

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**Estudio de técnicas de calidad de servicio en redes de  
Voz sobre IP y su factibilidad de aplicación en la red  
de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la  
Universidad de El Salvador.**

PRESENTADO POR:

**MARVIN IMERY OSTORGA LOBATO**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2015

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR :**

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

**SECRETARIA GENERAL :**

**DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**SECRETARIO :**

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DIRECTOR :**

**MSc. e ING. JOSÉ WILBER CALDERÓN URRUTIA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

Título :

**Estudio de técnicas de calidad de servicio en redes de Voz sobre IP y su factibilidad de aplicación en la red de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.**

Presentado por :

**MARVIN IMERY OSTORGA LOBATO**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

**ING. WERNER DAVID MELÉNDEZ VALLE**

San Salvador, Septiembre 2015

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

**ING. WERNER DAVID MELÉNDEZ VALLE**

## ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, martes 18 de agosto de 2015, en la Sala de Reuniones de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 4:00 horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. MSc. e Ing. José Wilber Calderón Urrutia  
Director

Firma:

Wilber Calderón

2. MSc. e Ing. Salvador de Jesús Germán  
Secretario

Firma:

Salvador de Jesús Germán



Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

1- Ing. Werner David Melendez Valle

Firma:

Werner David Melendez Valle

2- Ing. Armando Martínez Calderón

Armando Martínez Calderón

3- MSc. Carlos Osmín Pocasangre Jiménez

Carlos Osmín Pocasangre Jiménez

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

Estudio de técnicas de calidad de servicio en redes de Voz sobre IP y su factibilidad de aplicación en la red de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

A cargo del Bachiller:

- Ostorga Lobato Marvin Imery

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final: 8.0

( OCHO PUNTO CERO )

## AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer en primer lugar a Dios, haberme permitido el don de la vida y el privilegio de nacer en una familia de bien, quienes me alentaron para aprovechar mi tiempo y salir adelante.

Agradezco a mis padres por todo el esfuerzo y la dedicación que han demostrado en mi aprendizaje. Por enseñarme valores y el respeto hacia las demás personas. A mis hermanos que me mostraron el valor de aprender algo nuevo todos los días.

A mi esposa, que con su entusiasmo me anima todos los días a esforzarme en mis metas y a perfeccionarme cada día.

También a mis tíos y especialmente a mi abuelo, quien me mostro el amor a la lectura. Gracias a sus libros descubrí nuevos horizontes y encontré historias que me inspiraron a conquistar mis metas.

A todos mis compañeros, a todos mis amigos, a mis profesores.

Gracias.

***Marvin Imery Ostorga Lobato***

## INDICE.

OBJETIVOS .....	10
GENERAL.....	10
ESPECIFICOS .....	10
ALCANCES.....	11
ABREVIATURAS Y ACRONIMOS .....	12
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPITULO I .....	15
1 CALIDAD DE SERVICIO (QoS) .....	15
1.1 DEFINICION DE CALIDAD DE SERVICIO.....	15
1.2 PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO .....	16
1.2.1 ANCHO DE BANDA.....	16
1.2.2 RENDIMIENTO (THROUGHPUT.) .....	18
1.2.3 RETARDO DE PAQUETE (DELAY O LATENCIA).....	19
1.2.4 TASA DE PÉRDIDA.....	20
1.2.5 VARIACIÓN DE RETARDO (JITTER) .....	20
1.3 MODELOS DE CALIDAD DE SERVICIO (QOS) .....	22
1.3.1 SERVICIO DE MEJOR ESFUERZO (BEST EFFORT) .....	23
1.3.2 SERVICIO INTEGRADO (INTER SERVICIE) .....	23
1.3.3 SERVICIO GARANTIZADO.....	24
1.3.4 SERVICIO DE CARGA CONTROLADA. ....	24
1.3.5 PROTOCOLO DE RESERVA DE RECURSOS (RSVP) .....	24
1.3.6 SERVICIO DIFERENCIADO (DiffServ) .....	27
1.3.7 ACUERDO DE SERVICIO SLA (SERVICE LEVEL AGREEMENT) .....	28
1.3.8 ACUERDO DE CONDICIONES DE TRÁFICO .....	29
1.4 ARQUITECTURA DE SERVICIO DIFERENCIADO.....	30
1.5 COMPORTAMIENTO POR SALTO (PHB).....	34
1.6 CAMPOS DEL SERVICIO DIFERENCIADO .....	35
1.6.1 COMPORTAMIENTO POR DEFECTO .....	35
1.6.2 SELECTOR DE CLASE .....	36
1.6.3 TRANSMISIÓN ASEGURADA. ....	36
1.6.4 TRANSMISIÓN ACCELERADA. ....	37

1.7	SERVICIO INTEGRADO Y DIFERENCIADO EN COMBINACIÓN .....	39
1.8	ADMINISTRACIÓN DE LA CONGESTIÓN Y ENCOLAMIENTO .....	40
1.8.1	FIRST IN FIRST OUT (FIFO) .....	41
1.8.2	PRIORITY QUEUING (PQ) .....	42
1.8.3	CUSTOM QUEUING (CQ) .....	43
1.8.4	WEIGHTED FAIR QUEUING (WFQ).....	44
1.8.5	CLASS BASED WEIGHTED FAIR QUEUING (CBWFQ) .....	45
1.8.6	LOW LATENCY QUEUING (LLQ) .....	45
CAPITULO II .....		47
2	ANALISIS DE LA RED VoIP EN LA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA (FIA).....	47
2.1	LA TELEFONIA IP .....	47
2.2	LA TELEFONIA IP EN LA FIA.....	48
2.2.1	RED LOGICA FIA-UES .....	50
2.2.2	CARACTERISTICAS Y EQUIPOS DE LA RED DE TELEFONIA EN LA FIA-UES.....	51
2.2.3	EQUIPOS PRINCIPALES, PUNTOS DE ACCESO EN LAS ESCUELAS DE LA FIA. ....	54
2.2.4	LISTA TELEFÓNICA DE RED IP .....	56
2.3	ENCUESTA BASICA DE PERCEPCIÓN DE USURIOS DEL SERVICIO DE TELEFONÍA IP EN LA FIA. 57	
2.3.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA: .....	62
2.4	PRUEBA PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LLAMADAS IP EN UNA RED CON TRÁFICO. 64	
2.4.1	FUNCIONAMIENTO DE LA PRUEBA: .....	65
2.4.2	RESULTADOS DE LA PRUEBAS. ....	68
2.4.3	RECOMENDACIONES .....	70
2.4.4	BENEFICIOS DE LA TELEFONÍA IP Y LA APLICACIÓN DE QoS.....	70
CAPITULO III .....		73
3	PROPUESTA DE APLICACIÓN DE TECNICAS DE QOS EN LA RED DE VOIP DE LA FIA.....	73
3.1	IMPLEMENTACION DE QoS. ....	73
3.2	PROPUESTA DE APLICACIÓN DE TECNICAS DE CALIDAD DE SERVICIO EN LA FIA-UES.....	77
3.3	CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS .....	83
3.3.1	CLASS-MAP .....	83
3.3.2	CONFIGURACIÓN DE POLÍTICAS DE QOS.....	85
3.3.3	POLICY-MAP .....	85
3.3.4	CONFIGURACIÓN DE QOS EN SWITCH .....	88

4	CONCLUSIONES: .....	91
5	BIBLIOGRAFIA.....	92

## Índice de ilustraciones.

Figura 1 Ancho de banda de una red sin calidad de servicio.....	17
Figura 2 Ancho de banda máximo de la ruta 1Mbps .....	17
Figura 3 Comportamiento del rendimiento de la red y retardo al aumentar el tráfico de datos .....	19
Figura 4 Probabilidad de llegada de los paquetes y el tiempo:.....	21
Figura 5 Representación gráfica de retardo cuando existe jitter .....	22
Figura 6 Campo de precedencia ToS. ....	28
Figura 7 Ejemplo de región de DS.....	30
Figura 8 Datagrama de campo DS para Datagrama IPV6 también utilizado en IPV4 .....	35
Figura 9 Encolamiento de tipo FIFO.....	41
Figura 10 Encolamiento tipo PQ .....	43
Figura 11. Esquema lógico de la red FIA-UES.....	50
Figura 12 Distribución de principales equipos de red en la FIA.....	51
Figura 13 Switch Cisco, Modelo: 2960 ( <a href="http://www.router-switch.com">www.router-switch.com</a> ).....	54
Figura 14 Switch Cisco de capa 3 modelo: ( <a href="http://www.router-switch.com">www.router-switch.com</a> ) .....	54
Figura 15 Switch Cisco, Modelo: 2960 2960 ( <a href="http://www.router-switch.com">www.router-switch.com</a> ).....	54
Figura 16 Switch Allied Telesyn ( <a href="http://www.rajanetwork.com">www.rajanetwork.com</a> ) .....	54
Figura 17 Switch 3COM Modelo 4200 .....	55
Figura 18 Switch 3COM Modelo 2024 .....	55
Figura 19 Switch 3COM Model 4500 ( <a href="http://www.sct-systems.com">www.sct-systems.com</a> ) .....	55
Figura 20 Switch 3COM Modelo 2400 ( <a href="http://www.sct-systems.com">www.sct-systems.com</a> ) .....	55
Figura 21 Esquema de equipo y conexiones para prueba realizada de Calidad de Servicio.....	65
Figura 22 Ventana de software wireshark donde se muestra la opción Telephony .....	66
Figura 23 Resultados de análisis para protocolo RTP al realizar las llamadas telefónicas VoIP mediante el programa wireshark .....	67
Figura 24 En este cuadro se muestran como ejemplo los resultados obtenidos mediante wireshark para la prueba de 128 Kbps .....	68
Figura 25 Topología de red para ejemplificar propuesta de aplicación QoS.....	78

Índice de tablas.

Tabla 1	Tabla de probabilidad de descarte para la clase AF del campo DSCP .....	37
Tabla 2	Resumen de equipos utilizados en la FIA.....	53
Tabla 3	Análisis de datos realizados en la prueba de calidad de servicio a una velocidad de 128 Kbps .....	68
Tabla 4	Análisis de datos realizados en la prueba de calidad de servicio a una velocidad de 128 Kbps .....	69
Tabla 5	Análisis de datos realizados en la prueba de calidad de servicio a una velocidad de 128 Kbps .....	69
Tabla 6	Ejemplo de implementación de políticas de QoS .....	75
Tabla 7	Ejemplo de aplicación de Políticas de Calidad de servicio para FIA-UES.....	82

## OBJETIVOS

### GENERAL

Analizar las Técnicas de Calidad de servicio (QoS) y su factibilidad de aplicación en la red VoIP de la FIA-UES para mejorar el desempeño de la misma.

### ESPECIFICOS

1. Examinar el desempeño actual de la red de VoIP de la FIA
2. Indicar las ventajas y desventajas actuales de la red antes mencionada, en cuanto al servicio brindado a los usuarios finales
3. Sugerir una metodología de aplicación de las técnicas QoS y el impacto esperado de las mismas
4. Mostrar una red de VoIP, en donde se ejemplifique la aplicación de las técnicas de QoS y las ventajas obtenidas de ellas

## ALCANCES

Proponer una metodología para adoptar y aplicar las técnicas de Calidad de Servicio (QoS) en la red de VoIP de la FIA, incluyendo los recursos necesarios para su implementación y un detalle de los posibles beneficios a obtener, tanto a nivel de institución como de usuarios finales.

## ABREVIATURAS Y ACRONIMOS

**802.1p.** Estándar IEEE que proporciona priorización de tráfico y filtrado *multicast* dinámico. Proporciona un mecanismo para implementar QoS a nivel de MAC

**CoS:** Es una técnica o método usado para entregar QoS dentro de una red

**QoS:** Calidad de servicio por sus siglas en ingles (Quality of service )

**FIA:** Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador

**CLI:** Command Line Interface

**Delay:** Retardo de paquete

**DiffServ:** Servicio Diferenciado

**DSCP:** Hace referencia al segundo byte en la cabecera de los paquetes IP que se utiliza para diferenciar la calidad en la comunicación que quieren los datos que se transportan

**Ruter:** Es un dispositivo de hardware para interconexión de red de ordenadores que opera en la capa tres del modelo OSI

**IP:** Protocolo de internet (Internet Protocol)

**IPv4:** Protocolo de Internet versión 4

**IPv6:** Protocolo de Internet versión 6

**Jitter:** Variación del retardo

**MAC:** Es un identificador de 48 bits (6 bloques hexadecimales) que corresponde de forma única a una Ethernet de red

**RSVP:** Protocolo de señalización de la capa de transporte diseñado para reservar recursos de una red bajo la arquitectura de servicios integrados

**Software:** Es el programa o la parte lógica de los dispositivos computacionales

**Softphone:** programa de computadora que simula un teléfono IP

**TCP/IP:** Protocolo estándar para la transmisión de datos por Internet. Proporciona comunicación entre redes interconectadas formadas por equipos con distintas arquitecturas de hardware y distintos sistemas operativos

**Throughput:** Cantidad de datos movidos satisfactoriamente desde un punto hacia otro en un tiempo de periodo dado dentro de una comunicación

**ToS:** Tipo de servicio, campo dentro de la cabecera IP

**VoIP:** Es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP

**Wiresharke:** Programa de computadora que es utilizado para medir diferentes variables y estadísticas en una red de datos

**Elastix:** programa de computadora diseñado como central telefónica IP que se encarga de administrar las extensiones de teléfonos IP.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de técnicas de calidad de servicio comprende la investigación de los parámetros que determinan si un servicio satisface de forma adecuada las necesidades para las que fue creado.

Existe diversidad de técnicas informáticas que pueden aplicarse para dar un mejor servicio, pero a veces no son aprovechadas por falta de conocimiento, lo que provoca que muchas redes sean ineficientes y den prioridad a servicios que no son importantes.

La calidad de servicio comúnmente recibe el nombre de QoS por sus siglas en inglés *Quality of Service*. En el siguiente documento se presentaran algunas de las técnicas más utilizadas, además se realiza un análisis actual de la red de telefonía IP que se encuentra instalada en la Facultad de Ingeniería y arquitectura. Dando al finalizar el análisis alguna recomendación para implementar técnicas de QoS que puedan ser aprovechadas para mejorar la Calidad del servicio de la Telefonía IP y de paso dar más eficiencia a la red de datos.

## CAPITULO I

### 1 CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

#### 1.1 DEFINICION DE CALIDAD DE SERVICIO

Al hablar de calidad de servicio desde la perspectiva de los servicios de telecomunicaciones se puede hacer una definición desde un punto de vista técnico o desde un punto de vista de la perspectiva de los usuario pero realmente la calidad de servicio de debe observar desde ambos lados. Este tema con el auge del internet y la telecomunicación a través de las redes de computadora ha pasado en los últimos años a ser un tema de investigación.

Se pueden observar algunas definiciones como las siguientes:

Definición IETF (*Internet Engineering Task Force*)

*Calidad de servicio QoS es la habilidad de segmentar tráfico o diferenciar entre los distintos tipos de tráfico que cruzan la red de datos para que cada flujo sea tratado distintamente.*

Definición UIT (*International Telecommunication Union*) y ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*),

*Calidad de servicio (QoS): Es el efecto colectivo de la calidad de funcionamiento de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario de un servicio específico.*

Definición Wikipedia:

*QoS o Calidad de Servicio son las tecnologías que permiten aplicar un tratamiento específico a un determinado tipo de tráfico. Ejemplos de mecanismos de QoS son la priorización de tráfico y la garantía de un ancho de banda mínimo.*

Existen diversas definiciones pero al hablar de calidad de servicio hay que tener en cuenta los factores humanos, estos describen los alcances y los límites que se deben utilizar. Los límites humanos son factores de tipo sensorial como la audición o sistemas cognoscitivos, que son incambiables y bien entendidos, dichos límites de calidad son proporcionados por el usuario final y aportan una base estable de la calidad de servicio que se debe satisfacer.

La calidad de servicio se puede definir como; las técnicas informáticas que se utilizan para dar prioridad de enrutamiento, a flujos de datos que son sensibles a retardo y que necesitan tener preferencia en la red, debido a su naturaleza o importancia, como lo es la telefonía IP o la comunicación por videoconferencias. Este tipo de información no puede permitirse tener ningún tipo de retraso perceptible pues esto podría provocar que la comunicación se vuelva inteligible e insostenible.

## 1.2 PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO

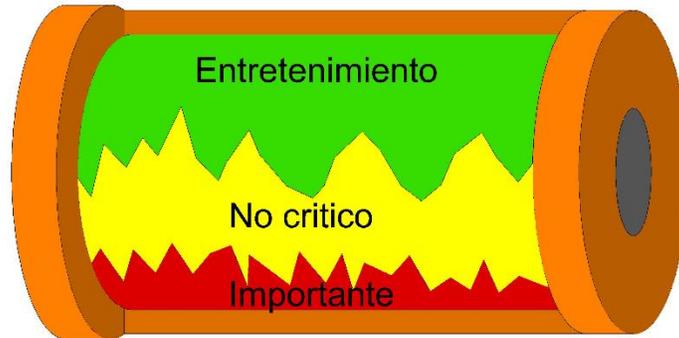
La calidad de servicio puede ser representada por el control de diversos parámetros, esto con el fin de mantener una comunicación adecuada y fiable en la telefonía que viaja a través del protocolo de internet, comúnmente llamada Voz sobre IP (VoIP) o en aquellas aplicaciones en tiempo real. En el campo de la telefonía VoIP se desea mantener en la medida de lo posible una conversación fluida y clara, muchos de estos parámetros dependen del tipo de red y del tráfico que fluye en la red.

A continuación se describen los parámetros más importantes en la telefonía VoIP.

### 1.2.1 ANCHO DE BANDA.

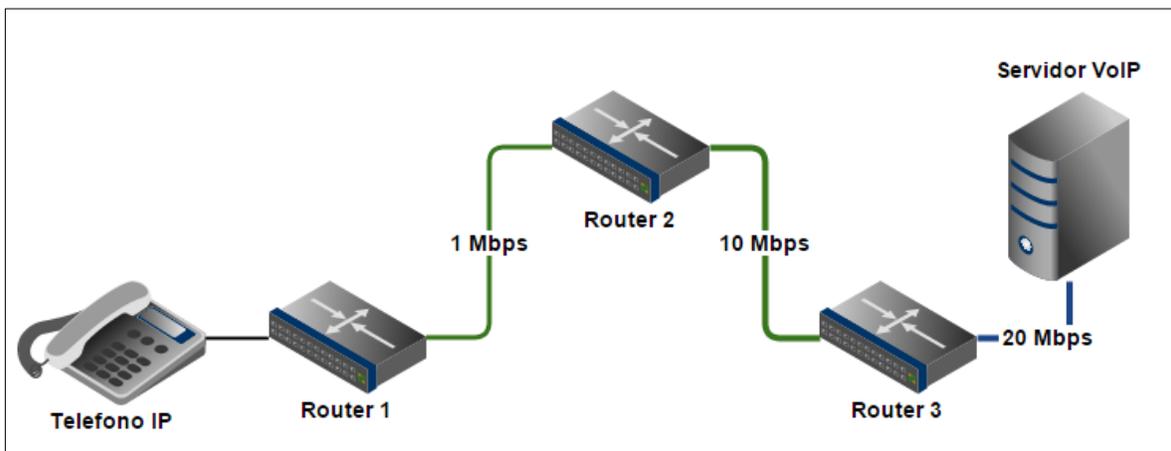
Este es un parámetro importante, si se presume que existiera un ancho de banda infinito, aplicar técnicas de calidad de servicio no tendría sentido, pues cada aplicación tendría el suficiente ancho de banda que requiere para mantener una conexión adecuada, esto es imposible los recursos son limitados se tiene solo una

cantidad máxima de ancho de banda y es importante analizar cómo está siendo utilizada, podría darse la posibilidad de que algunas aplicaciones menos relevantes estén utilizando más recursos que aquellos datos realmente importantes.



*Figura 1 Ancho de banda de una red sin calidad de servicio*

Como ejemplo: se tiene una red interconectada con varios routers, todos los paquetes viajan en un mismo camino hacia su determinado destino, al viajar y pasar por diferentes dispositivos se observa que cada dispositivo posee su particular ancho de banda máximo, se puede decir que el ancho de banda máximo al que se puede tener acceso es aquel ancho de banda de menor capacidad, pues es el ancho de banda de menor capacidad es quien limita todo el tráfico de la red.



*Figura 2 Ancho de banda máximo de la ruta 1Mbps*

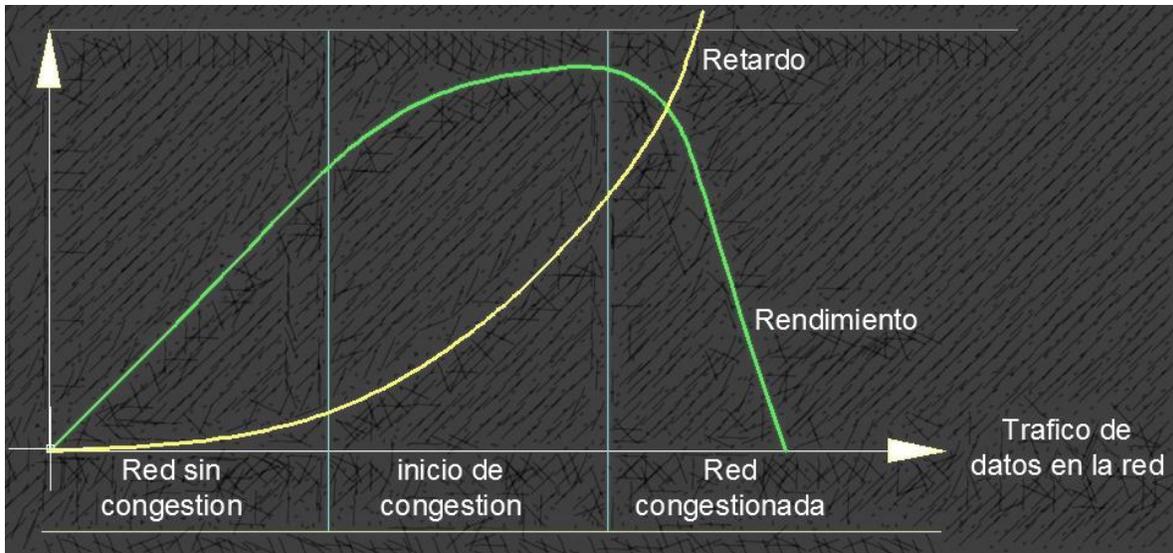
En la ilustración se muestra como existen diferentes anchos de banda a través de la ruta que seguirán los paquetes, pero este ancho de banda se ve limitado por el enlace con menor ancho de banda. En este caso es de 1 Mbps.

En la telefonía IP el ancho de banda está fuertemente relacionado con el códec que es el tipo de codificación que se utiliza para digitalizar los datos. Para una comunicación usando el códec G.711 que es el más utilizado, se codifica la voz a 64 Kbps, como se deben añadir cabeceras de enrutamiento e identificación para empaquetar los datos de voz podemos necesitar aproximadamente 80 Kbps de ancho de banda para una sola conversación. La falta del suficiente ancho de banda puede causar que no haya servicio telefónico o que la comunicación se vea afectada en la calidad de la voz.

#### 1.2.2 RENDIMIENTO (THROUGHPUT.)

Este es un parámetro que se define por el número satisfactorio de bits transferidos, dividido entre el tiempo que hay desde la salida y llegada del paquete de información. Es la capacidad de un enlace de transportar información útil, representa a la cantidad de información útil que puede transmitirse por unidad de tiempo.

También se puede definir como un volumen de información transferida satisfactoriamente.



*Figura 3 Comportamiento del rendimiento de la red y retardo al aumentar el tráfico de datos*

El rendimiento solo es una medida de la eficiencia en la red y no está relacionado a ningún problema en la telefonía IP, esta información es importante para conocer el trabajo y tipo de desempeño que está llevando a cabo la red de datos.

### 1.2.3 RETARDO DE PAQUETE (DELAY O LATENCIA).

El retardo es una medida de tiempo, técnicamente se define como el tiempo que tarda un paquete en viajar desde su origen hasta su destino final. En la telefonía IP este es un parámetro de mucha importancia, para que una comunicación de voz sea fluida se debe de tener el menor retardo posible.

Para la latencia o retardo se tienen algunas recomendaciones o referencias. La **ITU-T G.114** “Tiempo de transmisión en un sentido” que incluye el anexo “directrices sobre el tiempo de transmisión en un sentido para la transmisión de voz sobre el protocolo Internet” En general consideran que no debe superar los 150ms en un sentido. Según estudios el oído humano es capaz de detectar retardos de unos 250ms, 200ms en el caso de personas bastante sensibles, al superar este umbral de retardo la comunicación podría volverse molesta para los usuarios. El retardo es un parámetro, que depende muchas veces de los equipos que atraviesan

los paquetes, es decir de la red misma, pues pueden existir equipos bastante antiguos que trabajan con velocidades bajas, esto abonado a una red con bastante tráfico puede propiciar a que el retardo sea un problema significativo.

#### 1.2.4 TASA DE PÉRDIDA.

Al parámetro de pérdida de paquetes se le llama tasa de pérdida. Debido a la naturaleza de la telefonía IP, que es enviada a través de un protocolo llamado UDP (Protocolo no orientado a la conexión), los paquetes son enviados sin la seguridad de que puedan llegar a su destinatario, a diferencia de los protocolos orientados a la conexión, estos no serán reenviados si no alcanzan su destino final..

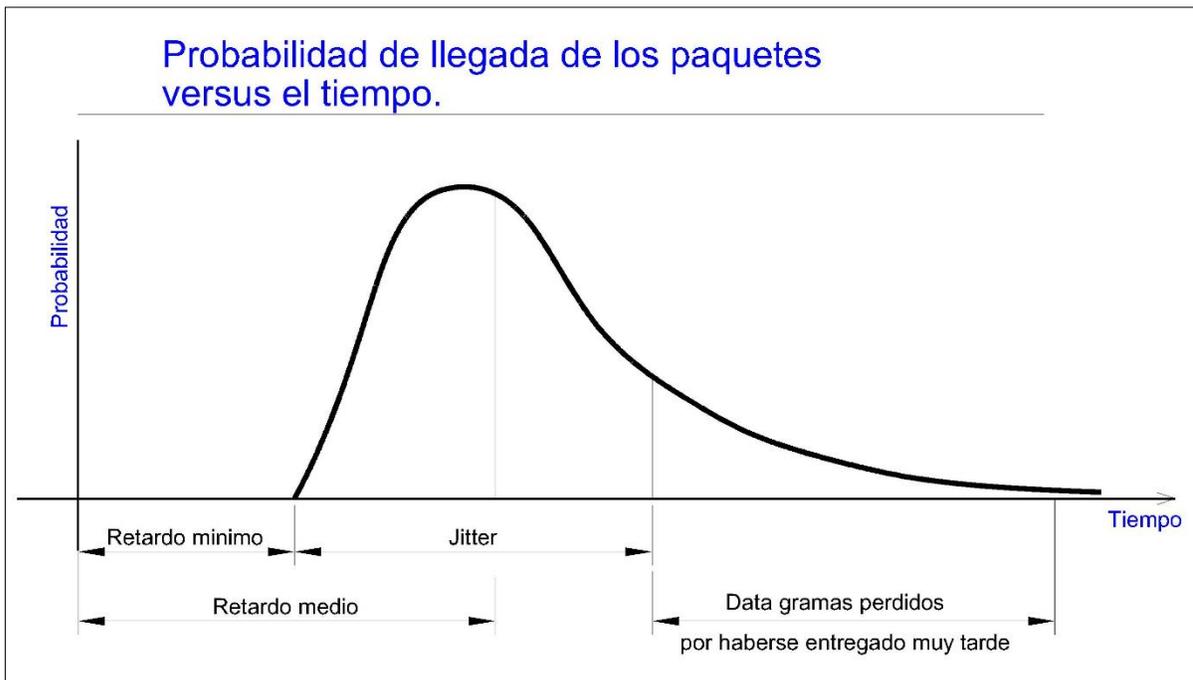
Existe recomendación de pérdida máxima de paquetes para la telefonía IP y para que esta sea óptima la tasa de pérdida no debe ser mayor a 1%, este parámetro depende muchas veces del tipo de codificación o códec, cuanto mayor sea la compresión del codificador este se verá más afectado con la pérdida de paquetes.

Este fenómeno está asociado con la congestión en la red, muchos paquetes son descartados por los dispositivos cuando la red se encuentra saturada. Lo que provoca en la telefonía IP pérdida de información, el usuario final lo percibirá al escuchar una frase o una palabra que se interrumpe por silencios cortos, a lo que podríamos llamar una comunicación entrecortada.

#### 1.2.5 VARIACIÓN DE RETARDO (JITTER)

La variación de retardo es conocida comúnmente como jitter, es perceptible en la redes de datos que no están orientadas a la conexión como lo es la telefonía IP o tecnologías que utilizan el protocolo UDP debido a que la información es dividida en varios paquetes pequeños estos al ser transmitidos pueden seguir rutas distintas, lo que provoca que puedan llegar en diferentes momentos a su destino, por lo tanto algunos paquetes llegan en un orden diferente del que fueron enviados desde su fuente de origen. Para algunas aplicaciones es muy importante que los paquetes

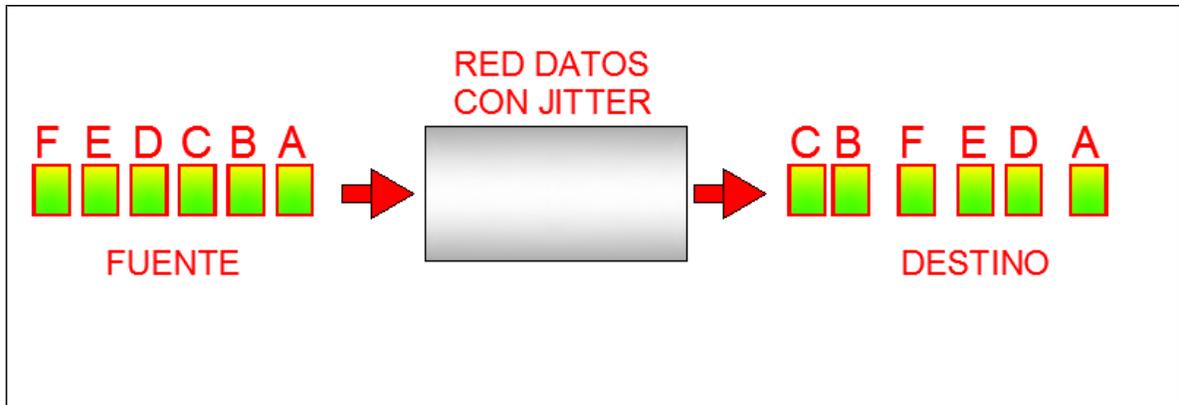
lleguen en el orden que fueron enviados, pues no se pueden transmitir en un orden incorrecto.



*Figura 4 Probabilidad de llegada de los paquetes y el tiempo:*

El jitter está definido como: la variación de tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión en la red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino.

En telefonía IP el orden de llegada es importante, lo que produce que los dispositivos tengan que esperar para ordenar los paquetes de manera adecuada y luego procesar la información, esto provoca retardos en la comunicación, se puede mencionar que el usuario final percibirá que la persona con la que habla tarda mucho en responder. Cuando el tiempo del jitter es muy elevado el paquete que llega tarde será descartado, pues los paquetes asociados serán procesados y enviados en un tiempo pertinente, lo que también provoca una comunicación entrecortada cuando se descartan muchos paquetes.



*Figura 5 Representación gráfica de retardo cuando existe jitter*

### 1.3 MODELOS DE CALIDAD DE SERVICIO (QOS)

Se aplica la calidad de servicio en la red para procurar que aquella información importante o sensible a retardos, sea tratada con prioridad por los diferentes dispositivos en la red.

QoS es la capacidad de la red para proporcionar un mejor servicio a los usuarios seleccionados y aplicaciones. El objetivo de la calidad de servicio es proporcionar un mejor y más predecible servicio de red, proporcionando ancho de banda dedicado, reducción de jitter, reducción de retardo u otros parámetros de forma controlada. Con QoS se alcanza estos objetivos, proporcionando herramientas para administrar la congestión de red, configuración de red de trabajo, y el establecimiento de políticas de tráfico a través de la red.

QoS ofrece servicios de red inteligente, que cuando se aplican correctamente, ayudan a proporcionar, rendimiento estable y predecible de la red de datos.

### 1.3.1 SERVICIO DE MEJOR ESFUERZO (BEST EFFORT)

Este es el servicio que se presenta normalmente en la red de internet y significa que todos los paquetes son tratados de la misma forma lo que podemos decir que es un servicio que carece de técnicas de QoS.

Este servicio no garantiza que el paquete sea entregado a su destino, los usuarios pueden tener diferentes tipos de ancho de banda dependiendo del tráfico en la red. Este tipo de servicio no es óptimo para las aplicaciones multimedia ni aquellas en tiempo real como lo puede ser las videoconferencias o la telefonía IP pues no garantiza la entrega de paquetes lo que ocasionaría una mala comunicación.

La telefonía IP debe tener garantizado una entrega fiable de paquetes o un ancho de banda garantizado para que estos paquetes lleguen a su destino, pero con el servicio de mejor esfuerzo los paquetes de voz serán tratados como cualquier paquete de datos, estos pudieran llegar a tener una gran pérdida de paquetes si la red se encuentra congestionada, lo que provocará fallos en las llamadas o interrupciones en el diálogo durante la conexión.

### 1.3.2 SERVICIO INTEGRADO (INTER SERVICIE)

El servicio integrado es una técnica de calidad de servicio de punto a punto que está basada en el flujo de tráfico. Se puede entender el flujo como el tráfico continuo de datos generados por un usuario o una aplicación y requieren la misma calidad de servicio

Este modelo de QoS tiene la capacidad de reservar el ancho de banda a través de la ruta que deben seguir los paquetes de información vía un protocolo de reserva como lo es RSVP (Reservation Protocol), lo que puede considerarse como un circuito virtual.

En este tipo de servicio se puede considerar que existen dos modelos: El servicio garantizado y el servicio controlado.

### 1.3.3 SERVICIO GARANTIZADO.

Este es el tipo de servicio que garantiza la transmisión de datos, garantizando también la ausencia de pérdidas. Esto ofrece confiabilidad en las aplicaciones en tiempo real como video conferencias o la comunicación por telefonía IP.

### 1.3.4 SERVICIO DE CARGA CONTROLADA.

Este servicio también se conoce como servicio predictivo, este servicio no da una total garantía sobre la transmisión de datos, pues depende del tráfico de red. Si el tráfico está ligeramente cargado es un servicio muy confiable pues se cumple la tasa de transmisión acordada, en cambio si el tráfico de red se encuentra sobrecargado no se garantiza la entrega total de los paquetes, y estos pueden experimentar pérdidas o retrasos.

La ventaja de este servicio radica en su eficiencia porque permite que otras aplicaciones de datos utilicen los recursos cuando no está en uso. Se puede decir que este es un servicio intermedio entre el servicio garantizado y el servicio de mejor esfuerzo.

### 1.3.5 PROTOCOLO DE RESERVA DE RECURSOS (RSVP)

Este es el agente de configuración para la reserva de recursos punto a punto, este es el protocolo responsable del control de tráfico pues se encarga de enviar la información que necesita el servicio para poder realizar la reserva de recursos.

Sus características son las siguientes.

- Es un protocolo de señalización que establece la ruta de origen y destino del paquete de información

- Establece las reservas punto a punto en las redes no orientadas a conexión.
- Si un enlace presentas falla este elige una nueva ruta y la reserva de recursos se reestablece.
- Es simple, pues sus operaciones son transparentes para aquellos equipos que no soportan RSVP
- Este protocolo es independiente a las versiones de IP pudiendo trabajar tanto en IPV4 como en IPV6.

#### 1.3.5.1 MENSAJES DEL PROTOCOLO RSVP PARA LA SOLICITUD DE RESERVA.

Existen dos mensajes que serán enviados los cuales son Rspec y Tspec. Estos mensajes son los que facilitan la reserva de los recursos de la red, dando QoS a la aplicación que lo hayan solicitado.

Rspec: Contiene la declaración de los requerimientos para la Calidad de Servicio.

Tspec: Este mensaje contiene las especificaciones del tráfico que será enviado a la red.

Los parámetros de flujo *spec* dependen del tipo de reserva, por ejemplo: Si el servicio requerido es de carga controlada el flujo *spec* únicamente contendrá Tspec desde el receptor. De otra manera si se solicita un servicio garantizado en este caso se el flujo *spec* contendrá los dos elementos Tspec. Y Rspec.

Una idea que hay que tener en cuenta con RSVP es que al tratar de hacer la reserva de los recursos, es el nodo receptor quien hace la solicitud de los recursos QoS especificados y no el emisor.

El procedimiento RSVP es sencillo, envía un mensaje de ruta hacia el nodo receptor, este mensaje es quien recoge las características de la ruta sus parámetros y capacidades para aplicar Calidad de servicio. Luego de tener toda la información el nodo receptor analiza los requerimientos de QoS de los nodos intermedios y después envía una solicitud que es una reserva calculada llamada *Resv* hacia el emisor y este viaja a través de la misma ruta de saltos. Este mensaje especifica todos los parámetros deseados y los cuales serán asignados a cada nodo de la ruta.

El servicio integrado conjunto con RSVP provee un buen control de la Calidad de Servicio para el tráfico que recorre los enrutadores. Un problema que se da con el servicio integrado es su escalabilidad, su compleja clasificación de flujos hace que se vuelva muy difícil su implementación en la internet donde se tiene una infinidad de flujos de datos atravesando cada router.

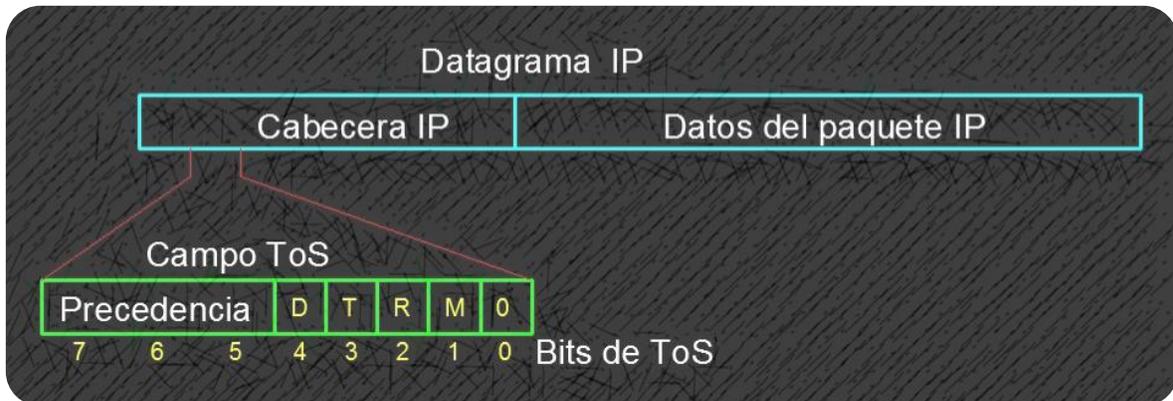
### 1.3.6 SERVICIO DIFERENCIADO (DiffServ)

El servicio diferenciado (DS), es una alternativa al servicio integrado este fue desarrollado con una arquitectura simple. Se crearon diferentes clasificaciones para proveer diferentes niveles de servicio esto hace que cada servicio tenga diferente trato en el enrutador.

Una de las ventajas del *DiffServ* es que se pueden clasificar a un grupo de aplicaciones que transmiten diferentes flujos de datos en un solo conjunto. Para poderlos tratar de acuerdo a las necesidades del servicio que requieren. Aquí se introduce un término que es llamado PHB (*Per Hop Behavior*) lo que se puede traducir como “comportamiento por saltos” que es una descripción del comportamiento de transmisión observable desde un nodo DS a otro nodo DS cada uno con su respectiva configuración *DiffServ*.

El servicio diferenciado es diferente del servicio integrado cuya principal diferencia es que en el *DiffServ* distingue un número pequeño de transmisión de las clases de datos en lugar de hacer una distinción de flujos individuales. En *IntServ* se utiliza un protocolo de señalización RSVP que reservar los recursos para los flujos individuales, mientras que en *DiffServ* se asigna recursos en una base por clase la cual está basada en el octeto ToS que se encuentra en la cabecera IPv4.

En el siguiente diagrama se representa un datagrama de la cabecera IP de donde se obtiene un fragmento de ocho bits que representa el octeto TOS.



*Figura 6 Campo de precedencia ToS.*

Cuando el flujo de datos llega a un router este flujo es examinado para detectar el campo ToS, este fábrica una decisión de calidad de servicio en función de las políticas creadas en cada router, como resultado toda la información que el enrutador necesita para controlar el paquete está contenida en la cabecera del paquete, lo que es beneficioso para el escalamiento, de esta manera los routers no necesitan aprender o almacenar información sobre flujos individuales, no hay necesidad de mensajes para conocer el estado de la conexión, cada router es diferente uno del otro por lo tanto para proveer consistencia en la calidad de servicio los enrutadores deben ser configurados con políticas similares.

### 1.3.7 ACUERDO DE SERVICIO SLA (SERVICE LEVEL AGREEMENT)

El SLA es un acuerdo o contrato de servicio que se adquiere entre un cliente y un proveedor de servicio este acuerdo especifica el tipo de servicio y la calidad con que el cliente va a recibir la información.

Este tipo de acuerdo SLA tiene dos modalidades; Dinámico y Estático.

Los SLA estáticos son negociados en un periodo de tiempo regular pudiendo ser por ejemplo mensuales o anuales.

Los SLA dinámicos utilizan protocolos de señalización que generalmente son negociados sobre la demanda.

Un resumen de lo que implica un acuerdo SLA.

- ✓ La naturaleza y el tipo de servicio a ser proveído.
- ✓ El nivel de desempeño que se espera del servicio, como podrían ser fiabilidad y capacidad de respuesta.
- ✓ Procesos para reportar problemas con el servicio.
- ✓ El intervalo de respuesta y solución del servicio
- ✓ El proceso a seguir para el reporte del nivel de servicio.
- ✓ Hasta donde llegan las responsabilidades para el proveedor de servicio.
- ✓ Clausulas y limitaciones incluyendo las consecuencias si el cliente no cumple con su obligación.

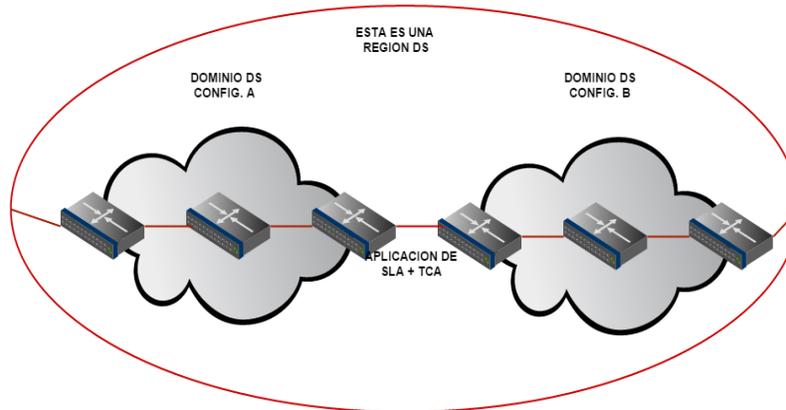
### 1.3.8 ACUERDO DE CONDICIONES DE TRÁFICO

Dentro del marco de un SLA también existe un Acuerdo de Condiciones de Tráfico (TCA) el cual establece las reglas para usar el servicio.

Este acuerdo especifica las reglas, mediciones, etiquetado o marcado, descarte y modelaciones que se aplican en los flujos de tráfico seleccionados por el clasificador.

#### 1.4 ARQUITECTURA DE SERVICIO DIFERENCIADO.

Para comprender la arquitectura hay que tener la idea de que una red se divide en muchas pequeñas redes, las que podemos llamar dominios, estos pueden ser dominios donde se aplican las políticas de DS



*Figura 7 Ejemplo de región de DS*

Un dominio DS está representado por un conjunto de nodos, que trabajan con un grupo de políticas afines en común que establecen las características de recursos y definiciones PHB. Existen dos tipos de asociados con un dominio DS, estos son los nodos de borde y los nodos de interior, los nodos del borde conectan la nube DS a otros dominios mientras los nodos interiores están conectados en otros nodos interiores o a nodos del borde dentro del mismo dominio DS. La tarea de los nodos del borde es clasificar el ingreso del tráfico, de manera que los paquetes son marcados apropiadamente para escoger uno de los grupos PHB soportados dentro del dominio, también estos routers borde hacen cumplir el acuerdo TCA entre sus propios dominios DS con el otro dominio al que se conecta.

EL trabajo de los nodos interiores es mapear los bits de calidad de servicio del DS para cada paquete dentro de PHB y ejecutar el comportamiento de transmisión apropiado. Cualquier nodo no compatible dentro de un dominio DS resulta de un rendimiento imprevisible y una pérdida de calidad de servicio extremo a extremo.

El servicio *Differv* es extendido a través del dominio por SLA entre ellos. Un SLA especifica normas como marcación de tráfico. Un nodo de entrada es el que se encarga de cumplir el TCA entre el dominio DS y el dominio del nodo emisor; en cambio los nodos de salida forman el tráfico de salida para que sea compatible con el TCA entre su dominio y el dominio del nodo receptor.

Cada flujo recibido por los nodos de entrada es clasificado por normas ya determinadas y estos deben encajar dentro de un grupo que es limitado en el cual están clasificadas las clases de flujo. Los enrutadores de borde utilizan el campo TOS que posee ocho bits y se encuentra en la cabecera del paquete, este campo es llamado DS, esto con el fin de marcar el paquete para darle un trato diferencial que debe ser aplicado por los enrutadores interiores. Hay que tener en cuenta que solo los enrutadores del borde necesitan mantener estados por flujo y ejecutar las políticas de QoS, esto es factible para implementar las políticas y modelación de tráfico intensivo en los enrutadores de borde, pero una vez dentro del núcleo de los proveedores de servicio, los paquetes necesitan ser transmitidos rápidamente.

Los enrutadores de borde marcan y clasifican el tráfico de acuerdo a la configuración de campo DSCP y monitorean el tráfico de entrada a la red por cumplimiento del perfil. El campo DSCP especifica que trato debe de recibir un paquete cuando se encuentra en el dominio DS.

Las funciones QoS pueden ser: clasificación de paquetes, marcación del campo DSCP o funciones de medición del tráfico. La clasificación de paquetes puede ser hecha de dos formas dependiendo de la conectividad del enrutador de borde, algunos enrutadores de borde son conectados a la red de clientes y otros son conectados a otros proveedores de servicios.

Un router de borde que es conectado a una red de cliente usa seis campos en un paquete IP de entrada, para determinar el PHB que el paquete debería recibir en la red núcleo. Una norma que mapea un paquete a un PHB no necesita especificar los

seis campos. Estas normas se refieren a las de clasificación, cuando una norma de clasificación no especifica un valor entonces no es usado para el propósito de clasificación.

Los routers de borde podrían usar solo un campo en el paquete IP de entrada para determinar el PHB para su red. Este campo podría ser el campo DS conteniendo el paquete de entrada. Un enrutador de borde simplemente cambia el campo DS a cualquier otro valor correspondiente a un específico PHB en los enrutadores de núcleo. Este tipo de clasificación sería esperada en los puntos de intercambio de otros proveedores de servicio. El dominio del proveedor de servicio vecino pudo haber estado usando un grupo diferente de PHB o puede usar diferentes valores de campo DS para representar el mismo PHB. Los medidores verifican la conformidad de flujos de tráfico a ciertos parámetros y pasan los resultados al marcador y al modelador/descarte.

Los medidores miden las propiedades temporales del flujo de paquetes seleccionado por un clasificador contra un perfil de tráfico especificado en el TCA. De tal manera que un medidor pasara la información del estado a otras funciones condicionales para activar las acciones particulares para cada paquete que sea dentro de perfil o fuera de perfil.

El marcador es responsable de la escritura y sobre escritura de los valores DSCP, este puede marcar los paquetes de acuerdo al clasificador de emparejamiento o también basado en la medición obtenida por los medidores. Los medidores de paquete establecen el campo DS de un paquete a un punto de código agregando el paquete marcado a un conjunto particular de comportamiento DS. El marcador puede ser configurado para señalar todos los paquetes que se dirigen a él, a un punto de código simple, o puede ser configurado para señalar un paquete a uno de un grupo de puntos de código usados para seleccionar un PHB en un grupo de ellos, de acuerdo al estado de un medidor. Cuando el marcador cambia el punto de código en un paquete, se dice que el paquete fue remarcado.

El Modelador/Descartar se encarga de dar forma al tráfico para ser compatible con el perfil y también puede descartar paquetes cuando exista congestión en la red. Los modeladores retardar algunos o todos los paquetes en un flujo de tráfico, a fin de que el flujo cumpla con un perfil de tráfico. Un modelador usualmente tiene un buffer que es finito, por lo tanto al no existir suficiente espacio los paquetes pueden ser descartados, es en este módulo que se descartan los paquetes a fin de que se cumpla con las políticas establecida de calidad de servicio. A este proceso se le conoce como políticas de flujo.

## 1.5 COMPORTAMIENTO POR SALTO (PHB)

El comportamiento PHB es el método que utiliza el *DiffServ* por el cual un nodo establece los recursos utilizados para un subconjunto de flujos. PHB define un porcentaje de la capacidad de un enlace. Este comportamiento ha sido descrito en la RFC 2475. Los enrutadores que se encuentran dentro de un campo DS solo necesitan enviar paquetes de acuerdo al PHB especificado. Si solo un comportamiento tipo PHB ocupa el enlace, el comportamiento agregado solo dependerá de la congestión del enlace.

Distintos comportamientos son observados en la red cuando múltiples PHB son agregados y estos compiten por el buffer o los recursos de ancho de banda en un nodo. Los comportamientos PHB pueden estar definidos en términos de sus recursos como son buffer y ancho de banda, en términos de su relativa prioridad con otros PHB o en términos de sus relativas propiedades de tráfico como pueden ser retardo o pérdida, de tal manera que múltiples PHB se agrupan para formar un grupo PHB que aseguren la consistencia.

Los comportamientos PHB son implementados en nodos a través de gestiones de buffer o mecanismos de planificación de paquete. Un grupo particular PHB puede ser implementado en una variedad de formas porque los PHB son definidos en términos de características de comportamiento y no son implementaciones dependientes.

En el modelo *Diffserv* es importante tener en cuenta que su principal aplicación es un SLA entre el usuario y el proveedor de servicio. Los clientes pueden marcar el octeto DS de sus paquetes para indicar el servicio deseado o tenerlos marcados por el enrutador limite basado en clasificación multicapa, tal como dirección IP destino y origen entre otros. Cuando un paquete cambia de dominio DS este puede ser reescrito por los nuevos enrutadores de borde de red.

Los PHB más usados son:  
Comportamiento por defecto,  
Selector de clase,  
Transmisión segura AF  
Transmisión acelerada EF.

## 1.6 CAMPOS DEL SERVICIO DIFERENCIADO

Los valores DS son conocidos como puntos de código de servicio diferenciado DSCP. En IP versión 4 (IPV4) solo los primeros tres bits son usados para propósitos de QoS, en *DiffServ* en cambio son utilizados seis bits. El mismo octeto ahora es referido como el campo DS. El campo DS se divide en tres bits de selector de clase y tres bits de precedencia, luego de que se utilizara este modelo en IP versión 6 (IPV6) también paso a ser utilizado en IPV4.

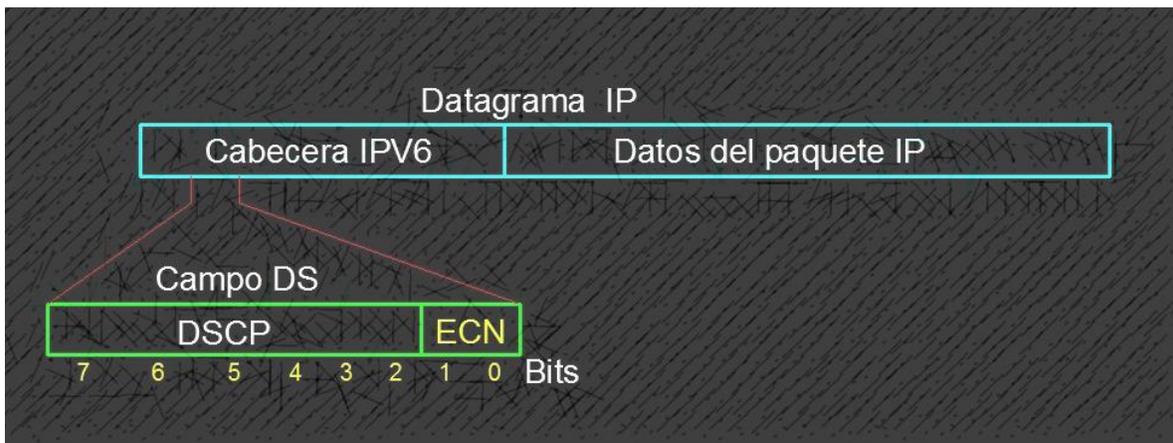


Figura 8 Datagrama de campo DS para Datagrama IPV6 también utilizado en IPV4

### 1.6.1 COMPORTAMIENTO POR DEFECTO

El PHB por defecto se comporta como de mejor esfuerzo y que corresponde al paquete tradicional sin calidad de servicio (QoS) enviado desde la red. Los paquetes transmitidos pertenecientes a este PHB podrían ser transmitidos en cualquier manera sin ninguna restricción. El punto de código recomendado por la IETF para el PHB de mejor esfuerzo es 0X000000.

### 1.6.2 SELECTOR DE CLASE

Los tres bits más a la izquierda del campo DS o del ToS definen ocho clases. Un paquete con un valor más alto en el campo selector es definido para tener mayor o igual prioridad que un paquete numérico más bajo. Un router no necesita implementar ocho niveles de prioridad en la red para soportar el selector de la clase PHB. Puede reclamar el cumplimiento con los estándares mediante el apoyo únicamente de dos niveles de prioridades con los ocho niveles mapeados a una de las dos clases.

### 1.6.3 TRANSMISIÓN ASEGURADA.

El PHB con transmisión asegurada AF (Assured Forwarding) es usado para proveer servicios asegurados al cliente, de tal manera que el cliente recibe la información fiable incluso cuando la red esta congestionada. Las clases 1 a 4 son conocidas como los niveles de servicio AF. Porque toman una decisión basada solo en el selector de clase que es muy tosca. El PHB AF fue creado para proveer más granularidades en las gestiones del buffer. Cuando los paquetes atrasados de un clase AF transmitida excede un específico umbral, los paquetes que han sido marcados con una alta prioridad de descarte son descartados primero y luego los paquetes con la prioridad de descarte más baja.

Cuando un nodo DS comienza a descartar paquetes con la prioridad de descarte más alta en una clase de transmisión, los paquetes en otra clase de transmisión no pueden experimentar ningún paquete descartado. Cada clase de transmisión tiene su ancho de banda asignado. Descartar paquetes solo toma lugar en la clase de transmisión en la cual el tráfico excede sus propios recursos.

Por lo general un nodo DS puede reordenar paquetes de diferentes clases AF pero no debería reordenar paquetes con diferentes prioridades de descarte en la misma clase. Los nodos de borde deberían evitar división de tráfico de la misma solicitud

de flujo en diferentes clases ya que daría lugar a paquetes reordenados con un micro flujo en la red.

El PHB AF posee cuatro colas diferentes para las cuatro distintas clases de tráfico (AF<sub>xy</sub>). Cada cola puede reservársele un ancho de banda y en caso de que el tráfico exceda ese ancho de banda podría dar lugar a descarte de paquetes. Hay que destacar que cuanto menor sea el valor será mejor, es decir que tiene menos probabilidad de descarte.

Existen cuatro clases: AF1, AF2, AF3, AF4, ninguna tiene ventaja sobre la otra todo depende del modo de configuración. Cuando se utiliza el modelo DSCP el segundo dígito representa la probabilidad de descarte. De tal manera que AF41 tiene menos probabilidad de descarte que AF43

CLASE	PORBABILIDAD DE DESCARTE		
	BAJA	MEDIA	ALTA
CLASE 1	AF 11 DSCP 10	AF 12 DSCP 12	AF 13 DSCP 14
CLASE 2	AF 21 DSCP 18	AF 22 DSCP 20	AF 23 DSCP 22
CLASE 3	AF 31 DSCP 26	AF 32 DSCP 28	AF 33 DSCP 30
CLASE 4	AF 41 DSCP 34	AF 42 DSCP 36	AF 43 DSCP 38

*Tabla 1 Tabla de probabilidad de descarte para la clase AF del campo DSCP*

#### 1.6.4 TRANSMISIÓN ACELERADA.

La clase 5 es conocida como la transmisión acelerada E.F.(Expedited Forwarding)

El PHB EF es usado para proporcionar servicios de alta calidad a los clientes. Tienen un retardo bajo, bajo jitter en el servicio junto a una tasa de bits constante CBR (Constant Bit Rate) para el cliente. El SLA especifica la tasa de bit pico en la

cual las aplicaciones de los clientes serán recibidas y el no exceder esta tasa es una responsabilidad del cliente.

El PHB EF es implementado en una variedad de formas. Por ejemplo, si una prioridad de encolamiento es usada, entonces debe haber un límite superior, configurada por el administrador de red, en la tasa de tráfico de EF que debería ser permitido. El tráfico de EF que excede el límite es descartado.

## 1.7 SERVICIO INTEGRADO Y DIFERENCIADO EN COMBINACIÓN

Una posible mejora de los proveedores de servicio por arquitecturas DiffServ es representada por una combinación de enfoque IntServ/DiffServ.

La arquitectura basa su hipótesis en que dentro de las pequeñas redes privadas donde la disponibilidad del ancho de banda es reducida, cada cliente necesita ser identificado y merece un tratamiento especial, mientras que las conexiones troncales de una red tiene disponibilidad completa de ancho de banda y la diferenciación del tráfico a través de pocas clases de tráfico es suficiente para garantizar el SLA requerido.

Actualmente, el enfoque de IntServ puede ser reservado a pequeñas Intranets privadas donde no hay problemas de escalabilidad y el enfoque de DiffServ puede ser usado a la interconexión de conexiones troncales. La recomendación general es utilizar IntServ para pequeñas redes privadas y para el acceso de segmento. No obstante, esto significa que QoS no cuantitativo puede ser provisto sobre una conexión troncal para cada cliente, también en caso de necesitarlo, esto es aceptable teniendo el servicio de internet de mejor esfuerzo en mente y prestaciones de servicios cualitativos, pero esto puede ser difícilmente aplicado a redes de ofrecimiento cuantitativo basado en el SLA de servicios garantizados de QoS en ambientes peligrosos, esto es verdad, en particular, si el ambiente de aplicación incluye enlaces de baja velocidad y no tiene gran disponibilidad de ancho de banda, como a menudo ocurren con muchas aplicaciones: redes satelitales o de radio, redes de sensores. Las redes mencionadas a menudo transportan servicios que requieren un muy estricto SLA: Monitoreo de ambiente, aplicaciones militares y servicios de salud.

## 1.8 ADMINISTRACIÓN DE LA CONGESTIÓN Y ENCOLAMIENTO

La congestión de redes es similar al tráfico de automóviles entre más automóviles hay en una carretera la velocidad para transitar es más baja. El fenómeno de congestión se da cuando algún dispositivo o interfaz en la red de datos tienen menor capacidad para transportar los datos, se puede asemejar a una carretera que a la entrada tiene cinco carriles pero a la salida posee solamente dos carriles, también este efecto se asemeja a un cuello de botella lo que produce que la velocidad final de los paquetes en la red sea igual a la velocidad más lenta.

Si se imagina un enlace de Gigabite a la entrada y los paquetes deben salir por un enlace Ethernet, en este caso la interfaz de salida tiene menos capacidad que la interfaz de entrada.

La congestión se trata como un problema en la red pues la hace ineficiente, cuando un red se encuentra congestionada la mayor parte del tiempo habrá que pensar en incrementar el ancho de banda.

Generalmente la mayoría de redes pueden llegar a presentar en ciertos momentos un incremento en el envío de paquetes por lo que se crearía congestión en la red. Para minimizar el impacto negativo que trae este fenómeno es posible implementar diferentes técnicas de encolamiento, el propósito de esta técnica es mantener una mayor eficiencia de la red. Existen diferentes tipos de encolamiento, y dependiendo de la técnica así será el comportamiento de los paquetes que serán elegidos para ser descartados cuando la cola se desbordada.

Según la arquitectura de encolamiento existen dos tipos de cola, La primera es la cola de Hardware, hasta este encolamiento este desbordado se comenzara a utilizar la cola de Software y es aquí donde comienza a almacenarse y procesarse los paquetes de acuerdo al tipo de encolamiento implementado como pueden ser:

FIFO, PQ, CQ, RR, LLQ, entre otras. Al final los paquetes serán llevados a la cola de salida o cola de Hardware que usa un mecanismo FIFO.

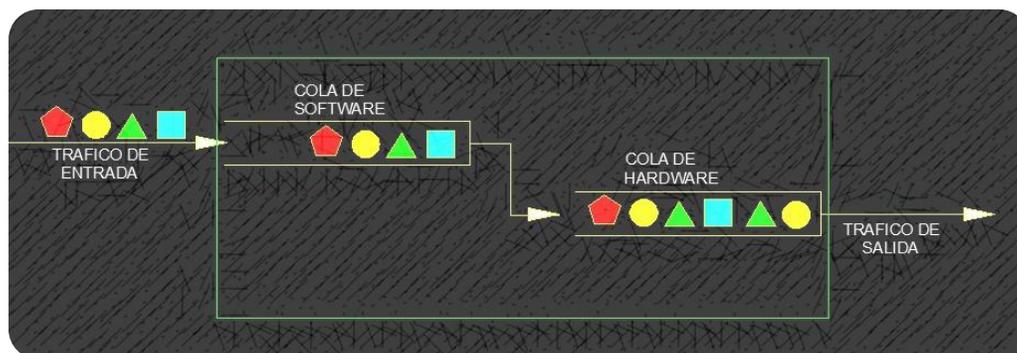
### 1.8.1 FIRST IN FIRST OUT (FIFO)

Este es el mecanismo por defecto del encolamiento para aquellas conexiones igual o inferiores a los 2,480Mbps, como lo es la conexión E1.

FIFO, su traducción significa: primero en entrar primero en salir, es un encolamiento sencillo, cuando se percibe la red con congestión entonces entra a trabajar el encolamiento FIFO manteniendo el orden de llegada de los paquetes.

Los paquetes son almacenados cuando hay congestión en la red y se envían cuando se tiene la posibilidad. Este modelo no ofrece ninguna prioridad para los paquetes, esto no es ningún problema para aquellas aplicaciones orientadas a la conexión como lo son aplicaciones de descarga de archivos TFTP, quienes pueden esperar a que disminuya la congestión o trabajar a menos velocidad para enviar los datos. Para las aplicaciones como telefonía IP, la cual es sensible a retardos, este tipo de encolamiento no es el adecuado, puede ser saturado y evitar el paso de los paquetes de VoIP, o solo dejar pasar algunos, lo que provocará llamadas entrecortadas o que llegue a caerse la llamada

Lo que ha provocado que este cayendo en desuso.



*Figura 9 Encolamiento de tipo FIFO*

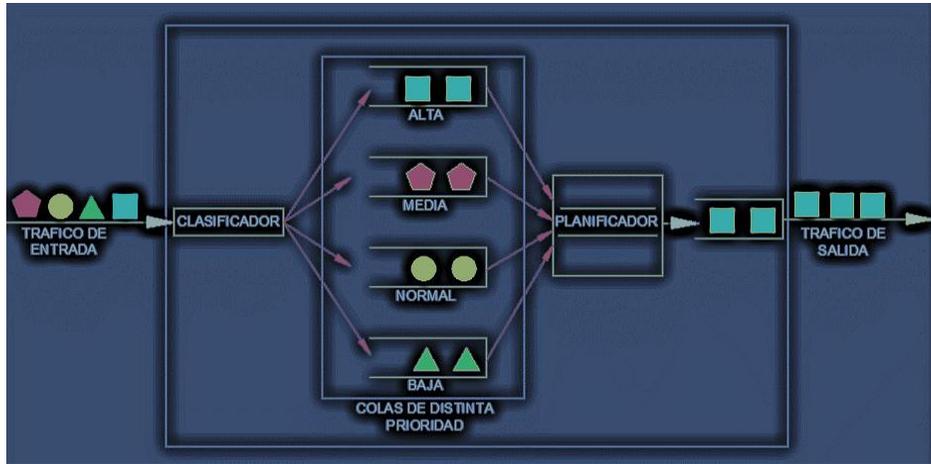
## 1.8.2 PRIORITY QUEUING (PQ)

PQ (Organización de colas por prioridad), da prioridad al tráfico que calificamos como importante, lo que asegura que este tráfico reciba un trato preferencial a lo largo de la red. Se debe recordar que es importante clasificar que tipo de paquetes estarán en cada una de las posibles colas.

Existen 4 colas de prioridad clasificadas como:

- ✓ ALTA
- ✓ MEDIA
- ✓ NORMAL
- ✓ BAJA

Todos los paquetes no configurados en ninguna de las colas, serán clasificados dentro de la cola de prioridad normal. El mecanismo utilizado para clasificar los paquetes en las colas será ACL (listas de acceso). Este es un método muy riguroso en cuanto a sus prioridades pues no enviara ningún paquete de las siguientes colas hasta que la cola con mayor prioridad sea vaciada, si la cola alta es vaciada, será revisada la cola media para procesar los paquetes, luego de terminar volverá a la cola alta para verificar si no hay nuevos paquetes, así sucesivamente hasta llegar a la cola con menor prioridad.



*Figura 10 Encolamiento tipo PQ*

### 1.8.3 CUSTOM QUEUING (CQ)

CQ (Organización de colas a la medida), este método fue diseñado para permitir que varias aplicaciones compartieran la red, además que las clasificaciones tuvieran un ancho de banda mínimo garantizado y garantías aceptable en cuanto a los retrasos

El encolamiento a la medida o personalizado permite la creación de hasta 16 tipos de cola de usuario, posee una cola 0 que se crea automáticamente la cual tiene prioridad sobre todas las demás colas, esta transporta paquetes de control de red como señalización, entre otros.

Este tipo de encolamiento asegura que cada cola sea atendida, evitando la situación potencial de PQ de que una cola de menor prioridad deje de ser atendida, este tipo de cola como su nombre lo indica puede ser personalizado, dándole un cierto ancho de banda a cada cola, lo que ofrece un servicio más refinado pero no asegura ninguna prioridad absoluta, como es el caso de PQ. Por defecto se tienen 1500 bytes de procesamiento en cada turno de cola, pero el usuario puede hacer la gestión y configuración más adecuada que crea conveniente.

La desventaja del encolamiento personalizado es que se deben crear sentencias de políticas en cada interfaz de tráfico para clasificar el tráfico de las colas. Al no crear

las políticas el tráfico es ubicado en una cola simple y es procesado como una cola FIFO.

Los problemas de las técnicas PQ, y CQ son que se configuran estáticamente lo que no les permite adaptarse a los cambios de la red, además de ser métodos más lentos que el tradicional FIFO.

#### 1.8.4 WEIGHTED FAIR QUEUING (WFQ)

Clasifica dinámicamente el tráfico de red dentro de flujos individuales y asigna a cada flujo una participación equitativa del total del ancho de banda. Este es un tipo de encolamiento más sofisticado, aquí se clasifica el flujo de datos en dos tipos; flujo de ancho de banda alto y flujo de ancho de banda bajo. Los flujos de ancho de banda bajo como Telnet, obtienen prioridad sobre los flujos de ancho de banda alto como el tráfico FTP.

Si existen simultáneamente flujos de ancho de banda alto, estos compartirán el ancho de banda de manera uniforme siempre que hayan sido atendidos en primer lugar los flujos de ancho de banda bajos. Si los paquetes de un flujo específico exceden la capacidad de la cola estos serán descartados.

Para los flujos de ancho de banda alto, los mensajes que intentan entrar en la cola son descartados cuando se ha excedido el umbral de encolamiento. Sin embargo los mensajes de ancho de banda bajo aún pueden entrar a la cola aunque el umbral de descarte congestivo este excedido por esta cola. Aparte de la diferencia entre flujos, los paquetes no tienen ninguna prioridad o peso la una sobre la otra, es un encolamiento equitativo.

WFQ es un mecanismo de encolamiento dinámico el cual asegura que todas las conversaciones en la red tengan un ancho de banda equitativo. A diferencia de PQ y CQ los cuales necesitan ser configurados manualmente, WFQ se adapta

dinámicamente a los cambios de la red, incluyendo nuevos protocolos y aplicaciones.

WFQ toma en cuenta el campo ToS y de precedencia IP. Cuando los campos ToS e IP son diferentes, este toma la precedencia IP para dar prioridad al tráfico.

#### 1.8.5 CLASS BASED WEIGHTED FAIR QUEUING (CBWFQ)

Este es un tipo de encolamiento basado en WFQ donde al usuario o programador se le permite la definición manual de clases, cada una de las cuales es asignada a su propia cola, las cuales se definen mediante el uso de un comando llamado class maps.

A cada cola se le define un mínimo de ancho de banda que puede utilizar, si los recursos están disponibles estas colas tienen la capacidad de tomar más ancho de banda.

Con CBWFQ se tiene la posibilidad de crear hasta 64 colas, cada cola es de tipo FIFO con un ancho de banda mínimo garantizado, pero con la posibilidad de configurar un ancho de banda para cada cola

Existen tres procesos a tomar en cuenta al configurar CBWFQ que son:

- ✓ Definir las clases de tráfico para especificar las políticas de clasificación.
- ✓ Asociar las políticas con cada clase de tráfico, estas son las características de clase.
- ✓ Adjuntar las políticas a las interfaces. Este proceso requiere que se asocie una política existente con una interfaz para aplicarle las políticas establecidas.

#### 1.8.6 LOW LATENCY QUEUING (LLQ)

Este es un tipo de encolamiento muy importante, ha sido creado para proporcionar baja latencia o bajo retardo y es ideal para aquellas aplicaciones en tiempo real, está diseñado con una cola que tiene prioridad estricta, lo que es importante para las aplicaciones sensibles a retardo o jitter, a diferencia de otros encolamiento prioritarios como PQ, donde la cola puede llegar a anular las demás colas de menor prioridad, en LLQ esta cola está limitada pues se le asigna un ancho de banda, lo que permite que las otras colas en proceso también puedan ser enviadas.

Se puede decir que este sistema es una evolución de CBWFQ, su trabajo es similar con la diferencia que se le han agregado colas prioritarias estrictas utilizadas para el tráfico en tiempo real como la telefonía IP.

Aunque es posible encolar varios tipos de tráfico en tiempo real a la cola de prioridad estricta, es recomendable que se direccionen únicamente el tráfico de voz, pues el tráfico de voz tiene un comportamiento estable en comparación con otro tipo de tráfico en tiempo real.

## CAPITULO II

### 2 ANALISIS DE LA RED VoIP EN LA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA (FIA).

#### 2.1 LA TELEFONIA IP

La telefonía IP nace con la necesidad de crear una red telefónica, convirtiendo la señal analógica de la voz a un sistema digital, lo que posibilita utilizar las redes de datos para efectuar las llamadas y a partir de la transmisión de datos desarrollar una red que se encargue de transmitir todo tipo de comunicación, ya sea vocal o de datos.

Los Protocolos que se usan para enviar las señales de voz sobre la red IP se conocen como protocolos de Voz sobre IP o protocolos IP. Estos pueden verse como aplicaciones comerciales de la “Red experimental de Protocolo de Voz” (1973), inventada por ARPANET.

El hecho de tener una red donde convergen datos y voz, es beneficioso para cualquier operador que ofrezca ambos servicios, se tiene dos tipos de servicio en una misma red, esto implica menos gastos de mantenimiento, personal calificado en una sola tecnología.

Las redes desarrolladas a lo largo de los años para transmitir las conversaciones vocales, se basaban en el concepto de conmutación de circuitos, lo que significa que la realización de una comunicación requiere el establecimiento de un circuito físico durante el tiempo que dura esta, por lo tanto los recursos que intervienen en la realización de una llamada no pueden ser utilizados en otra hasta que la primera no finalice, incluso durante los silencios que se suceden dentro de una conversación típica. En las redes de datos, basadas en el concepto de conmutación de paquetes,

una misma comunicación sigue diferentes caminos entre origen y destino durante el tiempo que dura, lo que significa que los recursos que intervienen en una conexión pueden ser utilizados por otras conexiones que se efectúen al mismo tiempo.

Se podría pensar, si las redes de conmutación de paquetes son tan buenas, ¿porqué no se utilizan para las llamadas telefónicas?, La verdad es que este tipo de redes también tienen desventajas, transportan la información dividida en paquetes, por lo que una conexión suele consistir en la transmisión de numerosos paquetes, estos paquetes pueden perderse, y además no hay una garantía sobre el tiempo que tardarán en llegar de un extremo al otro de la comunicación. La pérdida de los paquetes es lo que provoca que la comunicación mediante la telefonía IP tenga inconvenientes y tienda a tener problemas cuando una red está saturada lo que no ocurre en una central convencional porque el circuito es dedicado únicamente a la comunicación de la llamada que se esté realizando.

Los problemas de calidad de servicio telefónico a través de redes de conmutación de paquetes, van disminuyendo con la evolución de las tecnologías involucradas, y poco a poco se va acercando el momento de la integración de las redes de comunicaciones de voz y datos.

## 2.2 LA TELEFONIA IP EN LA FIA.

Con los avances tecnológicos a pasos agigantados y con la constante evolución de los nuevos dispositivos, que cada vez nos sorprenden, llega de la mano también la telefonía IP que se presta para una nueva era de comunicación a través de la red de internet.

Ninguna empresa o institución que quiere estar a la vanguardia de las nuevas tecnologías puede dejar de lado a la telefonía IP, hay un campo de trabajo para este nuevo tipo de servicio y en el caso de la facultad de Ingeniería y Arquitectura

se ha instalado una pequeña red con su servidor y teléfonos IP. Con el fin de implementar nuevas tecnologías para el beneficio de la institución.

Implementar la telefonía IP no es tarea sencilla deben realizarse una serie de pruebas y darle un seguimiento al servicio. El objetivo a largo plazo es sustituir los teléfonos tradicionales que utilizan costosas plantas telefónicas, por teléfonos IP que al parecer son el futuro en la comunicación telefónica. Por el momento únicamente se está experimentando en las escuelas de la facultad y en un futuro próximo se ira expandiendo a más usuarios. Haciendo una estimación, de la cantidad de usuarios que podrían existir, tomando como base un numero promedio de 15 profesores por escuela más algunas oficinas administrativas y unidad de ciencias básicas, las necesidades de teléfonos IP podría superar las 200 líneas activas, aunque esto solo es un supuesto.

### 2.2.1 RED LOGICA FIA-UES

En la facultad de ingeniería y arquitectura de la universidad de El Salvador se tiene una red lógica como esta.

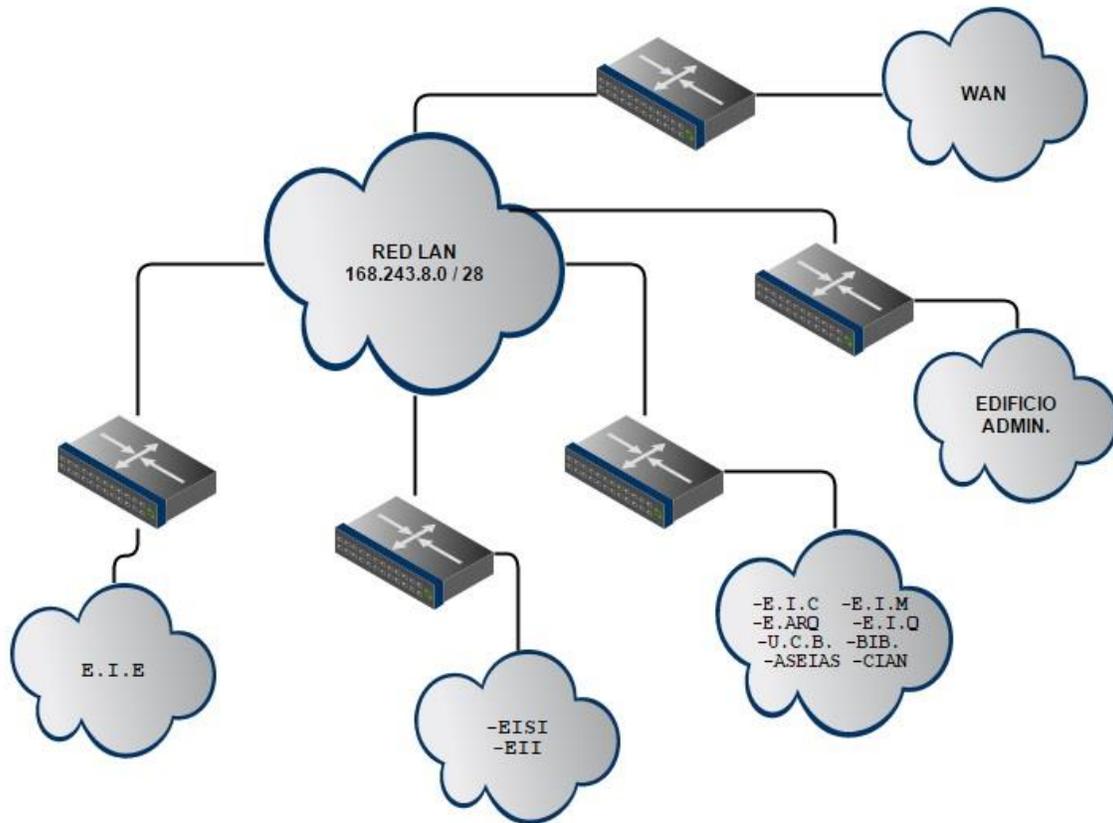


Figura 11. Esquema lógico de la red FIA-UES.

En la figura anterior se puede observar una intercomunicación en toda la red, en ella viaja todo tipo de flujo de datos, desde la comunicación VoIP, páginas web, correo electrónico, video, música, transporte de archivos, etc... La red además de llevar todo el tráfico no tiene aplicada ninguna técnica de calidad de servicio, lo que significa que cada paquete viaja con la filosofía best effort (Mejor esfuerzo), se debe tomar en cuenta que esta facultad posee una gran cantidad de departamentos y escuelas de aprendizaje y que cada una de ellas posee una gran cantidad de alumnos, por tanto es inevitable pensar en la congestión de la red en determinadas horas del día, siendo esto una de las mayores dificultades que deben superar la

telefonía IP para poder dar un servicio aceptable y comparable a los teléfonos analógicos.

Es imprescindible contar con políticas de calidad de servicio, si se desea que la red de telefonía IP sea factible para el usuario final.

## 2.2.2 CARACTERISTICAS Y EQUIPOS DE LA RED DE TELEFONIA EN LA FIA-UES

En la facultad de ingeniería y arquitectura, se está implementando una red de telefonía VoIP, esta investigación trata de aportar información útil al proceso de desarrollo en el área de telefonía IP. Se realizó una investigación de los equipos utilizados en la red de la FIA y de sus características de comunicación, con el fin de conocer a fondo cual es la posibilidad de poder aplicarle calidad de servicio a cada dispositivo, teniendo en cuenta que la mayoría son de marcas, modelos y tecnologías diferentes, es importante estar al tanto de los equipos para proporcionar buenas políticas de calidad de servicio que puedan ser implantadas en cada dispositivo y conocer qué tipo de técnicas pueden aplicarse.

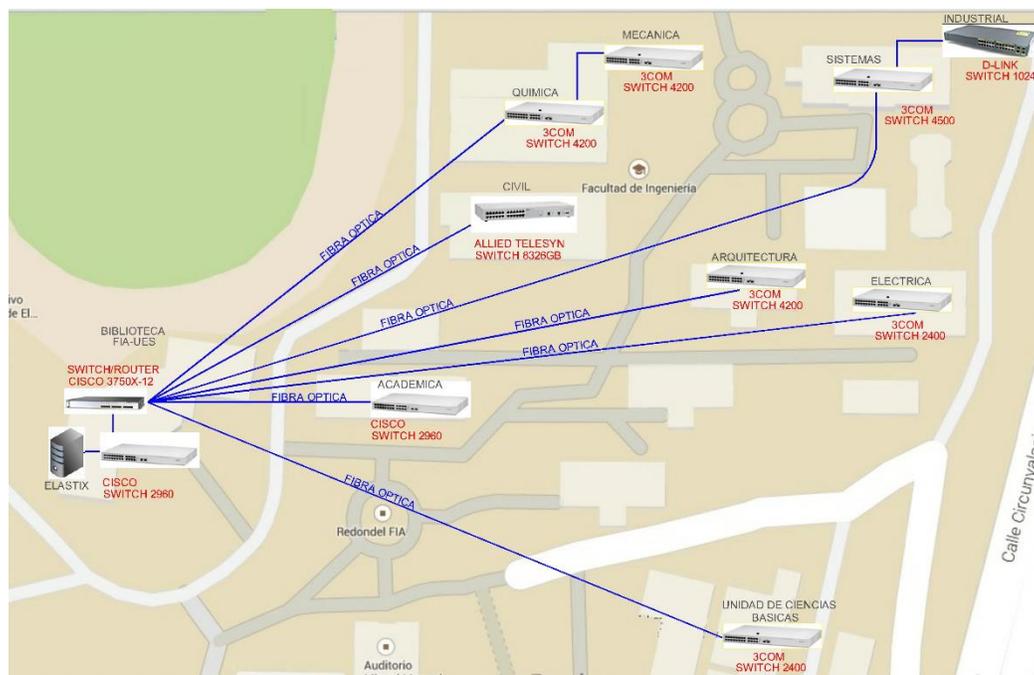


Figura 12 Distribución de principales equipos de red en la FIA

En primer lugar se tiene un servidor que tienen instalado un software de gestión de telefonía llamado Elastix; es un sistema de Servidor de Comunicaciones Unificadas que se integra en un solo paquete que contiene:

- VoIP PBX ( Telefonía IP )
- Fax
- Mensajería Instantánea
- Correo electrónico

A pesar de todos estos beneficios únicamente se utiliza el sistema de telefonía IP; VoIP PBX.

La mayoría de los equipos que sirven como puntos de acceso, instalados en la FIA son switch de la marca 3COM dentro de los cuales hay de diferentes tipos aunque también se encuentran de otras marcas en menor cantidad

A continuación se presenta una tabla de los equipos que se encuentran como primer punto de conexión en cada escuela, siendo estos los puntos más importantes pues es donde converge toda la información o flujo de datos que entra a cada escuela, se debe investigar si la mayor parte de estos equipos podrían aceptar configuraciones de calidad de servicio.

## EQUIPOS PRINCIPALES

EQUIPOS REDES DE DATOS EN LA FIA					
UBICACIÓN	TIPO	MARCA	MODELO	ACEPTA QoS	VELOCIDAD
BIBLIOTECA CENTRAL	SWITCH/ROUTER	CISCO	3750X-12	SI	1 Gbps
	SWITCH	CISCO	2960	SI	1 Gbps
ACADEMIACA FIA	SWITCH	-	-	-	100 Mbps
INGENIERIA CIVIL	SWITCH	ALLED TELESYN	8326GB	SI	1 Gbps
ARQUITECTURA	SWITCH	3COM	4200	SI	1 Gbps
INGENIERIA QUIMICA	SWITCH	3COM	4200	SI	1 Gbps
INGENIERIA MECANICA	SWITCH	3COM	4200	SI	1 Gbps
INGENIERIA INDUSTRIAL	SWITCH	D-LINK	DES-1024D	SI	100 Mbps
INGENIERIA EN SISTEMAS INFORMATICOS	SWITCH	3COM	4500	SI	1 Gbps
UNIDAD DE CIENCIAS BASICAS	SWITCH	3COM	2400	SI	100 Mbps
INGENIERIA ELECTRICA	SWITCH	3COM	2400	SI	100 Mbps

*Tabla 2 Resumen de equipos utilizados en la FIA*

### 2.2.3 EQUIPOS PRINCIPALES, PUNTOS DE ACCESO EN LAS ESCUELAS DE LA FIA.

BIBLIOTECA FIA  
SWITCH CISCO 2960  
24 PUERTOS ETHERNET y 2 PUERTOS GIGABITE



*Figura 13 Switch Cisco, Modelo: 2960 (www.router-switch.com)*

SWITCH-ROUTER CISCO 3750X  
12 PUERTOS



*Figura 14 Switch Cisco de capa 3 modelo: (www.router-switch.com)*

ACADEMICA FIA  
SWITCH CISCO 2960  
24 PUERTOS ETHERNET y 2 PUERTOS GIGABITE



*Figura 15 Switch Cisco, Modelo: 2960 2960 (www.router-switch.com)*

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
SIWTCH ALLIED TELESYN  
8326GB PUERTOS



*Figura 16 Switch Allied Telesyn (www.rajanetwork.com)*

ESCUELAS DE ARQUITECTURA  
INGENIERIA QUIMICA  
INGIENEIRA MECANICA  
SWTICH 3COM 4200  
26 PUERTOS



*Figura 17 Switch 3COM Modelo 4200  
([www.sct-systems.com](http://www.sct-systems.com))*

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
D-LINK DES- 1024D  
24 PUERTOS



*Figura 18 Switch 3COM Modelo 2024  
([www.sct-systems.com](http://www.sct-systems.com))*

ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS  
SWTICH 3COM 4500  
26 PUERTOS



*Figura 19 Switch 3COM Model 4500 ([www.sct-systems.com](http://www.sct-systems.com))*

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA  
SWTICH 3COM 2400  
26 PUERTOS



*Figura 20 Switch 3COM Modelo 2400 ([www.sct-systems.com](http://www.sct-systems.com))*

#### 2.2.4 LISTA TELEFÓNICA DE RED IP

Esta es la lista de teléfonos que tiene la FIA

## 2.3 ENCUESTA BASICA DE PERCEPCIÓN DE USURIOS DEL SERVICIO DE TELEFONÍA IP EN LA FIA.

### OBJETIVOS

- ✓ Conocer la percepción de los usuarios de telefonía IP
- ✓ Investigar el uso de la telefonía IP

### ALCANCES

- ✓ Conocer si existe algún tipo de inconvenientes al utilizar la telefonía IP, pasando una encuesta de percepción y preferencia

### LIMITACIONES

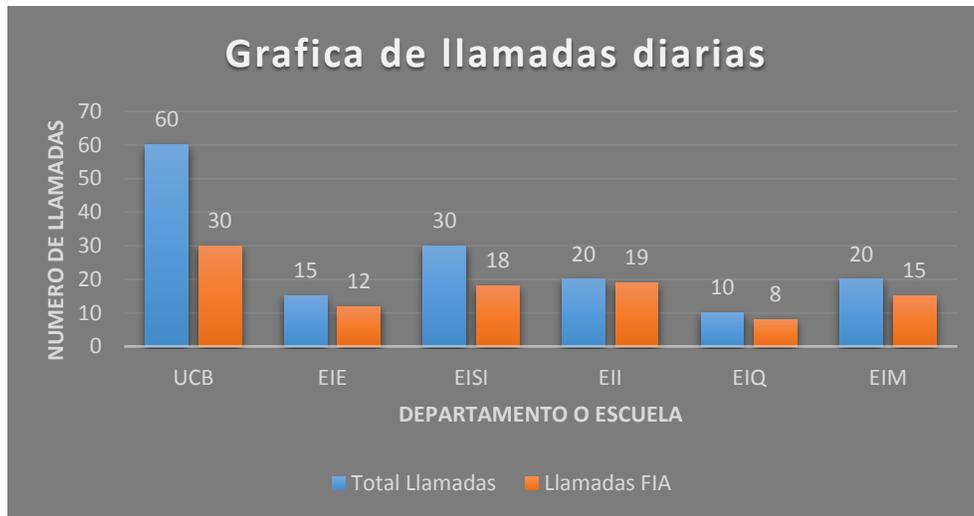
- ✓ Para realizar la encuesta no se toma como bases ninguna teoría estadística, debido a que el número de usuarios es reducido. Únicamente se toma una muestra significativa respecto al número de usuarios.

Se realizó una encuesta básica de la percepción que tienen los usuarios del servicio de telefonía IP. No se ha utilizado métodos estadísticos o formales debido al número reducido de terminales. La red de prueba que está diseñada para llegar a cada escuela o departamento de la FIA tiene como usuarios a las secretarias de cada escuela o departamento. Este es el punto de partida para consultar acerca del uso que tiene la telefonía IP en la Facultad.

La encuesta que se lleva a cabo consta de diez preguntas y lo que se resume a continuación es la percepción del servicio por parte de los usuarios.

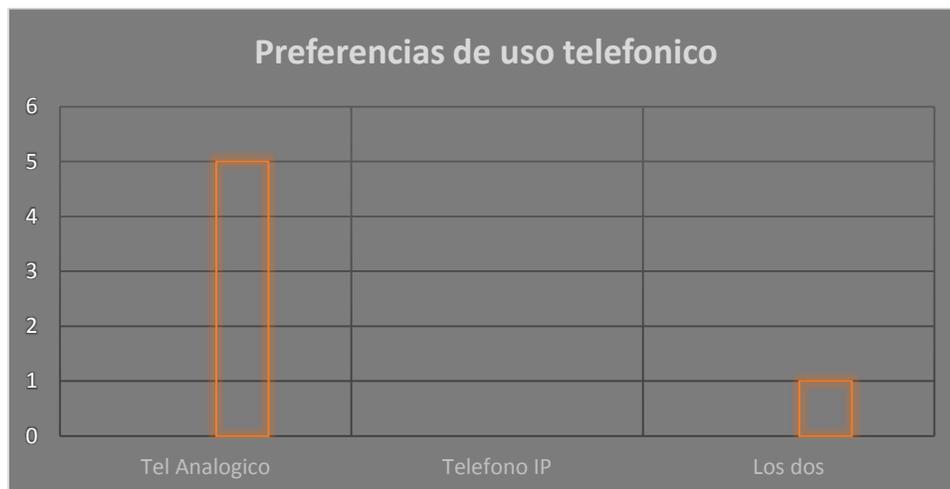
Las primeras preguntas tratan de obtener una estimación del número de llamadas que se realizan:

1. En promedio ¿Cuántas llamadas realiza y recibe al día?
2. ¿Qué número de llamadas se realizan dentro de la FIA?



Grafica 1 Estimación de llamadas telefónicas

3. ¿Cuál de los dos teléfonos prefiere utilizar para realizar la llamada?



Grafica 2. Preferencia de uso telefónico con diferentes tecnologías

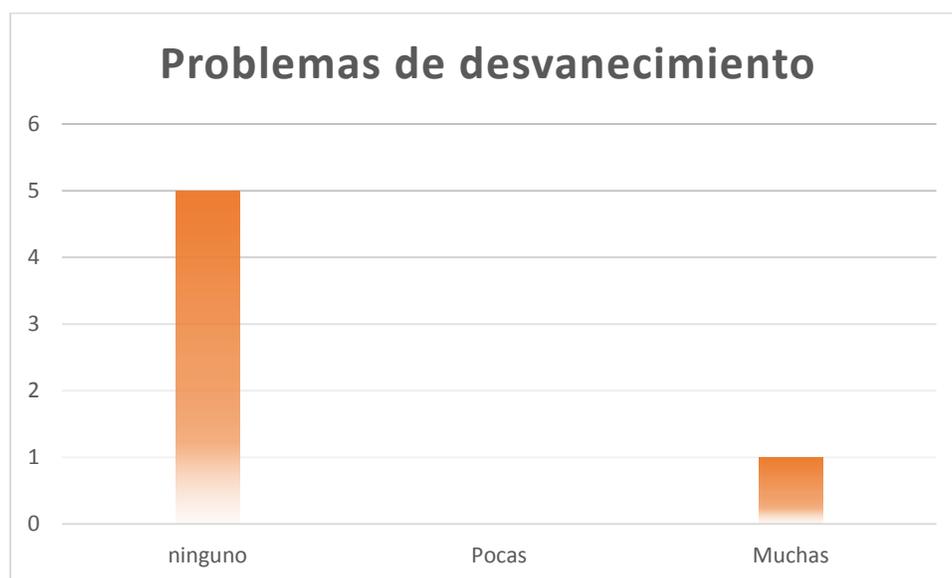
#### 4. ¿Porque prefiere utilizar ese teléfono?

En esta pregunta obtenemos varias respuestas, entre las cuales vamos a destacar que el teléfono no puede realizar llamadas fuera de la facultad y que generalmente se tiene algún tipo de problema con el servicio.

Cuando se pasó esta encuesta en dos de las escuelas ya no poseen el servicio de telefonía IP, al parecer se dieron una serie de problemas y se descontinuo su uso.

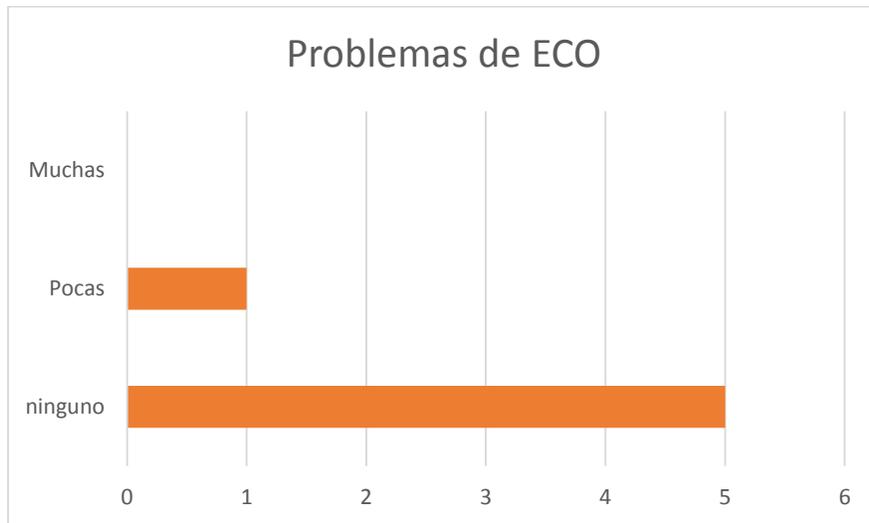
Las siguientes preguntas son relacionadas específicamente a conocer como se percibía el servicio en la telefonía IP, todas van relacionadas al uso de este dispositivo. En el caso de los usuarios que ya no lo poseen se les pidió hacer referencia al uso que le dieron mientras estaba en funcionamiento.

#### 5. ¿Ha experimentado desvanecimiento en la voz?



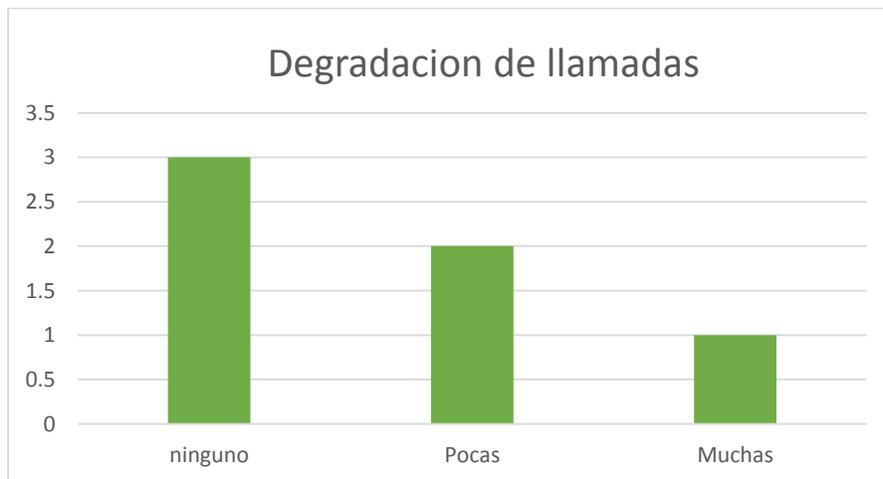
Grafica3. Problemas de desvanecimiento de en la voz

6. ¿ha experimentado Eco?



Grafica 4 Problemas de ECO durante una llamada

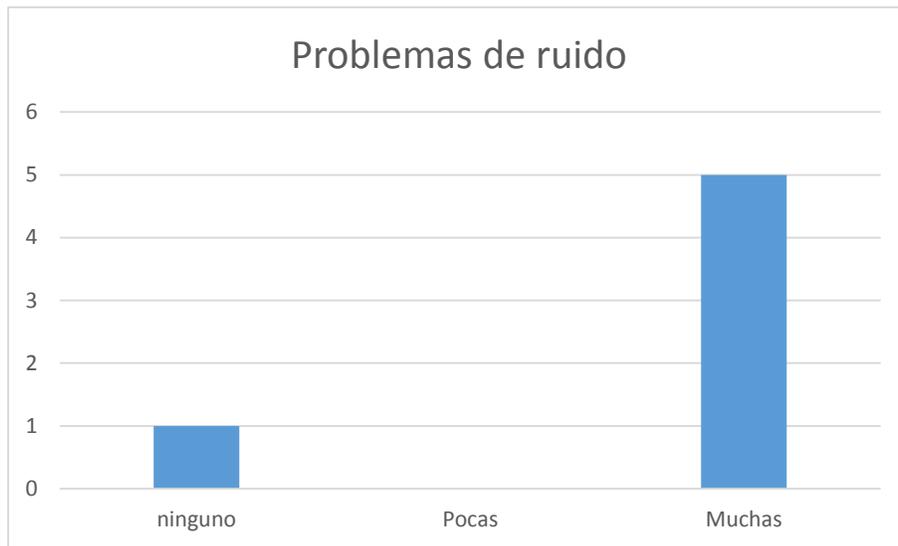
7. ¿Ha experimentado llamadas entrecortadas?



Grafica 5. Degradación de la voz durante una llamada

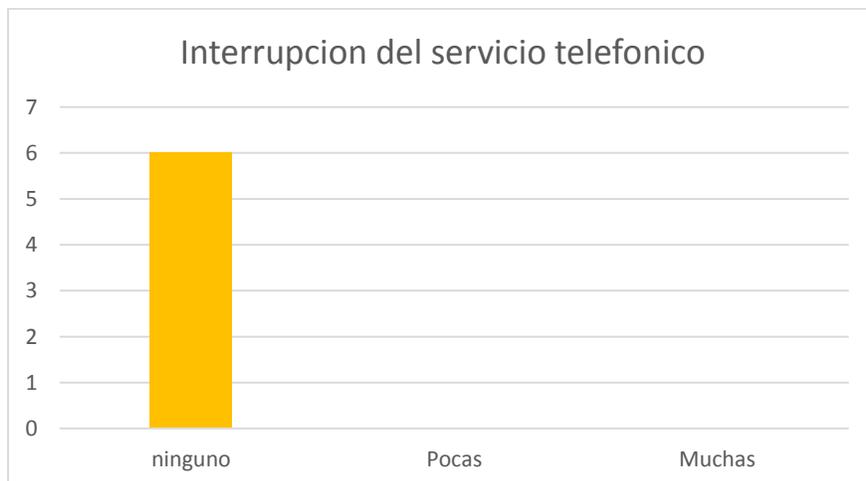
8. ¿Ha experimentado ruido?

## RUIDO



Grafica 6. Problemas de ruidos. Generalmente ocasionados por otras señales

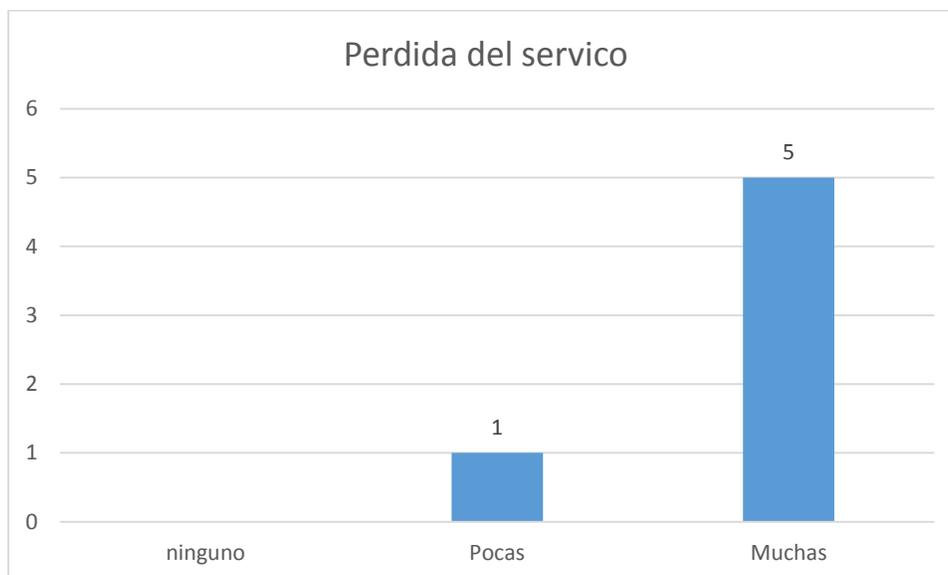
9. ¿Ha experimentado caída del servicio telefónico IP cuando está hablando?



Grafica 7. Interrupciones del servicio durante la llamada

## Pregunta 10

10. ¿Ha experimentado falta del servicio telefónico IP?



Grafica 8. Perdida del servicio telefónico al tratar del realizar una llamada

### 2.3.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA:

La mayoría de los encuestados tienen una mala percepción del teléfono IP, esto debido a su limitado servicio. Existen inconvenientes, por ejemplo; se tiene que varios dispositivos conectados en las diferentes facultades comenzaron a tener fallas de comunicación, como son; ruido y llamadas entrecortadas, además se reportó que algunos teléfonos dejaron de funcionar, limitando así aún más el número de usuarios con los que se podía comunicar. Una de las dificultades más usuales, fue que los teléfonos muchas veces se encontraban fuera de servicio para realizar las llamadas telefónicas, lo que llevo a recurrir en primera instancia por el teléfono analógico, el cual por su naturaleza aislada de la red de datos siempre estaba disponible.

Al observar en conjunto las respuestas, se observa que la mayoría de los usuarios ha experimentado más de algún problema antes mencionado, lo que lleva a que exista un rechazo razonable a la utilización de la tecnología VoIP, pues se observan fenómenos que no suceden en comparación con el teléfono analógico tradicional.

Cuando se les pregunta a los usuarios ¿cuál de los teléfonos prefiere? no existe una respuesta afirmativa de preferencia a la utilización del teléfono IP. Se podría decir que no existe una fiabilidad en la telefonía IP.

A pesar de las dificultades técnicas que se han tenido, aún se utiliza el Teléfono IP, algunos usuarios tratan de hacer uso de los teléfonos pero no es la opción más preferida, debido a sus limitaciones y defectos.

La telefonía IP marca una diferencia de tecnología con respecto a la comunicación analógica, por ser un sistema relativamente nuevo, muchas veces no se dispone del conocimiento necesario, se debe entender que muchos inconvenientes se dan por la manera en que fue diseñada la comunicación en Internet, siguiendo un protocolo orientado a la conexión, esto implica que todos paquetes enviados por el mismo medio tienen la misma probabilidad de llegar o no llegar a su destino, en los protocolos orientados a la conexión esto no es un gran problema, si un paquete de datos no llega a su destino, la fuente emisora retransmite el paquete perdido y espera una respuesta de haber sido entregado con satisfacción a su destinatario, lo que permite que la información llegue con mucha fiabilidad. En la telefonía IP los paquetes de datos no pueden retardarse o darse por perdidos pues es una comunicación en tiempo real, lo que significa que no deberían de existir retrasos ni pérdidas de paquete pues afectarían el mensaje de la comunicación oral.

Cuando se tienen una red convergente donde viajan diferentes flujos de datos es necesario administrar calidad de servicio a la red, con el fin de que los paquetes que son sensibles a retardo o pérdidas puedan tener prioridad dentro de la red, cuando la red trabaja con eficiencia y no sobrepasa el ancho de banda, las técnicas de calidad de servicio no son necesarias, pero cuando la red es saturada por muchos paquetes y ésta comienza a exceder el ancho de banda establecido entonces es cuando entra en acción la calidad de servicio.

## 2.4 PRUEBA PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LLAMADAS IP EN UNA RED CON TRÁFICO.

PARA LA PRUEBA:

### OBJETIVOS

- ✓ Conocer cómo afecta el ancho de banda a la telefonía IP

### ALACANCES

- ✓ Investigar que problemas podría ocasionar a la telefonía IP un limitado ancho de banda y una red congestionada

### LIMITANTES

- ✓ El experimento se realiza con equipos en laboratorio. No es posible realizar pruebas a la red debido a su restringido acceso.

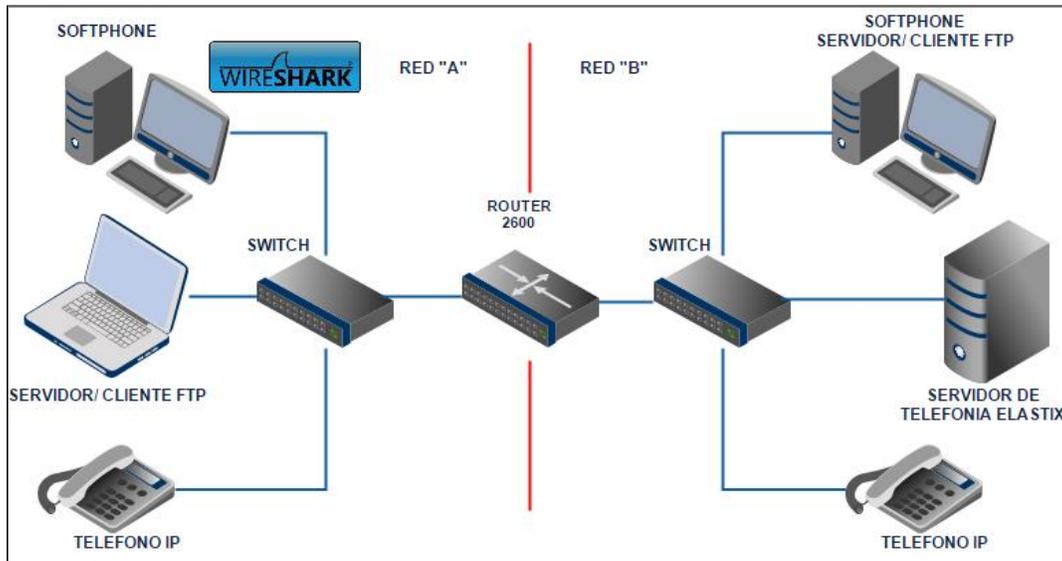
Se ha realizado una prueba para tomar parámetros de eficiencia y calidad al servidor de Telefonía IP, utilizando una pequeña red sin QoS, dos teléfonos IP, dos computadoras con un programa de emulación de teléfono IP (softphone), un servidor Elastix que gestiona las llamadas IP y el software wireshark para capturar los datos y analizar el tráfico de las llamadas telefónicas en el laboratorio.

Equipo utilizado:

- 2 teléfonos IP.
- 3 computadoras.
- 1 router CISCO 2600.
- 2 switch de datos no programables.

#### 2.4.1 FUNCIONAMIENTO DE LA PRUEBA:

La prueba consiste en limitar el ancho de banda del enrutador 2600, realizar dos llamadas simultáneas que atraviesan la red, y al mismo tiempo generar tráfico en la red para observar como disminuye la calidad de servicio en la comunicación de telefonía IP.



*Figura 21 Esquema de equipo y conexiones para prueba realizada de Calidad de Servicio*

En la figura anterior se muestra un esquema de la conexión, primeramente se limita el tráfico en el router 2600 mediante un programa servidor/cliente FTP, se intercambian dos archivos para generar tráfico en la red, se realiza una llamada de teléfono IP de la red A hacia el teléfono IP de la red B, de igual manera se realiza una llamada de softphone a softphone.

En la red A la computadora donde está el softphone tiene instalado el software wireshark, el cual se iniciara para tomar los datos de telefonía IP con la finalidad de analizar la perdida de datos.

Se observa como wireshark captura los datos del tipo “RTP” que son propios de la telefonía IP, estos datos son almacenados para su posterior análisis al finalizar la llamada telefónica.

En la siguiente imagen se observa como wireshark posee una pestaña dedicada a la telefonía IP y se utiliza para filtrar y conocer únicamente los datos RTP.

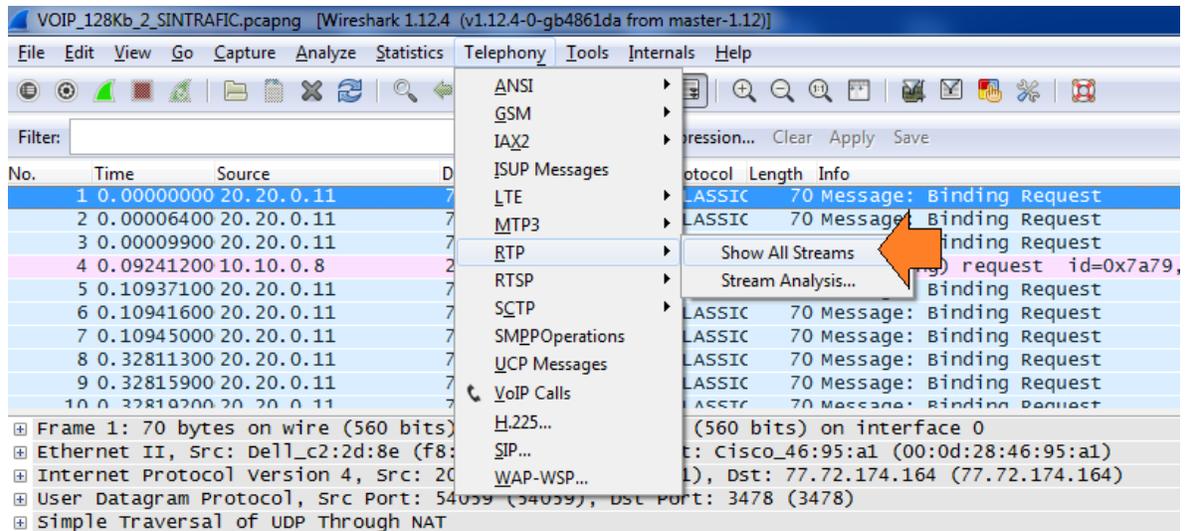
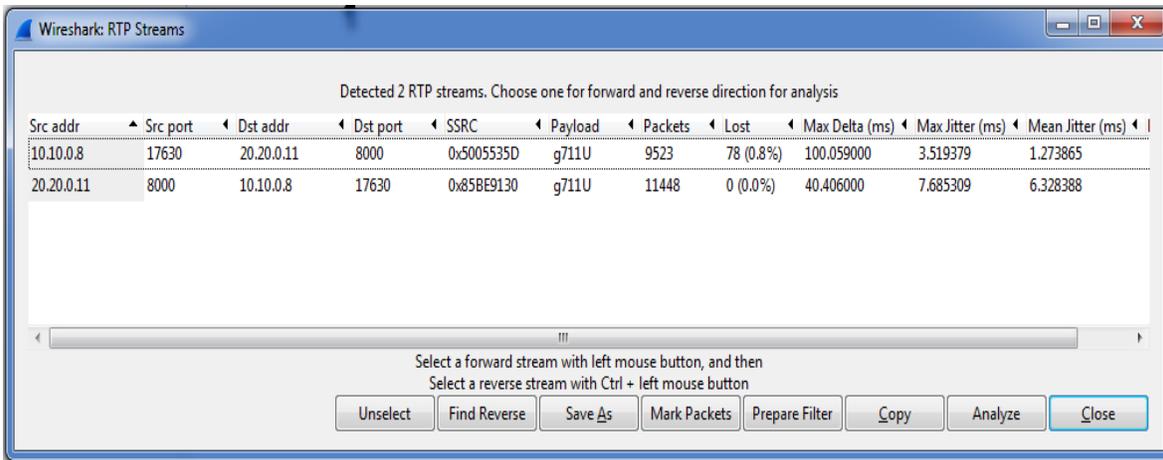


Figura 22 Ventana de software wireshark donde se muestra la opción Telephony

En la sección *Show All Streams* se muestra un resumen de los paquetes capturados, donde se muestra el resultado de los parámetros de calidad de servicio que puede medir wireshark como son: Perdidas (*Lost*), Retardo (*Delta*), jitter máximo y jitter promedio.



*Figura 23 Resultados de análisis para protocolo RTP al realizar las llamadas telefónicas VoIP mediante el programa wireshark*

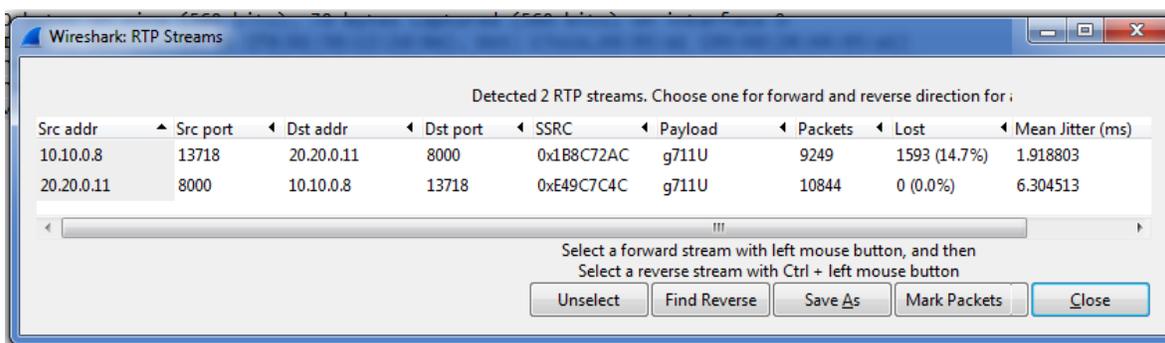
Se limitara el router Cisco 2600 a las velocidades de 128Kbps, 256 Kbps y 512 Kbps. Se realizaran 5 pruebas de entre 2 y 5 minutos para cada velocidad y se realizara el análisis con wireshark donde se busca determinar las pérdidas de paquetes.

La pérdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación debe ser inferior al 1%. Pero es bastante dependiente del códec que se utiliza. Cuanto mayor sea la compresión del códec más pernicioso es el efecto de la pérdida de paquetes. Una pérdida del 1% degrada más la comunicación si se usa el códec G.729 en vez del G.711 que es el utilizado en para en estas pruebas.

El códec G711 es el más utilizado en la telefonía IP y este códec requiere de al menos 80Kbps para un buen desempeño.

## 2.4.2 RESULTADOS DE LA PRUEBAS.

Se han podido obtener los resultados para el análisis de la red utilizando wiresharke. Cada velocidad en análisis se resume en una tabla que contiene los resultados obtenidos.



*Figura 24 En este cuadro se muestran como ejemplo los resultados obtenidos mediante wireshark para la prueba de 128 Kbps*

A continuación se observan 3 tablas resumen de las pruebas realizadas para determinar la calidad de servicio con una red que posee tráfico.

RESUMEN DE ANALISIS DE DATOS PARA LA VELOCIDAD DE 128 Kbps					
NUMERO DE PRUEBA	DE	DURACION DE LA LLAMADA	PAQUETES ENVIADOS	PAQUETES PERDIDOS	PORCENTAJE (%)
1		4:52 MIN	9523	958	10
2		3:58 MIN	7762	568	7.3
3		5:41 MIN	11490	1964	14.7
4		4:25 MIN	8645	681	7.8
5		5:08 MIN	10044	893	8.9
				TOTAL	9.7

*Tabla 3 Análisis de datos realizados en la prueba de calidad de servicio a una velocidad de 128 Kbps*

RESUMEN DE ANALISIS DE DATOS PARA LA VELOCIDAD DE 256 Kbps					
NUMERO DE PRUEBA	DURACION DE LA LLAMADA	PAQUETES ENVIADOS	PAQUETES PERDIDOS	PORCENTAJE (%)	
1	5:36 MIN	10957	925	8.4	
2	4:31 MIN	8838	592	6.7	
3	3:55 MIN	7664	469	6.1	
4	3:48 MIN	7435	682	6.7	
5	5:24 MIN	10566	563	5.3	
			TOTAL	6.6	

*Tabla 4 Análisis de datos realizados en la prueba de calidad de servicio a una velocidad de 128 Kbps*

RESUMEN DE ANALISIS DE DATOS PARA LA VELOCIDAD DE 512 Kbps					
NUMERO DE PRUEBA	DURACION DE LA LLAMADA	PAQUETES ENVIADOS	PAQUETES PERDIDOS	PORCENTAJE (%)	
1	5:39 MIN	11055	532	4.8	
2	5:16 MIN	10305	375	6.7	
3	4:37 MIN	9033	396	4.3	
4	4:34 MIN	8935	336	3.7	
5	5:20 MIN	10436	423	4	
			TOTAL	4.7	

*Tabla 5 Análisis de datos realizados en la prueba de calidad de servicio a una velocidad de 128 Kbps*

En las tablas anteriores se da una serie de pérdidas en las pruebas lo que resulta de una variación en las llamadas que llegan a superar el mínimo establecido. En análisis de estos resultados demuestra que al existir una red congestionada las llamadas telefónicas IP tienden a perder calidad, entre más personas traten de acceder a la red será más las pérdidas de paquetes que observaremos.

Cabe resaltar que los resultados obtenidos en estas pruebas son desde el punto de partida teléfono IP en este caso softphone hasta el servidor Elastix, pues hasta aquí se pueden obtener los resultados con wireshark. Luego que la llamada llega al servidor este se encarga del flujo de información, las pérdidas de paquetes

aumentarían en relación a la red donde se encuentra el teléfono IP de destino, si existen más paquetes perdidos en la siguiente red estos deberán sumarse para obtener la pérdida total de la conexión.

### 2.4.3 RECOMENDACIONES

Al implementar un proyecto de telefonía IP, es impórtate realizar pruebas a la red para determinar que equipos tienen menor velocidad y en qué momentos se puede tener una congestión. Se podría realizar un monitoreo constante en la red con un programa, para verificar el buen funcionamiento de la telefonía IP y determinar si los parámetros y recomendaciones de calidad de servicio se cumplen. Si no fuese así, se deberían implementar las técnicas de calidad de servicio, que beneficiaran a aquellas aplicaciones que son importantes para la institución, en detrimento de aquellos datos que deben tener menos prioridades.

### 2.4.4 BENEFICIOS DE LA TELEFONÍA IP Y LA APLICACIÓN DE QoS.

La telefonía IP no solo es un avance de la tradicional telefonía analógica, si no también sugiere un gran cambio en la manera como se realiza el trabajo. Durante varios años, cualquier empresa que tuviera varias líneas tenía que comprar una centralita telefónica que era muy costosa y complicada de configurar, hoy en día el sistema telefónico de una empresa que desea funcionar de forma eficiente, se basa en soluciones informáticas que son más flexibles, baratas y potentes que una central telefónica convencional, utilizando los protocolos de red, la telefonía IP permite integrar los equipos informáticos con el sistema telefónico, para dotar a cualquier empresa de prestaciones superiores en comparación con sus antecesoras de hace unos años.

#### 2.4.4.1 VENTAJAS PARA LOS USUARIOS

Los usuarios de telefonía IP pueden hacer uso de una calidad similar a la telefonía tradicional, aplicando técnicas de calidad de servicio, además de obtener ventajas

adicionales, como la portabilidad del número telefónico o compartir agenda telefónica con otros usuarios.

Es posible realizar y recibir llamadas desde los ordenadores y también se puede utilizar un teléfono IP similar a un teléfono analógico con la diferencia de estar comunicado con la computadora, al recibir una llamada, la computadora puede abrir de forma automática la ficha de la persona que está efectuando la llamada.

La solución permite saber si una persona está en su puesto, debe ser localizable en su teléfono celular o no quiere ser molestada. Si una empresa tiene varias oficinas o delegaciones, cualquier persona de una de ellas puede llamar directamente a cualquier persona de la otra, sin pasar por centralitas ni operadoras, y sabiendo de antemano si está o no en su puesto, si también lo desea puede habilitar un asistente virtual para contestar la llamada, quien le brinda opciones para redirigir la llamada entrante hasta su destinatario, de esta manera se evitara estar contestando llamadas que solo necesitan ser redirigidas.

Si es necesario o conveniente, se pueden aprovechar los teléfonos existentes, aunque no tendrán las mismas prestaciones que los teléfonos IP.

Con una solución IP se puede tener una copia de seguridad de todo el sistema y en caso de falla de la computadora, el sistema puede estar en marcha en pocos minutos en otra computadora. También es posible instalarlo en una máquina virtual, para mayor seguridad, se pueden crear respaldo de las agendas telefónicas y estas pueden ser compartidas con los otros usuarios.

#### 2.4.4.2 VENTAJAS PARA LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.

La FIA es una facultad grande, donde la telefonía es importante para mantener una buena logística y comunicación entre las diferentes escuelas. La telefonía IP bien implementada puede sustituir a la telefónica convencional siempre que se brinde un

buen servicio, entre sus ventajas esta enlazar la comunicación directamente con las personas a las que se requiere llamar, sin necesidad de aumentar más líneas analógicas, la telefonía IP se puede adjuntar a una computadora que esté conectada a internet o a un teléfono inteligente con una simple aplicación.

Al utilizar la conexión a internet, podemos prescindir de líneas adicionales, que tienen un coste mensual elevado. Logrando ahorros en el consumo telefónico. Otra de las grandes ventajas es el mantenimiento y costos, una planta telefonía que falle puede llevar a un gran costo económico y de tiempo para reemplazarla, en cambio un planta de telefonía IP utiliza un computadora como base, lo que representa un costo bastante pequeño en comparación con una central telefónica convencional. El mantenimiento de estas plantas telefónicas generalmente lo puede realizar el mismo personal que realiza el mantenimiento de la red de datos lo que implica integración de las tecnologías.

Una ventaja más que puede ser aprovechada es integrar las plantas telefónicas IP de diferentes facultades, teniendo una red de comunicación telefónica IP en toda la universidad, algo que en este momento se está desaprovechando.

Todos estos beneficios antes mencionados no podrían llegar a buen término si al final tenemos un servicio de telefonía defectuoso, es aquí donde conviene implementar la calidad de servicio, todo con el fin de mantener una comunicación clara y sin fallas, pero además la calidad de servicio también conlleva mejorar la red de datos, al aplicar la calidad de servicio también se está implementado de manera eficiente todos los recursos de ancho de banda y se están dando prioridad a todos aquellos datos que son realmente importantes en detrimentos de aquellos paquetes que son de poca importancia.

## CAPITULO III

### 3 PROPUESTA DE APLICACIÓN DE TECNICAS DE QOS EN LA RED DE VOIP DE LA FIA

#### 3.1 IMPLEMENTACION DE QoS.

Para la implementación básica las técnicas de calidad de servicio, Cisco recomiendan cuatro pasos importantes:

1. Identificar los tipos de tráfico.
2. Clasificar los tipos de tráfico basados en las prioridades de la empresa.
3. Establecer políticas para el tratamiento del tráfico de acuerdo a la clasificación.
4. Análisis de los equipos instalados.

#### 1.- Identificar los tipos de tráfico:

Para realizar esta etapa, se recomienda analizar el tipo de tráfico de información (por ejemplo: voz, video, datos críticos, streaming, etc.) que circula en la red, se puede tomar en cuenta lo siguiente:

- Puertos de red utilizados en la transmisión de paquetes.
- Rangos de direcciones IP correspondiente a cada tipo de información.
- Si existe separación de redes para administrar cada fuente de datos.
- El tipo de extensión o formato de los datos.
- Ancho de banda necesario para cada tipo de dato.

## 2.- Clasificar los tipos de tráfico:

Luego de identificar los tipos de datos se realiza una clasificación, para determinar la importancia que tiene cada flujo de éstos; existen muchos tipos de tráfico, los cuales se pueden agrupar y clasificarse de acuerdo a sus características principales, Cisco (por ejemplo) utiliza clasificación de “Clases”, entre las cuales están:

- ✓ Clase de VoIP: Correspondiente a las llamadas en curso.
- ✓ Clase de aplicaciones importantes o críticas: Esta clasificación corresponde al tipo de empresa y cada empresa deberá clasificarlos según se crea conveniente.
- ✓ Clase de tráfico de señalización: Pertenece al tráfico de señalización
- ✓ Clase de datos de tipo transaccional: Esta clase comprende el tráfico que generan las bases de datos interactivas.
- ✓ Clase mejor esfuerzo: Este es el tráfico común como puede ser correo electrónico o páginas web.
- ✓ Clase de poca importancia: Esta clasificación es la de menos importancia como podrían ser juegos en línea, datos P2P, etc...

## 3.- Especificar políticas.

Entiéndase como políticas aquellas acciones a seguir, definidas por el administrador de la red y deben establecerse en todos los equipos donde se va a implementar calidad de servicio.

Ya clasificado el tráfico se definen las políticas. Se debe tener en cuentas los siguientes factores:

1. Especificar un ancho de banda máximo.
2. Especificar un ancho de banda mínimo garantizado.

3. Usar las herramientas adecuadas para gestionar los paquetes.  
(encolamiento)

La siguiente tabla muestra un ejemplo de las políticas para QoS.

CLASE	PRIORIDAD	ANCHO DE BANDA		HERRAMIENTA
Tráfico de voz	5	320	Kbps	Prioridad de cola
Trafico crítico de la empresa	4	100	Kbps	CBWFQ
Señalización	3	100	Kbps	CBWFQ
Tipo transaccional (Base de datos)	2	300	Kbps	CBWFQ
Mejor esfuerzo (tráfico común)	1	200	Kbps	CBWFQ
Poca importancia	0	60	Kbps	FIFO
		1080	Kbps	

*Tabla 6 Ejemplo de implementación de políticas de QoS*

#### 4.- Análisis de los equipos instalados.

Es importante tener en cuenta que la bibliografía de redes de computadoras, en su mayoría, está orientada en la programación y análisis de los equipos Cisco, su importancia en la industria radica en que son pioneros en la mayor parte de la tecnología de comunicación de datos, aunque no son los más económicos del mercado. Es muy probable que una empresa cuente con diferentes marcas en sus equipos de comunicación. Hay que conocer las limitantes que puedan tenerse con las diferentes marcas y modelos, Estas son algunas recomendaciones para analizar los equipos.

- Marca y modelo de los equipos instalados.
- Velocidad máxima de transferencias de datos.
- Soportan virtualización de redes de área local o VLAN.
- Admiten técnicas de calidad de servicio.
- Programación específica para marca y modelo del equipo

Luego de analizar lo anterior, se puede determinar si el equipo será compatible o capaz de soportar técnicas de QoS y administración de los paquetes, de no ser así, debe analizarse la posibilidad reemplazarlo

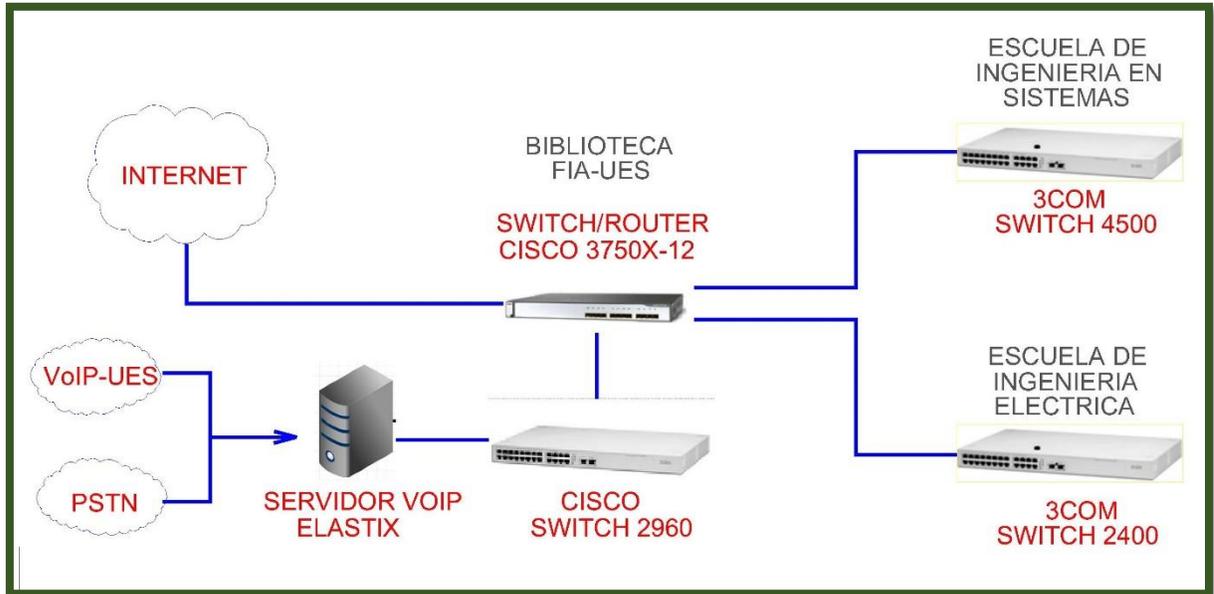
En la FIA se observan diferentes marcas, Muchos equipos son de la marca 3COM y aceptan programación de técnicas de calidad de servicio, además se observan de la marca Cisco, D-link y Telesyn en menor cantidad, estos equipos también aceptan calidad de servicio, lo que es beneficioso para integrar en toda la facultad las políticas que vayan en beneficio de la información más importante.

### 3.2 PROPUESTA DE APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE CALIDAD DE SERVICIO EN LA FIA-UES

Limitantes actuales: conforme se mencionó antes, se tiene una separación física entre la red de telefonía tradicional o telefonía analógica y la red de VoIP, lo que implica tener las desventajas siguientes:

- ✓ Se utilizan dos teléfonos físicos, con el consiguiente consumo de espacio y posible saturación de escritorio.
- ✓ Los teléfonos IP ofrecen solo servicio interno y el número de usuarios que interconectan es reducido.
- ✓ Los servicios de comunicación fuera de la FIA y la UES, solo se pueden realizar desde los teléfonos analógicos, dejando relegado el teléfono IP únicamente para llamadas internas de la FIA.
- ✓ La telefonía IP al interior de las diversas unidades de la UES, no están integrados, haciendo que de éste un servicio poco atractivo para los usuarios.

En esta propuesta, se considerará que las redes antes mencionadas se integran para crear una red como la mostrada en la figura 25, en la cual también se describen los servicios externos disponibles en cada nodo; conexión a otros servidores IP y salidas a teléfonos analógicos mediante la PSTN, a los cuales podrían acceder los diferentes usuarios. Es a esta red a la cual se aplicaran los conceptos de calidad de servicio, previamente explicados



*Figura 25 Topología de red para ejemplificar propuesta de aplicación QoS*

Se desarrollara un ejemplo considerando un ancho de banda de hasta 100Mbps para todos los nodos, dado que es la velocidad mínima disponible para la mayoría de los equipos en la FIA. Así mismo, en esta última se tiene instalado un servidor de telefonía IP, el cual deberá tener prioridad por ser una aplicación que trabaja en tiempo real, además se maneja una cantidad significativa de información concerniente a empleados, alumnos y profesores. La información se maneja en bases de datos, y por su importancia debe tener prioridad.

Paso1.

Identificar los tipos de tráfico:

Esto puede lograrse monitoreando la red, realizando una lista del tráfico que circula; voz, video, páginas web, transferencia de archivos, etc. También se debe tomar en cuenta el ancho de banda que demanda cada tipo de tráfico.

Con respecto a identificar los puertos de una aplicación; las aplicaciones más importantes están dentro de puertos comúnmente llamados; "bien-conocidos". Los puertos "bien-conocidos" utilizan números de puerto en el rango de 0 a 1023. Si se desconoce el puerto se pueden utilizar programas para identificarlos. Utilizar Wireshark para identificar los puertos es una buena opción.

Respecto a las direcciones IP se pueden identificar fácilmente las direcciones de los servidores que generan información importante, puede ser la dirección del servidor de telefonía IP, la dirección del servidor de bases de datos u otros servidores que se consideren de importancia. La dirección IP de estos servidores es estática por lo que no habrá ningún inconveniente en identificarla.

Si existe separación de redes virtuales (VLAN) es posible identificarlas, generalmente se utilizan un análisis para asignar familias de IP en cada departamento o sección. Al consultar el switch de cada departamento se puede verificar si se está utilizando una separación de servicios virtual VLAN.

Para identificar la extensión o formato de los datos es preferible recurrir a un software que identifique el flujo de datos, nuevamente se hace referencia a Wireshark por ser un programa bastante completo, aquí se puede ver qué tipo de datos son los que generan más tráfico en la red.

Para el ancho de banda necesario para cada tipo de dato, se debe hacer una estimación de acuerdo al ancho de banda que requiera la información por ejemplo para la telefonía IP se utiliza generalmente el códec G711, este utiliza 64Kbps para encapsular la voz en la trama IP, a esto se debe agregar la cabecera IP, UDP, RTP a estas se les agrega la cabecera de seguridad más las opcionales de tuberización y de capa de enlace. El resultado es el tamaño total de la trama que aproximadamente 80Kbps. Esto lo se ha comprobado en Wireshark al realizar una llamada y verificar el ancho de banda utilizado.

Una vez calculada el ancho de banda de una llamada IP, se puede calcular el ancho de banda total de reserva, teniendo en cuenta el máximo número de llamadas IP concurrentes que se necesita tener. Suponiendo que se tienen en la FIA un número ideal de teléfonos IP, se asumirá que se podrían llegar a tener hasta 25 llamadas concurrentes lo que generara una ancho de banda de: 25 llamadas x 80 Kbps = 2000Kbps. Se utilizara entonces un ancho de 2 Mbps.

En un equipo Cisco es posible la utilización de una herramienta llamada NBAR que identifica varios tipos de tráfico y desde allí identificar su importancia y características de forma automatizada.

Paso2.

Clasificar los diferentes tipos de tráfico:

En esta sección se clasifican el tráfico, de acuerdo a la importancia que tenga para la institución. A la clasificación se le llama clase de datos o clase de servicio, cada clase estará compuesta por uno o varios tipos de tráfico.

Esta clasificación se ha realizado desde el más importante hasta el menos importante, en cada una de las secciones se debe incluir uno o varios tipos de datos de acuerdo a las necesidades específicas.

- VoIP.
- Misión Crítica.
- Trafico Transaccional.
- Aplicaciones de Datos.
- Mejor esfuerzo.
- Trafico poca importancia.

### Paso 3

#### Definir las políticas de QoS

Para definir las políticas, se deben tener claras las necesidades de los diferentes tipos de tráfico y de las aplicaciones que viajan a través de la red. Es común utilizar cuatro o cinco clasificaciones o clases de servicio y lo ideal es no asignar muchas aplicaciones a las clases de mayor prioridad.

En el siguiente cuadro se realiza una clasificación y políticas de QoS que se podrían implementar.

CLASE DE SERVICIO	TIPO DE TRAFICO	ANCHO DE BANDA(kbps)	ENCOLAMIENTO	COS	DESCRIPCION
VOIP	Vos sobre IP	2048	PRIORITY	5	Trafico de telefonía IP
MISION CRITICA	Bases de Datos	2048	CBWF	4	Trafico Base de datos como SQL
TRANSACCIONAL	Administración	2024	CBWF	3	conexión remota como Telnet
APLICACIONES DE DATOS	Transferencia de datos	2048	CBWF	2	Trafico tipo TFT o TFTP
POCA IMPORTANCIA	aplicaciones P2P	1024	POLICYN	1	Aplicaciones residuales P2P o juegos
MEJOR ESFUERZO	internet y otros	RESTO	CBWF	0	Todo el tráfico de internet y tráfico no clasificado

*Tabla 7 Ejemplo de aplicación de Políticas de Calidad de servicio para FIA-UES*

### 3.3 CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS

Tomando como base la tabla anterior de políticas de QoS, ahora se mostraran los comandos que podrían implementarse para aplicar QoS en el router principal Cisco 3750X-12.

La información que contiene este documento se basa en las siguientes versiones de software y hardware.

Cisco Catalyst 3750X Switch

Cisco IOS® Software Release 12.2(35)SE2

Clasificación de paquetes.

Para clasificar los paquetes se necesita de una herramienta de programación que describa el tipo de tráfico para diferenciar uno de otro dentro de un grupo, y hacer que un paquete en particular tenga acceso a QoS, y esta herramienta se denomina Class-map.

#### 3.3.1 CLASS-MAP

Formato:

*Router(config)#class-map [match-all | match-any] NombreDeLaClassMap*

Este es el comando que agrupa diferentes tipos de paquetes o diferentes condiciones de tráfico de datos que se deben cumplir para que se realice una acción.

Como un class-map puede tener varias condiciones dentro, debemos indicar si se tienen que dar todas a la vez, o bien cualquiera de ellas. Para eso utilizamos los parámetros match-all ó match-any respectivamente. Si no se especifica ninguno de los dos, se tomará match-all por defecto.

El siguiente ejemplo muestra la programación class-map

Aquí se crean estructuras class-map para cada tipo de tráfico de la tabla de políticas QoS.

Para el tipo de tráfico VoIP se agrupan todos aquellos protocolos rtp o que tengan asignado un CoS número cinco.

```
Class map match-any VOIP  
match protocol rtp  
match cos 5
```

Para los datos crítico se agrupan aquellos datos con protocolo Sqlserv o de tipo Oracle.

```
Class-map match any DATOSCRITICOS  
Match protocol sqlserv  
Match protocol Oracle  
match cos 4
```

Para los datos de tipo administración se han agrupado con los protocolos del tipo telnet y sip

```
Class-map TRANSACCIONES  
Match protocol telnet  
Match protocol sip  
match cos 3
```

Los datos de transferencia serán agrupados aquellos protocolos como ftp y tftp.

```
Class-map APPDATOS
```

```
Match protocol ftp
```

```
Match protocol tftp
```

```
match cos 2
```

Datos de entretenimiento o intrascendentes con protocolos como ares, edonkey, kazaa2, bittorrent, serán agrupados en una clasificación de poca importancia.

```
Class-map POCAIMPORTANCIA
```

```
Match protocol ares
```

```
Match protocol edonkey
```

```
Match protocol Kazaa2
```

```
Match protocol bittorrent
```

```
match cos 1
```

El tipo de clase mejor esfuerzo no está incluido en estas clasificaciones, será todo el tráfico restante.

### 3.3.2 CONFIGURACIÓN DE POLÍTICAS DE QOS.

Siguiendo la clasificación realizada anteriormente, a cada clase se le aplicaran las acciones que deben seguirse al encontrarse con un grupo de datos ya clasificado, a esto se le llama políticas de QoS.

En class-map se han agrupado tipos de paquete, ahora se utilizara la herramienta policy-map que realizara las acciones QoS o las acciones que se deben de efectuar al cumplirse cualquiera de las condiciones establecidas por class-map.

### 3.3.3 POLICY-MAP

Formato:

```
Router(config)#policy-map NombreDeLaPolicyMap
```

```
Router(config-pmap)#class NombreDeLaClassMap
Router(config-pmap-c)#police Garantizado Rafagas Pico \
conform-action Accion exceed-action Accion violate-action Accion
```

Se implementan las políticas al grupo o clase VOIP. Se habilita un ancho de banda de 2048 Kbps con un encolamiento tipo prioritario y se marca con el número cinco la cabecera DSCP que establece el tipo de prioridad.

```
Policy-map PoliticasQoS
  Class VOIP
    Priority 2048
    Set ip dscp 5
```

Para la clasificación de datos críticos se asigna un ancho de banda de 2048 Kbps marcando la cabecera DSCP con el número cuatro de prioridad

```
Class DATOSCRITICOS
  Bandwidth 2048
  Set ip dscp 4
```

Al tipo de datos administrativos se asignan 2048Kbps de ancho de banda y se marca con un número tres su campo DSCP

```
Class TRANSACCIONES
  Bandwidth 2048
  Set ip dscp 3
```

Los datos de tipo transferencia también contarán con 2048Kbps de ancho de banda aplicando en su campo DSCP un número 2

```
Class APPDATOS
  Bandwidth 2048
```

```
Set ip dscp 2
```

Los datos con poca importancia tendrán un número uno en el campo DSCP y su ancho de banda será de 1024

```
Class POCAIMPORTANCIA
```

```
Bandwidth 1024
```

```
Set ip dscp 1
```

Finalmente se tienen aquellos datos que no están clasificados. Cuentan con el ancho de banda restante y su campo DSCP será cero.

```
Class class-default
```

```
fair-queue
```

```
Set ip dscp 0
```

En el ejemplo se ha realizado la aplicación de políticas QoS al router Cisco principal donde converge la mayor cantidad de información.

El comando *Set ip dscp [Valor]*, aplica el valor dscp a la clase de tráfico seleccionado. Se muestra el comando *priority* que aplica una cola de prioridad estricta con baja latencia reduce el jitter y el retardo, así mismo asigna un ancho de banda mínimo y máximo garantizado,

El comando *bandwidth* asigna un ancho de banda mínimo garantizado y aplica un encolamiento WFQ por defecto. En las últimas líneas con *class-default* todo el tráfico restante será agrupado en la clase por defecto y le será asignado el ancho de banda restante.

### 3.3.4 CONFIGURACIÓN DE QOS EN SWITCH

Ahora se realizara la configuración de un switch con QoS.

Antes de empezar tenemos que tener en cuenta que al switch le pueden llegar diferentes tipos de datos los cuales ya podrían estar marcados y pueden surgir las siguientes preguntas:

¿Se confía en la etiqueta de calidad de servicio del paquete o trama entrante en un puerto?

Si un teléfono IP y el PC están conectados a un puerto ¿Se tiene la confianza de QoS en las etiquetas del teléfono, PC o ambos? Si se confía en las etiquetas de calidad de servicio del paquete o trama entrante, es necesario clasificar el paquete basado en una lista de acceso y la etiqueta de marca de calidad de servicio. Si se confía en las etiquetas de calidad de servicio del paquete o trama entrante, ¿Se necesita confiar en el valor de CoS o valor DSCP del paquete o trama entrante en un puerto?

En este caso se ha configurado anteriormente el router/switch Cisco 3750x para clasificar los paquetes y asignarles una etiqueta de calidad de servicio.

Conociendo esto solo se necesita hacerle saber al switch que debe dar prioridad de tráfico de acuerdo al número de precedencia CoS.

Para el Switch 3COM modelo 4500 se tienen los siguientes comandos:

```
priority trust  
undo priority
```

Se utiliza el comando *priority trust* para configurar el sistema confiando en la prioridad CoS o 802.1p del paquete. Se utiliza el comando *undo priority* para no confiar en la prioridad 802.1p paquete.

Por defecto, el sistema reemplaza la prioridad 802.1p llevado por un paquete con la prioridad de puerto.

```
<4500>system-view  
[4500]interface Ethernet 1/0/1  
[4500-Ethernet1/0/1]priority trust  
[4500-Ethernet1/0/1]
```

Para el switch cisco modelo 2960

Las opciones de configuración de confianza en el puerto son:

```
Switch(config-if)#mls qos trust ?  
cos          cos keyword  
device      trusted device class  
dscp        dscp keyword  
ip-precedence ip-precedence keyword
```

Si el puerto es un puerto de acceso o puerto de Capa 3, es necesario configurar el comando *mls qos trust dscp*. No se puede utilizar el comando QoS porque el marco de la puerta de acceso o puerto de Capa 3 no contiene dot1q y los bits de CoS están presentes en el dot1q.

Se tienen los siguientes comandos:

```
interface GigabitEthernet1/0/1  
description **** Puerto de CAPA 3 ****  
no switchport  
ip address 192.168.10.1 255.255.255.0  
mls qos trust dscp
```

```
end
interface GigabitEthernet1/0/2
  description **** Puerto de ACCESO ****
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
  mls qos trust dscp
end
```

Se observa que generalmente la configuración de los switch, se basa en confiar o no en la etiqueta de la cabecera IP que representa el tipo de prioridad o calidad de servicio, si se conoce la procedencia de los paquetes es necesario habilitar el comando de confianza para que los paquetes puedan ser dirigidos con las políticas de QoS. Prácticamente todos los dispositivos en la FIA aceptan calidad de servicio, lo que es una buena noticia pues no se necesita inversión económica, solo se deben de configurar de un manera adecuada para sacarle más provecho a estos equipos.

#### 4 CONCLUSIONES:

- Administrar adecuadamente las técnicas de calidad de servicio en una red que soporta VoIP, permite ofrecer un mejor desempeño a los usuarios del mismo, con lo cual se pueden explotar todas las ventajas esperadas de este tipo de aplicaciones.
- La calidad de servicio que se puede obtener al aplicar las técnicas de QoS no solo abarcan al servicio de VoIP, sino también otras aplicaciones como las bases de datos, las cuales son de mucha importancia para la mediana y gran empresa, o instituciones educativas de gran demanda como la UES.
- Con respecto a la FIA, se puede decir que cuenta con los recursos idóneos para explotar en toda su capacidad el servicio de VoIP con QoS, pero aún falta desplegar en mayor grado dicho servicio, el cual es visto por muchos usuarios como “un experimento temporal”.
- Un paso importante para analizar los cambios necesarios en una red de VoIP que convive con otros servicios, es monitorear el tráfico y/o el desempeño de los diferentes componentes de la red, por lo cual es recomendable implementar este tipo de monitoreo, para disponer de mejores herramientas de decisión.
- La explotación de todo el potencial asociado al servicio de VoIP, pasa por integrar los diferentes medios de comunicación con que dispone la UES, lo que redundaría en una mayor eficiencia de ciertos procesos, reducción de gastos, satisfacción de usuarios, entre otros.

## 5 BIBLIOGRAFIA.

1. [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-2960-series-switches/product\\_data\\_sheet0900aecd80322c0c.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-2960-series-switches/product_data_sheet0900aecd80322c0c.pdf)
2. [http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73469\\_dscpvalues.html](http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73469_dscpvalues.html)
3. <http://ibw.com/sv/articulo.php?whn=4&ws=11>
4. <https://supportforums.cisco.com/es/document/64796>
5. [http://blog.capaicho.net/2009/04/configurar-qos-con-policy-map-en-ios\\_23.html](http://blog.capaicho.net/2009/04/configurar-qos-con-policy-map-en-ios_23.html)
6. <http://www.telecomunicacionesparagerentes.com/como-garantizar-unas-comunicaciones-ip-de-calidad/>
7. <https://telephonyip.wordpress.com/tag/historia-de-telefonía-ip/>
8. Comparing the bandwidth and priority Commands of a QoS Service Policy  
<<http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/quality-of-service-qos/qos-packet-marking/10100-priorityvsbw.html>>
9. Redes Cisco CCNP a Fondo. Guía de estudio para profesionales, Ernesto Ariganello y Enrique Barrientos Sevilla, Madrid, España