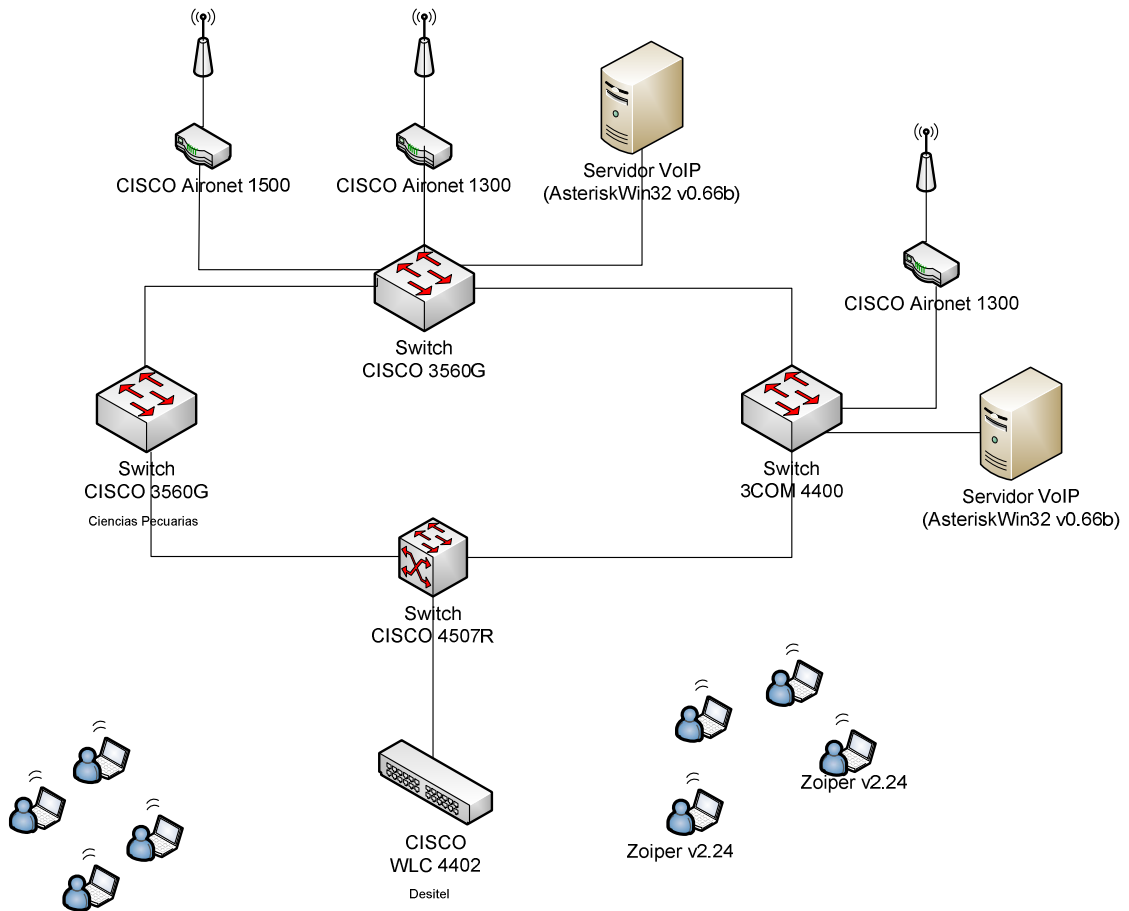
**Figura V.36** Observer - Ancho de banda

A continuación se presentan las pruebas realizadas utilizando los diferentes programas que fueron necesarios para la generación de tráfico en la WLAN, el escenario fue utilizado para cada uno de los perfiles de QoS.

### 5.3.1. Pruebas de tráfico VoIP

#### 5.3.1.1. Escenario

En la Figura V.37 se puede observar el escenario implementado para el tráfico de VoIP:



**Figura V.37** Tráfico VoIP

### 5.3.1.2. Descripción

En este escenario, se instaló un servidor de VoIP específicamente el software Asterisk para la transmisión de Voz, debiendo crear los usuarios SIP y las extensiones para dichos usuarios Como clientes se utilizó el programa Zoiper el cual utiliza Diffserv para proveer priorización al tráfico de VoIP con el marcado de paquetes utilizando DSCP. Zoiper permite asignar diferentes valores para la señalización y para paquetes de datos. Se puede configurar parámetros adicionales tales como Signaling QOS/DSCP y Media QOS/DSCP.

En el primero existen 12 valores AF (Assured Forwarding), 1 EF (Expedited Forwarding) y 1 valor por defecto (----). AF es un método que provee baja pérdida de paquetes dentro de un conjunto de tráfico lo cual afecta a la latencia. EF define un comportamiento para baja pérdida

de paquetes, bajo jitter y bajo delay. En el segundo los paquetes son marcados de manera similar a los paquetes de señalización y son usados para el tráfico RTP.

### 5.3.1.3. Configuración

#### Pruebas con el cliente y el servidor de VoIP

Una vez instalado Asterisk en Windows se debe crear dos nuevas extensiones:

#### Crear dos usuarios SIP nuevos.

Por ejemplo los usuarios "20000" y "20100" con contraseñas "a20000b" y "b20100a". Para ello vamos al fichero sip.conf el cual se encuentra en la dirección C:\\cygroot\\asterisk\\etc y añadimos las siguientes líneas al final del fichero:

```
[20000]
type=friend
secret=a20000b
qualify=yes
nat=no
host=dynamic
canreinvite=no
context=miprimerejemplo
mailbox=20000@miprimerbuzon
```

```
[20100]
type=friend
secret=b20100a
qualify=yes
nat=no
host=dynamic
canreinvite=no
context=miprimerejemplo
mailbox=20100@miprimerbuzon
```

#### Crear las extensiones para esos usuarios

Se debe crear las extensiones para esos usuarios en el fichero extensions.conf el cual se encuentra en la dirección C:\\cygroot\\asterisk\\etc de manera que si se marca el 20000 hablaremos con el usuario 20000 y si se marca el 20100 hablaremos con el usuario 20100.

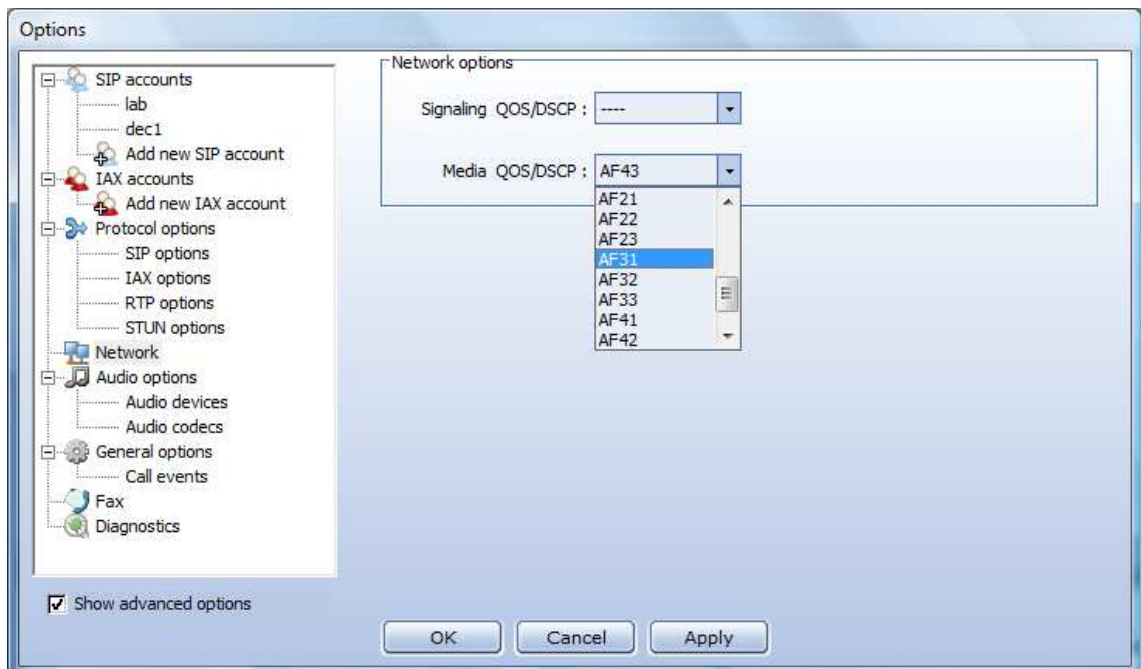
También se debe crear el número del buzón de voz para consultar los mensajes para que sea el 30000. Se debe añadir las siguientes líneas al final del fichero extensions.conf

```
[miprimerejemplo]
exten => 20000,1,Dial(SIP/20000,30,Ttm)
exten => 20000,2,Hangup
exten => 20000,102,Voicemail(20000)
exten => 20000,103,Hangup

exten => 20100,1,Dial(SIP/20100,30,Ttm)
exten => 20100,2,Hangup
exten => 20100,102,Voicemail(20100)
exten => 20100,103,Hangup

exten => 30000,1,VoicemailMain
```

Una vez configurado el servidor Asterisk se procede a configurar el cliente Zoiper ver la Figura V.38, el cual permite añadir cuentas en función de los usuarios creados anteriormente. Adicionalmente se debe tomar en cuenta la pestaña Network options en la cual configura las opciones de red asignando el marcado para la señalización y los datos.



**Figura V.38** Opciones de red

#### 5.3.1.4. Resultados obtenidos

##### RETARDO

**RTP/GSM:** En la Figura V.39 se puede analizar el rendimiento del protocolo RTP/GSM y en la Figura V.40 el rendimiento del protocolo RTP/PCMU en la infraestructura de la WLAN de la ESPOCH, las muestras se tomaron con una carga de datos dependiente del número de paquetes capturados, como a continuación se muestra en la Tabla V.11 y en la Tabla V.12 respectivamente.

RTP proporciona funciones de transporte extremo a extremo, para aplicaciones de transmisión de datos en tiempo real. Trabaja a nivel de aplicación y no garantiza QoS ni reserva de recursos para los servicios de tiempo real, es ampliamente implementado en cientos de productos y prototipos de investigación; tal como SIP (Session Initiation Protocol, Protocolo de Inicio de Sesiones) el cual permite el establecimiento, la liberación y la modificación de sesiones multimedia; empleando el modelo cliente/servidor.

Tal y como se muestra en dichas figuras en el perfil platinum el mayor porcentaje de paquetes fueron transmitidos con un retardo máximo de 13ms utilizando el códec GSM y aproximadamente con un retardo máximo de 16ms utilizando el Códec PCMU respectivamente. Mientras que en los otros perfiles se observa que existe una cantidad inferior de paquetes transmitidos hasta los 13ms. Para los perfiles Gold, Best Effort y Bronze se puede observar que existe una cantidad considerable de datos transmitidos con un retardo mayor a partir de los 13ms con el Códec GSM y a partir de los 14ms con el Códec PCMU.

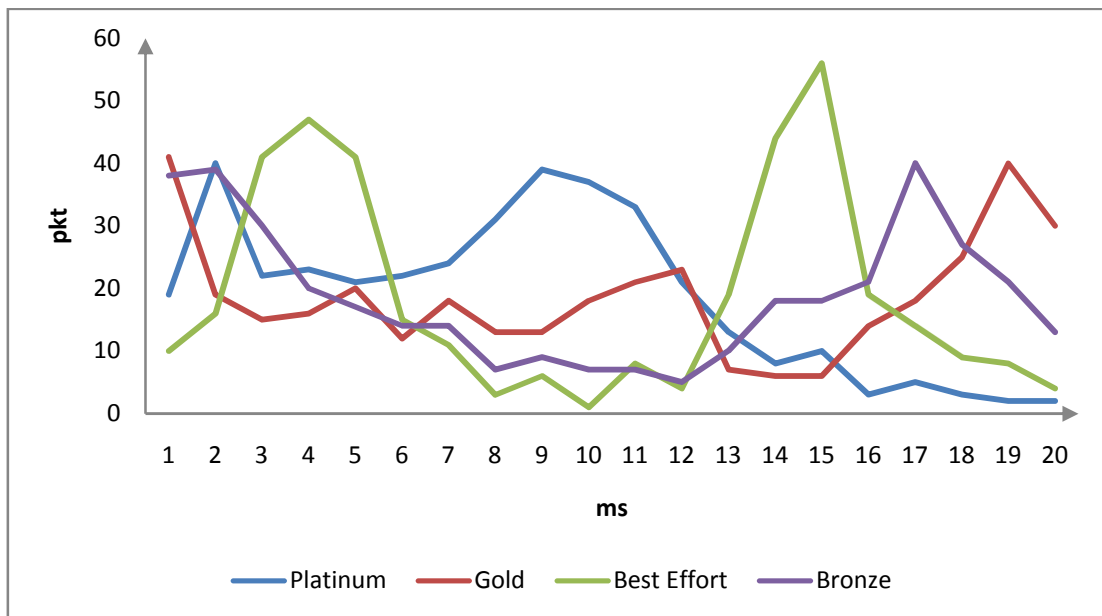
**TABLA V.11**

**Retardo en paquetes RTP/GSM**

PERFIL	N	K	e	p	q	n
PLATINUM	47805	1.96	5	0.5	0.5	381
GOLD	16363	1.96	5	0.5	0.5	375
BEST EFFORT	18491	1.96	5	0.5	0.5	376
BRONZE	15451	1.96	5	0.5	0.5	375

**Fuente:** Software de monitoreo Observer

**Elaborado por:** Autora



**Figura V.39** RTP/GSM

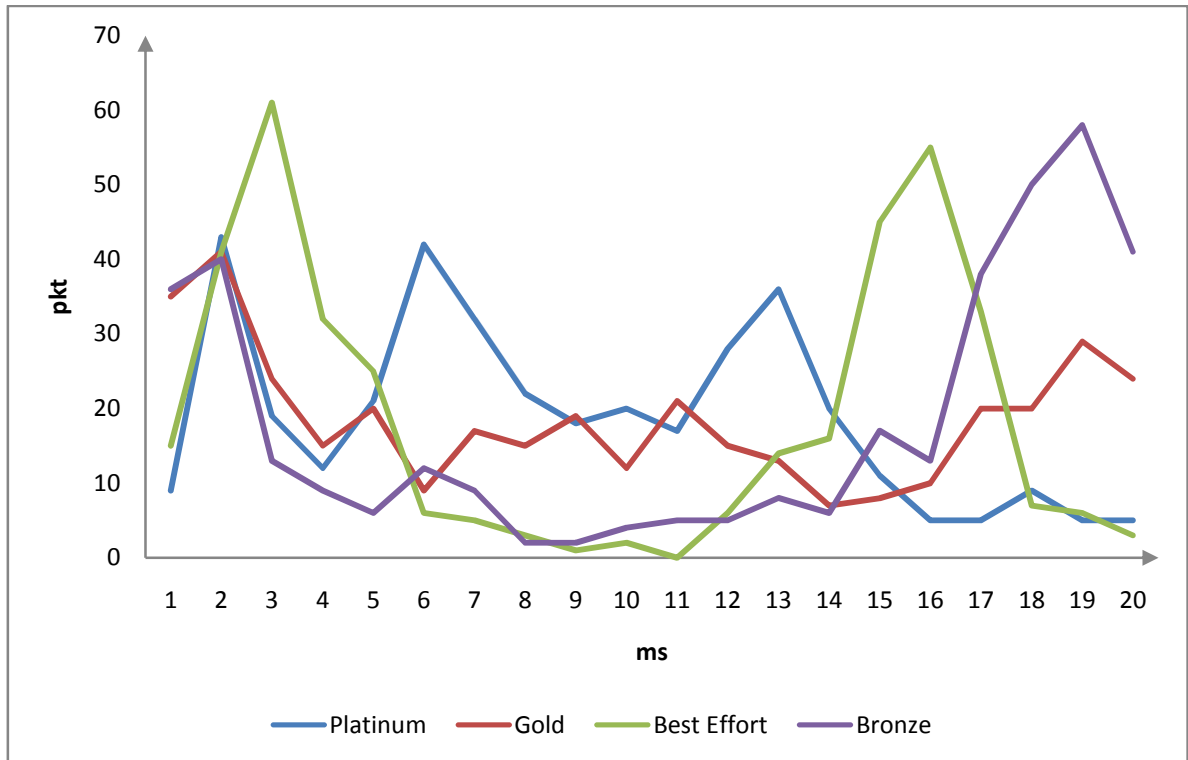
**TABLA V.12**

**Retardo en paquetes RTP/PCMU**

PERFIL	N	k	e	p	q	n
PLATINUM	46678	1.96	5	0.5	0.5	381
GOLD	14347	1.96	5	0.5	0.5	374
BEST EFFORT	17743	1.96	5	0.5	0.5	376
BRONZE	14331	1.96	5	0.5	0.5	374

**Fuente:** Software de monitoreo Observer

**Elaborado por:** Autora



**Figura V.40 RTP/PCMU**

El análisis de los diferentes perfiles se lo realizó con el protocolo RTP específicamente con el códec GSM hasta los 13ms mientras que con el códec PCMU hasta los 16ms, esto se puede observar en la Figura V.41 y la Figura V.42:

En el perfil Platinum con el códec GSM de un total de 345 paquetes dio como resultado un 90,5% y con el códec PCMU de un total de 355 paquetes dio como resultado un 93,1%. En el perfil Gold con el códec GSM de un total de 236 paquetes dio como resultado un 62,90% y con el códec PCMU de un total de 281 paquetes dio como resultado un 75,1%. En el perfil Best Effort con el códec GSM de un total de 222 paquetes dio como resultado un 59%, y con el códec PCMU de un total de 327 paquetes dio como resultado un 86,9%. En el perfil Bronze con el códec GSM de un total de 217 paquetes dio como resultado un 57,8% y con el códec PCMU de un total de 187 paquetes dio como resultado un 50%.

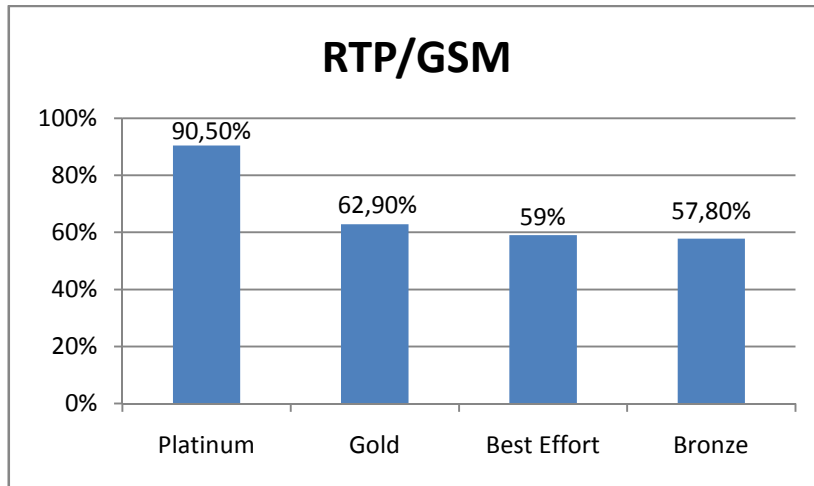


Figura V.41 Retardo RTP/GSM

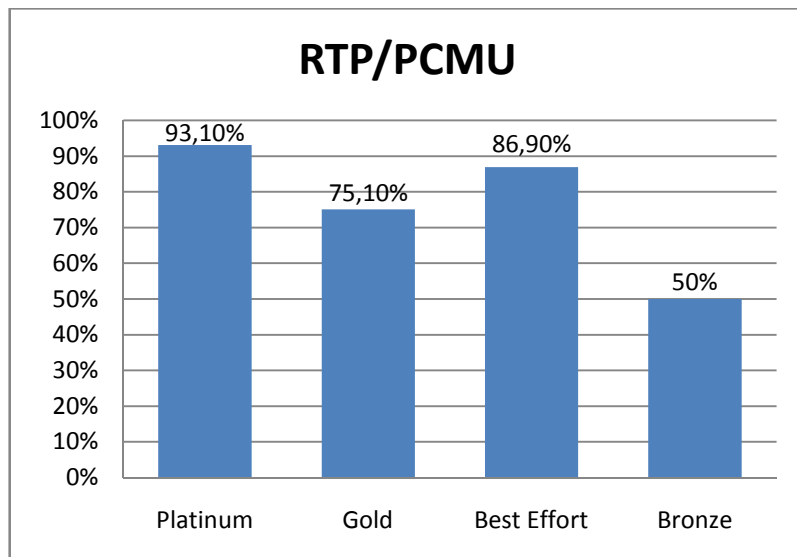


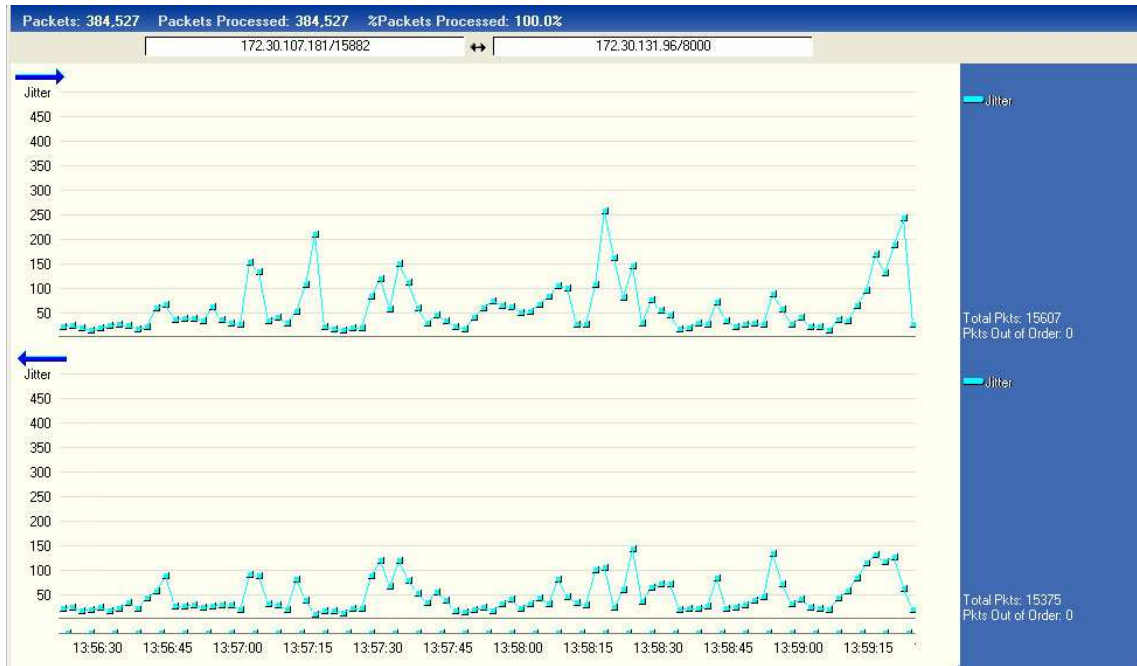
Figura V.42 Retardo RTP/PCMU

### JITTER

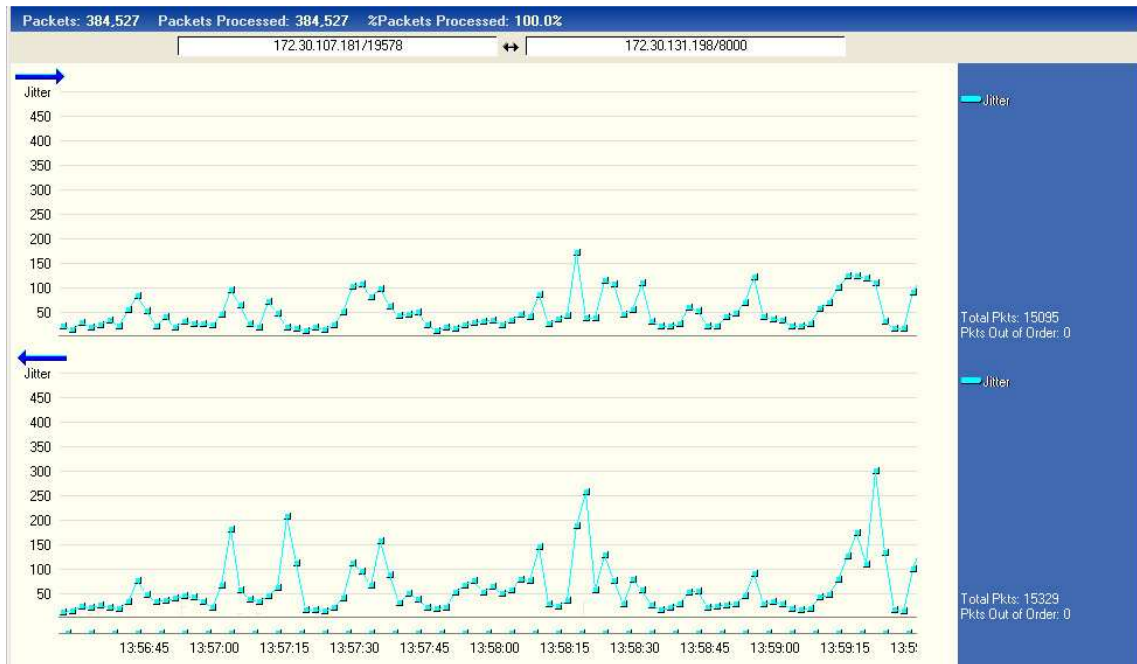
Como se puede observar en la Figura V.43 y Figura V.44, para el códec GSM en la transmisión de ida durante el 55,55% y en la transmisión de retorno durante el 47,22% no se observa una variación considerable en relación a su media. Para el códec PCMU en la transmisión de ida durante el 53% y en la transmisión de retorno durante el 48% no se observa una variación considerable en relación a su media. La varianza en relación al tiempo posee picos de variación elevados durante intervalos de tiempo considerables.



En la Figura V.45 se puede observar que para todas las llamadas de VoIP en el perfil Platinum se obtuvo un jitter máximo de 88,19ms obteniendo un promedio de 6,18ms para todas las transmisiones generadas en las pruebas.



**Figura V.43 Jitter - Perfil Platinum – RTP/GSM**



**Figura V.44 Jitter - Perfil Platinum – RTP/PCMU**

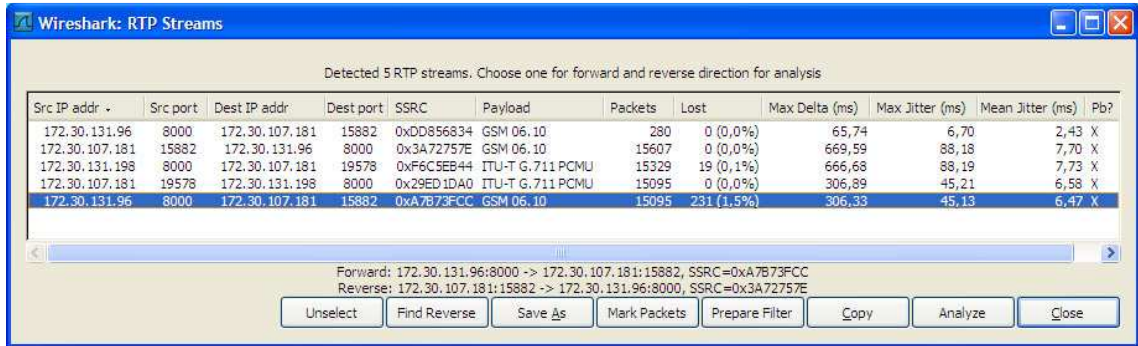


Figura V.45 Jitter - Perfil Platinum

Como se puede observar en la Figura V.46 y en la Figura V.47, para el códec GSM en la transmisión de ida durante el 3% y en la transmisión de retorno durante el 75% no se observa una variación considerable en relación a su media. Para el códec PCMU en la transmisión de ida durante el 72% y en la transmisión de retorno durante el 3% no se observa una variación considerable en relación a su media. La varianza en relación al tiempo posee picos de variación elevados durante intervalos de tiempo considerables.

En la Figura V.48 se puede observar que para todas las llamadas de VoIP en el perfil Gold se obtuvo un jitter máximo de 207,19ms obteniendo un promedio de 8,98ms para todas las transmisiones generadas en las pruebas.

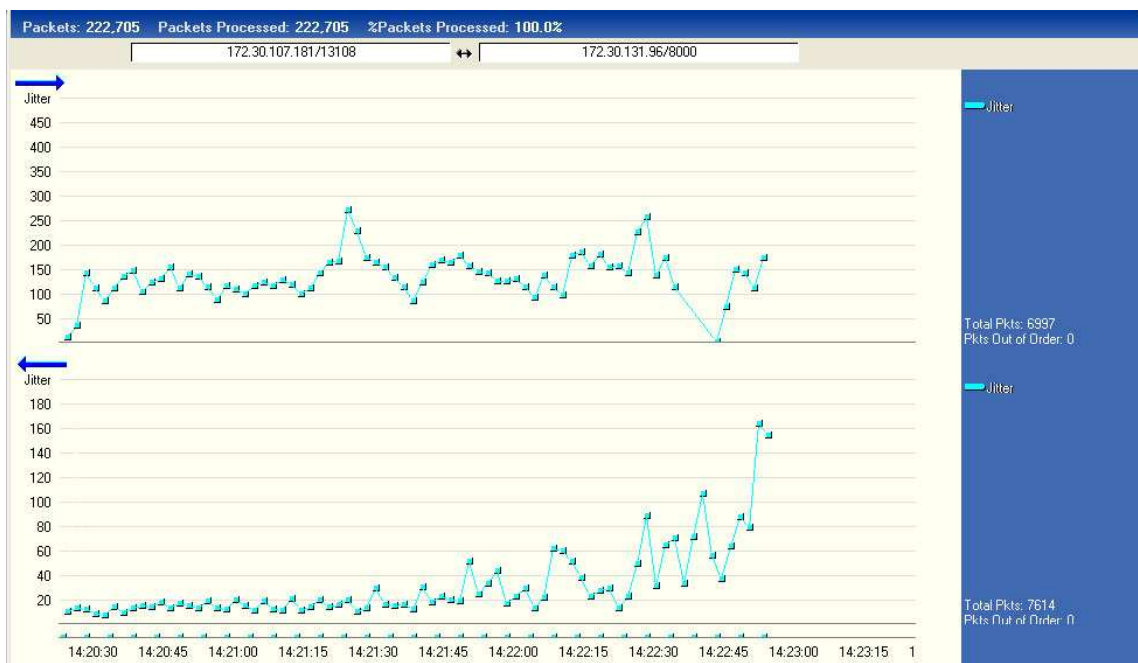
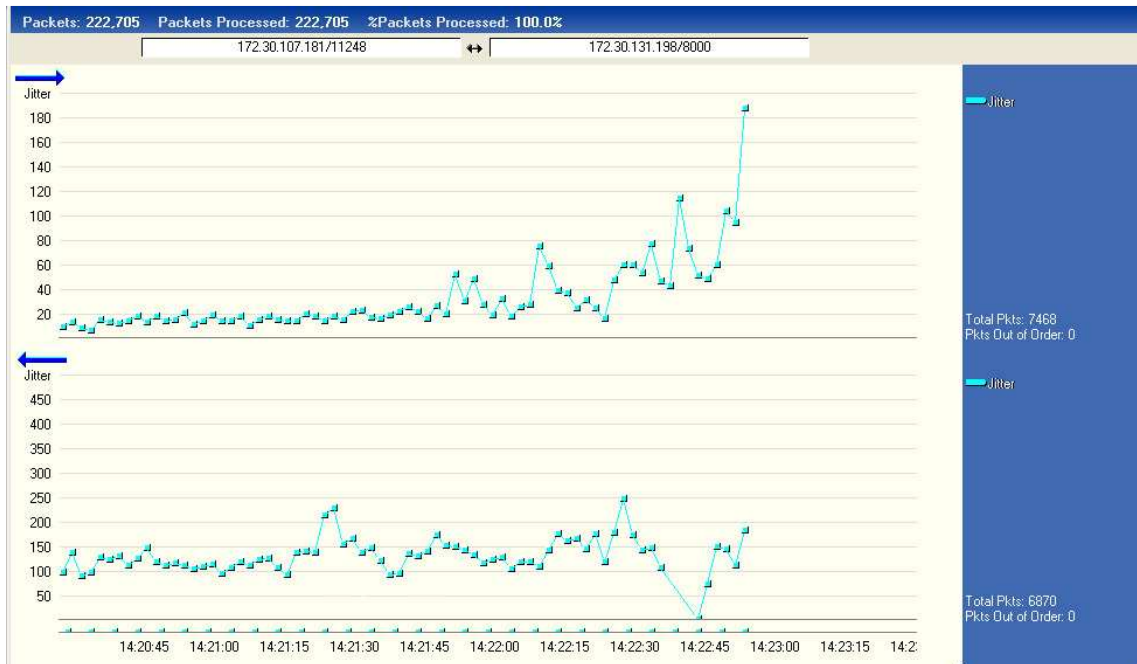
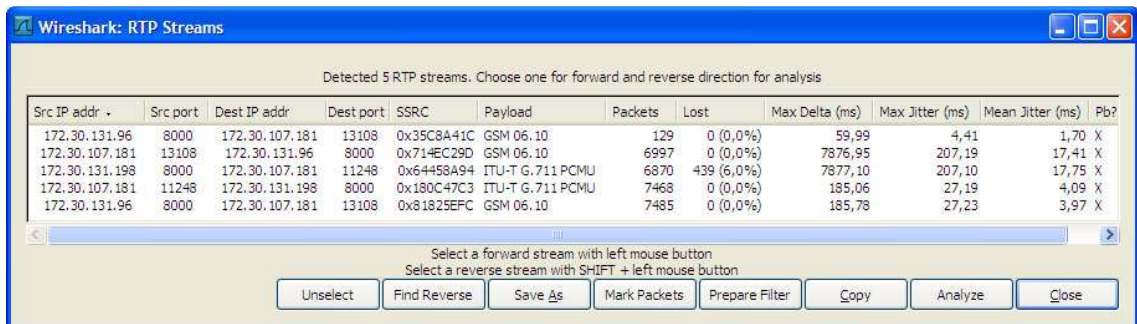


Figura V.46 Jitter - Perfil Gold – RTP/GSM



**Figura V.47** Jitter - Perfil Gold – RTP/PCMU



**Figura V.48** Jitter - Perfil Gold

Como se puede observar en la Figura V.49 y en la Figura V.50, para el códec GSM en la transmisión de ida durante el 73% y en la transmisión de retorno durante el 60% no se observa una variación considerable en relación a su media. Para el códec PCMU en la transmisión de ida durante el 63% y en la transmisión de retorno durante el 97% no se observa una variación considerable en relación a su media. La varianza en relación al tiempo posee picos de variación elevados durante intervalos de tiempo considerables.

En la Figura V.51 se puede observar que para todas las llamadas de VoIP en el perfil Best Effort se obtuvo un jitter máximo de 57,34ms obteniendo un promedio de 6,82ms para todas las transmisiones generadas en las pruebas.

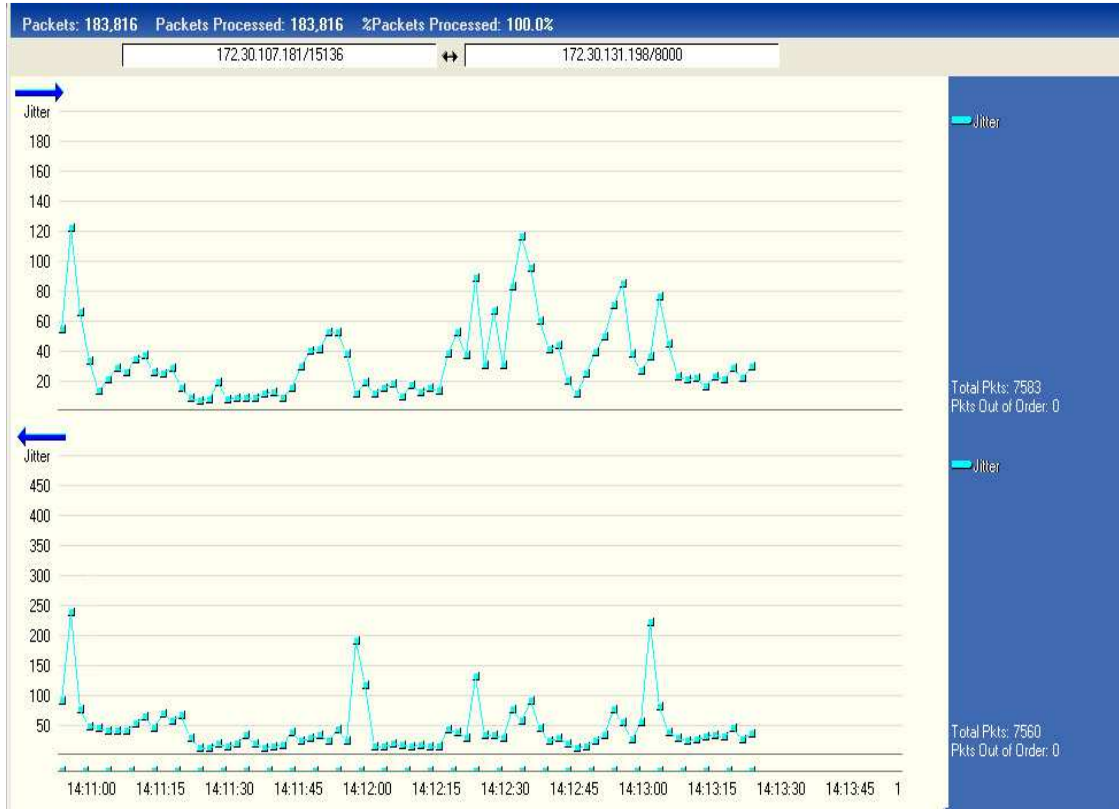


Figura V.49 Jitter - Perfil Best Effort – RTP/GSM

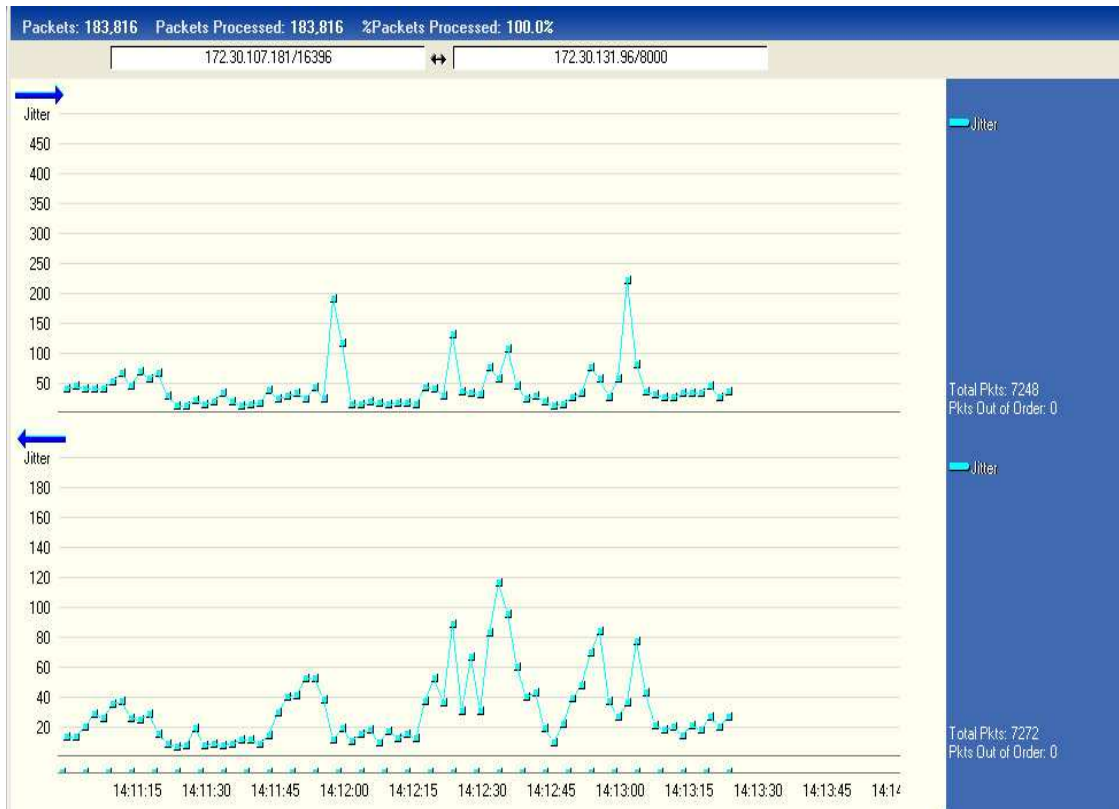


Figura V.50 Jitter - Perfil Best Effort – RTP/PCMU

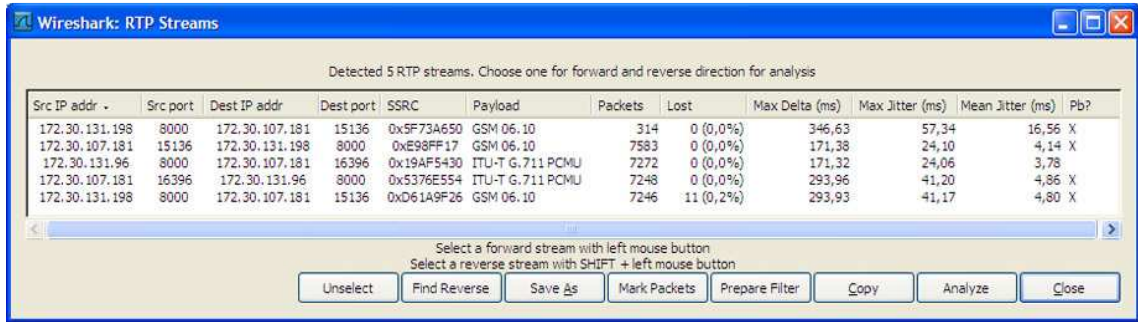


Figura V.51 Jitter - Perfil Best Effort

Como se puede observar en la Figura V.52 y en la Figura V.53, para el códec GSM en la transmisión de ida durante el 81% y en la transmisión de retorno durante el 87% no se observa una variación considerable en relación a su media. Para el códec PCMU en la transmisión de ida durante el 89% y en la transmisión de retorno durante el 86% no se observa una variación considerable en relación a su media. La varianza en relación al tiempo posee picos de variación elevados durante intervalos de tiempo considerables.

En la Figura V.54 se puede observar que para todas las llamadas de VoIP en el perfil Bronze se obtuvo un jitter máximo de 42,27ms obteniendo un promedio de 7,85ms para todas las transmisiones generadas en las pruebas.

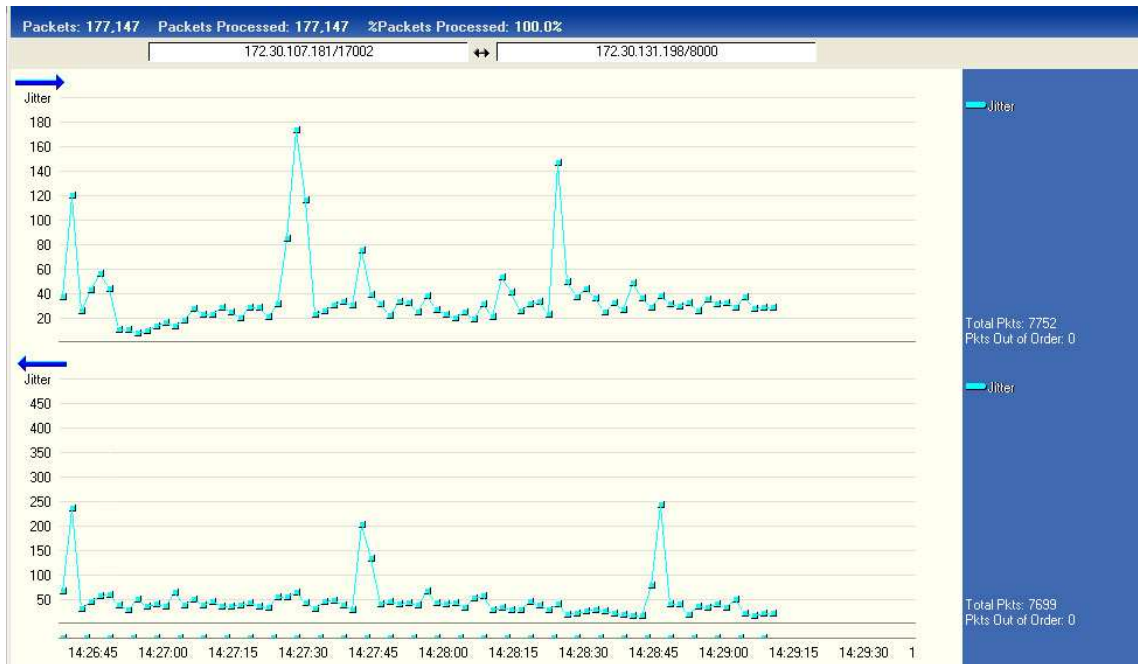
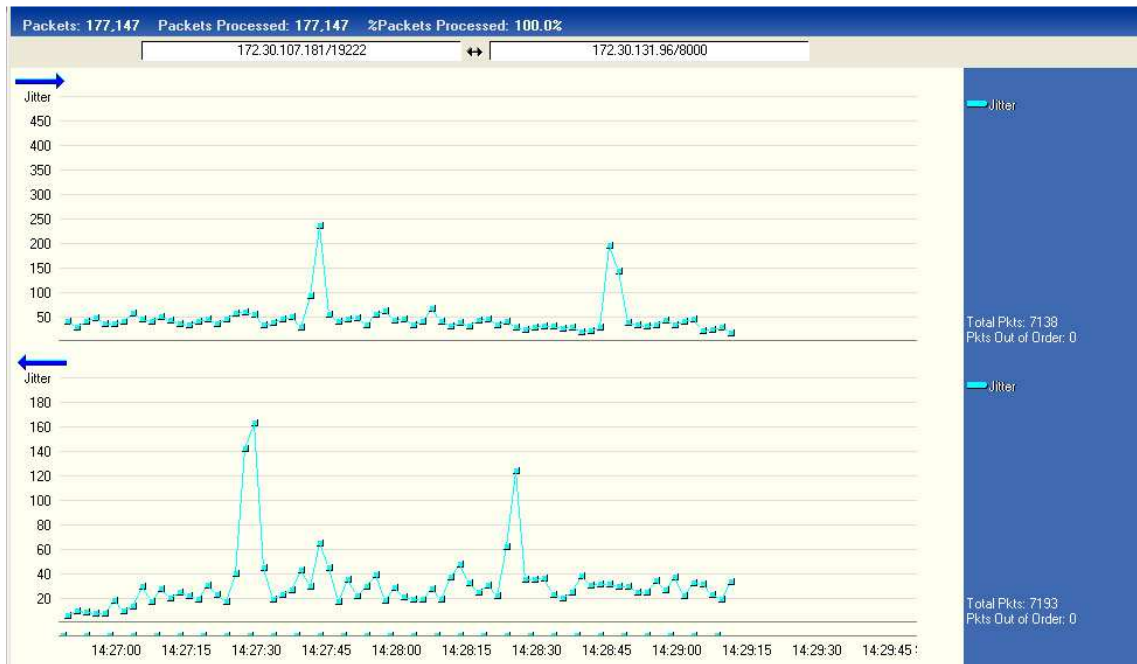


Figura V.52 Jitter - Perfil Bronze – RTP/GSM





**Figura V.53** Jitter - Perfil Bronze – RTP/PCMU

Wireshark: RTP Streams

Detected 5 RTP streams. Choose one for forward and reverse direction for analysis

Src IP addr	Src port	Dest IP addr	Dest port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter (ms)	Mean Jitter (ms)	Pb?
172.30.131.198	8000	172.30.107.181	17002	0x73A3E078	GSM 06.10	569	5 (0,9%)	292,60	41,27	10,37	X
172.30.107.181	17002	172.30.131.198	8000	0x1880EF18	GSM 06.10	7752	0 (0,0%)	196,85	30,04	14,43	X
172.30.131.96	8000	172.30.107.181	19222	0x9AFF23EA	ITU-T G.711 PCMU	7193	0 (0,0%)	196,31	30,40	3,93	
172.30.107.181	19222	172.30.131.96	8000	0xC654AD7	ITU-T G.711 PCMU	7138	0 (0,0%)	302,37	42,27	5,37	X
172.30.131.198	8000	172.30.107.181	17002	0xB558D2A8	GSM 06.10	7130	45 (0,6%)	302,45	42,24	5,17	X

Select a forward stream with left mouse button  
Select a reverse stream with SHIFT + left mouse button

Unselect Find Reverse Save As Mark Packets Prepare Filter Copy Analyze Close

**Figura V.54** Jitter - Perfil Bronze

## PERDIDA DE PAQUETES

En la Tabla V.13 se puede observar que en el perfil Best Effort es donde existe una menor pérdida de paquetes mientras que en el perfil Gold existe una mayor pérdida de los mismos.

**TABLA V.13**

**Pérdida de paquetes RTP**

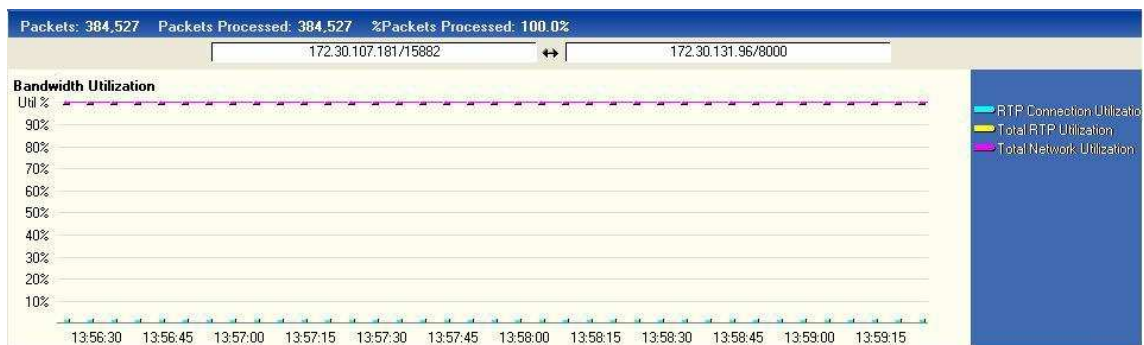
Perfil	RTP
<b>Platinum</b>	1,6%
<b>Gold</b>	6%
<b>Best Effort</b>	0,2%
<b>Bronze</b>	1,4%

**Fuente:** Software de monitoreo Wireshark

**Elaborado por:** Autora

**ANCHO DE BANDA**

La presentación de gráficos estadísticos para evaluar el uso del ancho de banda se considera una de las características importantes de QoS; por esta razón, es necesario saber esta información para entender si en el acceso a Internet hay ineficiencias debido a la pobre distribución de ancho de banda entre los tipos de tráfico (VoIP, Web, P2P, FTP,...) que compiten en la utilización de la conexión a Internet. De acuerdo a la infraestructura implementada para la realización de las pruebas podemos determinar mediante los diferentes gráficos que se utilizó el 100% del ancho de banda debido a las características de los equipos ocupados en los laboratorios, esto se puede observar en las gráficas desde la Figura V.55 hasta la Figura V.62.



**Figura V.55** Perfil Platinum – RTP/GSM

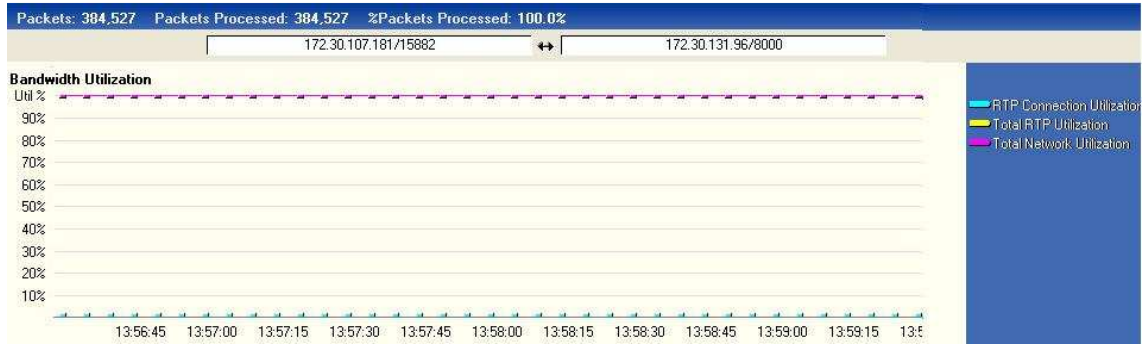


Figura V.56 Perfil Platinum – RTP/PCMU

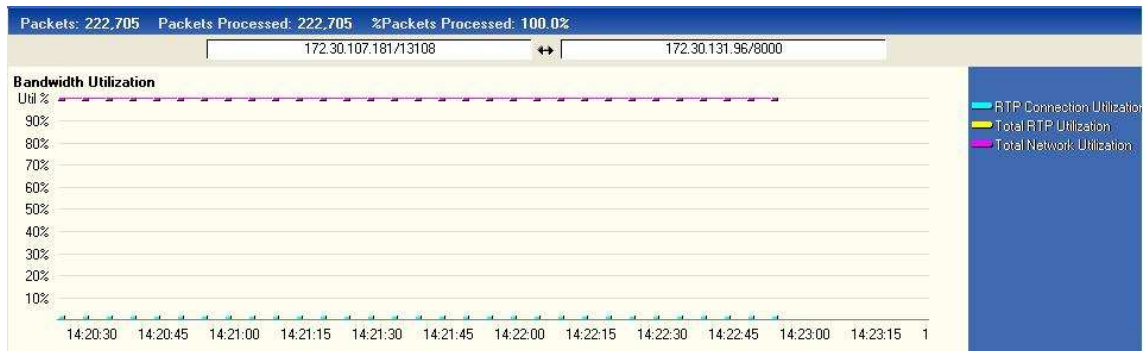


Figura V.57 Perfil Gold – RTP/GSM

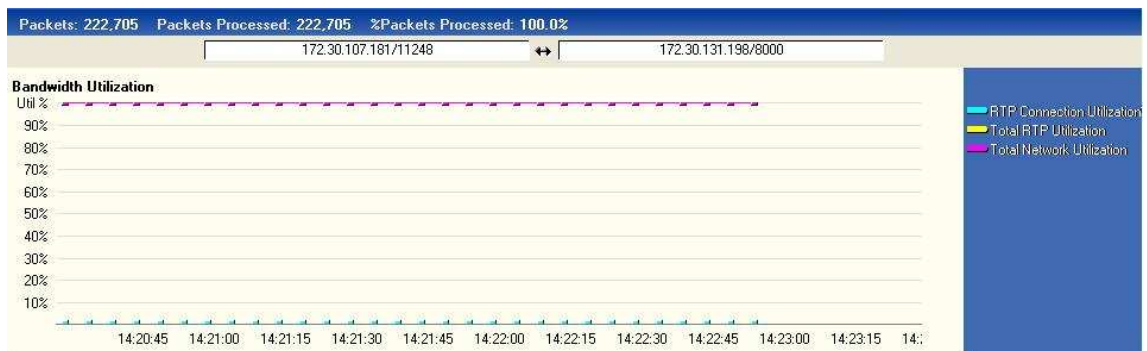


Figura V.58 Perfil Gold – RTP/PCMU

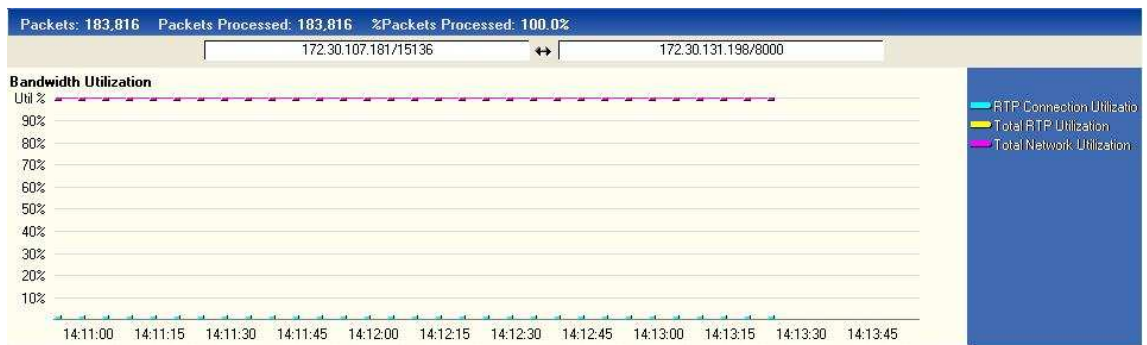
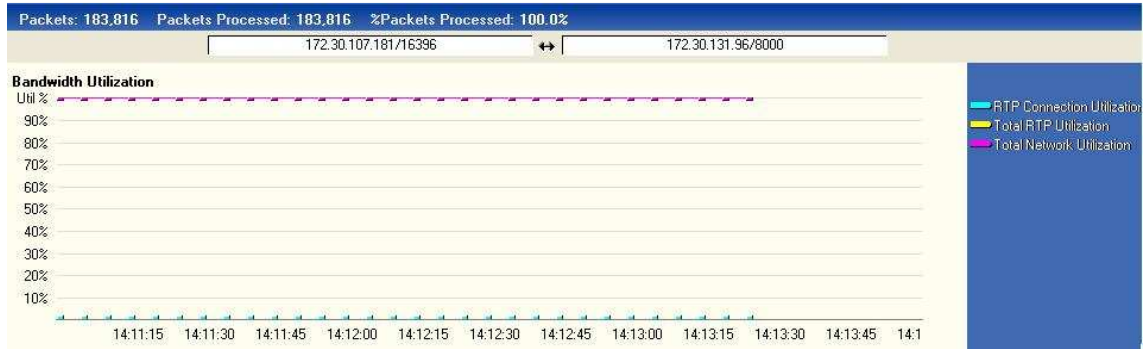
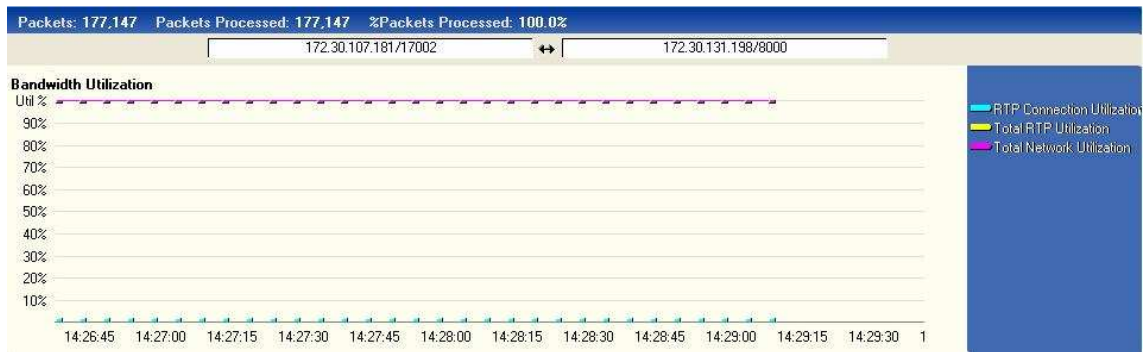


Figura V.59 Perfil Best Effort – RTP/GSM

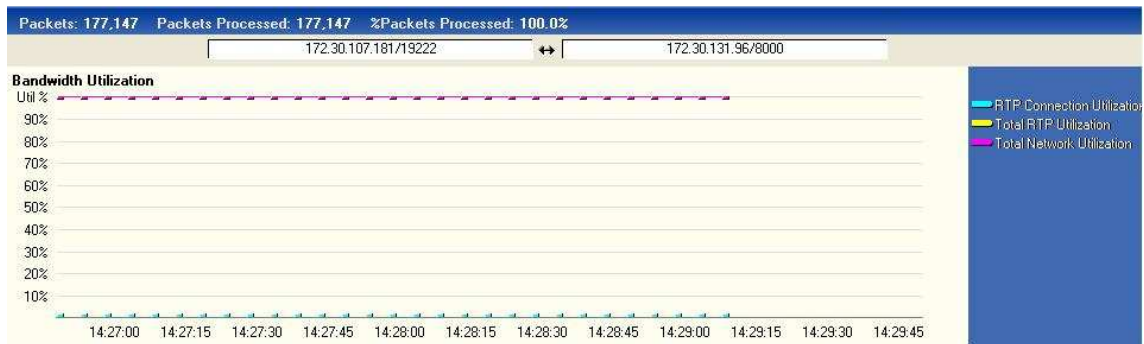




**Figura V.60** Perfil Best Effort – RTP/PCMU



**Figura V.61** Perfil Bronze – RTP/GSM



**Figura V.62** Perfil Bronze – RTP/PCMU

### 5.3.1.5. Conclusión de las pruebas realizadas

Existe un tratamiento diferenciado en el perfil platinum en función de los parámetros analizados tales como retardo, jitter, pérdida de paquetes y ancho de banda; ya que dicho perfil está configurado para dar mayor prioridad a VoIP disminuye a lo mínimo el tiempo de espera en la cola. Es por esta razón que tiene un retardo y jitter menor en función de los otros perfiles debido

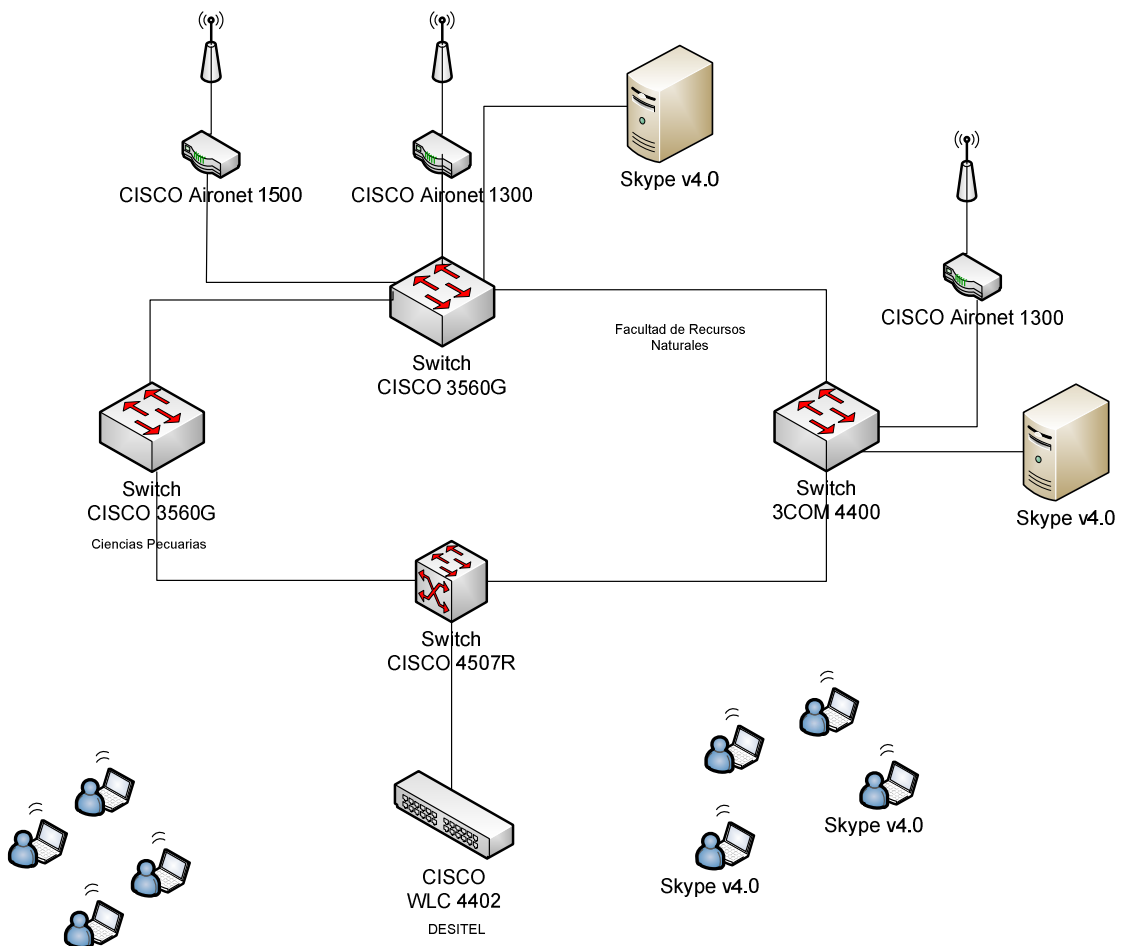
a que los atiende inmediatamente. Cuando existe un menor jitter (6,18ms) hay una mayor pérdida de paquetes (1,6%) utilizando el 100% de ancho de banda.

De este modo se asegura que las aplicaciones que requieran un tiempo de latencia bajo o un mayor consumo de ancho de banda, realmente dispongan de los recursos suficientes cuando los soliciten.

### 5.3.2. Pruebas de tráfico de VIDEO

#### 5.3.2.1. Escenario

En la Figura V.63 se puede observar el escenario implementado para el tráfico de Video:



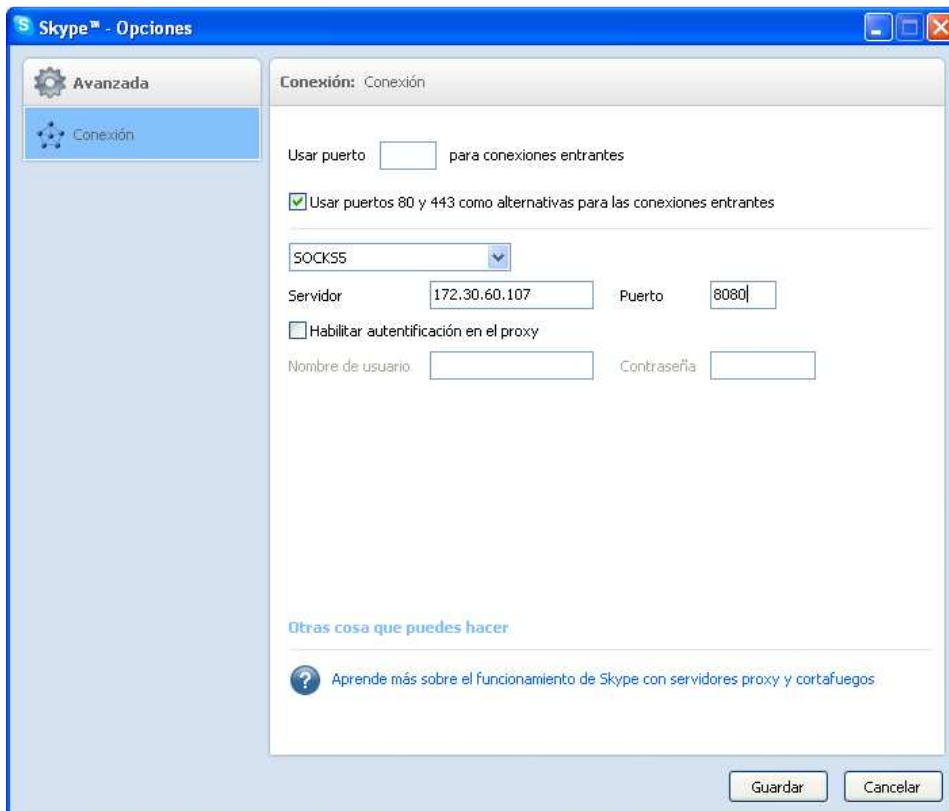
**Figura V.63** Tráfico Video

### 5.3.2.2. Descripción

En la institución se procedió a implementar en el escenario de la Figura anterior el programa Skype el cual es un Sistema de Telefonía IP (a través de Internet) que permite hablar entre dos o más personas, intercambiar archivos, realizar videollamadas de alta calidad, etc. Además que permite la autenticación de los usuarios.

### 5.3.2.3. Configuración

Una vez instalado el programa Skype para el caso de los equipos servidores se debe configurar el proxy para poder acceder a internet debido a que se encuentran conectados a la Lan, dicho parámetro se muestra a continuación en la Figura V.64, en este caso se utilizó el proxy de la facultad de Recursos Naturales que es el 172.30.60.107 puerto 8080, mientras que los equipos clientes tienen conexión directa a internet a través de la WLAN.



**Figura V.64** Configuración Skype

#### 5.3.2.4. Resultados obtenidos

##### RETARDO

**RTP/DYNAMIC:** En la Figura V.65 se puede analizar el rendimiento del protocolo RTP/DYNAMIC en la infraestructura de la WLAN de la ESPOCH, las muestras se tomaron con una carga de datos dependiente del número de paquetes capturados, a continuación se muestra en la Tabla V.14.

Los resultados que muestra en la gráfica nos indican el comportamiento del protocolo RTP/Dynamic en base al retardo de sus paquetes. RTP/Dynamic permite definir los tipos de carga útil que combinan varios medios de comunicación, por ejemplo: audio y video con una separación adecuada en el formato de carga útil este conjunto puede ser definido por la capacidad de las aplicaciones utilizadas.

Tal y como lo muestra la Figura V.65 en el perfil Gold el mayor porcentaje de paquetes fueron transmitidos con un retardo máximo de 8ms. Mientras que los otros perfiles aun siguen transmitiendo una cantidad considerable de datos con un retardo mayor a partir de los 9ms.

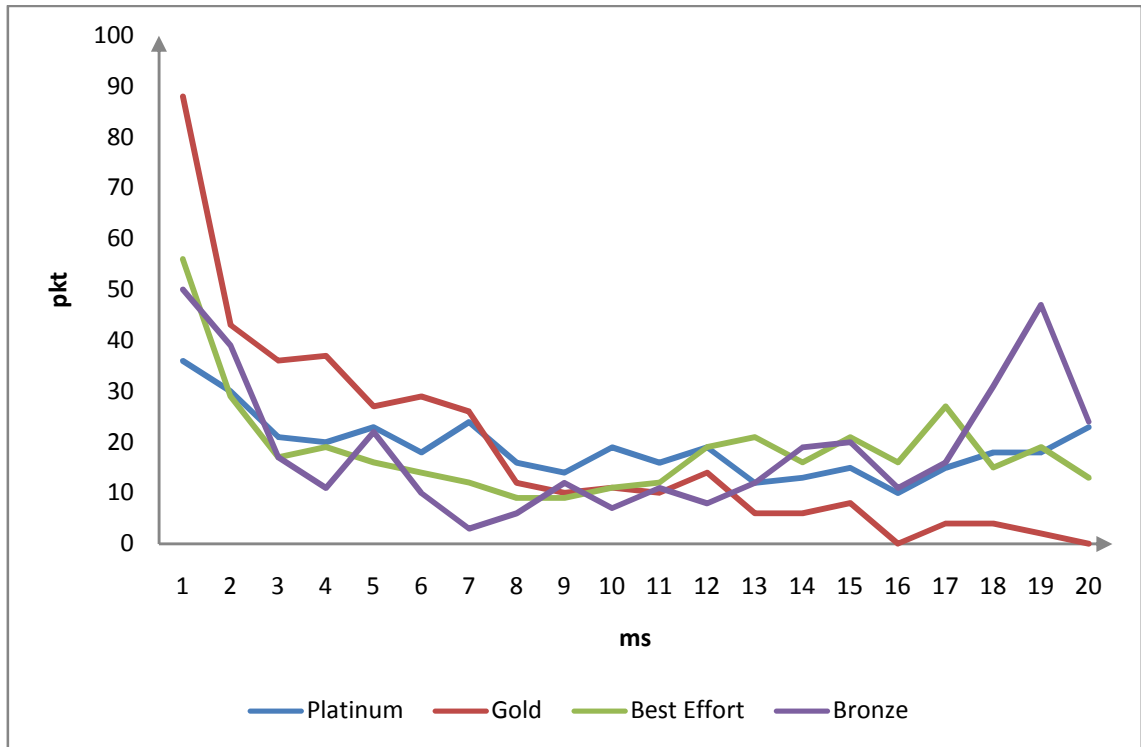
**TABLA V.14**

##### **Retardo en paquetes RTP/DYNAMIC**

PERFIL	N	k	e	p	q	n
PLATINUM	33761	1.96	5	0.5	0.5	380
GOLD	10717	1.96	5	0.5	0.5	373
BEST EFFORT	14490	1.96	5	0.5	0.5	371
BRONZE	17212	1.96	5	0.5	0.5	376

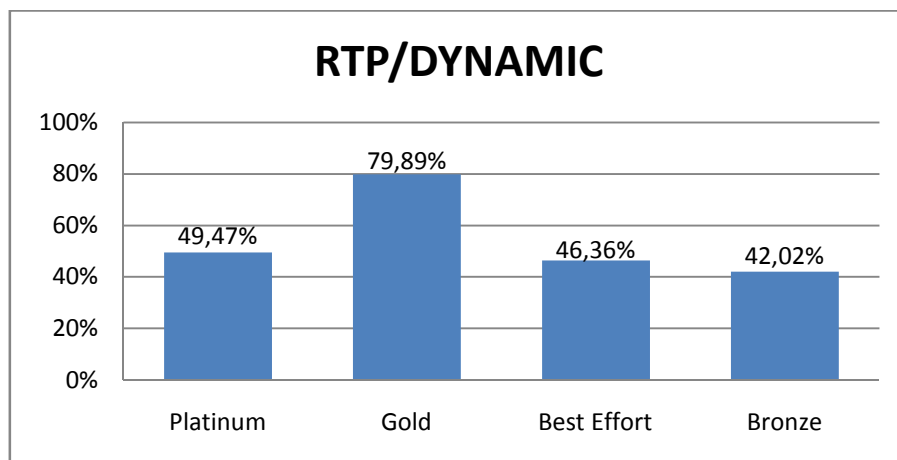
**Fuente:** Software de monitoreo Observer

**Elaborado por:** Autora



**Figura V.65 RTP/DYNAMIC**

Una vez obtenidos los datos se realizó un análisis comparativo entre los cuatro perfiles analizados hasta los 8ms ver la Figura V.66. En el perfil Gold de un total de 357 paquetes dio como resultado un 93,20%. En el perfil Bronze de un total de 298 paquetes dio como resultado un 79,89%. En el perfil Platinum de un total de 188 paquetes dio como resultado un 49,47%. En el perfil Best Effort de un total de 172 paquetes dio como resultado un 46,36%. En el perfil Bronze de un total de 158 paquetes dio como resultado un 42,02%.



**Figura V.66 Retardo – RTP/DYNAMIC**

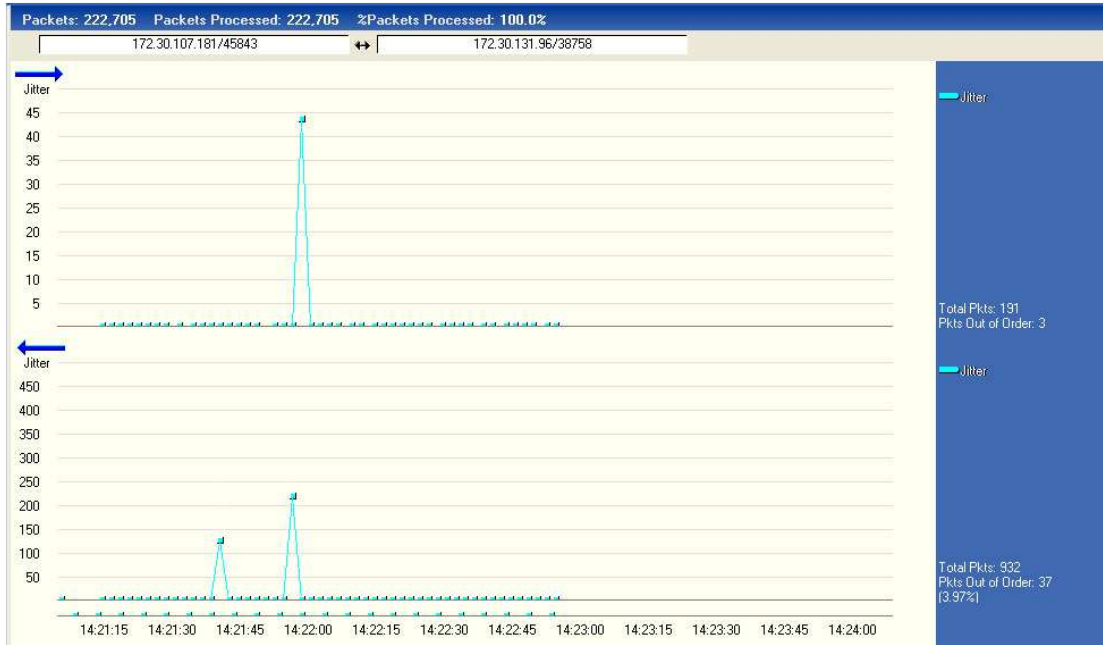
## JITTER

Como se puede observar en la Figura V.67, para el códec DYNAMIC en la transmisión de ida durante el 96,11% y en la transmisión de retorno durante el 97,22% se puede concluir que no existe una variación en relación a su media.



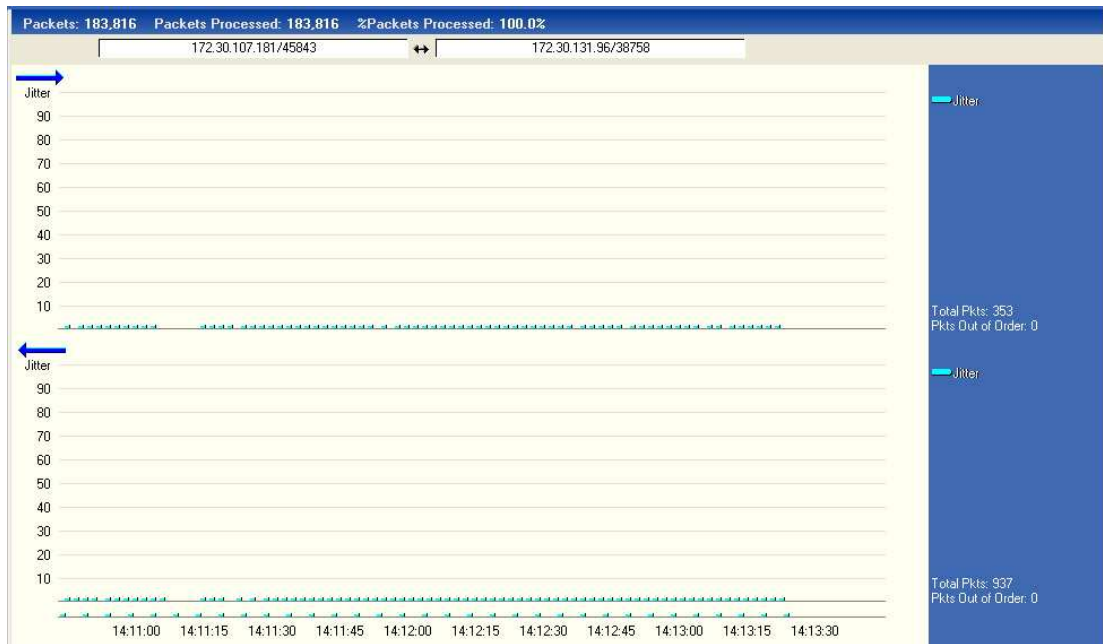
**Figura V.67** Jitter - Perfil Platinum – RTP/DYNAMIC

Como se puede observar en la Figura V.68, para el códec DYNAMIC en la transmisión de ida durante el 95,45% y en la transmisión de retorno durante el 90,90% se puede concluir que no existe una variación en relación a su media.



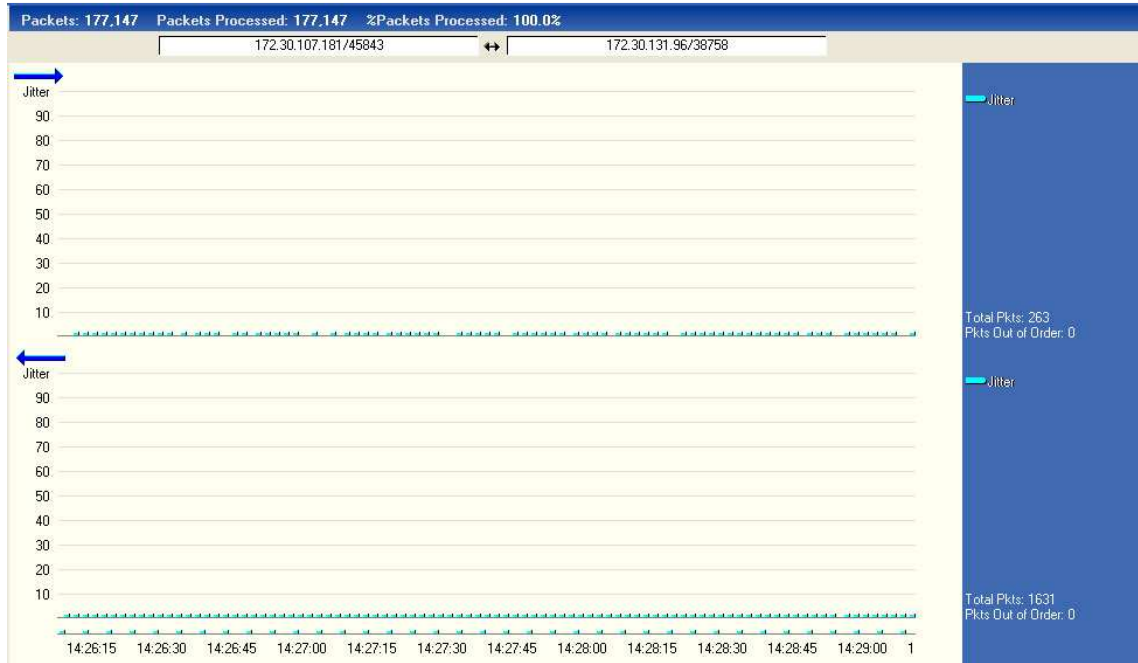
**Figura V.68** Jitter - Perfil Gold – RTP/DYNAMIC

Como se puede observar en la Figura V.69, para el códec DYNAMIC tanto en la transmisión de ida como en la transmisión de retorno no existe ninguna variación en relación a su media.



**Figura V.69** Jitter - Perfil Best Effort – RTP/DYNAMIC

Como se puede observar en la Figura V.70, para el códec DYNAMIC tanto en la transmisión de ida como en la transmisión de retorno no existe ninguna variación en relación a su media.



**Figura V.70** Jitter - Perfil Bronze – RTP/DYNAMIC

## ANCHO DE BANDA

De acuerdo a la infraestructura implementada para la realización de las pruebas podemos determinar mediante los diferentes gráficos que se utilizó el 100% del ancho de banda debido a las características de los equipos ocupados en los laboratorios, esto se puede observar en las gráficas desde la Figura V.71 hasta la Figura V.74.

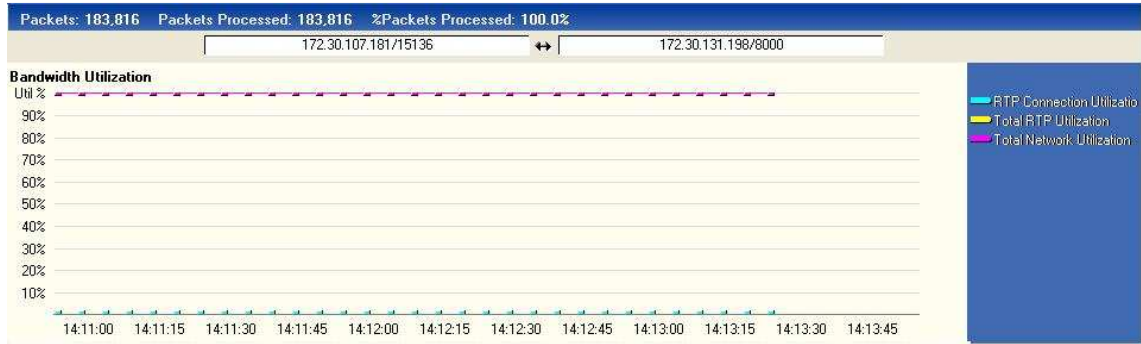


**Figura V.71** Perfil Platinum – RTP/DYNAMIC

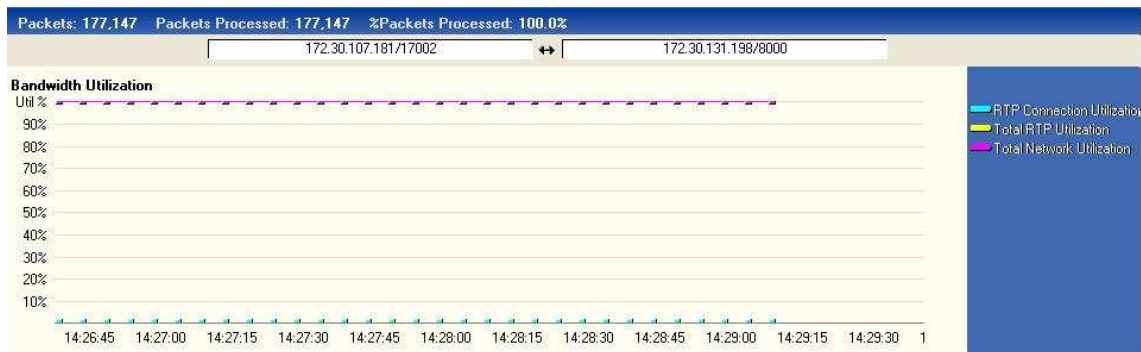


**Figura V.72** Perfil Gold – RTP/DYNAMIC





**Figura V.73** Perfil Best Effort – RTP/DYNAMIC



**Figura V.74** Perfil Bronze – RTP/DYNAMIC

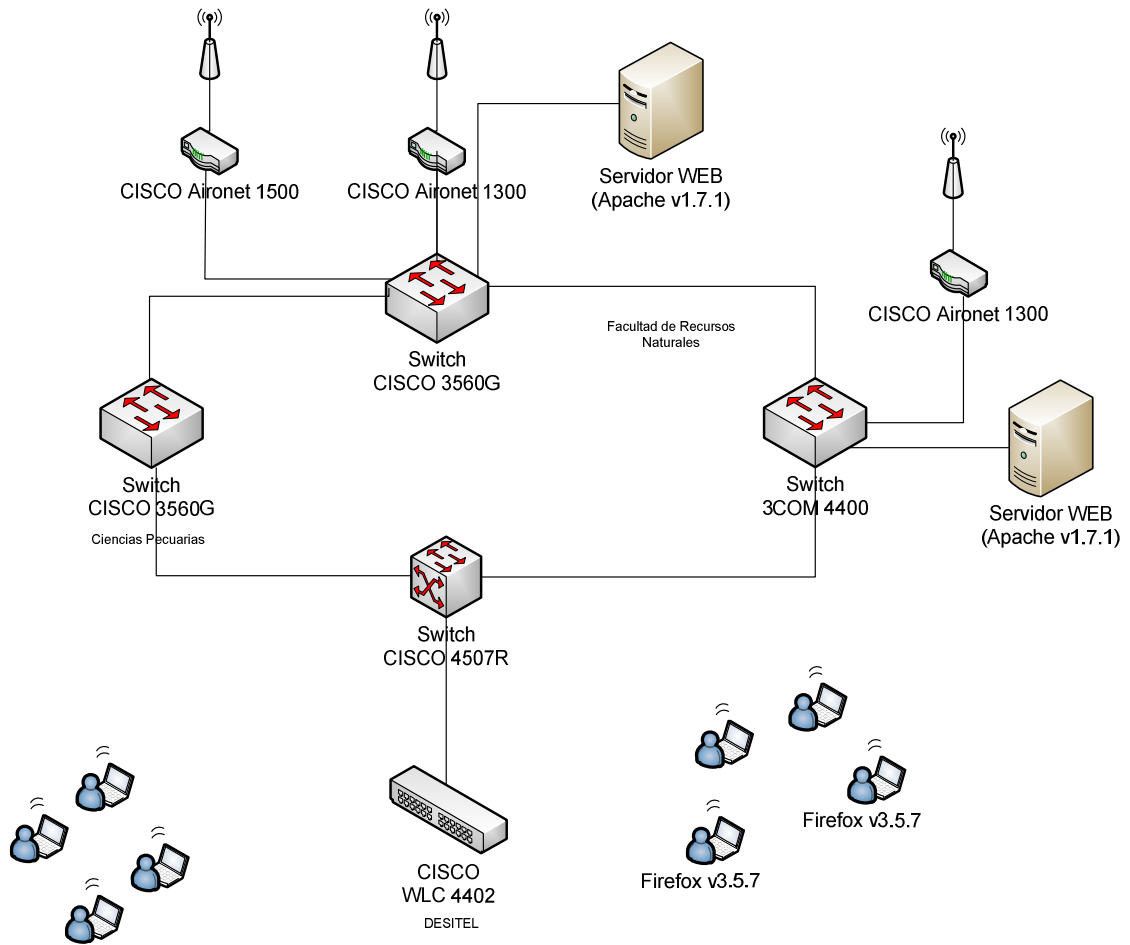
### 5.3.2.5. Conclusión de las pruebas realizadas

Podemos comparar su comportamiento en los distintos perfiles denotando que existe un tratamiento diferenciado en el perfil Gold ya que dicho perfil está configurado para dar mayor prioridad al video de alta calidad. Actualmente este perfil define los tipos de carga para llevar audio o video pero no ambos. A partir de las pruebas realizadas se observa que existe un menor retardo en función de los otros perfiles. Además para el jitter se puede concluir que no existe una variación considerable con relación a su media, se utilizó el 100% de ancho de banda.

### 5.3.3. Pruebas de tráfico HTTP

#### 5.3.3.1. Escenario

En la Figura V.75 se puede observar el escenario implementado para el tráfico de HTTP:



**Figura V.75** Tráfico HTTP

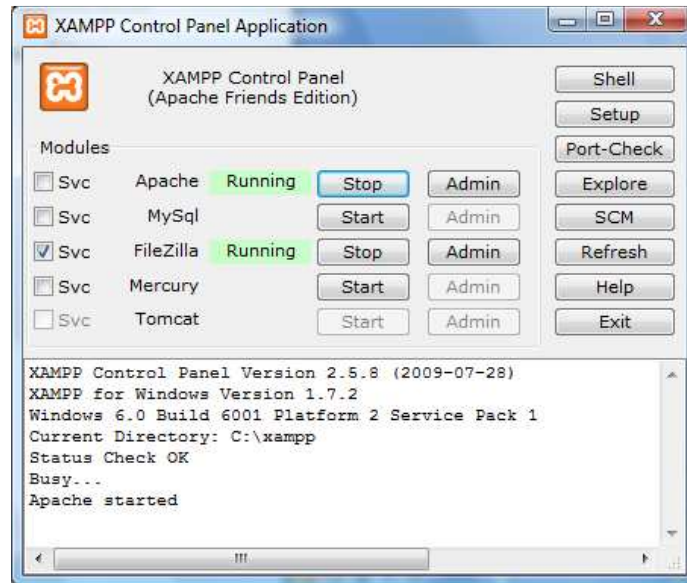
### 5.3.3.2. Descripción

En este escenario, se instaló un servidor Web específicamente el programa Apache para transmisión de tráfico HTTP. Como clientes se puede utilizar navegadores web tales como Mozilla Firefox, Google Chrome, Internet Explorer, Safari entre otros.

### 5.3.3.3. Configuración

#### Pruebas con el cliente y el servidor WEB

Luego de instalar XAMPP se procede a inicializar los servicios del servidor web HTTP (Apache), dando click en el botón Start como se muestra en la Figura V.76:



**Figura V.76** Panel de control de XAMPP

Se debe publicar el sitio web creado para las pruebas en la siguiente dirección: C:\xampp\htdocs. Para acceder desde cualquier navegador al sitio web a través de la dirección <http://172.30.107.181/web> o <http://172.30.20.125/web>.

#### **5.3.3.4. Resultados obtenidos**

##### **RETARDO**

**HTTP:** En la Figura V.77 se puede analizar el rendimiento del protocolo HTTP en la infraestructura de la WLAN de la ESPOCH, las muestras se tomaron con una carga de datos dependiente del número de paquetes capturados, a continuación se muestra en la Tabla V.15. Los resultados que muestra esta grafica nos indican el comportamiento del protocolo HTTP se utiliza en cada transacción de la web, es un protocolo orientado a las transacciones y sigue el esquema petición-respuesta entre un cliente y un servidor.

Tal y como lo muestra la Figura V.77 se puede comprobar que en este tipo de protocolo hay un comportamiento similar en los paquetes de los cuatro tipos de perfiles, pues existe una agrupación de los datos con un porcentaje elevado con un tiempo de respuesta máximo de 5ms. Mientras que el otro perfil Best Effort tiene un tratamiento distinto ya que tiene un menor

retardo para este caso específico 14 ms como máximo mientras que para los otros perfiles es de 20 ms.

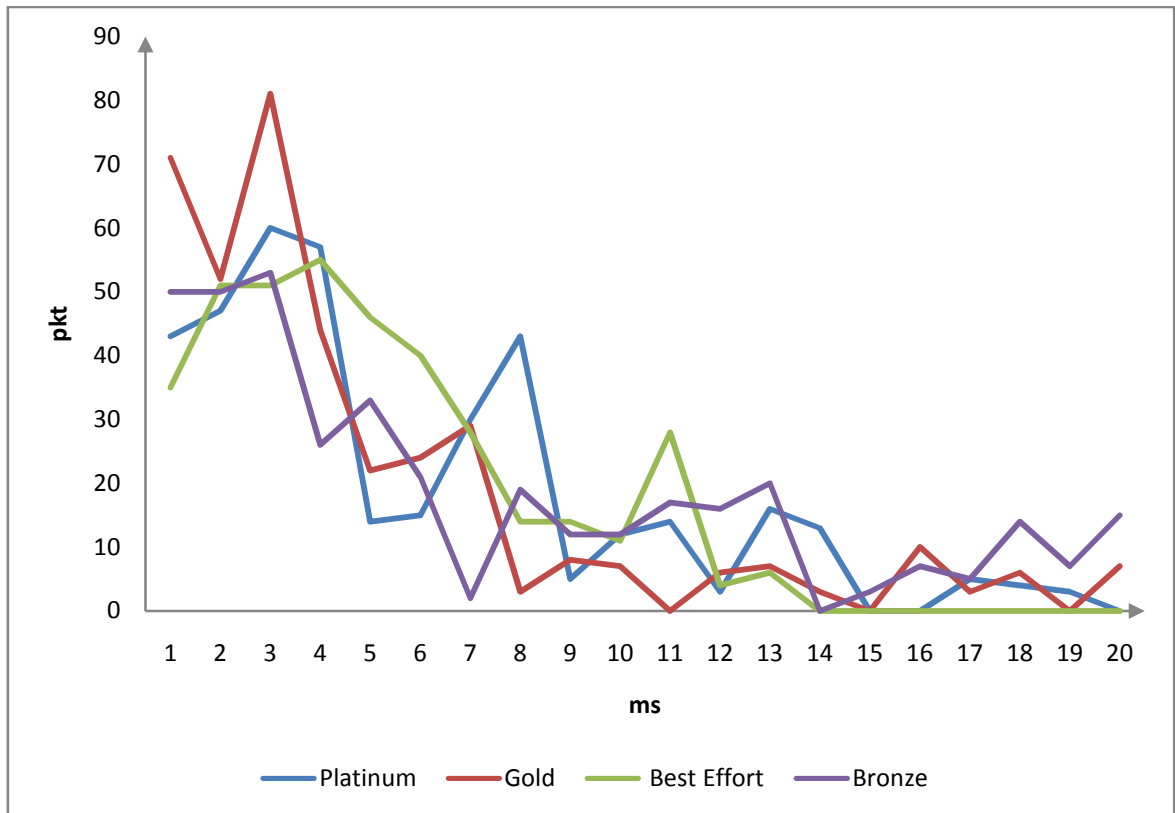
**TABLA V.15**

**Retardo en paquetes HTTP**

PERFIL	N	k	E	p	q	n
PLATINUM	239880	1.96	5	0.5	0.5	384
GOLD	215701	1.96	5	0.5	0.5	383
BEST EFFORT	146170	1.96	5	0.5	0.5	383
BRONZE	71278	1.96	5	0.5	0.5	382

**Fuente:** Software de monitoreo Observer

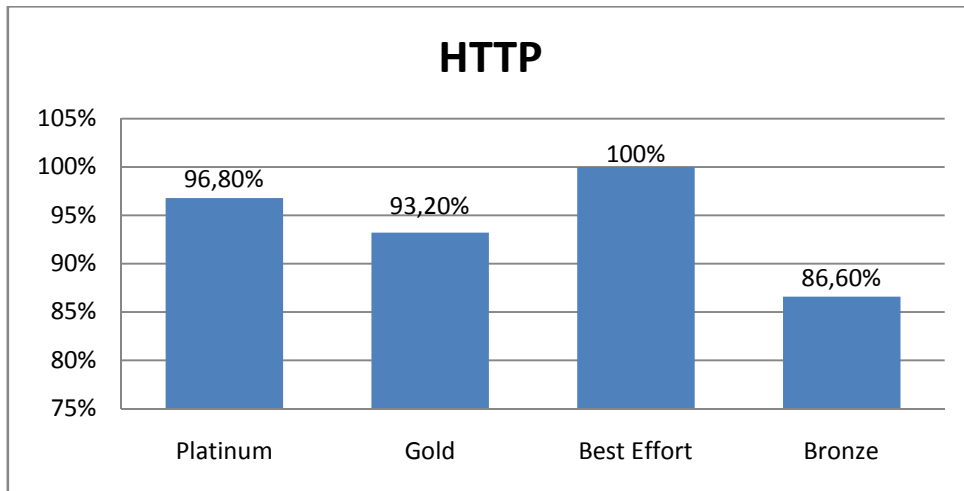
**Elaborado por:** Autora



**Figura V.77 HTTP**

Una vez obtenidos los datos se realizó un análisis comparativo entre los cuatro perfiles analizados hasta los 14ms ver la Figura V.78. En el perfil Best Effort de un total de 383

paquetes dio como resultado 100%, observando que la mayor agrupación de paquetes es del perfil Best Effort pues pudo transmitir el total de sus paquetes en relación con los otros perfiles. En el perfil Platinum de un total de 372 paquetes dio como resultado un 96,80%. En el perfil Gold de un total de 357 paquetes dio como resultado un 93,20%. En el perfil Bronze de un total de 331 paquetes dio como resultado un 86,6%.



**Figura V.78** Retardo HTTP

### **PÉRDIDA DE PAQUETES**

Se puede observar en la Tabla V.16 que la menor pérdida de paquetes se da en el perfil Best Effort y la mayor pérdida se da en el perfil Platinum.

**TABLA V.16**

#### **Pérdida de paquetes HTTP**

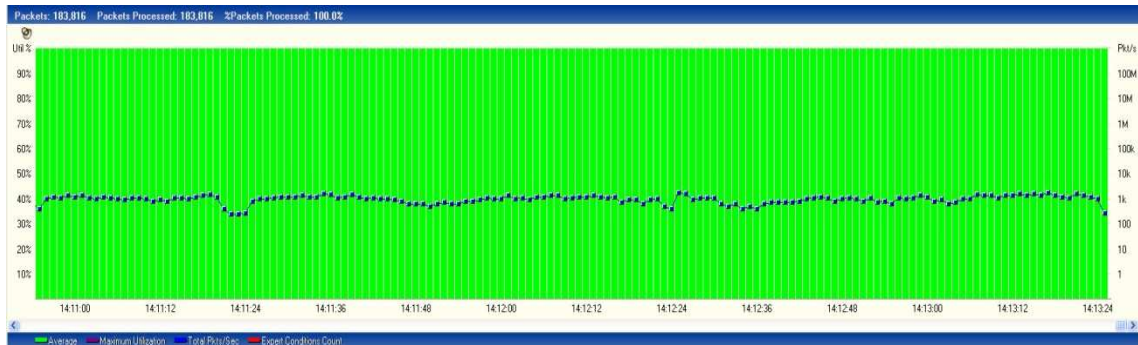
<b>Perfil</b>	<b>HTTP</b>
<b>Platinum</b>	3,34%
<b>Gold</b>	0,03%
<b>Best Effort</b>	0,02%
<b>Bronze</b>	0.12%

**Fuente:** Software de monitoreo Observer

**Elaborado por:** Autora

## ANCHO DE BANDA

El color verde representa el total de utilización del ancho de banda de la red, utilizando el software observer, esto se puede apreciar en la Figura V.79.



**Figura V.79** Ancho de banda - HTTP

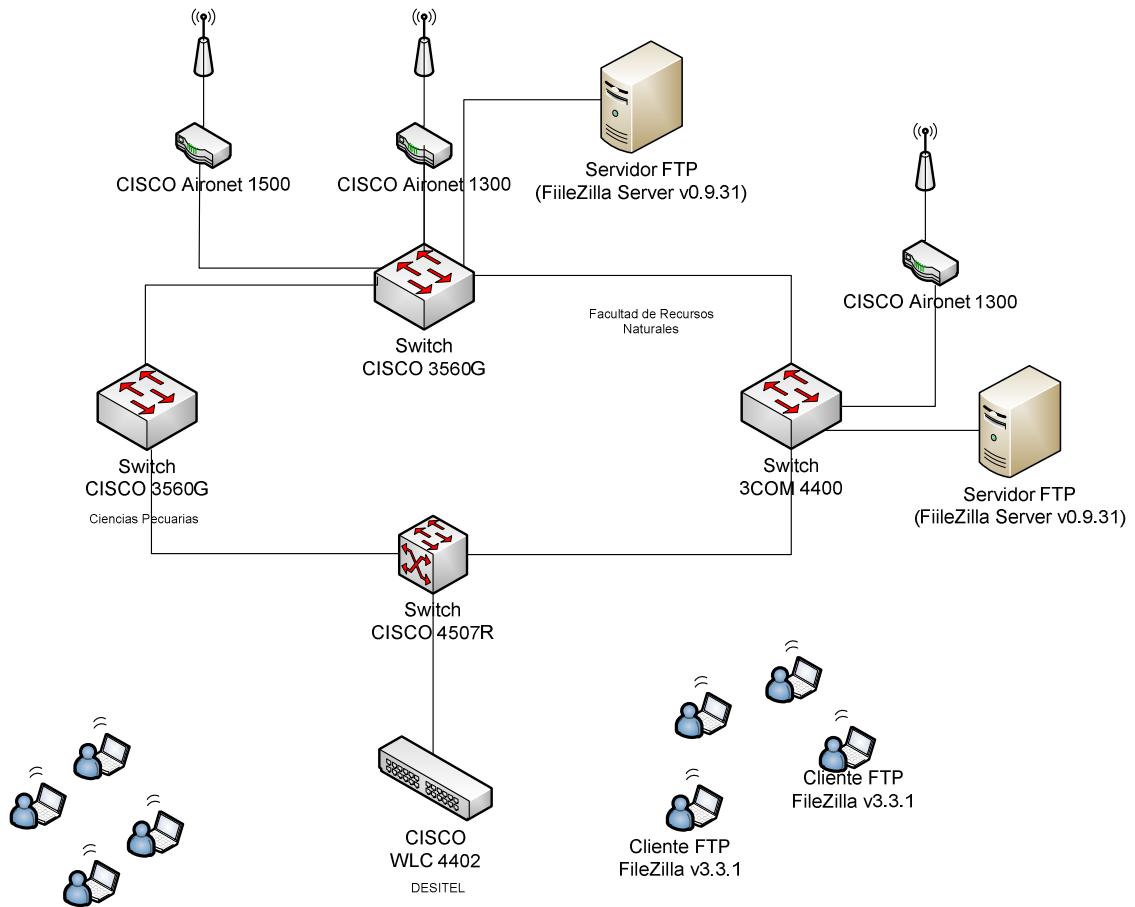
### 5.3.3.5. Conclusión de las pruebas realizadas

A partir de las pruebas realizadas se pudo observar que existe un tratamiento diferenciado en el perfil Best Effort ya que está diseñado para dar tratamiento independiente del tipo tráfico transmitido por la red. En este caso el protocolo HTTP tuvo un menor retardo y una menor pérdida de paquete en función de los otros perfiles. También se utilizó el 100% de ancho de banda.

## 5.3.4. Pruebas de tráfico FTP

### 5.3.4.1. Escenario

En la Figura V.80 se puede observar el escenario implementado para el tráfico de FTP:



**Figura V.80** Tráfico FTP

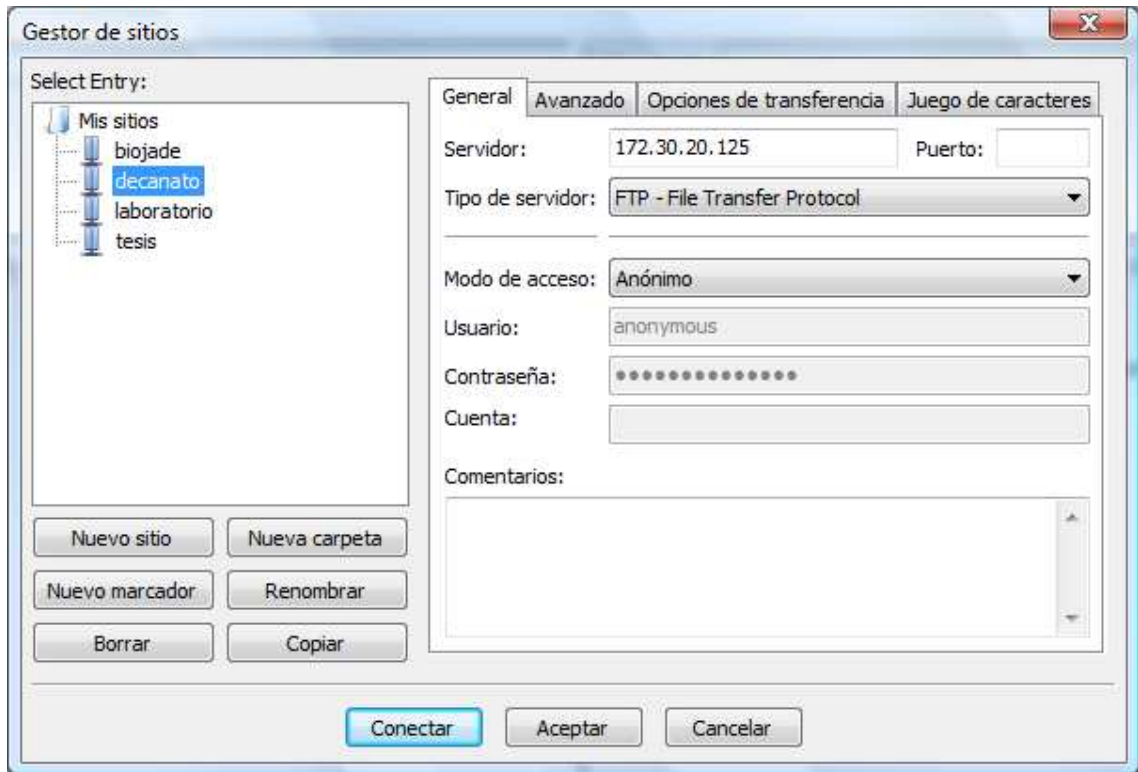
#### 5.3.4.2. Descripción

En este escenario se instaló un Servidor FTP caso específico el FileZilla Server con sus clientes FileZilla. Los servidores de FTP sirven para generar tráfico y transferir grandes archivos a los demás clientes y poder generar un tráfico bastante fuerte por la red inalámbrica.

#### 5.3.4.3. Configuración

Para subir páginas y archivos al FTP se debe utilizar los siguientes datos: Decanato 172.30.20.125 y Centro de Cómputo 172.30.107.181. Se debe ingresar al Filezilla en la opción Gestor de Sitios, aquí están todas las cuentas de ftp que hayan sido configuradas previamente, teniendo que introducir los datos la primera vez para llevar a cabo la configuración.

Para crear una nueva cuenta se debe dar click en Nuevo sitio, se debe introducir un nombre y llenar los datos que a continuación se muestran en la Figura V.81:



**Figura V.81** Creación de sitios

Una vez configurada la cuenta ftp se debe dar clic en el botón Conectar para acceder al mismo.

Si se conecta se puede llevar a cabo las operaciones que se desee, se puede subir ficheros, eliminarlos, cambiar los permisos, crear carpetas...

#### **5.3.4.4. Resultados obtenidos**

##### **RETARDO**

**FTP:** En la Figura V.82 se puede analizar el rendimiento del protocolo FTP en la infraestructura de la WLAN de la ESPOCH, las muestras se tomaron con una carga de datos dependiente del número de paquetes capturados, a continuación se muestra en la Tabla V.17.

En la Figura V.82 se muestran los resultados obtenidos de los cuatro perfiles para tráfico FTP los cuales son analizados en el escenario planteado. Podemos comprobar que a partir del



milisegundo 50, los distintos perfiles poseen un comportamiento similar, indicándonos de esta manera que la mayor agrupación de paquetes posee un retardo menor a los 50ms. La gráfica nos indica que el perfil Best Effort ofrece un tratamiento diferenciado para este tipo de protocolo debido a que transmitimos una gran cantidad de bytes en un tiempo relativamente aceptable.

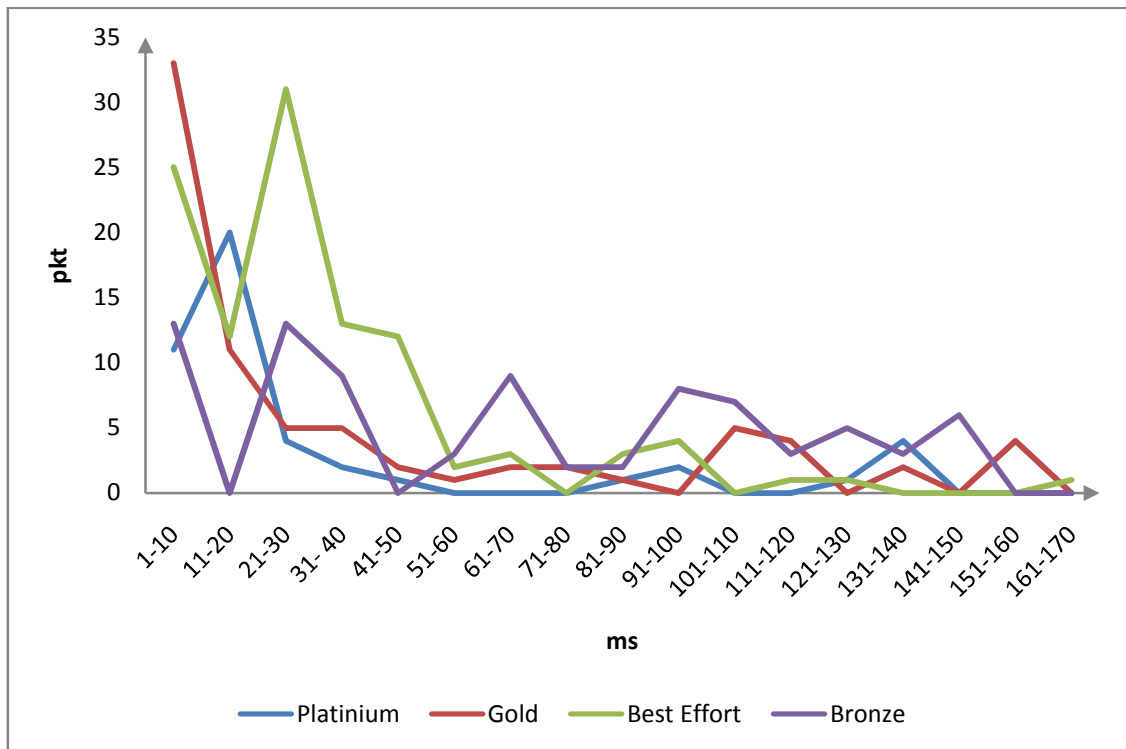
**TABLA V.17**

Retardo en paquetes FTP

PERFIL	N	k	e	p	q	N
PLATINUM	52	1.96	5	0.5	0.5	46
GOLD	96	1.96	5	0.5	0.5	77
BEST EFFORT	149	1.96	5	0.5	0.5	108
BRONZE	106	1.96	5	0.5	0.5	83

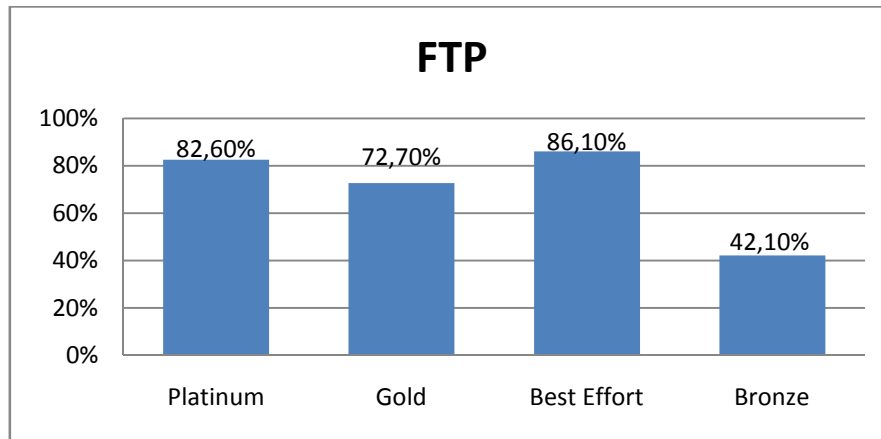
Fuente: Software de monitoreo Observer

Elaborado por: Autora



**Figura V.82** FTP

Una vez obtenidos los datos se realizó un análisis comparativo entre los cuatro perfiles hasta los 50ms, ver la Figura V.83. En el perfil Platinum de un total de 38 paquetes dio como resultado 82,60%. En el perfil Gold de un total de 56 paquetes dio como resultado un 72,70%. En el perfil Best Effort de un total de 93 paquetes dio como resultado un 86,10%. En el perfil Bronze de un total de 35 paquetes dio como resultado un 42,1%. De esta manera se observa que el mayor porcentaje de paquetes transmitidos con un retado máximo de 50ms se dio en el perfil Best Effort.



**Figura V.83** Retardo - FTP

### **PÉRDIDA DE PAQUETES**

En la Tabla V.18 se puede observar que en los tres tipos de perfiles no existe pérdida de paquetes, mientras que en el perfil platinum es donde existe una mayor pérdida de los mismos.

**TABLA V.18**

#### **Retardo en paquetes FTP**

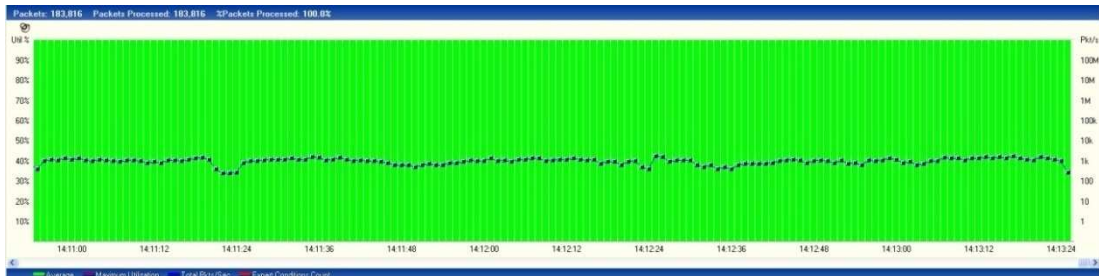
<b>Perfil</b>	<b>FTP</b>
<b>Platinum</b>	4,36%
<b>Gold</b>	0%
<b>Best Effort</b>	0%
<b>Bronze</b>	0%

**Fuente:** Software de monitoreo Observer

**Elaborado por:** Autora

## ANCHO DE BANDA

El color verde representa el total de utilización del ancho de banda de la red, utilizando el software observer, esto se puede apreciar en la Figura V.84.



**Figura V.84** Ancho de banda

### 5.3.4.5. Conclusión de las pruebas realizadas

A partir de las pruebas realizadas se pudo observar que existe un tratamiento diferenciado en el perfil Best Effort ya que está diseñado para dar tratamiento independiente del tipo de tráfico transmitido por la red. En este caso el protocolo FTP al igual que el protocolo HTTP tuvo un menor retardo y una menor pérdida de paquete en función de los otros perfiles. También se utilizó el 100% de ancho de banda.

## 5.3. Escenario de Pruebas para la obtención del valor DSCP

Las pantallas presentadas a continuación muestran las capturas realizadas en diferentes ubicaciones de la institución caso específico: Desitel ver la Figura V.85 y Recursos Naturales ver la Figura V.86, con un equipo que permite marcar los paquetes con el valor de DSCP. Se utilizó un equipo específico, debido a sus características de hardware pues este cuenta con una tarjeta de red incorporada al mainboard ASRock 945w-10d. Las características del chip de la tarjeta son las siguientes:

### **RTL8139C(L)+**

#### **Descripción General**

Realtek RTL8139C(L)+ es un chip controlador Fast Ethernet altamente integrable a un costo

eficiente. Provee una administración de buffer mejorado con Microsoft NDIS5 y una característica de Segmentación de Tareas fuera de línea, RTL8139C(L)+ es capaz de mejorar el rendimiento del sistema. Además soporta IEEE802.1Q VLAN (Virtual Bridged Local Area Network) y PCI DAC (Dual Address Cycle), el nuevo chip provee una solución óptima para LAN en ambientes de alto tráfico tales como servidores en la red.

RTL8139C(L)+ provee un Inicio ROM opcional e interfaces MII, respectivamente para estaciones de trabajo sin disco además como aplicaciones Phyceiver y conexiones por fibra. El chip está equipado con una función de administración ACPI (Advanced Configuration Power Interface) que provee un eficiente control de energía para sistemas operativos avanzados con OSPM (Operating System Directed Power Management). RTL8139C(L)+ provee la función de encendido remoto a través de Magic Packet & Wake-up Frame que incremental el costo beneficio en el mantenimiento a través de red. Soporta interfaces Cardbus y PC Card además es una solución ideal para notebook/motherboard-embedded.

### **Características**

- ✓ 128-pin QFP/LQFP (pin-to-pin compatible con RTL8139C(L))
- ✓ Soporta interfaces PCI/Mini-PCI/Cardbus
- ✓ Integra Fast Ethernet MAC, transceiver físico dentro de un solo chip
- ✓ Opera a 10 Mb/s y 100 Mb/s
- ✓ Soporta 10 Mb/s y 100 Mb/s N-vias, auto-negociacion
- ✓ Soporta administración de buffer basada en descripción
- ✓ Soporta Microsoft® NDIS5 Checksum Offloads (IP, TCP, UDP)
- ✓ Soporta marcado IEEE802.1Q VLAN
- ✓ Soporta Transmision (Tx) de Colas de Prioridad para QoS y aplicaciones CoS
- ✓ Cumple con el estandar PCI Revision 2.2, PC99/PC2001
- ✓ Soporta PCI MRL, MRM, MWI, y Ciclo de direccion dual
- ✓ Provee un bus master de tranferencia de datos PCI

- ✓ Soporta administración de energía a través de ACPI
- ✓ Modo avanzado de ahorro de energía cuando la función LAN o WakeUp no están siendo utilizadas
- ✓ Soporta Link Change, Microsoft "Wake-up Frame" y AMD "Magic Packet" para la function Wake-On-LAN
- ✓ Soporta la auto detección de energía auxiliar
- ✓ Capacidad Half/Full-duplex
- ✓ Soporta Control de Flujo Full-duplex (IEEE 802.3x)
- ✓ Provee interfaces para 93C46/93C56 EEPROM para almacenar la configuración y parámetros de ID
- ✓ Soporta MII y Boot ROM
- ✓ Soporta hasta 128K-byte Flash Memory/Boot ROM
- ✓ Soporta LED pins para indicadores de actividad de red
- ✓ Soporta 25MHz Crystal/25M OSC para reducir el costo BOM
- ✓ Procesador 3.3V CMOS

## DESITEL

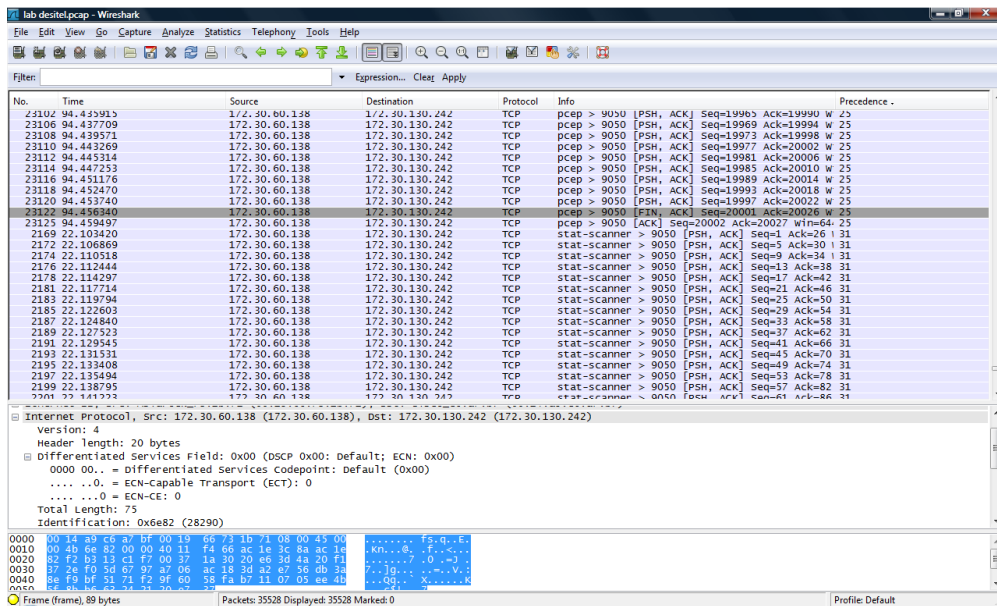


Figura V.85 Desitel – Valor de DSCP

## FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

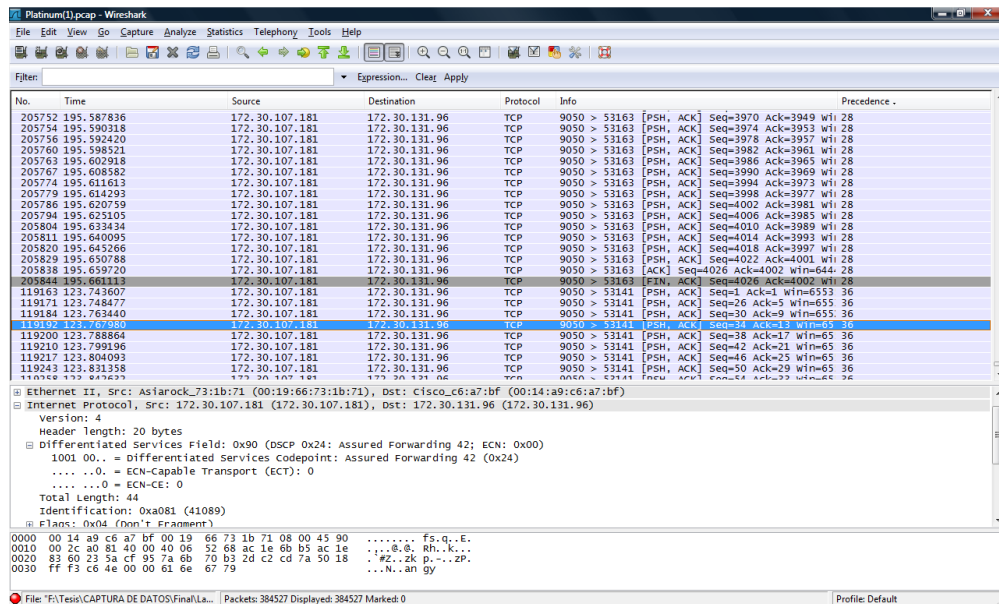


Figura V.86 Facultad RRNN – Valor de DSCP

### 5.4. Comprobación de la Hipótesis

#### HIPÓTESIS GENERAL

“El manejo de la Calidad de Servicio (QoS) en las WLAN, garantizará que las aplicaciones en tiempo real tengan prioridad en el uso del ancho de banda, para que no sufran alteraciones y logren transmitirse con una mejor calidad”

#### VARIABLES

##### VARIABLE DEPENDIENTE

Garantizará que las aplicaciones en tiempo real tengan prioridad en el uso del ancho de banda, para que no sufran alteraciones y logren transmitirse con una mejor calidad

##### VARIABLE INDEPENDIENTE

Calidad de Servicio (QoS)

### **5.5. Demostración por Análisis Cuantitativo.**

La captura de los paquetes fueron tomadas una vez iniciados todos los programas para evitar efectos de inicio de sesión. Se realizó una captura de tamaño suficientemente representativo mediante el programa Observer, para pasar posteriormente a analizar los datos.

**Población:** Se tomó como población a todos los estudiantes de la ESPOCH que tengan como herramienta de trabajo un equipo portátil, a partir de la cual se seleccionará la muestra.

**Muestra:** Para la comprobación de la hipótesis planteada se ha realizado el monitoreo por un tiempo de un mes, desde el 10 de noviembre al 10 de Diciembre de 2009.

### **5.6. Graficas obtenidas**

Para los distintos perfiles que se implementan en el WLC se puede observar que existe una diferencia en los resultados obtenidos. En la Tabla V.19 se puede apreciar que el perfil Platinum tiene un comportamiento preferencial para los protocolos RTP/GSM debido a que con un retardo máximo de 13 milisegundos se transmitió el 90.5% de los paquetes en relación con los otros perfiles. Además que este perfil tuvo un similar comportamiento con el protocolo RTP/PCMU ya que con un retardo máximo de 16 milisegundos se transmitió el 93.1% de los paquetes. Este resultado se obtiene debido a que este perfil garantiza una alta calidad de servicio de voz sobre WLAN esto quiere decir que da la máxima prioridad a la Voz, a través de mecanismos que permiten reducir el tiempo de respuesta de los paquetes correspondientes a este tipo de tráfico, manteniendo una calidad de voz aceptable.

El perfil Gold tiene un comportamiento diferente para el tráfico de video debido a que con un retardo máximo de 8 milisegundos se transmitió el 79,89% de los paquetes en relación con los otros perfiles. Este resultado se obtiene debido a que este perfil utiliza el protocolo RTP/Dynamic. Esta clase de servicio soporta aplicaciones de video de alta calidad a través de la priorización de los paquetes correspondientes, de esta manera se obtiene tiempos de respuesta bajos pues depende también de otras características adicionales.

El perfil Best Effort tiene un tratamiento diferenciado para el tráfico HTTP pues con un retardo máximo de 14 milisegundos se transmitió el 100% de los paquetes en relación con los otros perfiles, y para el protocolo FTP con un retardo máximo de 50 milisegundos transmitió el 86.1%. Esto se puede comprobar debido a que en este perfil se engloban todos los servicios y conexiones que no tienen ningún requerimiento de calidad específico y que por lo tanto quedan relegados al final del orden de prioridades. Estas conexiones deberán utilizar los recursos que dejen libres las demás CS una vez realizada la gestión de recursos correspondientes. Esta es la configuración por defecto. Típicamente, las redes operan en la base de entrega del mejor esfuerzo (irónicamente llamado WWW: World Wide Web, Red Global Mundial), donde todo el tráfico tiene igual prioridad de ser entregado a tiempo. Cuando ocurre la congestión, todo este tráfico tiene la misma probabilidad de ser descartado.

En el tipo de perfil Bronze se puede observar que todos los protocolos tienen porcentajes inferiores en comparación con los otros perfiles debido a que no da ningún tipo de priorización a los paquetes pues su funcionalidad es únicamente proporcionar suficiente ancho de banda y características para entornos de oficina con uso compartido de archivos y capacidades de navegación de internet. QoS Bronze no reserva ancho de banda ni asigna prioridad al tráfico de datos, debido a que Http es un protocolo creado específicamente para trabajar en Internet se puede observar que con un 86,6% supera a los otros protocolos.

Se probaron los perfiles mediante una serie de programas en el escenario especificado en los cuales las técnicas de QoS pretendían mejorar las situaciones de congestión. Luego del análisis desarrollado se puede llegar a la conclusión de que los perfiles tienen características propias que permiten que se dé prioridad a protocolos determinados demostrando luego de este análisis que se cumple la hipótesis debido a que sí existe priorización en los paquetes que se transmiten en la red, con una simultánea cantidad de usuarios utilizando la WLAN de la ESPOCH.



**TABLA V.19**

**Cuadro comparativo de los perfiles y protocolos**

	TCP		UDP		
	HTTP	FTP	RTP/GSM	RTP/PCMU	RTP/DYNAMIC
Platinum	96.8%	82,6%	90,5%	93,1%	49,47%
Gold	93,2%	72.7%	62,9%	75,1%	79,89%
Best Effort	100%	86.1%	59%	86,9%	46,36%
Bronze	86,6%	42,1%	57,8%	50%	42,02%

**Fuente:** Software de monitoreo Observer

**Elaborado por:** Autora

## CONCLUSIONES

1. El estándar IEEE 802.11e está enfocado a proveer calidad de servicio mediante el manejo de prioridades de acuerdo a las distintas clases de tráfico, permitiendo disminuir los retardos en las comunicaciones inalámbricas, favoreciendo de esta forma las transmisiones de aplicaciones de tiempo real. De esta manera complementa al estándar 802.11 volviendo a las transmisiones inalámbricas seguras, confiables y accesibles.
2. La implementación del equipo Cisco WLC 4402 en la infraestructura de la ESPOCH, mejoró la gestión de los AP ya que permite configurar los dispositivos de manera remota pues provee una solución unificada, logrando de esta manera una administración más eficiente y productiva de dichos dispositivos.
3. A través de la utilización del software Observer v10.0 se pudo monitorear el comportamiento del tráfico en la red y de esta manera poder analizar los diferentes parámetros que determinan QoS tales como retardo, pérdida de paquetes, jitter y ancho de banda.
4. En función de los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en la Facultad de Recursos Naturales se pudo notar los perfiles Platinum, Gold, Best Effort y Bronze permiten priorizar el tráfico, debido a que cada uno de éstos posee características específicas dependiendo del tipo de protocolo, demostrando con esto que actualmente en la infraestructura de la red inalámbrica se tiene implementado el estándar IEEE 802.11e.
5. Se identificó que los equipos de la infraestructura de la red inalámbrica soportan las necesidades actuales y expansiones futuras, debido a que la institución posee equipos Cisco por su calidad, garantía y disponibilidad de productos, además cumple con el estándar IEEE 802.11e y el certificado WMM de esta manera se concluye que tienen características para la implementación de QoS lo cual permitió brindar disponibilidad y fiabilidad al efectuar adecuadamente las políticas de priorización de tráfico en la WLAN.

6. Con la implementación de QoS se puede controlar los diferentes tipos de tráfico de la WLAN de la Facultad de Recursos Naturales tales como RTP, HTTP y FTP impidiendo que tráfico agresivo tal como FTP pueda apoderarse del enlace y cause pérdida de calidad a aplicaciones de tiempo real como la VoIP y videoconferencia, debido a que la utilización de diferenciación de tipo de tráfico garantiza que las aplicaciones de tiempo real mantengan su calidad, independientemente de la cantidad de estaciones de menor prioridad que transmitan de manera simultánea.
7. Se realizó un análisis comparativo entre perfiles y protocolos en función del retardo más bajo con el fin de verificar qué perfil es el que se adapta mejor en la WLAN (ESPOCHWEB). El perfil Platinum resulta más adecuado para el tráfico VoIP debido a que la cantidad de paquetes transmitidos fue del 90.5% (RTP/GSM) y 93.1%(RTP/PCMU). El perfil Gold resulta más adecuado el tráfico de video debido a que la cantidad de paquetes transmitidos fue del 71,12%. El perfil Best Effort resulta más adecuado para el tráfico HTTP y FTP debido a que la cantidad de paquetes transmitidos fue del 100% y 86.1% respectivamente. Mientras que el perfil Bronze resulta más adecuado para el tráfico HTTP debido a que la cantidad de paquetes transmitidos fue del 86,6%.

## RECOMENDACIONES

1. Aunque con QoS se puede obtener buenos resultados en cuanto a la conexión hacia el internet, también es recomendable el educar a los clientes que traten de utilizar los recursos de una manera más oportuna, sin derrochar este recurso tan importante.
2. Debido al incremento de usuarios inalámbricos se recomienda tener constantemente nuevas técnicas, estrategias, tecnologías que mejoren la infraestructura de la WLAN de la institución.
3. Se recomienda la utilización de herramientas comunes de análisis de tráfico tal como Wireshark ya que permite analizar en detalle los campos de los paquetes y así comprobar el marcado DSCP de los mismos.
4. Elegir dispositivos que soporten tanto esquemas de marcación DSCP como 802.1p. Si en la red existen dispositivos que solo operen IEEE 802.1p habrá que buscar dispositivos capaces de efectuar conversiones entre esta técnica y DSCP.
5. Cuando se tiene la necesidad de implantar QoS en una red con un gran número de equipos y usuarios, se hace necesario un análisis exhaustivo y una planificación para determinar cuáles son los requerimientos de la red y de qué manera se puede garantizar el mejor servicio. Pero en todo caso es necesario conocer y saber de qué manera se desea gestionar los recursos de red.

## **RESUMEN**

El incremento de usuarios y tráfico, ha hecho que la implementación del estándar 802.11e sea necesario para proporcionar Calidad de Servicio (QoS) en la Red Inalámbrica (WLAN) de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, permitiendo que los equipos inalámbricos puedan utilizar aplicaciones como VoIP, videoconferencia, etc, con alta calidad.

Se configuró el equipo Cisco Wireless Lan Controller (WLC) 4402, que gestiona los Access Point de manera centralizada. Anteriormente la WLAN tenía el mismo comportamiento para datos que para tráfico multimedia por lo que no alcanzaba resultados necesarios para experiencias de alta calidad; con la implementación de cuatro perfiles propios del equipo WLC se determinaron parámetros de priorización, cada uno tiene una configuración predeterminada para proveer tratamiento diferenciado, dependiendo de las características para las cuales fueron diseñados.

Se plantearon escenarios en función de los protocolos RTP, HTTP y FTP, mediante análisis del retardo en función de la cantidad de paquetes transmitidos, se comprobó que el perfil Platinum resulta adecuado para tráfico VoIP (RTP/GSM: 90.5% y RTP/PCMU: 93.1%), así como Gold para tráfico de video (71,12%), Best Effort para tráfico HTTP(100%) y FTP(86.1%).

Una vez implementado el estándar IEEE 802.11e se comprobó que la Calidad de Servicio garantiza que las aplicaciones en tiempo real tengan prioridad en el uso del ancho de banda y se transmitan con mejor calidad. Se recomienda utilizar de una manera eficiente el estándar IEEE 802.11e en función de la infraestructura inalámbrica.

## **SUMMARY**

The rising of the number of users as well as the increasing of traffic amounts have made the 802.11 Standard a necessary tool for providing the Wireless Net (WLAN) with quality service (QoS) at the Natural Resources Faculty of Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. The device allows wireless equipment such as the VoIP, videoconferences, etc. to be capable of using high quality applications.

The 4402 Cisco Wireless LAN Controller (WLC) was formatted considering its Access Point management in a centralized mode. The previous WLAN had the same behavior on both data and multimedia traffic which did not reach the needed results as to provide high quality experiences. By means of giving four profiles to the WLAN equipment, priority parameters were determined in order to provide them with differentiated treatment depending on the characteristics for which they were designed.

Some settings were outlined taking RTP, HTTP, and FTP protocols into account; through retard transmission analysis an amount of transmitted packages was taken into consideration, it was proven that the Platinum profile was appropriate for VoIP traffic (RTP/GSM: 90.5% and RTP/PCMU: 93.1% respectively). By the same token, the Gold profile was right for video traffic (71.12%), Best Effort for HTTP (100%) and FTP(6.1%) traffics.

Once the 802.11 IEEE profile was executed, it proved that the Service Quality guarantees that real time applications have priority in the use of wide band as well as better quality transmission. It is recommended that the 802.11 IEEE standard be efficiently utilized in accordance with its wireless infrastructure.

## **GLOSARIO**

**Algoritmo de gestión de recursos** (scheduling) - Especifica el instante en el que un usuario que ya ha ganado acceso al sistema a través del MAC puede comenzar la transmisión de su información. También indica qué cantidad de recursos puede utilizar en esta transmisión. Este mecanismo requiere de la definición de algún tipo de regla de priorización entre los usuarios así como de un algoritmo para distribuir los recursos entre ellos y así garantizar la calidad de servicio.

**Beacon** - Trama de gestión que contiene información relacionada con el CSMA/CA.

**CSMA/CA** (Evasión múltiple del sentido Access/Collision del portador) - Método de transferencia de datos que se utiliza para prevenir pérdida de los datos en una red.

**DHCP** (protocolo dinámico de la configuración del anfitrión) - Protocolo que deja un dispositivo en una red local, conocida como servidor de DHCP, asigna direcciones temporales del IP a los otros dispositivos de la red, típicamente computadoras.

**DNS** (domain name server) - El IP ADDRESS del servidor del ISP, que traduce los nombres de website a direcciones del IP.

**DSCP** (Differentiated Services Code Point) - Seis bits del byte ToS se reasignan para ser usados como campo DSCP. Cada DSCP especifica el comportamiento particular por salto que se ha de aplicar a cada paquete. No es compatible con IP Precedence y su presencia todavía es limitada en los equipos de red.

**Dominio** - Nombre específico para una red de computadoras.

**Encolamiento de prioridades** - Generalmente, soporta hasta ocho colas, a las que se les da servicio por orden estricto de prioridad. La cola de mayor tamaño siempre es atendida en primer lugar, y así sucesivamente. Si una cola está siendo atendida y un paquete entra en una cola mayor, se le da servicio a ésta inmediatamente.

**Explorador** - Es un programa de uso que proporciona una manera de mirar y de obrar recíprocamente con toda la información sobre el World Wide Web.

**Ftp** (File Transfer Protocol) - Protocolo estándar para enviar archivos entre las computadoras sobre una red de TCP/IP y el Internet.

**Hardware** - Aspecto físico de computadoras, de telecomunicaciones, y de otros dispositivos de la tecnología de información.

**HTTP** (protocolo del transporte del hypertext) - Protocolo de comunicaciones conectada a los servidores en el World Wide Web.

**IEEE** (Instituto de los ingenieros electrónicos eléctricos) - Instituto independiente que desarrolla estándares del establecimiento de una red.

**IP** (Internet Protocol) - Protocolo que envía datos sobre una red.

**IP ADDRESS** - Dirección que identifica a una computadora o un dispositivo en una red.

**IP ADDRESS estático** - Dirección fija asignada a una computadora o a un dispositivo que está conectado a una red.

**IP Precedence** - Campo de tres bits dentro del byte ToS. IP Precedence permite asignar valores de 0 (por defecto) a 7 para clasificar y priorizar tipos de tráfico. Hoy lo soportan muchas aplicaciones y routers, aunque se pretende que ceda protagonismo a DSCP.

**ISP** (Internet Service Provider) - Compañía que proporciona el acceso al Internet.

**MAC** (Media Access Control) - Dirección única que un fabricante asigna a cada dispositivo del establecimiento de una red.

**Mbps** (Megabits por segundo) - Un millón de bits por segundo, unidad de medida para la transmisión de datos.

**Paquete** - Unidad de los datos enviados sobre una red.

**Pérdida de paquetes** - Si una cola alcanza su longitud máxima, se pueden producir pérdidas de paquetes. Cuando sucede, los protocolos orientados a la conexión, como TCP, disminuyen la velocidad de la transmisión para dar servicio a los paquetes de la cola y permitir que ésta se vacíe.

**Red** - Varias computadoras o dispositivos conectados con el fin de compartir, almacenar, y/o transmitir datos entre los usuarios.



**Servidor** - Cualquier computadora que su función en una red sea la de proporcionar el acceso de los usuarios a los archivos, a la impresión, a comunicaciones, y a otros servicios.

**Software** - Una serie de instrucciones que realiza una tarea particular, también se la llama "programa".

**Subnet mask** – Es un código de la dirección que determina el tamaño de la red.

**TCP/IP** (Protocolo del control Protocol/Internet de la transmisión) - Sistema de protocolos que hacen posibles servicios Telnet, FTP, E-mail, y otros entre ordenadores que no pertenecen a la misma red.

**UDP** (User Datagram Protocol) - Es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas. Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros; y tampoco se sabe si ha llegado correctamente, ya que no hay confirmación de entrega o recepción.

**ToS** (Type-Of-Service) - Campo de ocho bits de la cabecera de IP. Lo utilizan IP Precedence, Differentiated Services Code Point y ToS.

**802.1p.** - Valor de tres bits que puede aplicarse dentro de una etiqueta de trama 802.1Q. Cumple en gran medida la función de IP Precedence pero opera a Nivel 2, de modo que es independiente de protocolo. Generalmente es convertido a IP Precedence o DSCP cuando el paquete alcanza el primer router.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- GUGLIELMETTI, Marcos. Términos de Internet: Gateway.  
<http://www.mastermagazine.info/termino/5120.php>  
2009/09/15
- 2.- GUZMÁN FLORES, Jorge L. Análisis y Diseño de una Red Lan Inalámbrica para una Empresa.  
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/handle/123456789/1213>  
2009/02/23
- 3.- INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS (IEEE). Medium Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements: IEEE 802.11e. New York: IEEE, 2008. pp. 20-25
- 4.- INTERNETWORKING TECHNOLOGY HANDBOOK: Quality of Service (QoS).  
<http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/QoS.html>  
2009/10/20
- 5.- JITTER: Causas, soluciones y valores recomendados.  
[http://www.VoIPforo.com/QoS/QoS\\_Jitter.php](http://www.VoIPforo.com/QoS/QoS_Jitter.php)  
2009/11/26
- 6.- KOUCHERYAVY, Yevgeni. Traffic and Qos Management in Wireless Multimedia Networks. New York: Springer, 2009. pp. 20-26
- 7.- LOSHIN, Peter. TCP/IP Clearly Explained. 4a.ed. California: Morgan Kaufmann, 2008, pp. 543-555
- 8.- MAMMERI, Zoubir y LORENZ Pascal. High-speed networks and multimedia communications. Alemania: Springer, 2009. pp. 31-40
- 9.- REID, Neil y SEIDE, Ron. Manual de Redes Inalámbricas. New York: McGraw-Hill, 2008. pp. 143-145
- 10.- RÄISÄNEN, Vilho. Implementing service quality in IP networks. India: Wiley, 2008. pp. 77-85

- 11.-** RAY HUANG, Yueh-Min. Advances in Multimedia Information Processing. Alemania:  
Springer, 2008. pp. 208-218
- 12.-** ROSHAN, Pejman y LEARY, Jonathan. 802.11 Wireless LAN fundamentals. EEUU:  
Cisco Press, 2008. pp.176-185
- 13.-** TORRES AGUILERA, Alejandro. Factores que Afectan la Calidad de la VoIP.  
<http://atorresa.spaces.live.com/blog/cns!95CE28337639F962!1177.entry>  
2009/01/14
- 14.-** WALKER, Bernard H. IEEE 802 Wireless Systems: protocols, multi-hop mesh/relaying,  
performance and spectrum coexistence. Gran Bretaña: Wiley, 2008. pp. 94-100