

Solución de gestión para la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca



Trabajo de Grado en modalidad de desarrollo

**CHRISTIAN VALENCIA GUTIERREZ
MAURO GERARDO DAZA DORADO**

Universidad del Cauca

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática
Línea de investigación Servicios Avanzados de Telecomunicaciones
Popayán, 2010**

Solución de gestión para la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca



Monografía presentada para optar al título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

**CHRISTIAN VALENCIA GUTIERREZ
MAURO GERARDO DAZA DORADO**

Directora:
Mag. Ing. Carolina Ríos Fuentes

Codirector:
Mag. Ing. Andrés Lara Silva

Universidad del Cauca

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática
Línea de investigación Servicios Avanzados de Telecomunicaciones
Popayán, 2010**

Agradecimientos

Gracias a Dios, gracias a las personas que de una u otra forma nos colaboraron en la realización de este trabajo, gracias especialmente a nuestras familias por su desinteresado e invaluable apoyo sin el cual ésta meta seguiría siendo apenas un sueño...a todos...!MUCHAS GRACIAS!

“Educación es elevar al hombre al nivel de su tiempo”
José Martí

Christian Valencia Gutiérrez

Mauro Gerardo Daza Dorado

CONTENIDO

CAPÍTULO I INTRODUCCION.....	1
1.1 Contexto.....	1
1.2 Escenario de motivación.....	2
1.3 Definición del problema.....	3
1.4 Objetivos propuestos	4
1.5 Trabajos relacionados.....	4
1.6 Solución propuesta	5
1.7 Contribuciones.....	6
1.8 Contenido.....	7
CAPITULO II BASE TEÓRICA	8
2.1 Telefonía IP.....	8
2.2 Gestión de redes de ToIP.....	13
2.3 Arquitectura TMN	15
RESUMEN.....	22
CAPITULO III MODELADO DE LA SOLUCIÓN DE GESTIÓN.....	23
3.1 Características de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca	23
3.2 Solución de gestión propuesta.....	25
3.3. Modelado de la solución de gestión	25
RESUMEN.....	39
CAPITULO IV PROTOTIPO DE LA SOLUCIÓN DE GESTIÓN.....	40
4.1 Alcances de la solución de gestión	40
4.2 Panorama general de la solución de gestión.....	41
4.3 Tecnologías de gestión y software libre	44
4.4 Parámetros y aplicación de las recomendaciones TMN	49
4.5 Descripción de la solución de gestión	56
4.6 Sección de monitoreo de tráfico.....	58
4.7. Sección de monitoreo de uso de recursos y servicio	62
RESUMEN.....	71
CAPÍTULO V EXPERIMENTACIÓN	72
5.1 Sección desempeño	73
5.2 Sección recursos y servicio	80
5.3 Sección red ToIP virtual.....	85
RESUMEN.....	90
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	91
6.1 Conclusiones.....	91
6.2 Recomendaciones.....	92
6.3 Trabajos futuros	92
REFERENCIAS	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura básica de una red de ToIP	9
Figura 2. Central IP basada en Asterisk	10
Figura 3. Calculadora Erlang B para determinar el número de líneas requeridas	12
Figura 4. Calculadora para determinar las líneas requeridas conociendo los minutos totales de las llamadas por día	13
Figura 5. Calculadora de ancho de banda VoIP conociendo el número de líneas.....	13
Figura 6. Elementos de un sistema de gestión	14
Figura 7. Ilustración piramidal de la arquitectura lógica estratificada de TMN.....	16
Figura 8. Áreas funcionales de la gestión de red	17
Figura 9. Dos dimensiones presentes en la gestión de redes	17
Figura 10. Red de ToIP de la Universidad del Cauca (sector ingenierías)	23
Figura 12. Tecnologías en enlaces de la red de datos de la Universidad del Cauca	24
Figura 13. Diagrama general de la solución de gestión.....	25
Figura 14. Diagrama de casos de uso	26
Figura 15. Diagrama de paquetes de la solución de gestión	33
Figura 16. Diagrama de despliegue de la solución de gestión.....	34
Figura 17. Diagrama general de clases	35
Figura 18. Consultar uso de recursos de la red de ToIP	36
Figura 19. Consultar nivel de uso del servicio de ToIP.....	37
Figura 20. Verificar congestión en la red de ToIP	38
Figura 21. Verificar cuellos de botella en los elementos de red de ToIP	39
Figura 22. Esquema general de la solución de gestión	41
Figura 23. Aplicación Web.....	42
Figura 24. Servidor de telefonía IP	42
Figura 25. Diagrama funcional de la solución de gestión	43
Figura 26. Herramientas utilizadas en la solución de gestión	43
Figura 27. Página principal de la solución de gestión.....	57
Figura 28. Interfaz gráfica del servidor de telefonía IP	58
Figura 29. Lista de usuarios y elementos de la red de ToIP	58
Figura 30. Menú sobre monitoreo del tráfico.....	59
Figura 31. Mapa de los elementos de red.....	59
Figura 32. Estado de la estación gestora.....	60
Figura 33. Información cualitativa del tráfico en el servidor de ToIP	60
Figura 34. Resultado de consultar OID sobre congestión	61
Figura 35. Resultado de consultar OID sobre cuellos de botella	61
Figura 36. Menú sobre uso de recursos y servicio	62
Figura 37. Menú sobre uso de recursos del sistema de ToIP.....	62
Figura 38. Graficas de la utilización de memoria RAM y CPU.....	63
Figura 39. Seguimiento de los eventos cronológicos que ocurren en la red ToIP	63
Figura 40. Mapa de interfaces de los elementos de una zona Universitaria	64
Figura 41. Nivel de uso del servicio de telefonía IP.....	64
Figura 42. Uso del servidor de ToIP durante diferentes intervalos de tiempo	65
Figura 43. Aplicaciones en el servidor de ToIP	65
Figura 44. Información sobre una aplicación corriendo en el servidor de ToIP	66
Figura 45. Información del uso del servicio por extensiones	66
Figura 46. Información específica de la extensión seleccionada	67
Figura 47. Información sobre el servidor ToIP obtenida con la ayuda de ASTERISK-MIB	68
Figura 48. Validación para acceder a la base de datos Elastix.....	68
Figura 49. Interfaz gráfica de la base de datos de Elastix	69
Figura 50. Información exportada en formato xml	69

Figura 51. Información exportada en formato en formato csv	70
Figura 52. Información exportada en formato en formato pdf	70
Figura 53. Despliegue de información institucional dentro de la solución de gestión	71
Figura 54. Campus universitario de telefonía IP.....	72
Figura 55. Metodología de pruebas	73
Figura 56. Número de llamadas por mes	73
Figura 57. Número de llamadas por semana	74
Figura 58. Número de llamadas por día en la segunda semana de Septiembre	74
Figura 59. Topología de pruebas.....	77
Figura 60. Trafico de VoIP en el servidor con 600 llamadas concurrentes por minuto	78
Figura 61. Trafico de VoIP en el servidor con 2400 llamadas concurrentes por minuto	79
Figura 62. Trafico de VoIP en el servidor con 4200 llamadas concurrentes por minuto	79
Figura 63. Uso de recursos hardware en el servidor cuando se realizaron 600 llamadas concurrentes por minuto.....	81
Figura 64. Uso de recursos hardware en el servidor cuando se realizaron 2400 llamadas concurrentes por minuto.....	82
Figura 65. Uso de recursos hardware en el servidor cuando se realizaron 4200 llamadas concurrentes por minuto.....	83
Figura 66. Aplicaciones software cuando el servidor recibe 4200 llamadas concurrentes por minuto.....	85
Figura 67. Montaje realizado en el salón 117 del IPET	86
Figura 68. Interfaz de la herramienta libre SIPP.....	86
Figura 69. Trafico de VoIP en el servidor con 10380 llamadas concurrentes por minuto	87
Figura 70. Uso de recursos hardware en el servidor en condiciones críticas, cuando se realizaron 10380 llamadas simultáneas por minuto	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Caso de uso: validar usuario.....	26
Tabla 2 . Caso de uso: gestionar usuarios.....	26
Tabla 3. Caso de uso: consultar uso de recursos de la red de ToIP.....	27
Tabla 4. Caso de uso: consultar nivel de uso del servicio de ToIP.....	28
Tabla 5. Caso de uso: seleccionar extensión telefónica IP.....	28
Tabla 6. Caso de uso: advertir eventos.....	29
Tabla 7. Caso de uso: verificar congestión en la red de ToIP.....	29
Tabla 8. Caso de uso: verificar cuellos de botella en los elementos de red de ToIP.....	30
Tabla 9. Caso de uso: seleccionar elemento de red.....	30
Tabla 10. Caso de uso: mostrar comportamiento del tráfico en el tiempo.....	30
Tabla 11. Caso de uso: gestionar elementos de red de ToIP.....	31
Tabla 12. Caso de uso: acceder servidor de ToIP.....	31
Tabla 13. Caso de uso: acceder base de datos Elastix.....	32
Tabla 14. Lenguajes para desarrollo web.....	44
Tabla 15. Servidores web.....	45
Tabla 16. Aplicaciones libres para monitoreo de redes.....	47
Tabla 17. OID utilizados en congestión y cuellos de botella.....	50
Tabla 18. OID ASTERISK-MIB.....	55
Tabla 19. Scripts de la aplicación.....	56
Tabla 20. Convención de colores en la solución de gestión.....	59
Tabla 21. Uso mensual del servicio de telefonía IP.....	74
Tabla 22. Uso del servicio por extensión en Septiembre de 2010.....	75
Tabla 23. Tráfico VoIP en producción en un ambiente de pruebas.....	78
Tabla 24. Utilización de recursos hardware en un ambiente de pruebas.....	80
Tabla 25. Tráfico VoIP en un ambiente virtual.....	87
Tabla 26. Nivel del servicio en condiciones críticas.....	87
Tabla 27. Tiempo de respuesta con 10380 llamadas concurrentes por minuto.....	87
Tabla 28. Utilización de recursos hardware en un ambiente virtual.....	88

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tráfico Erlang en una hora en particular.....	12
Ecuación 2. Hora de mayor ocupación.....	12
Ecuación 3. Tráfico Erlang en la hora de mayor ocupación.....	12
Ecuación 4. Total bytes de entrada.....	51
Ecuación 5. Total bytes de salida.....	51
Ecuación 6. Total bytes entrada por segundo.....	51
Ecuación 7. Total bytes salida por segundo.....	51
Ecuación 8. Utilización de entrada de la interfaz.....	51
Ecuación 9. Utilización de salida de la interfaz.....	51
Ecuación 10. Paquetes descartados en la entrada de la interfaz.....	52
Ecuación 11. Paquetes descartados en la salida de la interfaz.....	52

CAPÍTULO I INTRODUCCION

1.1 Contexto

Hoy en día, las redes de telecomunicaciones tienden a integrarse en una sola; la red convergente o multiservicios, la cual ha encontrado en las redes IP (*Internet Protocol*) de datos una sólida base para éste propósito. Existe una continua evolución en la infraestructura de las redes de telecomunicaciones y de acceso telefónico con el objetivo de lograr la congruencia de los nuevos servicios multimedia. Estas nuevas redes han sido construidas a partir del protocolo IP, siendo el término "ALL-IP" [1] comúnmente utilizado para describir dicha evolución.

Una consecuencia importante de éste proceso es precisamente la posibilidad de realizar llamadas telefónicas a través de las redes IP. De ésta manera surgió la telefonía IP como una alternativa o complemento a la telefonía tradicional brindando grandes ventajas económicas y servicios de valor agregado. Por dichas razones hoy por hoy está aumentando a nivel mundial la implementación de esta forma de comunicación [2] [3] [4].

La telefonía IP ToIP (*Telephony over IP*) [5] es posible, en parte gracias al transporte de voz digitalizada, es decir, en forma de paquetes VoIP (*Voice over Internet protocol*) a través de las redes IP, por lo tanto su calidad depende en cierta medida del buen funcionamiento de éste tipo de redes cuya filosofía es la conmutación de paquetes, los cuales pueden contener voz digitalizada u otro tipo de información digital. Como es natural, dichas redes tienen sus propias desventajas; por ejemplo, típicamente una comunicación a través de ellas consiste en la transmisión de más de un paquete, algunos de los cuales (o todos en el peor de los casos) pueden perderse [6] [8] o demorar mucho en alcanzar su destino ya que no hay garantía sobre el tiempo que tardan en llegar de un extremo al otro de la comunicación. Éstos y otros problemas como latencia [7] [8], jitter [8] [9] [10] y el eco [6] se deben a varios factores entre ellos la congestión de la red por el tráfico exagerado de paquetes, cuellos de botella en algún (o algunos) elemento de red que no puede procesar tanta cantidad de paquetes al mismo tiempo, etc. Ello degrada significativamente la calidad de las comunicaciones, en especial las de ToIP ya que éstas requieren que la información llegue en unos plazos definidos para no perder la coherencia en la comunicación [11] [12] [13].

Por otra parte, la ToIP necesita de su propia central telefónica o PBX (*Private Branch Exchange*) [14], la cual permite realizar el proceso requerido para que un cliente pueda usar debidamente la red de telefonía IP. Desde la óptica administrativa, uno de los puntos importantes es tener registros estadísticos de diferentes variables relacionadas con el uso de la red y sus recursos para utilizarlos en el manejo contable de la empresa [15].

Teniendo en cuenta las problemáticas expuestas anteriormente, se puede deducir que para poder prestar un servicio de ToIP de buena calidad se necesita además de una adecuada infraestructura de red con todos sus elementos, una solución de gestión que monitoree los eventos que afecten la calidad de voz digital, así como también determine entre otros aspectos el nivel de uso de la red de ToIP y sus recursos.

En la actualidad varias empresas han desarrollado herramientas de gestión de ToIP en su mayoría propietarias entre las que se tienen: *Succession 1000* de *Nortel Network* solución que presenta un buen desempeño, aún desde el proceso de migración a telefonía IP [16], la empresa *SecureLogix Corporation* ofrece un software de gestión y seguridad de redes de telefonía IP [17], en la universidad de California también se desarrolló un trabajo para gestionar en forma simultánea pasarelas de telefonía por

Internet, además se hace redirección de llamadas de telefonía IP procurando siempre mejor calidad [18].

Cada una de estas herramientas tiene su propia fortaleza para gestionar ciertos aspectos particulares de la red de telefonía IP básicamente en cuanto a desempeño y otras áreas de gestión definidas en la recomendación M.3400 de la ITU-T (*International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector*) [19]. Sin embargo, la mayoría de dichas herramientas no hacen monitoreo del uso del servicio de telefonía IP y por ser propietarias son muy costosas para instituciones como la Universidad del Cauca la cual trabaja con un presupuesto limitado.

1.2 Escenario de motivación

Hoy en día la telefonía IP se está implementando en muchas empresas alrededor del mundo por sus grandes ventajas no solo económicas si no de valor agregado frente a la telefonía fija tradicional [13]. La cantidad de usuarios de telefonía IP se ha doblado durante el último año a escala internacional; actualmente hay 11 millones de usuarios de VoIP contra 5 millones hace un año contando solamente los suscriptores fijos de VoIP, es decir sin incluir los usuarios de “clientes soft” como Skype que suman alrededor de 35 millones de suscriptores, de los cuales unos 7 millones frecuentemente hacen llamadas vía Internet. El principal mercado de telefonía IP es Japón, donde se concentran 7,2 millones de los 11 millones de usuarios de VoIP en todo el mundo, Estados Unidos ocupa el segundo lugar con 2,1 millones de suscriptores, Europa es presidida por Francia, con sus 1,2 millones de abonados [20]. En Latinoamérica el crecimiento de la telefonía IP se está acelerando, porque las empresas han constatado el real ahorro de costos operativos de la tecnología [21]. Todo esto evidencia que en los últimos años, la telefonía IP ha ganado terreno a la telefonía tradicional.

Sin embargo, muchas redes actuales de paquetes no están preparadas para una gran demanda de tráfico de voz manteniendo el mismo nivel de calidad de la red telefónica clásica [13], teniendo en cuenta que las redes IP además de los paquetes de voz, también transportan muchos mensajes de otro tipo de información cuya cantidad aumenta vertiginosamente con la creciente demanda por parte de los usuarios de los diferentes servicios relacionados con estas redes que en consecuencia se van a saturar, causando en cuanto a la telefonía IP degradación de la calidad de voz.

Teniendo en cuenta que adecuar la infraestructura de la PSTN (*Public Switched Telephone Network*) de la Universidad del Cauca para poder suplir toda la demanda de telefonía de la institución es muy costoso, la ToIP en éste caso representa una alternativa muy conveniente la cual no necesita de una red exclusiva (como si lo es PSTN) si no que utiliza la red IP lo que significa un uso mucho más eficiente de los recursos de red que en una PSTN. Con todo lo anterior se hace evidente que para poder aprovechar las indiscutibles ventajas de la ToIP frente a PSTN se deben superar varios inconvenientes como por ejemplo a nivel de desempeño de red, lo cual motiva a generar una solución de gestión de código abierto para la red de ToIP de la Universidad, dado que las que se encuentran en el mercado son propietarias y por tanto muy costosas para esta institución educativa, teniendo en cuenta sus limitaciones económicas.

1.3 Definición del problema

Hoy en día la implementación de la telefonía IP está aumentando cada vez más alrededor de todo el mundo, entre otras cosas por sus grandes ventajas económicas y servicios de valor agregado frente a la telefonía tradicional [4] [20] [21]. En la Universidad del Cauca (Colombia) se desarrolló un trabajo de grado en el cual se montaron algunos terminales *softphone* en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, según los resultados de las encuestas realizadas por los estudiantes a cargo de dicho trabajo de grado, el nivel de satisfacción de los usuarios fue muy bueno en cuanto a la calidad del servicio, la cual, de alguna manera se debe mantener en el caso de implementar masivamente la ToIP en todas las dependencias de la Institución.

Actualmente la red telefónica conmutada de la Universidad del Cauca, en particular en las Facultades de Humanidades y Ciencias de la Salud, no están en capacidad de atender la creciente demanda interna de los servicios telefónicos. Según el proyecto: Actualización Plataforma de Comunicaciones [22], la Universidad del Cauca necesitaría un presupuesto de US \$ 42.059 dólares por concepto de pago de licencias de software para la ampliación del número de terminales de la central *Alcatel-Lucent*, allí se especifica los costos en las sedes de Tulcán, Santo Domingo y Contaduría. Una alternativa muy conveniente para éste problema económico es la ToIP, pero que al implementarla de forma masiva en toda la institución contribuye al aumento de tráfico en la red IP, ya que la voz se digitaliza y se transporta a través de ella como paquetes de datos. La red IP se basa en el concepto de conmutación de paquetes y por defecto no garantizan la entrega de paquetes de manera fiable al no poseer mecanismos de clasificación y protección para el tráfico de voz, demandan altos requerimientos para su correcto funcionamiento, exigiendo la implementación de mecanismos de calidad de servicio, sistemas de monitoreo y el despliegue de un proceso de evaluación constante que le permita al proveedor de servicio garantizar un nivel de calidad que satisfaga las necesidades del usuario [5]. En consecuencia, para hacer un uso masivo de la red de ToIP de la Universidad es indispensable contar con una solución de gestión que contribuya a prestar un servicio de buena calidad y de ésta manera suplir la creciente necesidad de nuevas extensiones telefónicas de la Institución.

Los actuales sistemas de monitoreo y gestión de redes de telefonía IP que existen en el mercado son herramientas propietarias muy costosas para la Universidad. De este modo nace la necesidad de implementar una solución de gestión basada en software libre, de fácil interacción con el usuario quien disponga de un manual que brinde instrucciones para un eficiente uso del mismo, un código abierto y escalable para su futuro avance como la ampliación de la capacidad de gestión, siendo el diseño e implementación de esta solución de gestión el objetivo del presente trabajo de grado.

La solución de gestión generada en el presente proyecto de desarrollo, trabaja en las áreas de gestión de desempeño y contabilidad, específicamente en la capa de gestión de red y la capa de gestión de servicio respectivamente, de acuerdo a la arquitectura TMN (*Telecommunications Management Networks*) [23]; con la función de desempeño la solución permite principalmente analizar el tráfico para determinar la congestión y cuellos de botella en la red ya que estos dos factores afectan considerablemente la calidad de Voz sobre IP, por otra parte con la función de contabilidad la solución permite analizar el uso de los recursos del sistema y nivel de uso de la red por parte de los usuarios, lo cual es indispensable para el manejo administrativo del servicio. Al considerar la viabilidad de la telefonía IP, en éste proyecto de desarrollo se llega a la siguiente pregunta, la cual reúne todos los temas aquí tratados, dicha pregunta es: ¿Cómo facilitar, desde el punto de vista de las funciones de desempeño y contabilidad,

el monitoreo de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca a través de una solución de gestión no propietaria?

1.4 Objetivos propuestos

Objetivo General

- ✓ Diseñar e implementar una solución de gestión con las funciones de desempeño y contabilidad según la arquitectura TMN para la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca.

Objetivos Específicos

- ✓ Identificar los parámetros que permitan analizar la congestión de red, los cuellos de botella, uso de recursos del sistema y nivel de uso del servicio de telefonía IP de la Universidad del Cauca.
- ✓ Definir un mecanismo y tecnología de gestión que permita realizar la gestión de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca, desde el punto de vista del área funcional de desempeño y contabilidad de TMN en su capa de red.
- ✓ Implementar y verificar la solución de gestión para la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca

1.5 Trabajos relacionados

Para el desarrollo de éste trabajo de grado se estudiaron algunos proyectos e investigaciones afines a la gestión de redes de telefonía IP, para conocer sus aportes y estimar el estado actual del conocimiento del tema en cuestión. En la actualidad existe una variedad de éste tipo de sistemas y muchos son propietarios lo que implica no solo un alto costo económico para adquirirlos sino también gran dificultad para conocer su lógica de funcionamiento e implementar nuevas funcionalidades (escalabilidad). A continuación se presentan algunos trabajos relacionados con éste proyecto:

➤ **Resource management for IP telephony Networks**

En éste trabajo desarrollado en la Universidad de California, es un estudio acerca de la gestión de pasarelas de telefonía por Internet (ITG), disponibilidad de los puertos de voz para lograr mayor calidad de servicio (QoS), control de admisión y redirección de llamadas seleccionando el mejor ITG para el establecimiento de la comunicación, adicionalmente incorpora una política de balance de carga, mejorando así la eficiencia de la red [24], todos estos procesos se hacen en una simulación, en el caso de la solución de gestión, esta se diseñó, se implementó y se probó en el ambiente real, es decir en la red de telefonía IP de la Institución, otra diferencia que se destaca es que la solución permite determinar el uso de los recursos de red y permite el acceso remoto desde la estación gestora a la PBX de telefonía IP y realizar las diferentes funcionalidades que ella brinda.

➤ **Software SecureLogix**

La empresa SecureLogix Corporation ofrece un software de gestión y seguridad de redes de telefonía IP, el cual presenta un conjunto unificado de herramientas que permiten asegurar, optimizar y gestionar eficientemente la red, éste sistema monitorea continuamente en tiempo real el estado del sistema de voz y la calidad de las llamadas, también brinda reportes de contabilidad de las mismas, utilización de los

recursos y análisis de tráfico, por otra parte incluye un firewall de voz para asegurar los recursos de la red y prevenir diversos ataques, de esta manera previene riesgos en la seguridad, interrupciones en el servicio y restringe el acceso a lugares no autorizados [25]. La diferencia de éste sistema con el implementado es que SecureLogix es propietario y muy costoso para instituciones de recursos económicos limitados, mientras que el desarrollado en el proyecto es libre de código abierto y escalable.

➤ **Observer Software.**

Networks Instruments es una empresa que ofrece un analizador de protocolos llamado *Observer*, el cual permite medir, capturar y predecir tendencias en las redes, dicho analizador permite introducirse en el nivel de paquetes individuales hasta obtener vistas generales de la actividad de la red, ofreciendo una gran diversidad de niveles de revisión. Así mismo descubre e identifica los nodos de la red, monitorea los nodos descubriendo su disponibilidad y rendimiento, decodifica protocolos, produce estadísticas útiles de las actividades que se realizan en la red, ayuda a resolver problemas y reporta el status actual de los dispositivos de la red y sus conexiones [26]. En fin, ésta herramienta propietaria permiten realizar muchas actividades de análisis y monitoreo en una amplia gama de topologías de redes de datos en general, mientras que la solución implementada en el presente trabajo de grado es libre y está dirigida particularmente a la gestión de red de telefonía IP, por lo cual permite monitorear con más detalle aspectos propios de dicha red como por ejemplo determinar el uso del servicio por extensión telefónica.

La lista precedente presenta algunos de los tantos sistemas de gestión que diversas empresas ofrecen hoy en día, los cuales son propietarios y por ende muy costosos para una institución como la Universidad del Cauca y que además representa un gran limitante para acceder al código fuente e implementar nuevas funcionalidades de gestión a medida que se requieran, como por ejemplo monitorear el uso de recursos de la red o del servicio de ToIP como tal, pues la mayoría de ellos se limitan a gestionar principalmente el funcionamiento de la red. Teniendo en cuenta éstos aspectos se implementó una solución de gestión no propietaria para la red de telefonía IP de la institución, de bajo costo, de código abierto y escalable.

1.6 Solución propuesta

Teniendo en cuenta las ventajas de la ToIP frente a la PSTN y las necesidades de la Universidad del Cauca en cuanto a telefonía, éste trabajo de grado presenta una solución de gestión para la red de ToIP de la institución, la cual monitorea el tráfico para determinar congestión y cuellos de botella en elementos de red como el servidor de telefonía IP, esto en apoyo al área de desempeño, así como también el uso de recursos del sistema y el nivel de uso de la red como apoyo al área de contabilidad según TMN.

La solución de gestión implementada permite monitorear tanto el servidor de ToIP como los terminales de usuario proporcionando en cada caso información cuantitativa y cualitativa de los elementos gestionados. Por otra parte permite visualizar gráficas empleando la herramienta RRDTool (*round-robin database tool*) [27] [28] en las que se aprecia el comportamiento del tráfico a través de los elementos de red en diferentes rangos de tiempo. Además, permite conocer información del uso de los recursos hardware del servidor y los terminales, brinda información cronológica de los eventos ocurridos en la red, verificando el estado de las diferentes interfaces con la ayuda de la herramienta libre JFFNMS (*Just for Fun Network Monitoring System*) [29].

Esta también permite acceder y gestionar la base de datos del servidor de ToIP, de esta manera es posible conocer diversa información en cuanto al uso del servicio de telefonía a nivel colectivo y por extensión. Así mismo proporciona reportes en varios formatos como csv, doc, latex, OpenDocument, sql, xml y pdf que facilitan llevar un registro detallado del servicio de telefonía, de igual forma es posible saber que aplicaciones se están ejecutando en el servidor y cuál es el consumo de recursos de las mismas. Además posibilita obtener información muy importante propia de la central telefónica (PBX) como el número de canales activos, módulos cargados, tiempos de inicio y recarga de la PBX entre otros, se puede observar gráficamente el comportamiento del tráfico en el servidor durante diferentes periodos de tiempo mediante la herramienta libre MRTG (*Multi Router Traffic Grapher*) [30].

De igual manera, la solución de gestión permite gestionar los elementos de red mediante el despliegue de una lista de los mismos con el nombre, dirección IP y zona de ubicación en el campus universitario, brindando la posibilidad de actualizar, eliminar o agregar un elemento de red previamente seleccionado y en el mismo sentido se pueden administrar los usuarios. Adicionalmente desde la estación gestora se puede acceder remotamente a la interfaz gráfica del servidor de ToIP y ejecutar las funciones propias del mismo.

Es importante anotar que para el intercambio de información de gestión entre los diferentes elementos de red y la estación gestora se utilizó el protocolo simple de gestión de red (SNMP) [31].

La solución propuesta e implementada, es de código abierto, lo que permitirá a futuro implementar nuevas funcionalidades buscando cada vez un mejor cubrimiento de las diferentes áreas de gestión definidas en la arquitectura TMN, es de fácil interacción con el usuario ya que sus interfaces son intuitivas y en cada una de ellas se presenta una breve descripción de la información que se brinda, además se utilizaron diferentes colores para significar eventos diferentes, los cuales se especifican en la tabla Tabla 20.

1.7 Contribuciones

Con el trabajo desarrollado se lograron las siguientes contribuciones:

- ✓ Implementación de una solución de gestión que mediante monitoreo de elementos de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca como el servidor de telefonía y los terminales de usuario permite obtener información del tráfico y determinar congestión, así como uso de recursos hardware y nivel de uso del servicio.
- ✓ Se analizaron las características de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca y posteriormente se adaptaron las funciones de gestión de desempeño y contabilidad, desde el punto de vista de la arquitectura TMN a la gestión de la red de telefonía.
- ✓ La solución de gestión implementada ayuda a mejorar el monitoreo de la red ya que permite conocer el comportamiento de la red y sus elementos, almacenar información relevante y generar reportes.
- ✓ Gracias a los reportes generados con la solución se puede estudiar los patrones de uso de la telefonía IP de la universidad, es decir, obtener información estadísticas del servicio

- ✓ Adición de nuevos módulos al servidor de telefonía IP como el acceso remoto a la base de datos, instalación y configuración de SNMP y ASTERISK-MIB que permiten a la solución monitorear aspectos específicos de la central de telefonía IP Asterisk y que las herramientas de gestión del mercado además de ser propietarias no pueden hacerlo.
- ✓ La solución de gestión brinda la posibilidad de generar copias de seguridad de la información del servidor de telefonía en formato csv, doc, latex, OpenDocument, sql, xml y pdf.
- ✓ Este trabajo de grado brinda una importante base de conocimiento y desarrollo para futuras implementaciones complementarias a la solución de gestión implementada (escalabilidad).
- ✓ Con el desarrollo del presente proyecto se contribuyó en la solución de una necesidad real de la Universidad del Cauca en cuanto a telefonía. Para la implementación fue muy importante la colaboración del personal encargado de la red de datos, quienes brindaron información clave sobre infraestructura y funcionamiento de la red de telefonía IP. Estos vínculos motivan y manifiestan la conveniencia de la incursión de los estudiantes en proyectos que buscan el mejoramiento institucional.

1.8 Contenido

Este documento se divide de la siguiente manera:

CAPITULO 2: Base Teórica. En éste capítulo se presentan los diferentes conceptos y consideraciones que se aplicaron en el desarrollo del proyecto. Se definen los principales aspectos de la telefonía IP, de su estructura de red, su funcionamiento y gestión así como los conceptos más importantes de la arquitectura TMN, y de sus funciones propuestas, además se eligen justificadamente las que ayudan en el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

CAPÍTULO 3: Modelado de la solución de gestión. En este capítulo se presenta el modelado de la solución de gestión, para lo cual se inició conociendo la infraestructura de la red a gestionar y así poder adaptar diferentes conceptos de gestión de red. Inicialmente se describe la infraestructura de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca, después la solución propuesta y a continuación los diagramas que describen el modelado.

CAPITULO 4: Prototipo de la solución de gestión. En este capítulo se presenta y describe el prototipo de la solución de gestión propuesta, también las tecnologías de gestión y software libre utilizados, además se identifican los parámetros o variables relacionados con las funciones de gestión seleccionadas en el capítulo dos y que permitieron cumplir con los objetivos del proyecto.

CAPITULO 5: Experimentación. Se exponen las pruebas realizadas en la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca y se muestran los resultados obtenidos.

CAPITULO 6: Conclusiones y trabajos futuros. Se presentan las conclusiones obtenidas al implementar, probar y analizar esta solución de gestión, además se sugieren trabajos futuros relacionados con la gestión de redes de telefonía IP.

CAPITULO II BASE TEÓRICA

Con el propósito de aclarar el enfoque y desarrollo del presente trabajo de grado, en éste capítulo se presentan diferentes aspectos que se utilizaron en el proceso de la implementación de la solución de gestión y que se mencionan a lo largo del resto de la monografía. En primer lugar se habla sobre la telefonía IP y de su arquitectura de red dado que el proyecto está dirigido a este tipo de redes, se presentan conceptos de tráfico telefónico utilizados para determinar precisamente el tráfico de voz digitalizada en un tiempo determinado, después se habla de la gestión de las redes de telefonía IP, por lo tanto a continuación se presenta el paradigma gestor-agente que permite organizar los elementos de una red en dos grupos generales según las funciones que cumplan en cuanto a gestión, lo cual facilita ésta actividad. Luego se habla del protocolo SNMP utilizado en la comunicación entre la estación gestora y los agentes, después se presentan aspectos importantes de TMN ya que es el estándar de gestión que se aplicó en el proyecto, especialmente las áreas de gestión de desempeño y gestión de contabilidad, las cuales se describen en detalle y en cada una se hace la selección de las funciones que permiten alcanzar los objetivos del proyecto.

2.1 Telefonía IP

La telefonía IP es definida por el Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones (FMPT 2001) de la ITU-T [32] como: “término genérico para la prestación de servicios vocales, facsímile y servicios conexos, parcial o totalmente para redes basadas en IP con conmutación de paquetes, que pueden incluir aplicaciones que integren o incorporen la transmisión de señales vocales y facsímile con otros medios tales como textos e imágenes” [5].

Según la naturaleza de la red IP que se emplee existe dos tipos de telefonía IP definidos por la UIT-D en [33]: “La primera se basa en Internet, y se considera como la interconexión de un conjunto de redes públicas o privadas en un plano mundial. La segunda categoría reside en las redes IP gestionadas por los operadores de servicio, que disponen de numerosos mecanismos pre instalados (algoritmos de encaminamiento, codificación), que permiten asegurar un nivel de calidad de servicio aceptable para la voz” [5].

La telefonía IP es un nuevo sistema de comunicación que permite no solamente convertir la voz en datos para ser transmitida a través de la red de internet empleando el protocolo IP, si no también interactuar con las redes de telefonía tradicional PSTN mediante adaptaciones especiales [34]. Es así como se puede realizar una llamada telefónica desde un terminal de usuario conectado directamente a la red de internet, hasta un terminal de usuario conectado directamente a la red PSTN o viceversa. De ésta manera la telefonía IP no es solamente una comunicación de voz netamente entre terminales de la red IP como típicamente se piensa.

En la actualidad ésta tecnología se expande cada vez más, gracias a sus grandes ventajas en costos de operación y de servicios agregados [20], [21]. Aunque la ToIP permite la interacción con las redes PSTN posibilitando por ejemplo que operadoras de telefonía convencional utilicen los servicios de VoIP para transmitir llamadas de larga distancia y de esta forma reducir costos, ésta perspectiva supone que en un futuro cercano desaparezcan las líneas de telefonía convencional y sean reemplazadas por VoIP como tal [34],[13], implicando necesariamente que cada usuario tenga acceso a internet de banda ancha, lo que representa a la vez un gran obstáculo para dicha migración que se espera superar con los avances tecnológicos.

➤ Arquitectura básica de las redes de telefonía IP

Una red de telefonía IP básicamente está compuesta por tres elementos esenciales, el primero es de la red IP, el segundo las centrales de ToIP con capacidad de interacción con las redes PSTN mediante adaptación especial utilizando pasarelas o *Gateway* [34] como los puertos FXO (*Foreign Exchange Office*) y el tercero terminales de usuario como teléfonos IP, softphone, fax IP o también pueden ser terminales no IP como los teléfonos o faxes convencionales conectados a la IP-PBX a través de FXS (*Foreign Exchange Station*), permitiendo así varias posibilidades de realizar una llamada telefónica haciendo uso de las redes de datos. La Figura 1 muestra la Arquitectura básica de una Red de Telefonía IP:



Figura 1. Arquitectura básica de una red de ToIP [35]

En la Figura 1 se puede apreciar que la central de telefonía IP también es parte importante en la interconexión telefónica entre los diversos terminales de usuario e incluso con otras centrales, estos terminales pueden estar conectados a la red local (LAN) o remotamente a través de internet y las otras centrales telefónicas IP o las centrales PSTN.

➤ Central de Telefonía IP

Una central de telefonía IP o IP-PBX consiste en un servidor el cual soporta un software que administra los parámetros y las comunicaciones telefónicas como lo hace una central de telefonía tradicional. Hoy en día existe una variedad de centrales de ToIP algunas propietarias como IPX-1800N con soporte ISDN, IPX-1500, IPX-1900, IPX-2000 ofrecidas por la empresa telecomvoip [36], TMIPPBX [37], Central telefónica IP KX-TDE de Panasonic que soporta protocolos como protocolo SIP y H.323 [38], empresas como Simens, Avaya, Nortel también comercializan sus propias herramientas. Otras centrales son no propietarias, entre las que se destacan las IP-PBX basadas en Asterisk como el caso del software Elastix utilizada en la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca, por lo tanto es importante anotar que Asterisk es de gran estabilidad, de código libre, donde muchos programadores trabajan mancomunadamente para mejorarlo cada vez más, permite configuraciones realmente interesantes como servicios de respuesta interactiva, buzón de mensajes, conferencias, colas de esperas, llamadas simultaneas, identificador de llamadas [39].

Asterisk utiliza principalmente los protocolos SIP (Session Initiation Protocol) para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario y es la opción más difundida y estandarizada [61] e IAX (*Inter-Asterisk exchange protocol*) protocolo

libre utilizado para manejar conexiones VoIP entre servidores Asterisk, y entre servidores y clientes que también utilizan el protocolo IAX[39] [40].

Asterisk puede tener dos funciones diferentes dentro de las comunicaciones a través del protocolo SIP [39]:

- ✓ Agente de Usuario: Asterisk puede conectarse a operadores que soportan protocolos SIP y encadenarlos con otros Asterisk.
- ✓ Servidor: Asterisk puede recibir peticiones de registro de agentes de usuarios, que pueden ser clientes hardware (teléfonos IP) o clientes software (softphone), otro Asterisk o cualquier agente de usuario SIP (Figura 2).

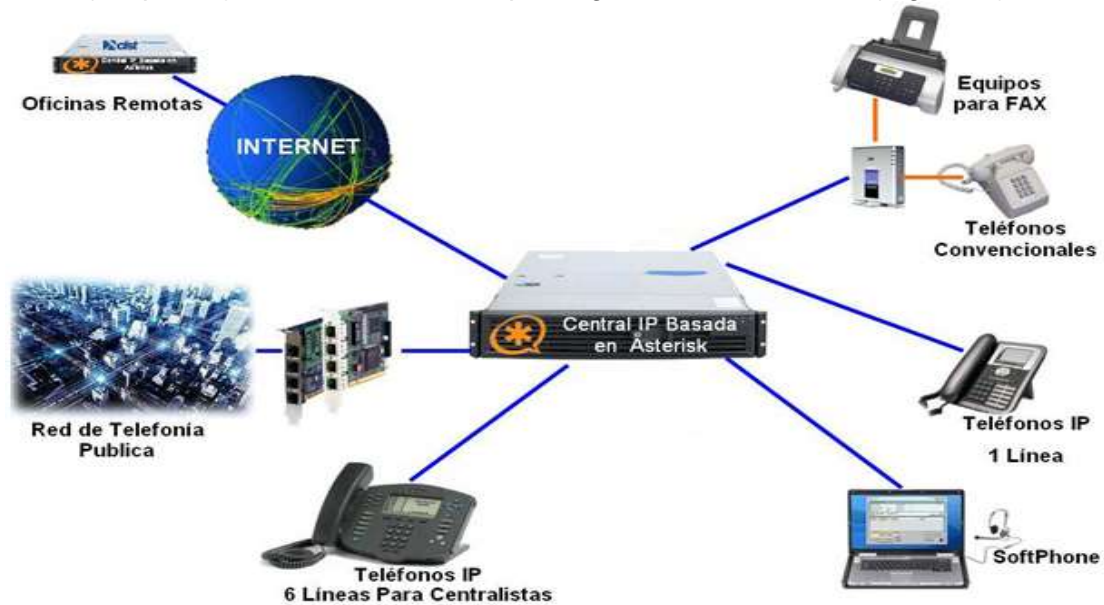


Figura 2. Central IP basada en Asterisk [40]

Elastix es un software que integra herramientas disponibles para PBX basados en Asterisk en una interfaz simple y fácil de usar, además añade su propio conjunto de utilidades y permite la creación de módulos de terceros convirtiéndose en uno de los mejores paquetes software de código abierto disponibles para implementar una IP-PBX [41], Elastix integra varios paquetes de software, cada uno incluye su propio conjunto de características [41].

Elastix es un producto ecuatoriano desarrollado por PaloSanto Solutions y distribuido a nivel mundial bajo los términos de la licencia GPL, permite no solamente contar con una central telefónica de grandes prestaciones, sino también ofrece un completo servidor unificado de comunicaciones que integra tecnologías de fax, telefonía, mensajería instantánea, correo electrónico y de colaboración, en un solo equipo. Uno de los principales objetivos de Elastix es la integración telefónica en todos los estándares y protocolos existentes, actualmente soporta las marcas más importantes de tarjetas y hardware telefónico, trabajando en conjunto con marcas reconocidas a nivel mundial, como Sangoma, Rhino, Openvox, Redfone y Xorcom [41].

Elastix brinda una variedad de funcionalidades, las cuales se pueden agrupar según su propósito como por ejemplo funciones para PBX, para fax, para mensajería instantánea entre otras [42], a continuación se listan algunas de ellas:

Funcionalidades de IP-PBX

- ✓ Grabación de llamadas con interface vía web.
- ✓ Voice mails con soporte para notificaciones por email.

- ✓ Respuesta de voz interactiva (IVR) configurable y bastante flexible.
- ✓ Soporte para sintetización de voz.
- ✓ Herramienta para crear lotes de extensiones lo cual facilita nuevas instalaciones.
- ✓ Cancelador de eco integrado.
- ✓ Provisionador de teléfonos vía web, esto permite instalar numerosos teléfonos en muy corto tiempo.
- ✓ Interfaz de detección de hardware de telefonía.
- ✓ Servidor DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) para asignación dinámica de IP a IP-Phones.
- ✓ Parqueo de llamadas.
- ✓ Realiza tarifación.
- ✓ Soporte para colas de llamadas.
- ✓ Centro de conferencias, desde donde se puede programar conferencias estáticas o temporales.
- ✓ Soporte para interfaces análogas FXS/FXO.
- ✓ Identificación de llamadas.
- ✓ Rutas entrantes y salientes las cuales se pueden configurar por coincidencia de patrones de marcado lo cual da mucha flexibilidad.
- ✓ Soporte para follow-me.
- ✓ Soporte para condiciones de tiempo, es decir, que la central se comporte de un modo diferente dependiendo del horario.
- ✓ Soporte *Callback*.
- ✓ Editor web de archivos de configuración de Asterisk.
- ✓ Acceso interactivo desde la web a la consola de Asterisk.

Funcionalidades de fax

- ✓ Servidor de fax administrable desde web.
- ✓ Visor de faxes integrado, pudiendo descargarlos desde la web.
- ✓ Control de acceso para clientes de fax.
- ✓ Configurador web de plantillas de e-mails.

Funcionalidades de email

- ✓ Servidor de email con soporte multidominio.
- ✓ Administrable desde web.
- ✓ Cliente de email basado en web.

Funcionalidades de colaboración

- ✓ Calendario integrado con la PBX con soporte para recordatorios de voz.
- ✓ Libreta telefónica (Phone Book) con capacidad clic-to-call.

Funcionalidades de call center

- ✓ Módulo de call center con marcador predictivo incluido.

Funcionalidades de mensajería instantánea

- ✓ Servidor de mensajería instantánea basado en OpenFire e integrado a la PBX.
- ✓ Se puede iniciar una llamada desde el cliente de mensajería.
- ✓ El servidor de mensajería es configurable desde la web.
- ✓ Soporta grupos de usuarios.
- ✓ Soporta conexión a otras redes de mensajería como MSN, Yahoo Messenger, permitiendo estar conectado a varias redes desde un mismo cliente.
- ✓ Reporte de sesiones de usuarios.

- ✓ Soporte para plugins.
- ✓ Soporta conexiones server-to-server para compartir usuarios.

➤ **Tráfico telefónico**

La intensidad de tráfico, por definición, es el promedio de llamadas realizadas simultáneamente durante un período particular de tiempo, se mide en Erlang, siendo una unidad adimensional utilizada en telefonía como una medida estadística del volumen de tráfico, por definición la ocupación total durante una hora equivale a 1 Erlang (Ecuación 1).

$$\text{Intensidad tráfico} = [\text{Numero_de_llamadas} \times \text{Duracion_promedio_llamada}] / 3600$$

Ecuación 1. Tráfico Erlang en una hora en particular

El primer paso consiste en determinar el número de Erlangs utilizados por la institución durante la hora más ocupada del día, la siguiente fórmula se emplea para obtener el número de minutos de las llamadas hechas durante la hora de mayor ocupación de servidor de ToIP (Ecuación 2):

$$\text{Hora_pico_minutos_llamada} = [\text{Minutos_llamada_mensualmente} / 22] * .15$$

Ecuación 2. Hora de mayor ocupación

Minutos_llamada_mensualmente, es la cantidad de minutos de todas las llamadas hechas durante un mes, aproximadamente un mes contiene 22 días laborales, durante un día laboral aproximadamente el 15 % del volumen de llamadas ocurre durante la hora más ocupada del día, por consiguiente para encontrar el número de Erlangs utilizados por la institución durante la hora más ocupada del día, se divide la ecuación 2 entre 60 [43] (Ecuación 3):

$$\text{Erlang_hora_pico} = (\text{Hora_pico_minutos_llamada}) / 60$$

Ecuación 3. Tráfico Erlang en la hora de mayor ocupación

Es necesario hallar el grado de servicio (GoS) que consiste en el porcentaje promedio de llamadas que se admite podrán perderse durante el periodo definido como tiempo de observación, típicamente en diseños de redes se usa un GoS de P(0.01), lo cual es 1% de probabilidad de que la llamada será rechazada durante la hora más ocupada del día.

Posteriormente puede calcularse el número de líneas requeridas dentro de una troncal utilizando una calculadora de Erlang B Figura 3, donde debe ingresarse el tráfico Erlang (BHT) y el grado de servicio (Blocking), siendo 0.010 el valor por defecto [44].

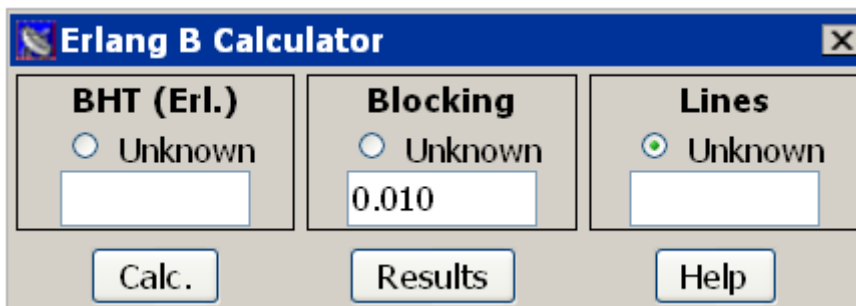


Figura 3. Calculadora Erlang B para determinar el número de líneas requeridas

Es posible calcular cuántas líneas necesita proveerse en una troncal si se conoce el número total de minutos de las llamadas Figura 4 [45].

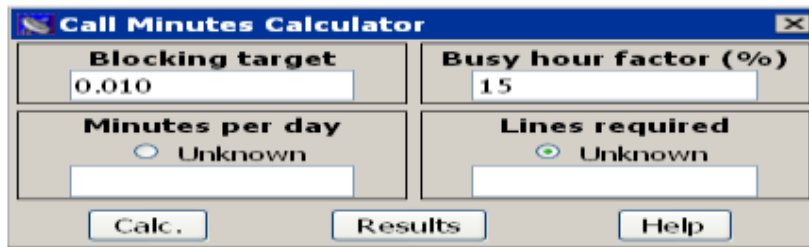


Figura 4. Calculadora para determinar las líneas requeridas conociendo los minutos totales de las llamadas por día

Para determinar el ancho de banda necesario para soportar un volumen de llamadas requerido, se utiliza una calculadora de ancho de banda VoIP Figura 5, donde se debe ingresar el códec utilizado y el número de líneas solicitadas (Voice paths) [46].

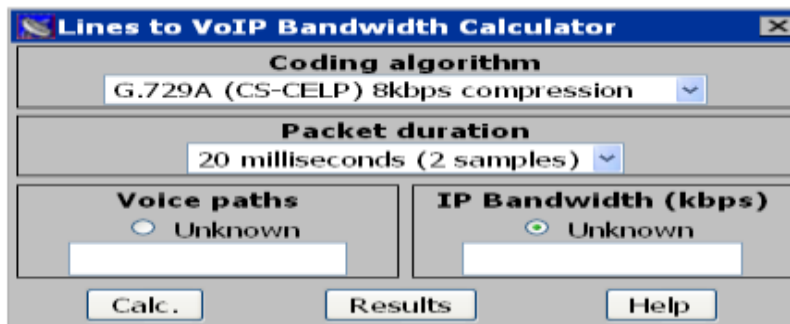


Figura 5. Calculadora de ancho de banda VoIP conociendo el número de líneas

2.2 Gestión de redes de ToIP

Como toda red de telecomunicaciones, la red de telefonía IP necesita de un sistema de gestión para lograr que su rendimiento sea lo más óptimo posible. El hecho de involucrar una conexión de red IP implica que la calidad del servicio de ToIP depende en parte del buen desempeño de dicha red, por tanto es indispensable contar con un enlace de datos confiable así como disponibilidad constante de servidores de telefonía IP y demás recursos implicados en éste tipo de comunicaciones, ya que la calidad de las llamadas debe satisfacer las expectativas del usuario final y precisamente para asegurar el éxito y la disponibilidad de los servicios de comunicación es necesaria una gestión continua [47].

En general, para lograr una gestión acertada de una red de ToIP, se debe monitorear los recursos y realizar las acciones pertinentes con el fin de mantener un eficiente desempeño de la red y obtener información estadística del uso del servicio para efectos administrativos. Pero al llevar esto a la práctica no es nada sencillo, debido entre otras cosas a la complejidad de las redes IP actuales, pero a la vez indispensable para poder prestar un servicio de buena calidad, también es clave conocer en detalle la infraestructura de la red a gestionar, conocer sus recursos y capacidades para poder adecuar y aplicar los diferentes principios de gestión como los que se exponen en las siguientes secciones de éste documento.

➤ Clasificación general de los elementos para la gestión de la red

Para la gestión de una red, los elementos se pueden clasificar en dos grandes grupos que obedecen al paradigma Gestor-Agente (Figura 6) el cual se utiliza en la solución de gestión, ya que facilita definir qué elementos deben actuar como agentes y cuales como gestores y así poderlos configurar debidamente de tal manera que puedan

cumplir con las funciones de gestión asignadas y poder realizar un eficiente intercambio de información de gestión.



Figura 6. Elementos de un sistema de gestión

Gestores: Elemento donde se encuentran procesos gestores y que interactúan con los operadores humanos y con los diferentes elementos de red gestionados (agentes), su tarea es enviar requerimientos de gestión hacia los agentes para propósitos de control, coordinación y monitoreo, ejecutando operaciones sobre los agentes con la ayuda de esos requerimientos y la recepción de mensajes emitidos por los objetos gestionados y retransmitidos por los agentes al gestor [15].

Agentes (Gestionados): Elemento de sistema hacia el cual se dirigen los comandos de gestión para propósitos de control, coordinación, y monitoreo, ejecutan operaciones sobre los objetos gestionados de acuerdo a los requerimientos del gestor, y retransmiten mensajes emitidos por los objetos gestionados hacia el gestor, es decir, reportan en cualquier momento algún tipo de fallo que se produzca [15].

Por definición, puede existir una relación de muchos-a-muchos entre gestores y agentes, esto significa que un gestor puede estar involucrado en el intercambio de información con varios agentes, y un agente puede intercambiar información con varios gestores [15].

Por otra parte, cada dispositivo o elemento de red gestionado contiene una base de datos de información de gestión que se utiliza para poder interactuar con él, dicha base de datos se denomina MIB (*Management Information Base*) [48] en donde se identifican todas las variables u objetos gestionables que representan datos de procesamiento y datos de recursos de comunicaciones que pueden ser gestionados a través del uso de un protocolo de gestión [49] como por ejemplo SNMP, cada objeto tiene su propio identificador (OID) que consiste en una secuencia de números asignados jerárquicamente y que permite identificar inequívocamente los objetos en la red. La definición formal de los OID se encuentra en la recomendación X.208 (ASN.1) de la ITU-T, disponible en las páginas oficiales de la ITU [50] [51]. Se ha desarrollado un gran número de MIB como por ejemplo la MIB-II [52], la ASTERISK-MIB [53] y

existe un estándar especial que define cómo describir variables de una MIB, el cual se denomina Estructura de Información de Gestión (SMI) [54].

➤ **Protocolo SNMP**

Dado que en el presente proyecto de grado se utilizó el protocolo SNMP para el intercambio de información de gestión entre la estación gestora y los agentes, a continuación se describen algunas características:

SNMP definido por la IETF (*Internet Engineering Task Force*) en la recomendación 1157 [31], es un protocolo de nivel de aplicación que pertenece a la familia TCP/IP y que ofrece servicios de gestión de red y está apoyado por la mayoría de los fabricantes de equipos de comunicaciones, hoy en día, virtualmente todos los dispositivos de redes, incluyendo los *hubs* e impresoras de red, soportan SNMP [55],

Un protocolo de gestión como SNMP especifica cómo se realizará la comunicación entre los agentes de gestión y el gestor, la comunicación se realiza en base de requerimientos, respuestas y notificaciones, SNMP define cinco tipos de mensajes:

- ✓ Get Request: para leer el valor de una o varias variables de la MIB.
- ✓ Get Next Request: para realizar lecturas secuenciales a través de la MIB.
- ✓ Get Response: es el mensaje de respuesta a un Set Request o Get Request.
- ✓ Set Request: mensaje enviado para establecer el valor de una variable.
- ✓ Trap: a través de este mensaje se hacen notificaciones de eventos.

La ventaja fundamental de usar SNMP es que su diseño es simple por lo que su implementación es sencilla en grandes redes y la información de gestión que se necesita intercambiar ocupa pocos recursos de la red, por otra parte, también permite al usuario elegir las variables que desea monitorear definiendo su título, el tipo de datos, el valor y si la variable es de solo lectura o también de escritura [56]. Además es muy popular y casi todo lo que se puede conectar a una red puede convertirse en un agente SNMP, es flexible al adaptarse a las necesidades de gestión de cualquier elemento y si un gestor está bien diseñado se puede añadir nuevas MIB fácilmente [57] [58].

Comunidades

Cuando se usa SNMP, se necesita hacer uso de las comunidades que consisten en un nombre o palabra clave que se usa para la autenticación en el este protocolo [56], en la solución de gestión se utilizaron para validar un mensaje SNMP y a su respectivo emisor.

2.3 Arquitectura TMN

TMN (o en español Red de Gestión de Telecomunicaciones RGT) ha sido concebida para soportar una gran diversidad de áreas de gestión que abarcan la planificación, instalación, operaciones, administración, mantenimiento y la puesta en servicio de redes de telecomunicaciones y la prestación de servicios [23].

En éste trabajo de grado se adopta el concepto de gestión de redes propuesta precisamente por TMN definida en la recomendación M.3010 de la ITU-T, en cuyo contexto se entiende por gestión un conjunto de capacidades que permiten el intercambio y procesamiento de información de gestión a fin de ayudar a las administraciones a realizar sus actividades con eficacia [23]. La principal ventaja de implementar un sistema de administración basado en TMN es la capacidad de integrar

productos de distintos fabricantes [49], interconectar diferentes sistemas TMN estándares e incluso puede comunicarse con sistemas de gestión de red no-TMN [15]. Es posible gestionar diferentes clases de equipos, diferentes servicios y diferentes redes de telecomunicaciones públicas y privadas como redes telefónicas, redes móviles, redes privadas virtuales, redes inteligentes, puesto que los principios de TMN apuntan a las actividades de gestión OAM&P (Operación, Administración, Mantenimiento y Provisión) de las redes y servicios de telecomunicaciones en el ambiente abierto y multipropietario actual y con proyección al futuro [49].

TMN más que un modelo define una estructura de red de gestión basada en modelos de más bajo nivel [59], su complejidad es variable, puede consistir en una conexión muy simple de un sistema de operaciones OS (*Operations System*) con un solo elemento de telecomunicaciones o en una red compleja que interconecte muy distintos tipos de OS y equipos de telecomunicaciones, además proporciona recomendaciones utilizables al diseñar infraestructuras de gestión de servicios y redes de telecomunicaciones [23].

En lo que concierne a la arquitectura general de TMN, en la recomendación M.3010 de la ITU-T se consideran tres aspectos básicos:

- ✓ Arquitectura funcional de TMN.
- ✓ Arquitectura de información de TMN (basada en el principio Gestor-Agente)
- ✓ Arquitectura física de TMN.

Adicionalmente se describe la arquitectura lógica estratificada, las funciones de sistemas de operaciones *OSF (Operations Systems Function)* de gestión de red están separadas en capas jerárquicas (Figura 7), cada una define un grupo apropiado de operaciones de gestión, son construidas una sobre otra y están muy interrelacionadas [15]. A continuación se describe cada una de las capas:



Figura 7. Ilustración piramidal de la arquitectura lógica estratificada de TMN

- Capa de elementos de red: implementa entidades lógicas en el dispositivo, presenta la información gestionable TMN en un NE (*Network Element*) individual.
- Capa de gestión de elemento de red: gestiona los elementos que comprenden las redes y sistemas, por ejemplo *switches*, sistemas de transmisión,

implementa las funciones de gestión de rendimiento, fallas y configuración a nivel de dispositivo.

- Capa de gestión de red: implementa gestión de ruta, gestión de topología, capacidad, congestión y aislamiento de fallas.
- Capa de gestión de servicio: implementa mecanismos para garantizar los convenios de nivel de servicio y mantener la calidad del servicio (QoS).
- Capa de gestión de negocio: implementa funciones de gestión comercial estratégica tales como presupuestos y facturación.

Por otra parte y de acuerdo a las definiciones de las recomendaciones ITU-T X.700[48] y M.3400 [19], se definen las siguientes áreas funcionales de OSI (*Open System Interconnection*) para agrupar las *funciones de gestión* estándar de TMN, popularmente conocidas como FCAPS por sus nombres en inglés las cuales se ilustran en la Figura 8.



Figura 8. Áreas funcionales de la gestión de red

Teniendo en cuenta éstas definiciones se puede decir en términos prácticos, que la gestión de red esencialmente establece qué aspectos gestionar y cómo lograrlo (Figura 9):

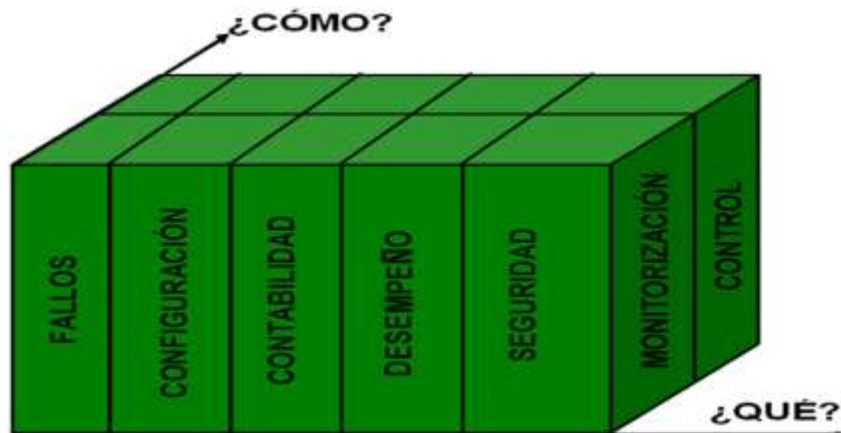


Figura 9. Dos dimensiones presentes en la gestión de redes [59]

Es importante resaltar que éste trabajo de grado incluye solo dos áreas funcionales de gestión de desempeño y contabilidad, específicamente en la capa de gestión de red y la capa de gestión de servicios de la arquitectura lógica estratificada de TMN, en cuanto a desempeño la solución posibilita principalmente analizar el tráfico para determinar la congestión y cuellos de botella. En lo relacionado con la contabilidad permite analizar el uso de recursos de la red y nivel de uso del servicio por parte de los usuarios, por tal motivo, a continuación solo se presenta la definición de éstas dos áreas y de los mencionados aspectos que maneja el presente proyecto en cada una de ellas, así como el análisis aplicado en selección de las funciones para determinar dichos aspectos.

➤ **Gestión de Desempeño**

La gestión de desempeño provee funciones para evaluar y reportar sobre el comportamiento del equipamiento de telecomunicaciones y la efectividad de la red y/o elementos de red, puede involucrar la medición de la intensidad del flujo de datos (tráfico) a lo largo de las diferentes rutas de la red, coleccionando, evaluando y mostrando los datos medidos de esta forma, así como también la determinación de índices de eficiencia y el cálculo del análisis de tendencia. Sobre la base de estos datos, se puede establecer el nivel de carga de tráfico y se puede determinar si una red dada cumple con los requerimientos de desempeño necesarios [15].

La congestión es un problema presente en todas las redes de paquetes en general y en Internet (basada en protocolo IP) en particular, relacionado con la disponibilidad limitada de recursos y se manifiesta en la aparición de retardos variables entre paquetes e incluso en pérdidas de los mismos. Se produce cuando la capacidad de las líneas se encuentra a su máximo nivel, con dificultades para satisfacer la demanda de ancho de banda de los usuarios [60], los cuellos de botella tienen lugar cuando la demanda supera la capacidad de procesamiento y conmutación de un elemento de red como por ejemplo un *Router*.

Para contribuir en el proceso de determinar o detectar los fenómenos de congestión y cuellos de botella se analizaron y seleccionaron funciones de las que sugiere TMN para gestión de desempeño y que se definen en el numeral cinco de la recomendación M.3400 de la ITU-T [19] en donde se presentan los siguientes grupos de conjuntos de funciones para la gestión de calidad de funcionamiento de una red de telecomunicaciones:

- A. Garantía de la calidad de funcionamiento.
- B. Supervisión de la calidad de funcionamiento.
- C. Control de la gestión de la calidad de funcionamiento.
- D. Análisis de la calidad de funcionamiento.

El grupo **A** garantiza la calidad del funcionamiento de la red, lo cual se sale de los alcances de la solución de gestión, lo mismo ocurre con el grupo **C** el cual implica ejecución de control de tráfico que tampoco se hace, por tanto se eligió en primer lugar el grupo **B** ya que sus funciones permiten monitorear las actividades de la red y recoger continuamente datos del comportamiento de la misma, que en el caso del presente trabajo permiten determinar las situaciones de congestión y cuellos de botella, y en segundo lugar el grupo **D** cuyos conjuntos de funciones permiten precisamente el análisis de los datos de calidad de funcionamiento de red recogidos para poder interpretarlos acertadamente y poder adquirir información que contribuya a determinar dicha situaciones.

El grupo **Supervisión de la calidad de funcionamiento** comprende los siguientes conjuntos de funciones:

- a. Política de supervisión de la calidad de funcionamiento.
- b. Correlación y filtrado de eventos de supervisión de la calidad de funcionamiento de la red.
- c. Acceso a datos agregados e información para pronóstico y evolución de datos.
- d. Recogida de datos específicos del circuito.
- e. Sobre la situación del tráfico.
- f. Supervisión del funcionamiento del tráfico.
- g. Procesamiento de alertas de rebasamiento de umbral de elemento(s) de red.
- h. Análisis de las tendencias de los elemento(s) de red.
- i. Acumulación de datos de supervisión de la calidad de funcionamiento.
- j. Detección, cómputo, almacenamiento e información.

De los conjuntos de funciones mencionados se eligieron dos para medir la congestión, el primero el **Conjunto de funciones sobre la situación del tráfico**: Se eligió este conjunto porque sus funciones permiten obtener en un momento dado información sobre la situación del tráfico en la red, lo que facilita detectar cuando se presentan situaciones de congestión, especialmente la función **Informe sobre la situación de congestión de las centrales** que en el caso del presente proyecto se utilizó con elementos como el servidor de telefonía IP, y el segundo el **Conjunto de funciones de acumulación de datos de supervisión de la calidad de funcionamiento**: “Este conjunto incluye la notificación de los datos de supervisión de la calidad de funcionamiento procesados y sin procesar” [19], se utiliza este conjunto ya que al permitir conocer los datos acumulados sobre la calidad de funcionamiento es posible mediante el uso de alguna herramienta como MRTG graficar esta información facilitando visualizar por ejemplo el comportamiento del tráfico en diferentes rangos de tiempo. La función **Informe de datos de PM (Performance Monitoring)** permite al agente enviar datos de tráfico al gestor, con la función **Comienzo/detección de datos de PM** el gestor puede indicar al agente que comience o detenga la recogida de datos, con la función **Petición de datos de PM** el gestor pide al agente que envíe datos vigentes.

Para determinar cuellos de botella se escogió el **Conjunto de funciones de supervisión de la aptitud para cursar tráfico** porque sus funciones contribuyen a adquirir información acerca del tráfico que está siendo ofrecido y transportado por uno o más elementos de red, ésta información es utilizada en la solución de gestión para determinar si se presenta cuello de botella en algún elemento como el servidor de telefonía IP y también el **Conjunto de funciones de análisis de tendencias de elemento(s) de red** ya que contribuye a determinar el estado de un elemento de red a partir de información que se extrae del mismo como por ejemplo datos del comportamiento del tráfico que cursa. Los conjuntos a, b, c, d, g, h y j no brindan información que permita determinar congestión o cuellos de botella en la red de telefonía IP.

El grupo **Análisis de la calidad de funcionamiento** comprende los siguientes conjuntos de funciones:

- a. Recomendaciones para la mejora de la calidad del funcionamiento.
- b. Política de umbrales de excepción.
- c. Previsión del tráfico.
- d. Resumen de la calidad de funcionamiento al cliente (excluido el tráfico).
- e. Resumen de la calidad de funcionamiento del tráfico ofrecido al cliente.
- f. Análisis del tráfico en condiciones excepcionales.
- g. Análisis de la capacidad de tráfico.
- h. Caracterización de la calidad de funcionamiento de la red.

- i. Caracterización de la calidad de funcionamiento de elemento(s) de red en condiciones excepcionales.
- j. Análisis del tráfico de elemento(s) de red en condiciones excepcionales.
- k. Análisis de la capacidad de tráfico de elemento(s) de red en condiciones excepcionales.

La información que brindan los conjuntos a, c, d, e, h, no permiten determinar cuellos de botella, los conjuntos b, f, g, i y k brindan unos más que otros información relacionada pero que está incluida en la que se puede obtener con las funciones del conjunto elegido **Análisis del tráfico de elemento(s) de red en condiciones excepcionales** que permiten recoger y analizar datos de tráfico procedentes de elementos de red y conocer condiciones excepcionales como por ejemplo encolamiento de paquetes con lo cual se puede determinar si se presenta un cuello de botella.

➤ **Gestión de Contabilidad**

La gestión de contabilidad puede ser estrictamente relacionada con las capas más altas de gestión de red, consta de una serie de funciones que habilita la medición del uso del servicio de red y la determinación del costo de dicho uso, se mide el tiempo y otras características del acceso de red de usuario y se calculan los datos necesarios para cobrar sobre la base de varios parámetros (como listas de precios, contratos de cliente, tiempo de uso, servicios utilizados entre otros). La información de tarificación y contabilidad es colectada, clasificada, y registrada; sobre esta base se pueden preparar las facturas y ser enviadas a los clientes [15].

Como ya se dijo en éste trabajo de grado se buscó mediante la gestión de contabilidad analizar el uso de recursos del sistema y nivel de uso de la red de telefonía IP de Unicauca por parte de los usuarios. El uso de recursos del sistema como su nombre lo indica se refiere a que tanto se explota la capacidad de esos recursos hardware de red como por ejemplo el servidor de ToIP, mientras que el nivel de uso de la red tiene que ver con la utilización del servicio de ToIP como tal por parte de los usuarios.

Para contribuir en el proceso de determinar el uso de recursos del sistema y nivel de uso de la red de telefonía IP de Unicauca se analizaron y seleccionaron funciones de las que sugiere TMN para gestión de contabilidad y que se definen en el numeral 8 de la recomendación M.3400 de la ITU-T [19] en donde se presentan los siguientes grupos de conjuntos de funciones:

- A. Medición de la utilización.
- B. Tarificación/fijación de precios.
- C. Cobros y finanzas.
- D. Control de la empresa.

Los grupos **B**, **C** y **D** no brindan información con la que se pueda determinar el uso de recursos y el uso del servicio, lo que sí permite el grupo elegido **A** ya que sus funciones facilitan recoger de los elementos de red información relacionada precisamente con dichos aspectos.

El grupo **Medición de la Utilización** comprende los siguientes conjuntos de funciones:

- a. Planificación del proceso de medición de la utilización.
- b. Proceso de medición de la utilización.
- c. Agregación de utilidades.
- d. Correlación de la utilización del servicio.
- e. Validación de la utilización del servicio.
- f. Distribución de la utilización.

- g. Vigilancia de la utilización.
- h. Corrección de errores de utilización.
- i. Prueba de utilización.
- j. Identificación de las reglas de medición.
- k. Correlación de la utilización de redes.
- l. Almacenamiento a corto plazo de la utilización.
- m. Almacenamiento a largo plazo de la utilización.
- n. Acumulación de utilizaciones.
- ñ. Validación de la utilización.
- o. Recogida de datos de utilización.
- p. Generación de la utilización.

Los conjuntos a, b, c y d no brindan información precisa que permitan determinar el uso de recursos o servicio, f se enfoca en el proceso de facturación, g y h se enfocan en el manejo de errores de registros, i en simulaciones de pruebas de utilización, j para definir criterios y reglas de utilización, k, l y m tampoco permiten adquirir información clave para éste caso en particular, por lo cual se realizó la siguiente selección:

Para determinar el uso de los recursos del sistema se eligieron dos conjuntos, el primero **Conjunto de funciones de acumulación de utilizaciones**, se escogió por que permite recoger desde los elementos datos de utilización. En la solución de gestión, la estación gestora solicita permanentemente esta información a los agentes, la almacena y con ella se puede determinar el uso de los recursos hardware del sistema de telefonía IP se puede conocer por ejemplo en forma gráfica la utilización de la memoria RAM o de la CPU de un elemento de red como el servidor de telefonía, el segundo **Conjunto de funciones de validación de la utilización**: Este conjunto se escogió porque sus funciones permiten acceder a datos de utilización que han sido revisados y validados, permite verificar que los datos de utilización se han recogido de elementos de red programados de manera oportuna. El proceso de revisión y validación de datos de utilización es posible hacerlo programando consultas especiales a los agentes, para interrogarlos se emplearon cuatro scripts que tiene la solución ejecutados con el programador de tareas de Windows, además se debe brindar persistencia.

Para determinar el nivel de uso del servicio de ToIP se eligieron los siguientes conjuntos, primero el **Conjunto de funciones de validación de la utilización del servicio** ya que sus funciones permiten acceder a datos de utilización que han sido editados o validados, en el caso del presente proyecto se puede acceder a los datos sobre el uso del servicio almacenados en la base datos del servidor de telefonía IP. En segundo lugar el **Conjunto de funciones de recogida de datos de utilización**, elegido por que sus funciones permiten con el apoyo del **Conjunto de funciones de generación de la utilización**, recoger datos de utilización con detalles de la llamada telefónica, con los cuales se puede determinar el nivel de uso del servicio. En la solución de gestión se extraen datos de utilización de la base de datos del servidor de telefonía IP y con ellos se puede saber en detalle el nivel de uso del servicio de cada usuario y el nivel de uso del servicio en general, finalmente se eligió el **Conjunto de funciones de administración de la recogida de datos de utilización** que con sus funciones se determina la disposición de estos datos en registros cronológicos que en la solución de gestión se pueden exportar en diferentes formatos como por ejemplo PDF.

Es de anotar que los lineamientos de estas recomendaciones expuestas en [19] y [23] son muy generales por lo tanto en el presente trabajo de grado son adaptadas a los casos particulares que se están manejando, como se expone en la sección 4.4

RESUMEN

Una red de telefonía IP está compuesta principalmente por una IP-PBX con capacidad de interconexión con la PSTN, los terminales de usuario y por la red IP para el transporte de paquetes de voz digitalizada. Para su óptimo funcionamiento necesita ser gestionada, sus elementos se pueden organizar en dos grupos, gestores y agentes y además configurarlos para que puedan cumplir con las funciones de gestión asignadas, como intercambiar información de gestión utilizando un protocolo especial como SNMP. Se puede adoptar estándares de gestión como TMN que define una estructura de red de gestión incluyendo las cinco áreas FCAPS de las cuales para este proyecto en particular interesan la de gestión de desempeño y la de gestión de contabilidad, de ellas se eligieron justificadamente las funciones que permiten determinar congestión y cuellos de botella en la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca, así como nivel de uso de recursos y de servicio, contribuyendo al cumplimiento del objetivo específico dos.

CAPITULO III MODELADO DE LA SOLUCIÓN DE GESTIÓN

El proceso de modelado es indispensable para construir una solución de gestión eficiente y acorde a las necesidades, para ello es necesario conocer las características de la red que se desea gestionar. En este capítulo se presenta en primer lugar una descripción general de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca, después una representación gráfica del funcionamiento de la solución de gestión propuesta en este trabajo de grado y posteriormente algunos diagramas UML (*Unified Modeling Language*) que especifican el modelado realizado; se inicia con el diagrama y descripción de los casos de uso, los cuales facilitan el entendimiento entre el modelador y el cliente en cuanto a las funcionalidades de la solución de gestión luego se presenta un diagrama de paquetes, que permite según su funcionalidad o bajo cualquier otro criterio del modelador organizar los diferentes componentes del modelo después se muestra el diagrama de despliegue que permite definir los nodos que hacen parte del modelo, sus relaciones y además ubicar en ellos sus componentes luego se presenta el diagrama de clases que permiten organizar y relacionar las funciones por afinidad y de esa manera facilitar su implementación en el lenguaje de programación utilizado, finalmente se describen los diagramas de secuencia que como su nombre lo indica, facilitan entender la secuencia en que ocurren los eventos cuando se hace uso de las funcionalidades del sistema.

3.1 Características de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca

La red de telefonía IP de la Universidad del Cauca consta de una central telefónica ubicada en la división de sistemas, la cual se basa en Elastix [41] software de código abierto que integra en una interfaz de usuario herramientas disponibles para PBX basadas en Asterisk [61] además consta de terminales de usuario que pueden ser un teléfono especial para telefonía IP o un softphone como X-Lite de uso libre y finalmente la red IP de la institución, la cual hace posible el transporte de voz digitalizada.

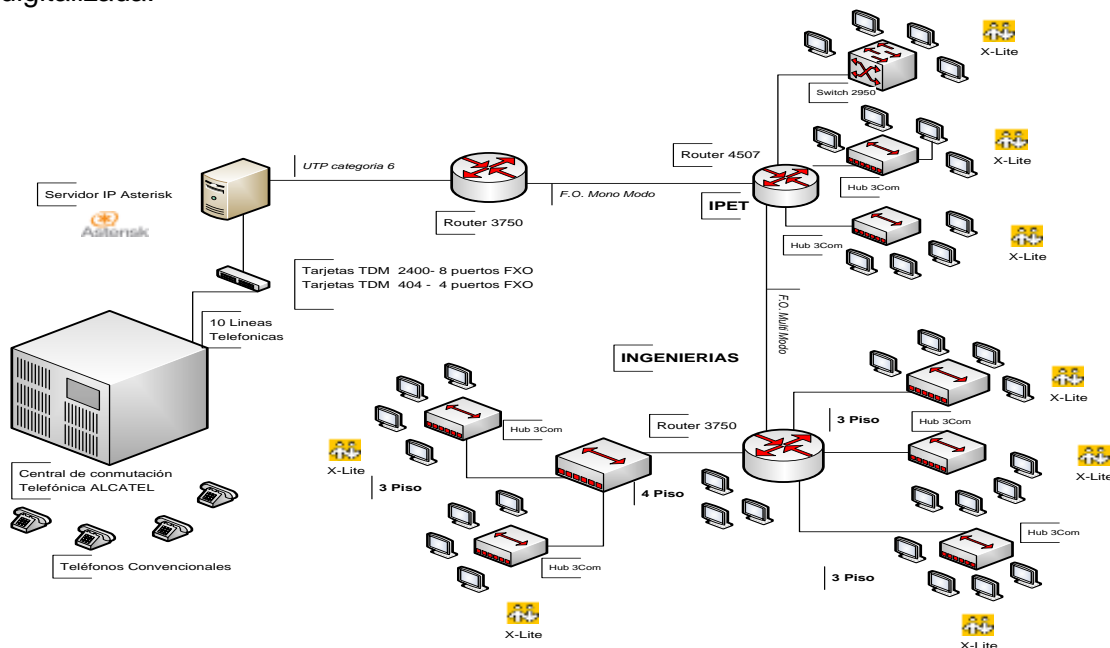


Figura 10. Red de ToIP de la Universidad del Cauca (sector ingenierías) [5]

La Figura 10 muestra la red de telefonía IP de la institución en el sector de ingenierías el cual es muy representativo ya que se puede apreciar los terminales de usuario, la red IP y la central de ToIP ubicada en el área de sistemas, se encuentra conectada a

la central telefónica conmutada ALCATEL a través de las tarjetas TDM 2400 y TDM 404 con 8 y 4 puertos FXO respectivamente, estas tarjetas son conectadas a 10 líneas telefónicas analógicas que permiten la comunicación de la telefonía IP con la telefonía tradicional [5]. En cuanto a nomenclatura usada, las extensiones de telefonía IP de la Institución cuentan con 3 dígitos [5], por ejemplo las usadas para la Facultad de Ingeniería Electrónica parten de la extensión número 500.

Actualmente el uso de la ToIP en la institución es limitado, ya que solamente se usan con relativa frecuencia unas 80 extensiones, entre ellas se encuentra la comunicación entre la sede Institucional en Santander de Quilichao y la sede principal en Popayán [5].

Cabe anotar que la red de datos de la Universidad del Cauca cuenta con unos 4000 PCs [62] con acceso a internet y se encuentra en proceso de actualización buscando mejorar sus capacidades, lo que favorece la implementación masiva de telefonía IP en toda la Institución y de ésta forma suplir sus necesidades en cuanto a terminales telefónicas y de esta manera difundir el uso en la comunidad universitaria.

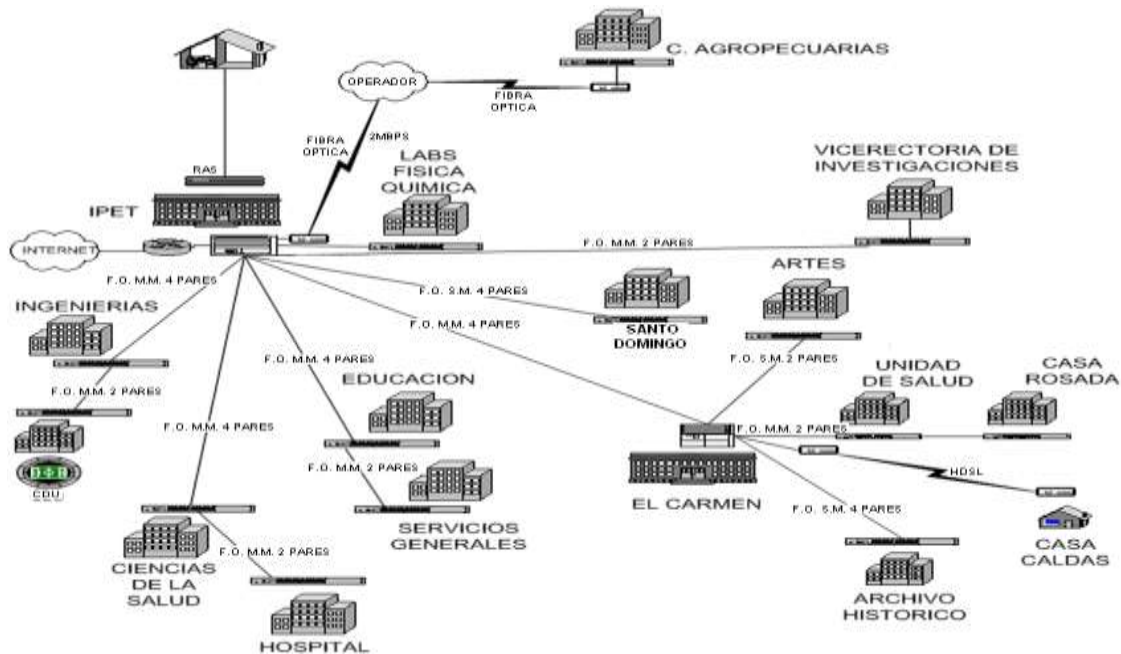


Figura 11. Tecnologías en enlaces de la red de datos de la Universidad del Cauca [62]

En la Figura 11 se muestran las tecnologías utilizadas en los enlaces entre aproximadamente 17 dependencias de la Universidad del Cauca, en la mayoría de los casos se usan dos o cuatro pares de fibra óptica multimodo, con excepción de los casos de la facultad de Santo Domingo y el Archivo Histórico que tienen enlaces de cuatro pares monomodo y la facultad de Artes con un enlace monomodo de dos pares. La casa Caldas tiene un enlace HDSL (*High-Bit-Rate digital Subscriber Line*) y la sede de ciencias agropecuarias se enlaza a través de la red de un operador particular con una velocidad de 2Mbps. Esto evidencia que prácticamente todas las dependencias de la institución podrían eventualmente implementar el servicio de telefonía IP aunque algunas de ellas aún cuentan con *switches* de borde de baja capacidad lo que perjudica considerablemente la calidad de la voz digitalizada, pero como ya se mencionó, la red de datos institucional está en un proceso de actualizar tecnologías con lo cual se espera superar éste tipo de dificultades.

3.2 Solución de gestión propuesta

Como se ilustra en la Figura 12, la solución de gestión propuesta involucra varios elementos de red, entre ellos una estación encargada de gestionar los demás elementos, en ella existe una aplicación encargada de monitorear la red de telefonía IP y los demás elementos, los cuales están configurados de tal forma que pueda realizarse la comunicación con la estación gestora.



Figura 12. Diagrama general de la solución de gestión

A continuación se presenta el modelado de la aplicación que reside en la estación gestora.

3.3. Modelado de la solución de gestión

Es importante anotar que en el proceso de conocer las características y necesidades de gestión de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca (captura de requisitos) fue muy importante la colaboración del personal encargado de la administración de ésta red y la red de datos institucional, quienes brindaron información clave tanto de las características de la infraestructura de red así como de los diferentes aspectos que en su concepto debían conocerse mediante la gestión de la red de telefonía IP al implementarse masivamente éste servicio en la universidad con el propósito de satisfacer la creciente demanda de comunicaciones telefónicas, que evidentemente supera la capacidad de la actual PSTN institucional y que además no se cuenta con los recursos económicos suficientes para su adecuación. Consecuente a éste intercambio de información se generó el siguiente diagrama de casos de uso.

➤ Diagrama de Casos de Uso

En la Figura 13 se muestra el diagrama de los casos de uso correspondientes a la Solucion de Gestion para la red de ToIP de Unicauca.

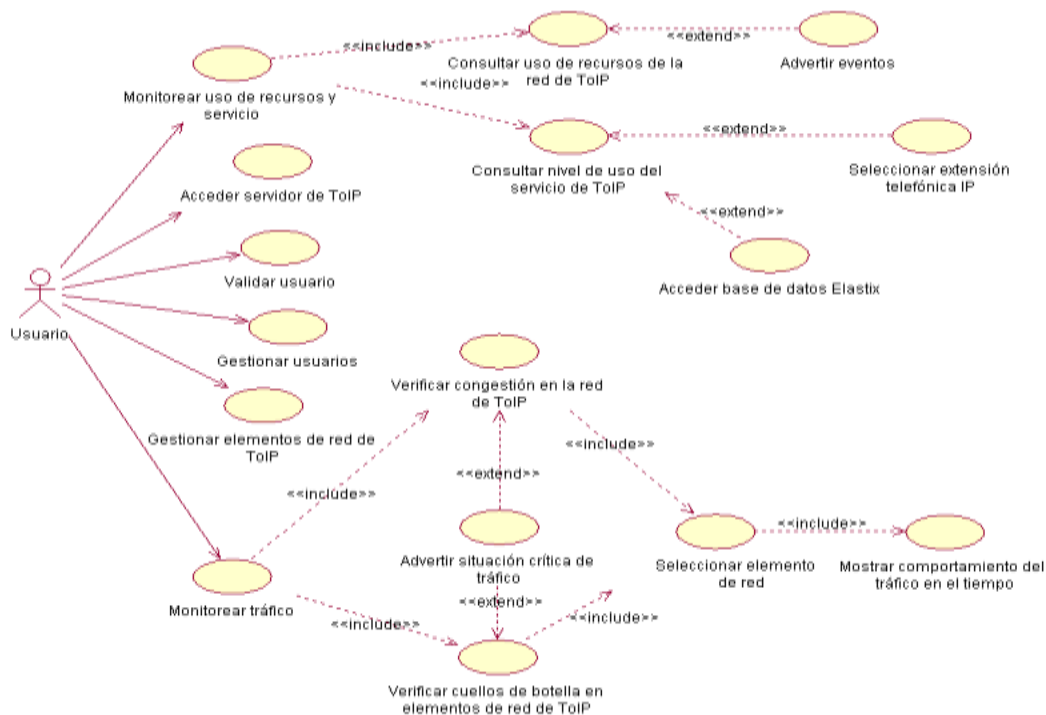


Figura 13. Diagrama de casos de uso

➤ **Descripción de los casos de uso**

Tabla 1. Caso de uso: validar usuario

Nombre:	Validar usuario
Descripción:	Permite acceder al sistema y hacer uso de sus funcionalidades.
Actores:	Usuario
Precondiciones:	El usuario debe estar registrado en la base de datos del sistema.
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario abre la ventana de validación, la cual despliega unos campos donde se debe ingresar el nombre y la clave. 2. El usuario ingresa la información de validación solicitada y pulsa la opción entrar. 3. El sistema comprueba los datos de validación y si son correctos despliega en seguida la ventana principal con los íconos de las funcionalidades de la solución.
Flujo de excepción:	En el caso en que la información ingresada sea incorrecta, el sistema muestra un mensaje de error, y el usuario debe ingresar nuevamente los datos de validación.
Poscondiciones:	El usuario es identificado por el sistema y crea una sesión con el nivel de privilegios programados.

Tabla 2. Caso de uso: gestionar usuarios

Nombre:	Gestionar usuarios
Descripción:	Permite modificar debidamente la información de los usuarios autorizados para acceder al sistema con las opciones adicional para crear un nuevo

usuario, actualizar para gestionar la propia cuenta a través de un cambio de contraseña o nombre, y eliminar usuarios para lo cual se pide una confirmación.
Actores: Usuario
Precondiciones: El usuario debe estar debidamente validado por el sistema.
Flujo normal: 1. El sistema despliega la ventana principal en la cual el usuario presiona la opción "Gestionar usuarios". 2. En seguida el sistema despliega la interfaz gráfica en la que se puede modificar la información de usuarios como actualizar, agregar y eliminar. 3. Al seleccionar la opción actualizar el sistema despliega dos campos uno para el nombre y otro para la contraseña, una vez el usuario ingresa esta información debe oprimir el botón actualizar registro y el sistema actualiza la base de datos. 4. Al seleccionar la opción eliminar, el sistema pide confirmar, el usuario confirma la acción y el sistema la ejecuta y modifica la base de datos. 5. Al seleccionar la opción agregar usuario el sistema despliega dos campos uno para el nombre y otro para la contraseña, el usuario digita esta información y la ingresa al sistema mediante la opción insertar registro, enseguida el sistema actualiza la base de datos.
Poscondiciones: La información de usuario queda actualizada.

Tabla 3. Caso de uso: consultar uso de recursos de la red de ToIP

Nombre:	Consultar uso de recursos de la red de ToIP.
Descripción:	Permite conocer el uso de los recursos de la red de telefonía IP.
Actores:	Usuario
Precondiciones:	El usuario debe estar validado y haber seleccionado la opción monitorear uso de recursos y servicio.
Flujo normal: 1. El usuario selecciona la opción correspondiente a la información sobre el uso de los recursos de la red de ToIP. 2. El sistema despliega una ventana con dos opciones una sobre eventos y recursos del sistema y otra sobre mapa de interfaces. 3. Al seleccionar la opción eventos y recursos del sistema permite seleccionar de una lista un elemento de interés y obtener información de sus recursos hardware utilizados, como por ejemplo la memoria RAM o la CPU, también permite conocer información cronológica de los eventos ocurridos en los elementos de red. 4. Al seleccionar la opción mapa de interfaces el sistema despliega información sobre el estado de las interfaces de los elementos ayudando en el proceso de determinar que tanto se están utilizando los recursos.	
Poscondiciones:	La información de uso de recursos del sistema queda disponible para el usuario.

Tabla 4. Caso de uso: consultar nivel de uso del servicio de ToIP

Nombre:	Consultar nivel de uso del servicio de ToIP.
Descripción:	Permite conocer el nivel de uso del servicio de ToIP.
Actores:	Usuario
Precondiciones:	El usuario debe estar validado y haber seleccionado la opción monitorear uso de recursos y servicio.
Flujo normal:	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario selecciona la opción que corresponde a la información sobre el nivel de uso del servicio de ToIP.2. El sistema despliega una interfaz gráfica la cual permite conocer diversa información del uso del servicio mediante cuatro opciones.3. Al seleccionar la opción base de datos Elastix, el sistema brinda información almacenada en la base de datos del servidor de telefonía IP de la Universidad.4. Al seleccionar la opción aplicaciones en el servidor de telefonía IP, muestra información de dichas aplicaciones.5. Al seleccionar la opción uso del servicio por extensiones, permite conocer información como cantidad de llamadas duración, fecha y destino de las llamadas hechas por una extensión en particular.6. Al seleccionar la opción uso del servidor de ToIP, se puede observar el comportamiento durante el día, semana, mes y año.
Poscondiciones:	La información correspondiente al nivel de uso del servicio de ToIP queda disponible para el usuario.

Tabla 5. Caso de uso: seleccionar extensión telefónica IP

Nombre:	Seleccionar extensión telefónica IP.
Descripción:	Permite seleccionar una extensión telefónica IP y conocer información acerca de su uso del servicio de ToIP.
Actores:	Usuario
Precondiciones:	El usuario debe estar validado y haber solicitado información sobre nivel de uso del servicio de ToIP.
Flujo normal:	<ol style="list-style-type: none">1. Una vez que el usuario selecciona la opción correspondiente al nivel de uso del servicio de ToIP, el sistema despliega una ventana en la que se puede seleccionar la opción correspondiente a información del nivel de uso del servicio por extensiones.2. El Sistema despliega una ventana con una lista de las extensiones del sistema de la cual el usuario selecciona la de su interés.4. El sistema muestra información particular del uso del servicio por parte de la extensión seleccionada por el usuario y también generar un reporte en varios formatos como csv, doc, latex, OpenDocument, sql, xml y pdf.

Poscondiciones: La extensión de telefonía IP queda seleccionada y habilitada para entregar información acerca del uso del servicio.

Tabla 6. Caso de uso: advertir eventos

Nombre:	Advertir eventos
Descripción:	Advierte los diferentes eventos que están ocurriendo en la red de telefonía IP, en el caso de que suceda un evento crítico el sistema genera una alarma sonora para advertir al administrador.
Actores:	Usuario
Precondiciones:	El usuario debe estar validado y haber solicitado información acerca del uso de recursos del sistema de ToIP.
Flujo normal:	<ol style="list-style-type: none">1. El Usuario solicita información sobre el nivel de uso de los recursos de la red de ToIP seleccionando la opción correspondiente.2. El sistema muestra los eventos en orden cronológico, si por alguna razón, una interfaz o una aplicación está funcionando incorrectamente, el sistema lo advierte generando una alarma sonora y además muestra un mensaje con la convención de color respectivo (Tabla 20).
Poscondiciones:	Los eventos son mostrados al usuario.

Tabla 7. Caso de uso: verificar congestión en la red de ToIP

Nombre:	Verificar congestión en la red de ToIP
Descripción:	Permite determinar si existe congestión en la red de ToIP.
Actores:	Usuario
Precondiciones:	El usuario debe estar validado y haber solicitado información acerca del monitoreo de tráfico.
Flujo normal:	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario selecciona la opción correspondiente a la información verificar congestión en la red de ToIP.2. El sistema despliega un mapa con los elementos de red donde debe seleccionarse el de interés.3. El sistema muestra un mapa con los componentes del elemento.4. Al seleccionar un componente en particular, el sistema muestra información detallada, en el caso de elegir el componente interfaz de red, el sistema muestra graficas del trafico en el tiempo.
Poscondiciones:	La información sobre congestión de la red de ToIP queda a disposición del usuario.

Tabla 8. Caso de uso: verificar cuellos de botella en los elementos de red de ToIP

Nombre:	Verificar cuellos de botella en los elementos de red de ToIP.
Descripción: Permite determinar si existen cuellos de botella en los elementos de la red de ToIP.	
Actores: Usuario	
Precondiciones: El usuario debe estar validado y haber solicitado información acerca del monitoreo de tráfico.	
1. Una vez que el usuario ha solicitado información acerca del monitoreo de tráfico mediante la opción correspondiente, el sistema despliega una ventana en la que se debe elegir el elemento de red en el cual se quiere verificar la existencia de un cuello de botella. 2. El sistema permite acceder a la información estadística o gráfica sobre cuellos de botella en un elemento en particular.	
Poscondiciones: La información sobre cuellos de botella en la red de ToIP queda a disposición del usuario.	

Tabla 9. Caso de uso: seleccionar elemento de red

Nombre:	Selección de elemento de red.
Descripción: Permite seleccionar un elemento de red ya sea en el proceso de adquirir información de congestión o en el proceso de adquirir información de cuellos de botella.	
Actores: Usuario	
Precondiciones: El usuario debe estar validado y haber solicitado información ya sea sobre congestión o sobre cuellos de botella.	
Flujo normal: 1. El usuario solicita información ya sea sobre congestión o sobre cuellos de botella haciendo clic en la opción correspondiente y el sistema permite seleccionar el elemento de red desde una lista. 2. El usuario hace clic sobre la opción "consultar" del elemento de interés y el sistema despliega una tabla con información estadística ya sea sobre congestión o sobre cuellos de botella, según la opción que se haya seleccionado en la ventana de monitoreo de tráfico.	
Poscondiciones: El elemento de red queda seleccionado y puede brindar información.	

Tabla 10. Caso de uso: mostrar comportamiento del tráfico en el tiempo

Nombre:	Mostrar comportamiento del tráfico en el tiempo
Descripción: Permite observar gráficamente el comportamiento del tráfico a través del elemento de red previamente seleccionado en diferentes rangos de tiempo, así como también conocer datos estadísticos.	

Actores: Usuario
Precondiciones: El usuario debe estar validado y haber seleccionado un elemento de red.
Flujo normal: 1. Una vez que el usuario ha seleccionado un elemento de red, el sistema despliega una ventana donde se puede ver el comportamiento del tráfico en el tiempo, puede analizar e interpretar el tráfico en minutos, día, mes o año según se requiera. 2. También permite conocer datos estadísticos bien sea de congestión o acerca de cuellos de botella según se especifique con la opción correspondiente en la ventana de monitoreo del tráfico.
Poscondiciones: La información sobre el tráfico a través del elemento de red queda a disposición del usuario.

Tabla 11. Caso de uso: gestionar elementos de red de ToIP

Nombre:	Gestionar elementos de red de ToIP.
Descripción:	Permite realizar acciones como adicionar o eliminar elementos de red de ToIP.
Actores:	Usuario
Precondiciones:	El usuario debe estar debidamente validado por el sistema.
Flujo normal: 1. El usuario, en la ventana principal hace clic sobre el ícono Gestionar elementos de red y el sistema despliega una lista de los elementos de red. 2. El usuario selecciona el elemento y luego ejecuta la acción deseada, ya sea actualizar o agregar para lo cual se ingresa la información del elemento como es el nombre, dirección IP y la zona de ubicación dentro del campus universitario y se confirma la acción, la otra opción es eliminar, en este caso el sistema solicita explícitamente confirmar si se desea de verdad ejecutar esta acción.	
Poscondiciones:	El elemento de red queda actualizado, agregado o eliminado, según la acción que el usuario haya realizado.

Tabla 12. Caso de uso: acceder servidor de ToIP

Nombre:	Acceder Servidor de ToIP.
Descripción:	Permite acceder remotamente al servidor de telefonía IP Elastix desde la estación gestora.
Actores:	Usuario
Precondiciones:	El usuario debe estar debidamente validado por el sistema.
Flujo normal: 1. Una vez que el usuario es validado por el sistema, se despliega una ventana con varias opciones, una de las cuales correspondiente al acceso al servidor de ToIP	

<p>Elastix.</p> <ol style="list-style-type: none">2. En Usuario hace clic sobre opción de servidor de ToIP y el sistema pide ingresar un nombre de usuario y una contraseña.3. El usuario ingresa un nombre y contraseña válidos.4. El sistema muestra la interfaz gráfica del servidor de telefonía Elastix.5. El usuario puede realizar las tareas que dicho servidor le permite por ejemplo crear o eliminar extensiones telefónicas.
<p>Flujo de excepción:</p> <p>Si el nombre y/o la contraseña ingresados por el usuario no son correctos, el sistema muestra un mensaje de usuario no válido, luego el usuario podrá seguir intentando su acceso indefinidamente.</p>
<p>Poscondiciones: El servidor de telefonía IP Elastix queda a disposición del usuario.</p>

Tabla 13. Caso de uso: acceder base de datos Elastix

<p>Nombre:</p>	Acceder base de datos Elastix.
<p>Descripción: Permite acceder remotamente a la base de datos de Elastix desde la estación gestora.</p>	
<p>Actores: Usuario</p>	
<p>Precondiciones: El usuario debe estar validado para ingresar al sistema, haber solicitado información del nivel de uso del servicio y además debe estar validado como administrador principal para acceder la base de datos de Elastix.</p>	
<p>Flujo normal:</p> <ol style="list-style-type: none">1. El usuario validado por el sistema, ingresa un nombre y contraseña válidos para ingresar a la base de datos de Elastix.2. El sistema permite que el usuario acceda a la base de datos de Elastix.3. El usuario gestiona la información de interés de dicha base de datos.	
<p>Flujo de excepción:</p> <p>Si el nombre y/o la contraseña ingresados por el usuario no son correctos, el sistema muestra un mensaje de usuario no válido, luego el usuario podrá seguir intentando su acceso indefinidamente.</p>	
<p>Poscondiciones: El usuario queda validado para acceder a la base de datos de Elastix.</p>	

➤ **Diagrama de paquetes**

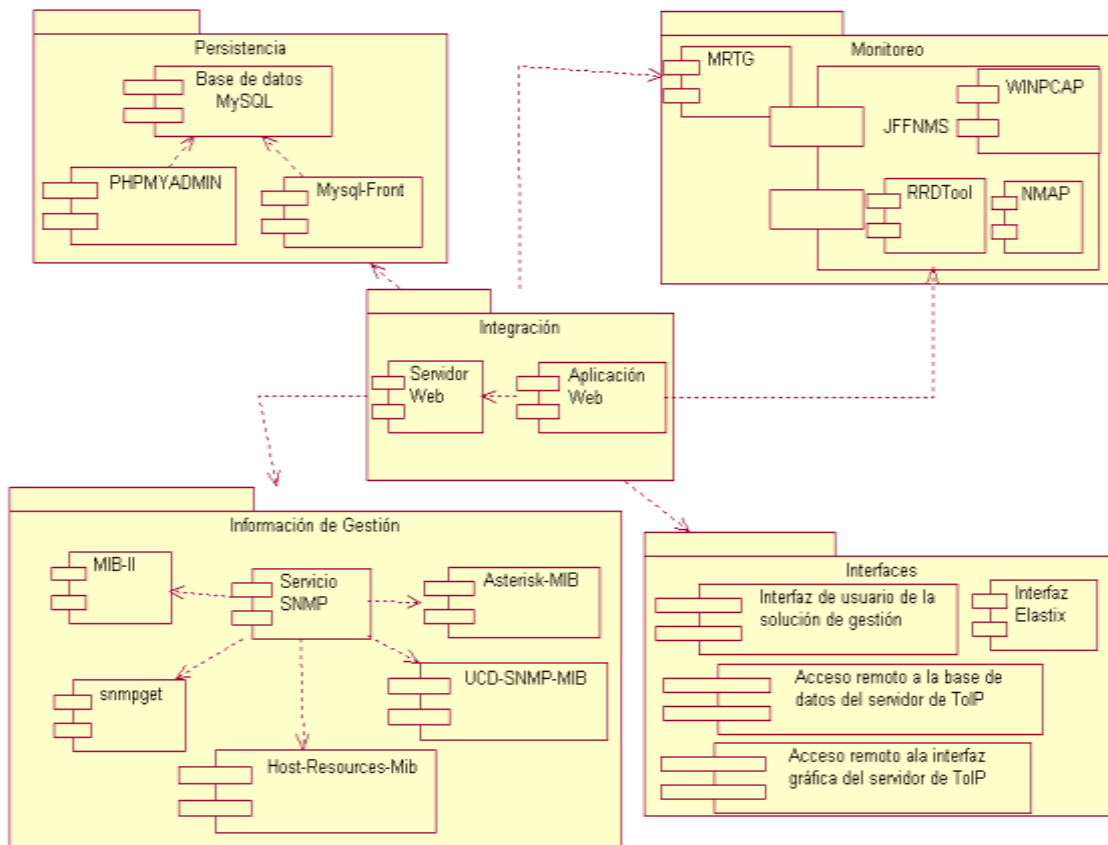


Figura 14. Diagrama de paquetes de la solución de gestión

La Figura 14 muestra el diagrama de paquetes de la solución de gestión, conformado por cuatro paquetes principales los cuales se formaron de acuerdo a la funcionalidad de sus componentes. Se tiene un paquete de **Persistencia** conformado por la base de datos MySQL y por dos herramientas para su gestión, el paquete **Monitoreo** reúne las herramientas que permiten adquirir información de los agentes y posteriormente mostrarla al usuario, el paquete **Información de Gestión** se compone de las MIB instaladas en los agentes para poder intercambiar precisamente información de gestión con la estación gestora gracias a la función snmpget y al Servicio SNMP que también hacen parte de este paquete, el paquete **Interfaces** agrupa la interfaz de usuario de la solución de gestión, la interfaz de Elastix, así como también el acceso remoto a la interfaz gráfica del servidor de ToIP y el acceso remoto a la base de datos del mismo. Por último se tiene el paquete **Integración** el cual consta del servidor web y la aplicación web que en realidad integra las herramientas de monitoreo y diferentes funciones de la solución.

➤ Diagrama de despliegue

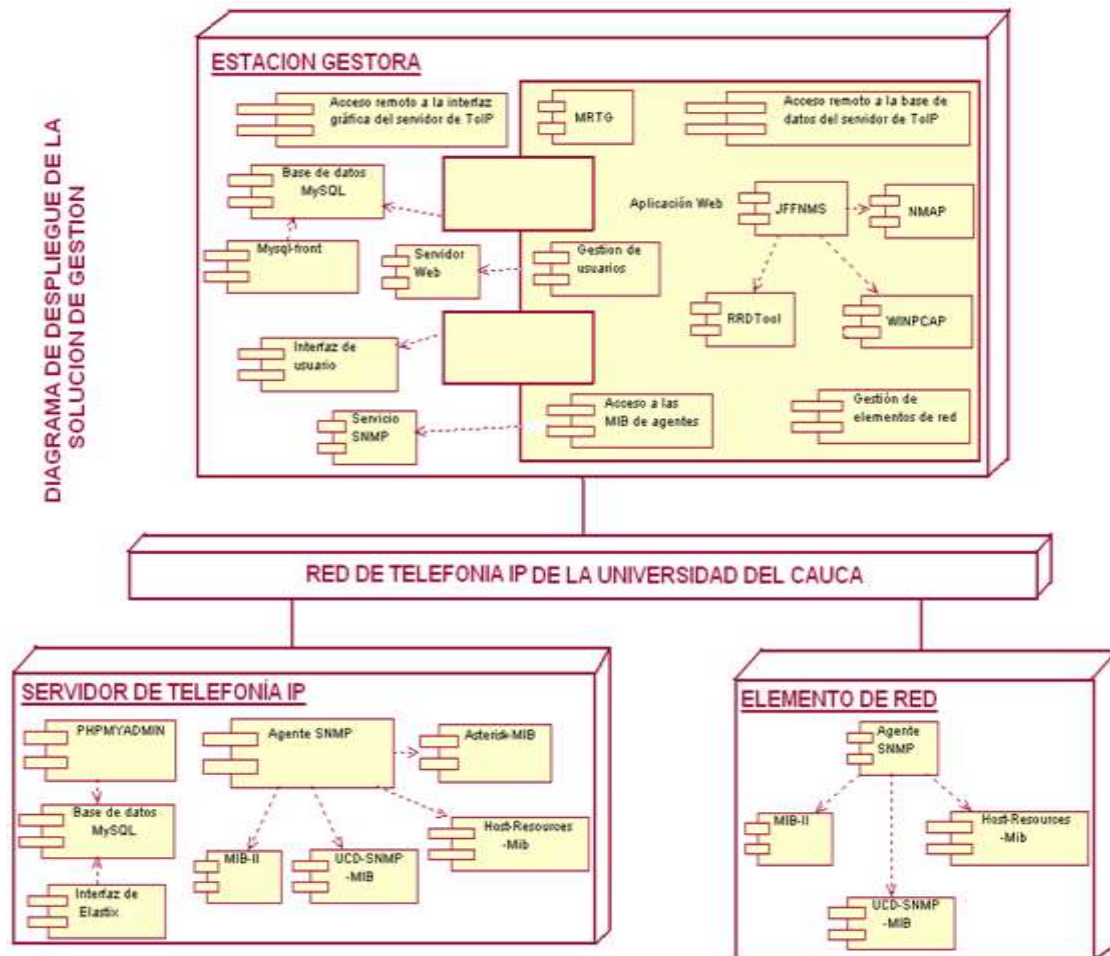


Figura 15. Diagrama de despliegue de la solución de gestión

En la Figura 15 se muestra el diagrama de despliegue de la solución de gestión, el cual consta de tres nodos de vital importancia; uno corresponde a la estación gestora, otro al servidor de ToIP y el último a los elementos de red gestionados, la interacción entre ellos obedece al paradigma Gestor-Agente, están conectados a la red de datos de la Institución y utilizan el protocolo SNMP para intercambiar información de gestión.

➤ **Diagrama de clases**

La Figura 16 muestra el diagrama general de Clases de la Solución de Gestión.

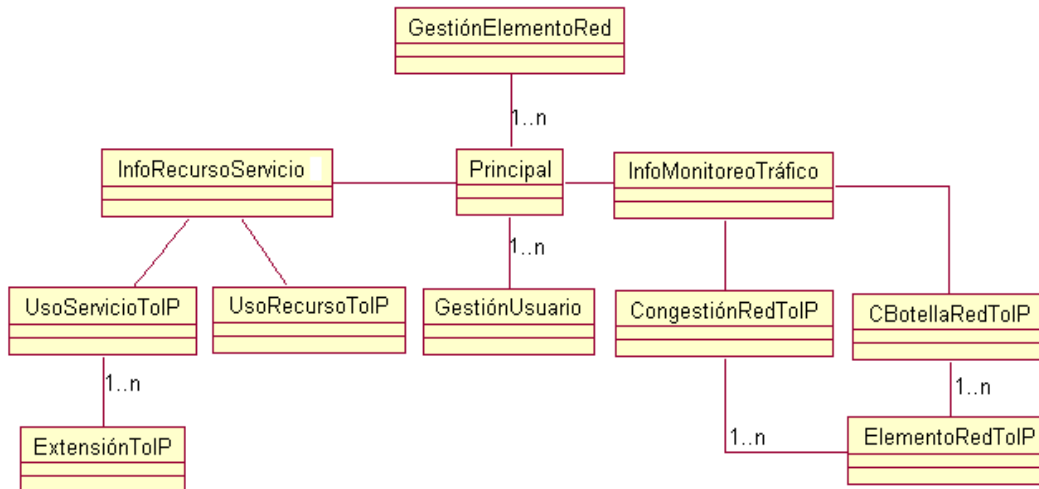


Figura 16. Diagrama general de clases

El diagrama general lo constituyen once clases, la clase Principal permite iniciar los procesos necesarios para poder realizar las diferentes acciones y consultas que la solución de gestión permite. Esta clase tiene una relación bidireccional con la clase InfoRecursoServicio para poder solicitar y recibir información sobre uso de recursos y sobre uso del servicio de telefonía IP, de igual manera ésta última se relaciona con las clases UsoRecursoToIP y UsoServicioToIP, la primera permite conocer información sobre el uso de los recursos hardware de los elementos de red como memoria RAM, disco duro, CPU y procesos que se están ejecutando, también sobre el estado de sus interfaces y sobre eventos ocurridos cronológicamente en la red de ToIP, la segunda clase UsoServicioToIP permite conocer información sobre el uso del servicio de ToIP en forma general consultando la base de datos de Elastix, conociendo las aplicaciones que están corriendo sobre el servidor de ToIP u observando gráficamente el comportamiento de este servidor durante días, semanas, meses o años. La relación bidireccional UsoServicioToIP-ExtensiónToIP permite obtener información del uso del servicio por extensiones en particular, por lo tanto se tiene una relación de uno a muchos ya que la clase UsoServicioToIP por intermedio de la clase ExtensiónToIP puede conocer información de muchas extensiones de ToIP.

Por otra parte la clase Principal se relaciona bidireccionalmente con la clase InfoMonitoreoTráfico para solicitar y recibir información sobre congestión y cuellos de botella en la red de ToIP, la cual a su vez de igual manera se relaciona con las clases CongestiónRedToIP y CBotellaRedToIP, cada una de ellas se comunica bidireccionalmente con la clase ElementoRedToIP con una cardinalidad de uno a muchos ya que cada una de estas clases pueden consultar muchos elementos de red. La relación CongestiónRedToIP- ElementoRedToIP permite adquirir información estadística instantáneamente sobre parámetros de congestión, de forma similar la relación CBotellaRedToIP-ElementoRedToIP permite adquirir información estadística sobre parámetros de cuellos de botella.

Por último la clase Principal también tiene una relación bidireccional y con cardinalidad de uno a muchos tanto con la clase GestiónUsuario como con GestiónElementoRed ya que se puede gestionar muchos usuarios y muchos elementos de red, estas clases permiten básicamente adicionar, actualizar o eliminar ya sea usuarios de la solución de gestión o elementos de red según sea el caso.

➤ **Diagramas de secuencia**

A continuación se presentan los respectivos diagramas de secuencia y sus principales eventos para los casos de uso más importantes de la Solución de Gestión.

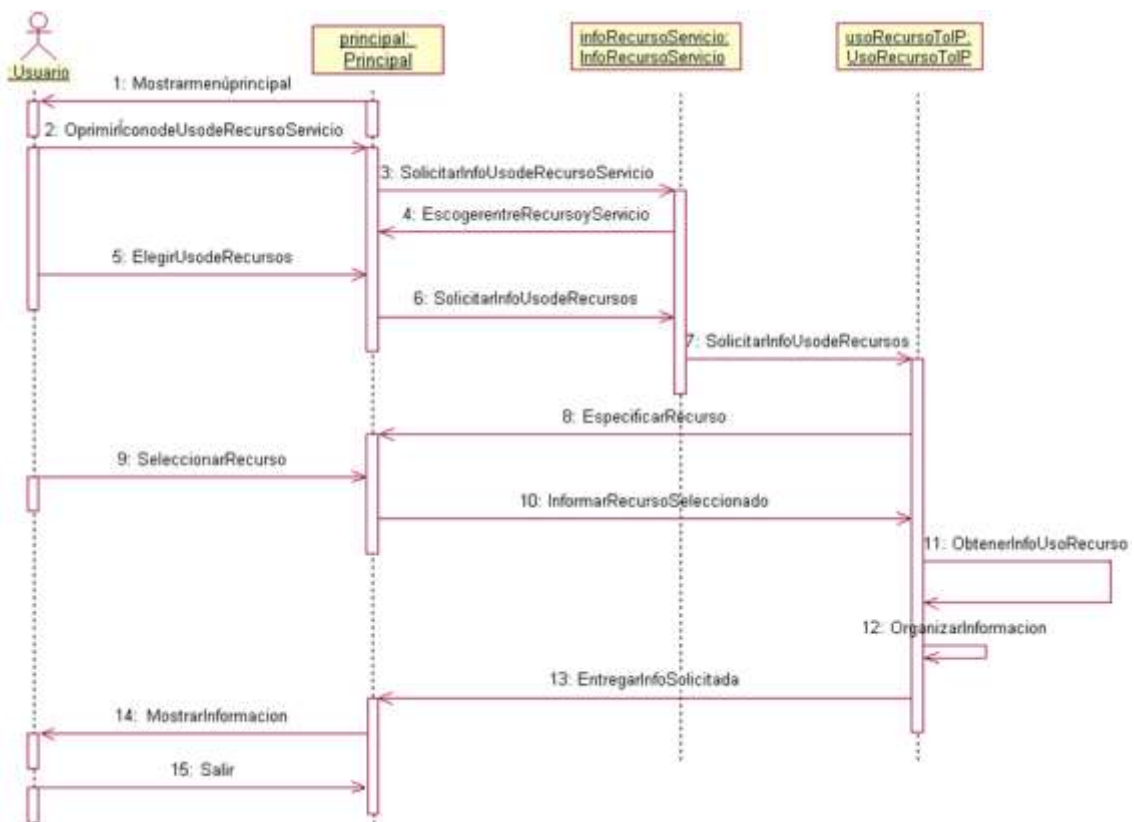


Figura 17. Consultar uso de recursos de la red de ToIP

En la Figura 17 se muestra el diagrama de secuencia para el caso de uso **consultar uso de recursos de la red de ToIP**, la secuencia comienza cuando el usuario ya está validado y tiene acceso a la ventana principal de la solución de gestión, en la cual el usuario oprime la opción correspondiente a la información sobre el uso de los recursos y servicio. Entonces la clase **Principal** envía un mensaje de solicitud de información a la clase **InfoUsoRecursoServicio**, ésta devuelve un mensaje a la clase **Principal** solicitando que se especifique si desea información sobre uso de los recursos o sobre uso del servicio, en éste caso el usuario a través de la interfaz selecciona la opción de información sobre uso de recursos. Seguidamente la clase **Principal** confirma esto a la clase **InfoUsoRecursoServicio** para que ésta solicite la información a la clase **UsoRecursoToIP**, la cual pide a través de la interfaz de usuario que elija el recurso del cual necesita información, una vez especificado, obtiene la información a partir de ese recurso, luego la organiza y la entrega a la clase **Principal** para que la muestre a través de la interfaz de usuario. Cuando el usuario conoce la información que solicitó sale de la secuencia y ésta termina.

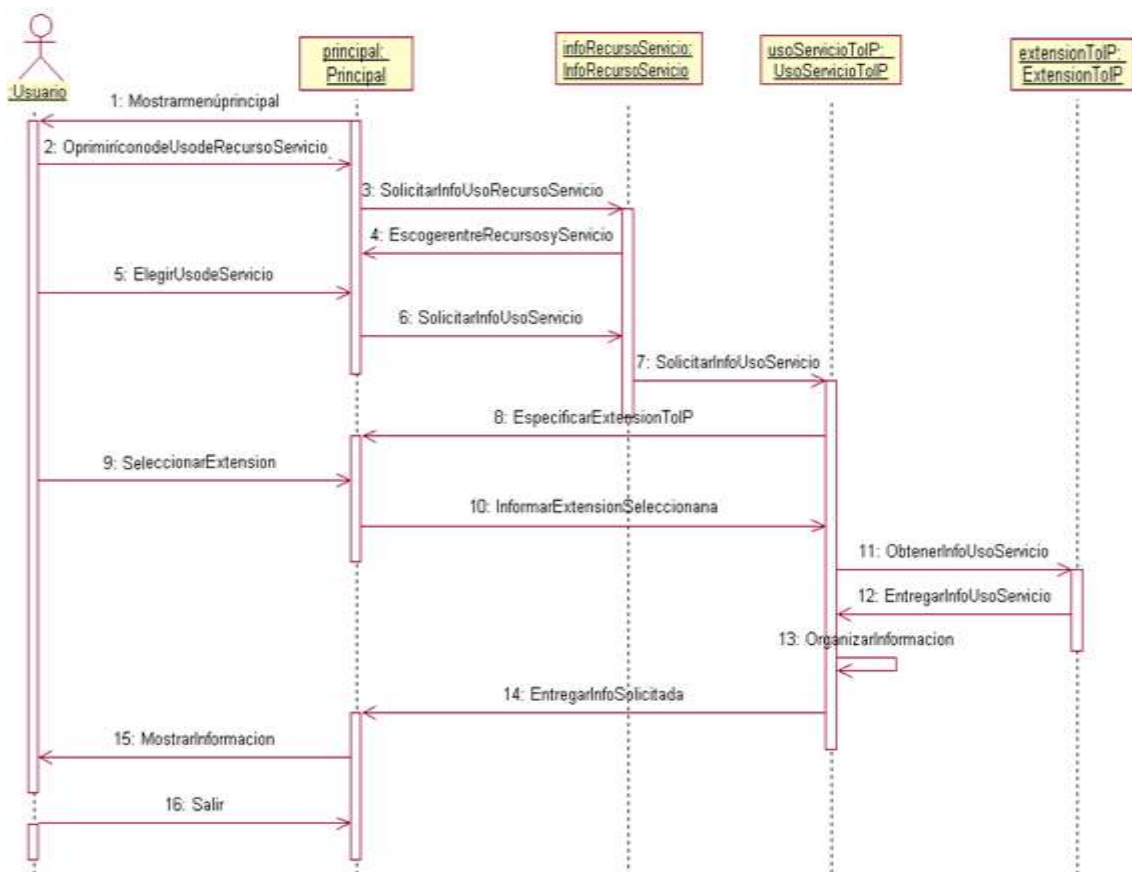


Figura 18. Consultar nivel de uso del servicio de ToIP

La Figura 18 presenta el diagrama de secuencia para el caso de uso **Consultar nivel de uso del servicio de ToIP**, comienza cuando el usuario validado tiene acceso a la ventana principal del sistema y en ella oprime la opción correspondiente a la información sobre el uso de recursos y del servicio de telefonía IP. Entonces la clase **Principal** pide esta información a la clase **InfoUsoRecursoServicio**, la cual pide al usuario a través de la interfaz que especifique si la información que requiere es sobre uso de recursos o sobre uso del servicio, quien en este caso selecciona la segunda opción y esto se confirma a través de un mensaje a la clase **InfoUsoRecursoServicio**. Seguidamente, ésta solicita la información a la clase **UsoServicioToIP**, la cual pide al usuario a través de la interfaz que seleccione la extensión telefónica de su interés, una vez que recibe el mensaje de confirmación, la clase **UsoServicioToIP** obtiene la información desde la clase **ExtensionToIP**, la organiza y luego la entrega a la clase **Principal** para que ésta la pueda mostrar al usuario. Cuando el usuario conoce la información que solicitó sale de la secuencia y ésta termina.

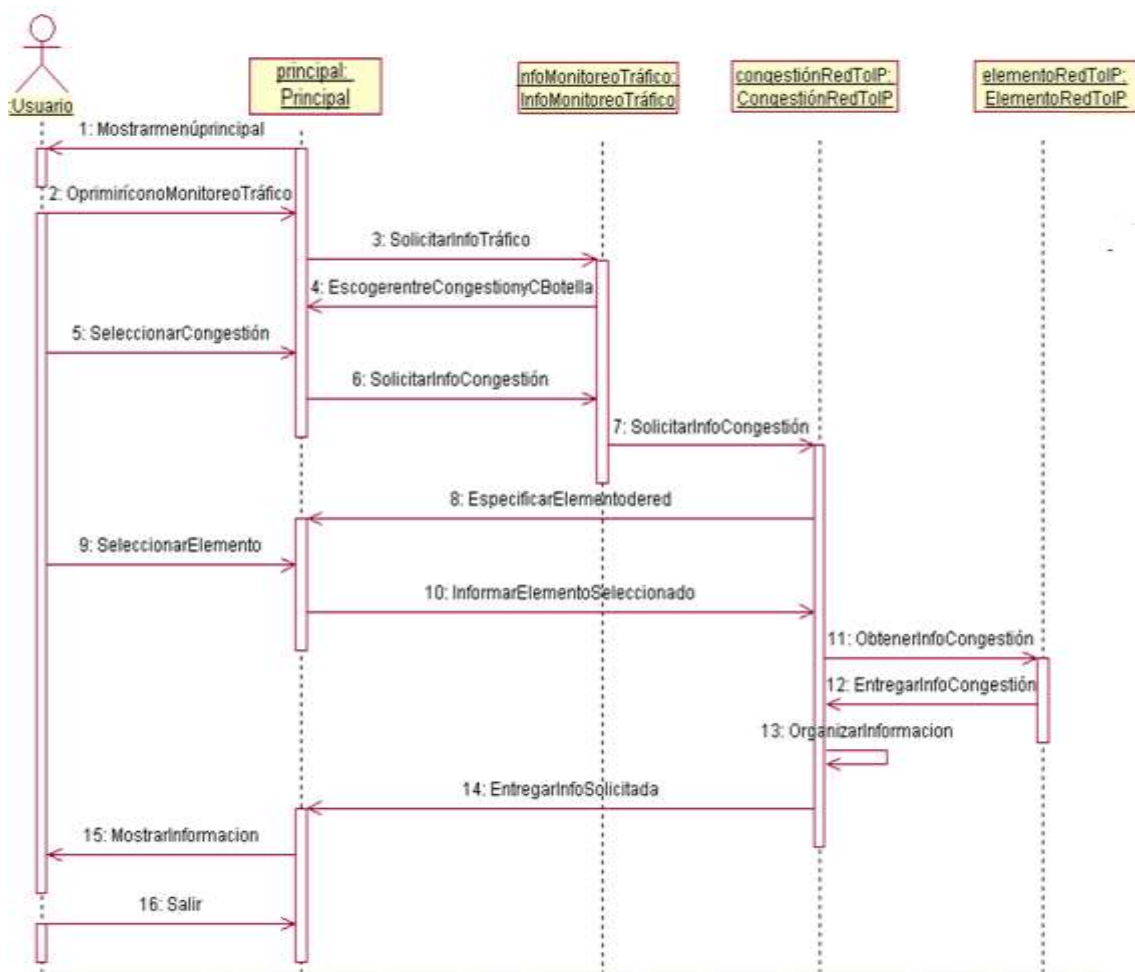


Figura 19. Verificar congestión en la red de ToIP

La Figura 19 muestra la secuencia de eventos para el caso de uso **Verificar Congestión en la Red de ToIP**, comienza cuando el usuario validado oprime en la ventana principal del sistema el ícono correspondiente a la información sobre monitoreo de tráfico. Seguidamente la clase **Principal** solicita esta información a la clase **InfoMonitoreoTráfico** la cual solicita al usuario mediante la interfaz que especifique si la información que requiere es sobre congestión o sobre cuellos de botella, quien en éste caso selecciona la opción sobre congestión. Esto se confirma a través de un mensaje a la clase **InfoMonitoreoTráfico** que enseguida solicita dicha información a la clase **CongestiónRedToIP**, esta envía un mensaje al usuario para que a través de la interfaz seleccione un elemento de red en particular sobre el cual desea consultar, éste hace la selección y reenvía el mensaje de confirmación a la clase **CongestiónRedToIP** la cual obtiene la información desde la clase **ElementoRedToIP**, la organiza y la entrega a la clase **Principal** para que la muestre al usuario. Cuando el usuario conoce la información que solicitó sale de la secuencia y ésta termina.

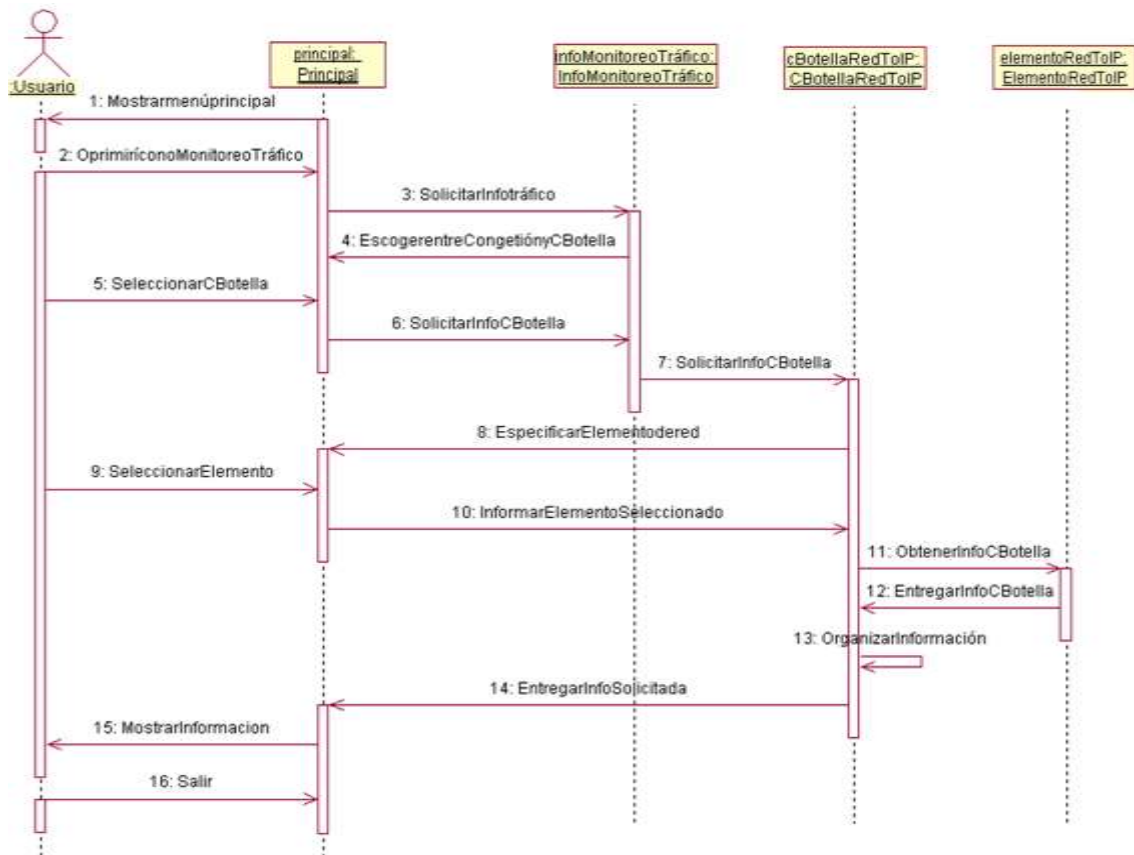


Figura 20. Verificar cuellos de botella en los elementos de red de ToIP

La Figura 20 muestra el diagrama de secuencia para el caso de uso **Verificar Cuellos de Botella en los elementos de red de ToIP**, al igual que en los casos descritos, comienza cuando el usuario validado oprime en la ventana principal del sistema el botón correspondiente a la información sobre monitoreo de tráfico. Enseguida la clase **Principal** solicita esta información a la clase **InfoMonitoreoTráfico**, la cual solicita al usuario a través de la interfaz que especifique si la información que requiere es sobre congestión o sobre cuellos de botella, quien en éste caso selecciona la segunda opción. Esto se confirma a través de un mensaje a la clase **InfoMonitoreoTráfico**, que enseguida solicita la información sobre cuellos de botella a la clase **CBotellaRedToIP**, la cual pide al usuario a través de la interfaz que seleccione un elemento en particular sobre el cual desea conocer información, una vez que esta clase recibe la confirmación del elemento seleccionado, obtiene la información sobre cuellos de botella desde la clase **ElementoRedToIP** y la organiza para entregarla a la clase **Principal** para que la muestre al usuario. Cuando el usuario conoce la información que solicitó sale de la secuencia y ésta termina.

RESUMEN

La infraestructura de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca consta de una central de telefonía IP Elastix, terminales de usuario softphone y la red de datos de la institución para el transporte de voz digitalizada, la institución está mejorando las tecnologías de la red de datos y actualmente cuenta con unos 4000 PCs con conexión a internet los cuales son potencialmente aptos para el servicio de ToIP, de todas maneras el uso de este servicio es relativamente bajo. El modelado de la solución de gestión se describe con los diagramas UML de casos de uso, de paquetes, de despliegue, de clases y de secuencia, esto contribuye con el cumplimiento del objetivo general en cuanto al diseño de la solución.

CAPITULO IV PROTOTIPO DE LA SOLUCIÓN DE GESTIÓN

En este capítulo se describe el prototipo implementado de la solución de gestión propuesta. Inicialmente se aclaran los alcances y límites de la solución seguidamente se presenta un panorama general de de la estructura del prototipo después las tecnologías de gestión y software libre utilizados en la implementación posteriormente los parámetros que permiten, mediante la aplicación de las funciones de TMN seleccionadas en el capítulo dos, cumplir con los propósitos del proyecto y finalmente se explica en detalle el funcionamiento del prototipo explicando cada acción que se ejecuta para cumplir con sus funcionalidades.

4.1 Alcances de la solución de gestión

De acuerdo a la pregunta planteada en la definición del problema ¿Cómo facilitar, desde el punto de vista de las funciones de desempeño y contabilidad, el monitoreo de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca a través de una solución de gestión no propietaria?, la meta del presente trabajo de grado es facilitar el monitoreo de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca. En este contexto, el monitoreo se entiende como “la observación y análisis del estado y comportamiento de sistemas finales, intermedio y la subredes” [59]. Los sistemas hace referencia a los elementos: terminales de usuario y al servidor de telefonía IP.

Es importante recordar que el servidor de ToIP de la Universidad del Cauca tiene instalado un software conocido como Elastix sobre un sistema operativo Linux Centos, donde Elastix tiene incorporado Asterisk y emplea los protocolos SIP e IAX, lo que constituye el contexto tecnológico de partida para la solución.

Las principales características de la solución son:

1. Permite monitorear el tráfico SIP e IAX en la red de la institución.
2. Examina el uso de los recursos hardware del servidor de ToIP y de los terminales de usuario.
3. Realiza graficas históricas del consumo de los recursos durante minutos, horas, días, meses y años.
4. Brinda información del nivel del servicio, esto es que tanto se está utilizando el servicio ToIP a nivel general y particular.
5. Obtiene el estado y consumo de las aplicaciones software en el servidor.
6. Consulta y genera reportes del uso del servicio de cada extensión de telefonía IP.
7. Monitorea aplicaciones y tráfico de datos IP en general, ya que estos igualmente pueden influir significativamente en el servicio de ToIP.
8. Permite conocer información propia de Asterisk como el número de canales activos así como su nombre, módulos cargados, tiempos de inicio y recarga de Asterisk entre otros.
9. Contiene módulos adicionales que fueron agregados al servidor como el agente SNMP, ASTERISK-MIB y el gestor de base de datos phpmyadmin.
10. Pueden generarse copias de seguridad de la información del servidor de telefonía en formato csv, doc, latex, OpenDocument, sql, xml y pdf.

La gestión de redes es un campo muy amplio dentro de las telecomunicaciones [23], en especial las áreas de contabilidad y desempeño involucran muchos aspectos como por ejemplo tarificación y tiempo de respuesta. En el presente proyecto de grado se enfocó específicamente dentro del área desempeño, monitoreo del tráfico y en particular dentro del área de contabilidad en el monitoreo del uso de recursos y servicio.

4.2 Panorama general de la solución de gestión

En esta sección primero se da una visión general y posteriormente se explican todos los componentes y se justifican las tecnologías empleadas, la solución de gestión implementada está compuesta por un conjunto de tecnologías, mecanismos y herramientas de software libre.

En la Figura 21 se muestra una apreciación general de la solución de Gestión desarrollada en éste trabajo de grado, compuesta de 3 nodos o bloques funcionales:

- Estación gestora
- Servidor de Telefonía IP
- Terminal de usuario

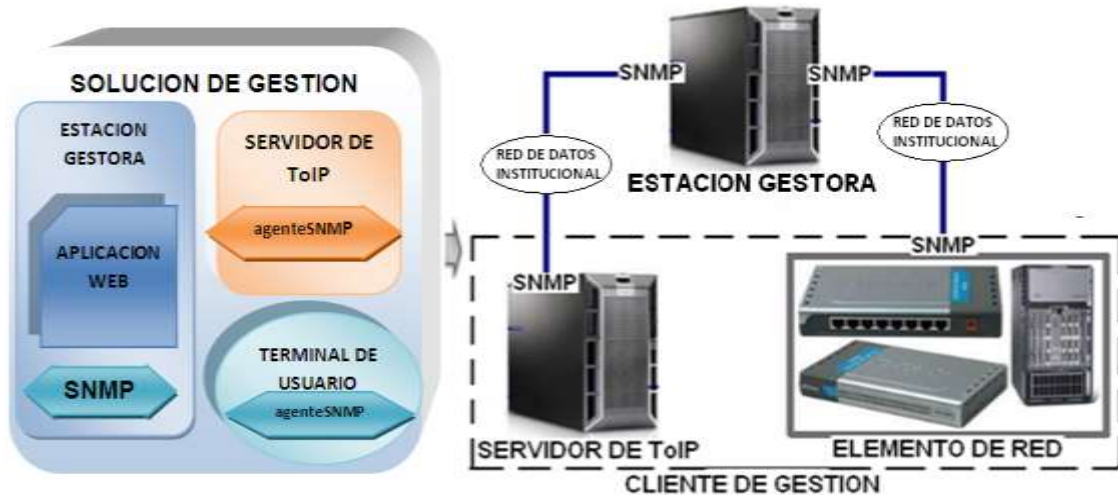


Figura 21. Esquema general de la solución de gestión

1. La **estación gestora** consiste en un PC con características técnicas suficientes para su buen funcionamiento, en esta tesis se propone contar como mínimo con una memoria RAM de 2Gb, disco duro de 80gb y procesador de 2.2Ghz, además se necesita un sistema operativo como por ejemplo Windows XP, allí se encuentra una aplicación web desarrollada en PHP (Figura 22) la cual integra varias herramientas libres de las que se habla en la siguiente sección de éste capítulo, el uso de la aplicación se hace mediante el despliegue de una interfaz de usuario quien inicialmente debe validarse, permite acceder remotamente y de forma gráfica al servidor de telefonía IP y de ésta forma poder realizar todas las tareas propias de una central telefónica como gestionar extensiones y llamadas. La estación también cuenta con un servidor web apache, una base de datos MySQL para persistencia y adicionalmente se encuentra activo el servicio de SNMP para poder intercambiar información de gestión con los otros dos nodos.



Figura 22. Aplicación Web

2. El **servidor de telefonía IP** consta de un equipo de cómputo, se propone que tenga como mínimo una memoria RAM de 2Gb, disco duro de 250Gb y un procesador 2.2 Ghz para poder funcionar debidamente. Funciona bajo el sistema operativo Linux-Centos el cual permite el funcionamiento del software para central de telefonía IP Elastix que cuenta con su propia interfaz de usuario. En este nodo también se encuentra la base de datos MySQL [63] [64] donde se almacena información del servicio de telefonía y para poder comunicarse con la estación gestora mediante el uso del protocolo SNMP tiene instaladas la MIB-II [52] que permite monitorear diversos parámetros de un elemento de red, la UCD-SNMP-MIB [65] que posibilita monitorear un amplio rango de configuraciones relacionadas con el rendimiento, la Host-Resources-MIB [66] para aspectos críticos en sistemas Unix y Windows [67] y la Asterisk-MIB [53] la cual permite desde la estación gestora acceder a la información de gestión como consultar el número de llamadas, tiempo desde que el servidor está activo o fue reiniciado entre otros (Figura 23).



Figura 23. Servidor de telefonía IP

3. El **elemento de red** representa los elementos de red gestionados por la solución tales como enrutadores y PCs usados como terminal de usuario, los cuales también tiene instalada la MIB-II, la UCD-SNMP-MIB y la Host-Resources-v2-MIB que permiten intercambiar mediante SNMP información con la estación gestora y así poder conocer aspectos importantes sobre tráfico o nivel de uso ya sea de los recursos de red o del servicio de telefonía IP como tal.

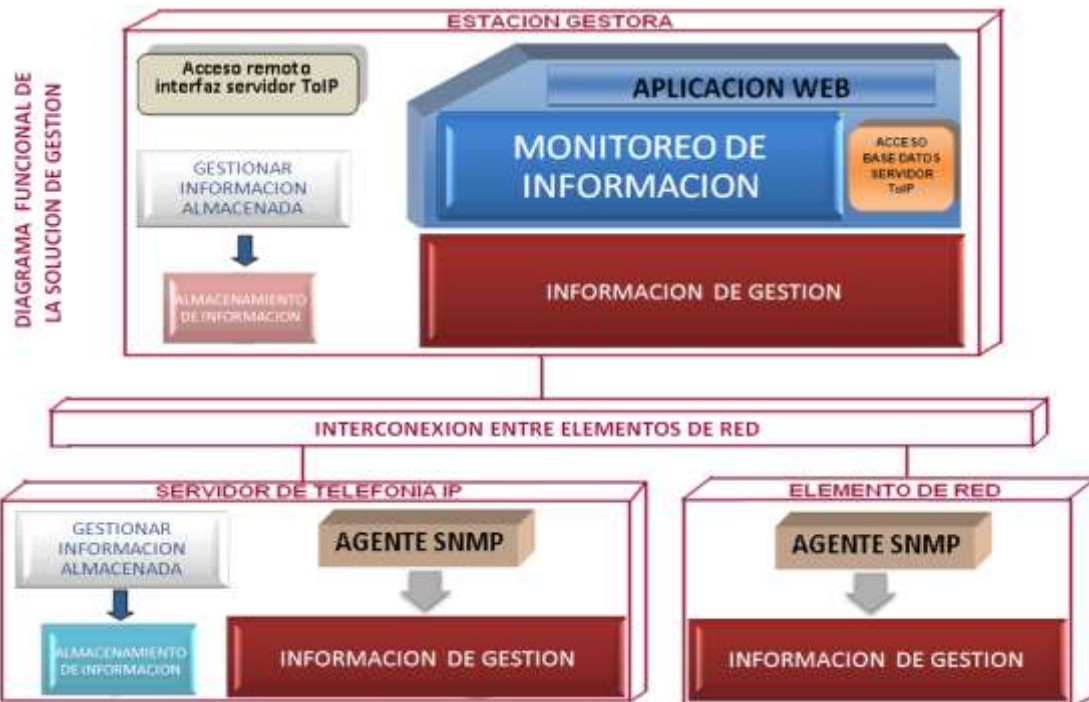


Figura 24. Diagrama funcional de la solución de gestión

En la Figura 24 se muestran los bloques funcionales en general que necesita la solución de gestión para poder realizar las diferentes actividades de gestión sobre la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca, mientras que en la Figura 25 se especifica las diferentes herramientas libres que se utilizaron en la implementación de cada uno de éstos bloques funcionales, las cuales se detallan en la siguiente sección 4.3.

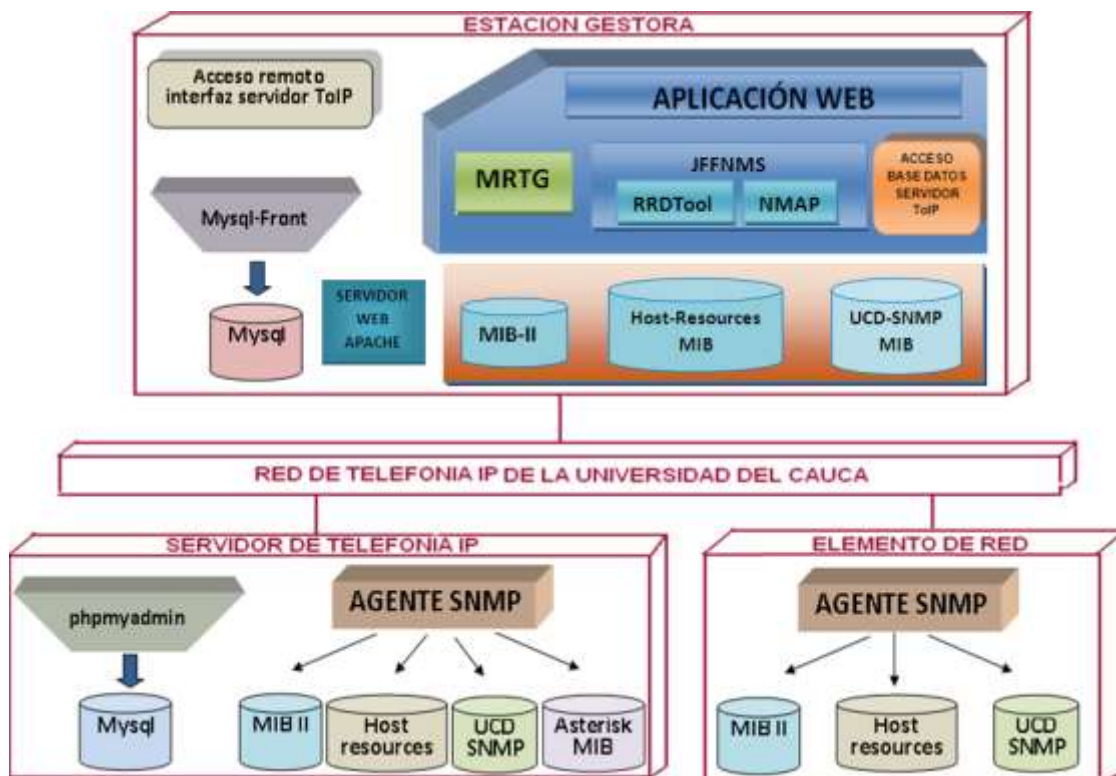


Figura 25. Herramientas utilizadas en la solución de gestión

4.3 Tecnologías de gestión y software libre

A continuación se explican y justifican las tecnologías empleadas en la solución de gestión, en el anexo A se encuentran las configuraciones necesarias para cada tecnología.

➤ **PHP**

Tabla 14. Lenguajes para desarrollo web

CARACTERISTICA	PHP	JavaScript	JSP	Ruby and Ruby on Rails	Perl
Disponibilidad	Sus librerías y frameworks son gratuitas y open source.	Open source.	Creado por Sun Microsystems. Proceso de desarrollo abierto (open source)	Software libre. Es un framework de aplicaciones web de código abierto escrito en el lenguaje de programación Ruby	Software libre y está licenciado bajo la Licencia Artística y la General Public License GNU.
Plataforma	Multiplataforma Linux, Windows, entre otros.	Multiplataforma	Lenguaje multiplataforma.	Multiplataforma	Disponibles para la mayoría de sistemas operativos.
Soporte	Existen muchos grupos independientes que dan soporte a PHP.	Existen varias fuentes que brindan soporte a Javascript.	El API JSP se beneficia de la extendida comunidad Java existente.		
Rendimiento	Es de mayor rendimiento que java en cuanto a velocidad y recursos.		En cuanto a rendimiento es más pesado que PHP.		Es más lento que la mayor parte de lenguajes compilados.
Base de Datos	Soporta ODBC, lo que le permite conectarse prácticamente a cualquier base de datos		Soporta JDBC lo que le permite conectarse prácticamente a cualquier base de datos.	Soporta MySQL, PostgreSQL, SQLite, IBM DB2 y Oracle.	Cuenta con una variedad de módulos para interactuar con otro tipo de programas, como bases de datos.
Servidor web	Tecnología que para su funcionamiento necesita tener instalado un servidor web como Apache con las librerías de PHP.	Se ejecuta en el lado del cliente.	Apache tomcat, glassfish		
Aplicación	Programación de páginas dinámicas en servidores, habitualmente en combinación con MySQL.	Puede ser integrado dentro de las páginas web, se utiliza integrado en un navegador web permitiendo el desarrollo de interfaces de usuario mejoradas y páginas web dinámicas	Está orientado a desarrollar páginas web en Java.	Es un framework de aplicaciones web de código abierto escrito en Ruby.	Es un lenguaje de propósito general incluyendo desarrollo web.

Programación	Permite escribir scripts dentro del código HTML	Tiene una sintaxis similar al lenguaje java	El código JSP puede ser incrustado en código HTML.	Lenguaje de scripts para una programación orientada a objetos.	Soporta tanto la programación estructurada como la programación orientada a objetos y la programación funcional.
	Maneja la memoria usada por el código quedando vacía automáticamente e cuando el script finaliza.		Integridad con los módulos de Java.	Escribe menos código que con otros frameworks y con un mínimo de configuración.	

En la Tabla 14 se puede apreciar las principales características de algunos lenguajes típicamente utilizados para aplicaciones web, algunos de ellos diseñados especialmente para éste propósito como es PHP (*Hipertext Preprocesor*), por lo tanto está capacitado para realizar muchos tipos de aplicaciones web gracias a la extensa librería de funciones con la que está dotado [68], existe un módulo de PHP para casi cualquier servidor web, esto hace que cualquier sistema pueda ser compatible con el lenguaje y significa una ventaja importante [69]. Además entre estos lenguajes PHP es uno de los de más alto rendimiento y menos complejos lo que permite generar código productivamente en menor tiempo, estas son algunas razones por las cuales se utilizó PHP en la implementación de la solución de gestión del presente trabajo de grado.

➤ **APACHE**

Tabla 15. Servidores web

CARACTERISTICAS	SERVIDORES WEB				
	APACHE	CHEROKEE	THTTPD	BOA	WEBS
Software libre	si	si	si	si	si
Capacidad de ser empotrado	no	si	no	no	no
Conexiones permanentes	si	si	si	si	si
Modulos/soporte plugins	si	si	no	no	no
Soporte virtual servers	si	si	pobre	pobre	pobre
Escala a servidores SMTP	si	si	no	no	si
Autenticación	si	si	si	no	no
Soporte Encoders	si	si	no	pobre	no
CGI's	si	si	si	si	pobre
sendfile(). (Esta función es equivalente a llamadas <i>read</i> y <i>write</i> sobre sockets, pero a nivel del núcleo del sistema).	si	si	si	si	si
Páginas de error personalizadas	si	si	pobre	no	no
Conexiones seguras https	si	si	no	no	si
Caché friendly	si	si	si	pobre	no

La Tabla 15 muestra las principales características de algunos servidores web de software libre, entre ellos Apache uno de los más utilizado mundialmente por su versatilidad y potencia [70], es de código abierto, mutiplataforma [71][72] y modular

gracias a esto se han desarrollado diversas extensiones entre las que destaca precisamente PHP como lenguaje de programación del lado del servidor [70] y que se utilizó en éste trabajo para hacer páginas web [73], lo cual junto a las mencionadas características de apache constituyen una de las razones por las que se usó dicho servidor web que además ofrece instalaciones sencillas para sitios pequeños y si se requiere es posible expandirlo hasta el nivel de los mejores productos comerciales [74].

Los servidores Apache, Microsoft y Nginx lideran el crecimiento de Internet, entre ellos se destaca Apache que con cerca de 2 millones más de servidores, posee un porcentaje del 54.68% del mercado [75], esto junto a las ventajas ya mencionadas brindan confianza suficiente para decidirse por esta plataforma.

➤ **MYSQL**

Es un sistema de base de datos, con soporte para consultas simultáneas y remotas [76]. MySQL se ofrece bajo licencia GPL, funciona sobre múltiples plataformas incluyendo GNU/Linux y Windows, es muy utilizado en aplicaciones web, su popularidad como aplicación web está muy ligada a PHP, que a menudo aparece en combinación con MySQL como en el caso del presente proyecto.

Existen varias API (Application Programming Interface) que permiten, a aplicaciones escritas en diversos lenguajes de programación, acceder a las bases de datos MySQL, también existe una interfaz ODBC, llamado MyODBC que permite a cualquier lenguaje de programación que soporte ODBC comunicarse con las bases de datos MySQL. Supera a muchas soluciones comerciales en velocidad incluido Oracle, a la hora de realizar instrucciones SQL [63] y soporta gran cantidad de datos de hasta 50 millones de registros. Son muchas las razones para escoger MySQL como solución para la administración de datos, compatibilidad para la mayor parte de SQL ANSI, duplicación, funciones SSL e interacción con la mayor parte de los entornos de programación [64].

Este sistema de bases de datos fue utilizado en la solución dado que aparte de ser libre y tener excelentes características, es empleado por Elastix para almacenar la información, es importante aclarar que la estación gestora y el servidor de ToIP tienen base de datos diferentes.

➤ **PHPMYADMIN**

PhpMyAdmin es una herramienta disponible bajo la licencia GPL, escrita en PHP para la administración de MySQL a través de páginas web, utilizando Internet, actualmente permite crear y eliminar Bases de Datos, crear, eliminar y alterar tablas, borrar, editar y añadir campos, ejecutar cualquier sentencia SQL, administrar claves en campos, administrar privilegios, exportar datos en varios formatos y está disponible en 50 idiomas. Es totalmente portable y fácil de usar, se ahorra mucho trabajo, ya que permite visualizar la estructura y contenido de las bases de datos sin la complejidad de la interfaz de mysql, lo que hace más ameno y ágil realizar tareas sobre la base de datos [77]. Es una herramienta muy completa que permite acceder a todas las funciones típicas de la base de datos MySQL a través de una interfaz web muy intuitiva [78].

Existen varias herramientas similares como phpPgAdmin que ofrece funcionalidades similares para PostgreSQL, comenzó como una copia de phpMyAdmin pero con una base de códigos completamente diferente. PhpMinAdmin para el manejo de MySQL, tiene las características más importantes de phpMyAdmin pero consiste en un único archivo php con tamaño inferior a 150KB, otro producto para el manejo de base de datos Microsoft SQL Server es phpMSAdmin [79] [80].

Esta herramienta fue empleada para acceder de forma gráfica a la base de datos de Elastix y de esta manera gestionar en particular la tabla cdr (registro detallado de llamadas) que contiene información muy importante para conocer el uso del servicio.

➤ **MRTG**

Tabla 16. Aplicaciones libres para monitoreo de redes

CARACTERÍSTICA	MRTG	RRDTOOL	NAGIOS	MONITOREO IP
Disponibilidad	Libre	Libre	Libre	Libre
Plataforma	Multiplataforma	Multiplataforma	Funciona bajo sistema operativo Linux, y sobre Unix.	Funciona en HP-UX, Solaris y Windows.
Aplicación	Monitorea tráfico en dispositivos de red.	Almacena y muestra datos a través del tiempo como tráfico de red, carga de servidores, etc. Capacidad de reconocer problemas vía web	Diseñada específicamente para monitorear servidores. Reporta problemas de la red. Supervisión de los servicios de red (SMTP, POP3, HTTP, NNTP, Ping, etc.). Monitoriza Hardware y Servicios	Monitoreo de redes de telecomunicaciones.
Adquirir información	Usa SNMP para recolectar los datos de tráfico de un determinado dispositivo (routers o servidores), y puede supervisar cualquier variable de éste protocolo. Trabaja con un archivo de configuración.	Usa SNMP para realizar consultas a dispositivos acerca del valor de los contadores que ellos tienen y los guarda en la base de datos. Los datos se recogen con una frecuencia determinada por el usuario. Cada tabla tiene una cantidad de registros fijas, cuando se supera esta cantidad se borra el primero y se inserta el nuevo por lo que no crece en el tiempo.	Las variables de los dispositivos son consultadas mediante un demonio que se ejecuta en el servidor donde está instalado Nagios y los servicios con "plugins externos". Para recolectar información de los dispositivos administrados utiliza protocolos estandarizados (Ej. SNMP, ICMP) por lo que se independiza del sistema operativo.	Trabaja con los protocolos SNMP y Telnet para conseguir los datos. Funciona con un demonio que se ejecuta cada minuto y hace un polling a los dispositivos con un balance de carga.
Mostrar gráficos	Crea gráficos que representan el tráfico en las conexiones de Red, los gráficos se muestran en paginas web estáticas que se pueden ver desde cualquier navegador. Genera informes en formato HTML que incluye gráficas (png) que proveen una representación visual de la evolución del tráfico a lo largo del tiempo.	Muestra gráficas de información para distintos periodos de tiempo Puede graficar cualquier variable sea obtenida por SNMP, o obtenida de script externos.	La información del estado actual, los registros históricos y los informes se pueden ver vía un navegador web. Si ocurre un evento anormal lo advierte de diversas maneras (mail, mensaje inmediato en Web, SMS, etc.). Visualización del estado actual de la red a través de interfaz web.	Tiene un sistema de alarmas que permite ejecutar un script externo además de almacenarlas y enviar notificaciones por correo, actualmente se envían SMS cuando son alarmas graves. Se puede utilizar vía web
Reportes	Crea un resumen semanal, mensual y anual dado que mantiene un archivo de todos los datos que ha obtenido del dispositivo de red.	Tiene una consola similar a la de MYSQL para examinar y exportar los datos.	Reportes y estadísticas del estado cronológico de disponibilidad de servicios y hosts.	Informes diarios, semanales y mensuales

La Tabla 16 muestra características de algunas aplicaciones libres para el monitoreo de redes, entre ellas MRTG, la cual puede monitorear cualquier host de red remoto que tenga el soporte del protocolo SNMP activado, adquiere la información interrogando el host remoto y obteniendo el valor del identificador de objeto SNMP específico, actualiza el gráfico de variación. Almacena el nuevo valor en el archivo de reporte que puede estar localizado en el host local o remotamente en un servidor de almacenamiento MRTG, crea gráficos que representan el tráfico en la conexión de red supervisada como un Router.

Es un programa fácil de configurar y muy popular, por lo tanto es sencillo encontrar ayuda o scripts ya creados y listos para recoger datos de los diferentes elementos que se quiere tener bajo control, es un programa que funciona en múltiples plataformas, incluyendo Windows NT/2000, la recogida de datos es altamente configurable, los gráficos generados pueden estar en rangos de días, meses e incluso años, gracias a éstas características se utilizó MRTG en la solución de gestión para realizar graficas que muestran el uso del servicio del servidor de ToIP en diferentes periodos de tiempo.

➤ **RRDTool**

La Tabla 16 muestra las principales características de RRDTool, es una potente herramienta su función principal es la de almacenar información en una base de datos, cuya finalidad es precisamente el almacenamiento temporal de datos para poder ser mostrados a través de gráficas. Este software libre sólo permite la inserción de datos en orden cronológico, es decir, que si se ha introducido un dato con una marca de tiempo específica y se intenta insertar un dato que sea anterior a este, RRDTool no permitirá hacer esta operación, al igual que NMAP, fue integrado junto con JFFNMS [27] [28].

➤ **JFFNMS**

JFFNMS (Just for Fun Network Monitoring System) es un software de monitoreo de redes de origen argentino utilizado a nivel mundial, es de código abierto GPL funciona en Linux y en Windows, es muy completo y avanzado, y a la vez amigable y sin las complicaciones típicas de este tipo de herramientas, todo está hecho en PHP, lo cual da mucha flexibilidad para hacer algún cambio [29].

El programa se vale de SNMP para sacar información de los hosts, entre las posibilidades que brinda el software encontramos eventos SNMP, SNMP polling de routers, switches, gráficos estadísticos del estado de interfaces de dispositivos, gráficos de información de hosts [29].

Existen otras herramientas como Nagios, es libre muy complejo de configurar y es muy básico, HP OpenView extremadamente complejo, hace todo pero también es muy difícil de configurar y lo compran las grandes empresas [29].

JFFNMS fue elegido porque es libre, de código abierto, razón por la cual se puede personalizar, agregar o quitar funcionalidades. También se escogió porque al estar escrito en PHP permite fácilmente integrarse con otras tecnologías, como por ejemplo RRDTool y MRTG utilizadas para realizar las gráficas o con NMAP para escanear la red.

➤ **NMAP**

NMAP es considerado el mejor scanner en el mundo de la informática, es libre y además tiene las ventajas de tener una interfaz gráfica para el usuario, de esta manera facilita el trabajo del mismo y también proporciona una interfaz de consola para usuarios un poco más experimentados [81].

NMAP es un programa de código abierto que sirve para efectuar rastreo de puertos, evaluar la seguridad de sistemas informáticos, descubrir servicios o servidores en una red informática, así como para determinar qué sistema operativo y versión utiliza dicha computadora obteniendo también algunas características del hardware de red de la máquina objeto de la prueba. Es difícilmente detectable, ha sido creado para evadir los sistemas de detección de intrusos (IDS) e interfiere lo menos posible con las operaciones normales de las redes y de las computadoras que son analizadas, se utiliza para buscar fallas en redes, o bien para detectar computadoras que no cumplen con los requisitos mínimos de seguridad de la organización [82].

➤ **WinPcap**

WinPcap es la herramienta estándar utilizada por la industria para acceder a conexiones entre capas de red funcionando bajo sistema operativo Windows, con esta herramienta se puede capturar-transmitir paquetes de red manipulando la pila de protocolos, cuenta con herramientas adicionales de gran valor, tales como filtrado de paquetes a nivel núcleo, motor para la generación de estadísticas de red, soporte para la captura de paquetes remotos. Es un programa eficiente, versátil y se ha convertido en el motor de filtrado y captura de paquetes preferido de las aplicaciones de red más populares disponibles en la actualidad y de código abierto, tales como analizadores de protocolos, monitores de red, sistemas de detección de intrusos de red, sniffers, generadores de tráfico y analizadores de tráfico [83]. Es una aplicación indispensable, sin ella los mejores programas de gestión de redes no funcionarían por ejemplo NMAP, Windump, Ethereal, entre otros, utiliza una combinación de librerías y controladores para facilitar el acceso a las capas de red de bajo nivel [84] [85]. En el caso del presente trabajo de grado, WinPcap es prerrequisito para la herramienta NMAP.

➤ **Mysql-front**

MySQL-Front es una sencilla pero útil aplicación diseñada especialmente para trabajar con MySQL, facilita desde una interfaz muy intuitiva obtener información sobre las bases de datos, tanto de sus tablas como de su estructura y contenido, se pueden realizar acciones básicas como añadir, borrar o modificar tablas, campos, registros y además, ver variables del servidor, ejecutar SQL-scripts, exportar tablas a SQL-scripts o a otras bases de datos [86].

Este sistema para administrar bases de datos fue empleado en el gestor, debido a la facilidad que ofrece para gestionar las tablas y ejecutar sentencias SQL.

4.4 Parámetros y aplicación de las recomendaciones TMN

En esta sección se exponen los parámetros que permiten analizar la congestión de red, los cuellos de botella, uso de recursos del sistema y nivel de uso del servicio de telefonía IP de la Universidad del Cauca, entendiéndose por parámetro como dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación [87].

Como se mencionó anteriormente el protocolo utilizado fue SNMP, cuyo funcionamiento consiste en consultar una MIB y en base a la información disponible

obtener datos, de tal manera que la estación gestora debe interrogar periódicamente a los agentes para obtener información actualizada, de esta forma se aplica la recomendación acumulación de datos de supervisión de la calidad de funcionamiento.

Las MIB utilizadas en este proyecto son la MIB-2, Host-Resources-v2-MIB, UCD-SNMP-MIB y ASTERISK-MIB, se investigaron otras MIB como SIP-MIB pero no brindaban información relevante para los propósitos de este proyecto, ni se encontró una MIB que permitiera clasificar los paquetes SIP.

En la tabla Tabla 17 se presentan los OID empleados para congestión y cuellos de botella

Tabla 17. OID utilizados en congestión y cuellos de botella

Nombre	Descripción	OID
ifInOctets	Número total de octetos recibidos en una interfaz, incluyendo caracteres framing (bit de inicio)	1.3.6.1.2.1.2.2.1.10
ifOutOctets	Número total de octetos transmitidos fuera de la interfaz incluyendo caracteres framing	1.3.6.1.2.1.2.2.1.16
ifSpeed	Una estimación del actual ancho de banda de la interfaz en bits por Segundo. Para interfaces que no varían en ancho de banda o para aquellas donde no se puede hacer estimación, este objeto podría contener el ancho de banda nominal	1.3.6.1.2.1.2.2.1.5
ifOutDiscards	Número de paquetes de salida los cuales fueron escogidos a ser descartados aun cuando no han sido detectado errores para prevenir su liberación a un protocolo de nivel superior. Una posible razón para descartar tal paquete podría ser liberar espacio en el buffer	1.3.6.1.2.1.2.2.1.19
ifInDiscards	Numero de paquetes entrantes los cuales fueron escogidos a ser descartados aun cuando no han sido detectado errores para prevenir su liberación a un protocolo de nivel superior. Una posible razón para descartar tal paquete podría ser liberar espacio en el buffer	1.3.6.1.2.1.2.2.1.13
ifOutQLen	Longitud de la cola de paquetes de salida (en paquetes)	1.3.6.1.2.1.2.2.1.21

➤ **Parámetros para analizar congestión de red**

La congestión de red es el fenómeno producido cuando a la red o parte de ella se le ofrece más tráfico del que puede cursar y ocurre cuando la capacidad de las líneas se encuentra a su máximo nivel [60].

Para medir la congestión en la red de telefonía IP se deben tener en cuenta varios factores involucrados, dado que sobre una red viajan tanto paquetes de VoIP como de otros servicios y en conjunto puede generar congestión, lo que ocasiona problemas en las comunicaciones de VoIP. Por este motivo es necesario monitorear las interfaces de los elementos de red, saber tanto cuantitativa como cualitativamente el flujo de información en un instante, así como en un intervalo de tiempo. Se debe proporcionar una manera simple de conocer información básica de un dispositivo y presentar gráficos históricos de utilización de las interfaces [88].

Por consiguiente los parámetros para determinar la congestión en los elementos de red consiste en observar [88]:

- ✓ Porcentaje de utilización de una interfaz de comunicación.
- ✓ Descarte de paquetes salientes y simultáneamente disminución de bytes salientes.

Estos aspectos evidencian la recomendación situación del tráfico ya que permiten conocer el estado del tráfico en un determinado instante, debido a que el agente enviara constantemente datos vigentes de desempeño al gestor si se consultan estos parámetros.

Porcentaje de utilización de una interfaz

Al monitorear los objetos ifInOctets, ifOutOctets y ifSpeed pertenecientes a la MIB-2 puede conocerse la utilización que tiene determinada interfaz de red y de esta manera saber si hay congestión.

La utilización de la interfaz se calcula realizando muestreos a diferentes tiempos x , y , (Ecuación 4 y Ecuación 5) luego se calcula el total de bytes por segundo (Ecuación 6 y Ecuación 7) y finalmente la utilización de la interfaz (Ecuación 8 y Ecuación 9).

$$\text{Total bytes entrada} = \text{ifInOctets tiempo } y - \text{ifInOctets tiempo } x$$

Ecuación 4. Total bytes de entrada

$$\text{Total bytes salida} = \text{ifOutOctets tiempo } y - \text{ifOutOctets tiempo } x$$

Ecuación 5. Total bytes de salida

Donde:

y : tiempo inicial

x : tiempo final

$$\text{Total bytes entrada por segundo} = \text{Total bytes entrada} / (y - x)$$

Ecuación 6. Total bytes entrada por segundo

$$\text{Total bytes salida por segundo} = \text{Total bytes salida} / (y - x)$$

Ecuación 7. Total bytes salida por segundo

$$\text{Utilización entrada} = (\text{Total bytes entrada por segundo} * 8) / \text{ifSpeed}$$

Ecuación 8. Utilización de entrada de la interfaz

$$\text{Utilización salida} = (\text{Total bytes salida por segundo} * 8) / \text{ifSpeed}$$

Ecuación 9. Utilización de salida de la interfaz

Descarte de paquetes salientes y simultáneamente disminución de bytes salientes.

Empleando de nuevo el objeto `ifOutOctects` en combinación con el objeto `ifOutDiscards` puede observarse si existe congestión en la red, si un dispositivo está descartando muchos paquetes salientes como indica `ifOutDiscards` y a su vez disminuye la cantidad de bytes salientes, como muestra `ifOutOctects`, la interfaz puede estar congestionada [88].

➤ **Parámetros para analizar los cuellos de botella en la red**

Por definición en redes un cuello de botella es un embotellamiento de paquetes de datos que circulan por una conexión causando demoras en la comunicación [89], esto sucede al acceder simultáneamente a los recursos compartidos o cuando un elemento de red no puede procesar tanta cantidad de paquetes al mismo tiempo convirtiéndose en un cuello de botella para la red, un ejemplo de esto es cuando la demanda supera la capacidad de procesamiento y conmutación de un router [60]. De aquí la importancia de aplicar las recomendaciones supervisión de la aptitud para cursar tráfico y análisis de tendencias de los elementos de red ya que se debe poder conocer el tráfico cursado por los elementos de red y sus tendencias.

Los parámetros para determinar los cuellos de botella en los elementos de red consiste en observar [88]:

- ✓ Porcentaje de paquetes descartados por una interfaz de comunicación.
- ✓ Existencia y volumen de paquetes en la cola de espera

Porcentaje de paquetes descartados por una interfaz

Es importante observar los paquetes descartados por una interfaz, ya que los descartes y errores generalmente se producen por un mal funcionamiento de la interfaz y problemas de buffers del dispositivo, esto origina que el dispositivo se convierta en un cuello de botella en la red al descartar los paquetes SIP que circulan por él, para esto se utilizan la Ecuación 10 y la Ecuación 11.

% Descartes entrada = $\text{ifInDiscards} / \text{total paquetes recibidos}$
Ecuación 10. Paquetes descartados en la entrada de la interfaz

% Descartes salida = $\text{ifOutDiscards} / \text{total paquetes enviados}$
Ecuación 11. Paquetes descartados en la salida de la interfaz

Existencia de paquetes en la cola de espera

Un indicador de cuello de botella es la duración excesiva de varios eventos, a veces suele suceder cuando se realizan muchas solicitudes al dispositivo pero no pueden ser atendidas al mismo tiempo, quedando en una fila de espera hasta llegar a un punto tal que el dispositivo que está atendiendo las solicitudes se satura y termina el proceso [60]. En la recomendación análisis del tráfico de elemento(s) de red en condiciones excepcionales se menciona que debe informarse acerca de las condiciones excepcionales causadas por demandas inusuales o por una reducción de la capacidad, monitorizar el objeto `ifOutQLen` permite averiguar si existen paquetes en la cola de espera.

➤ **Parámetros para analizar uso de los recursos de la red**

En redes normalmente recurso se asocia al hardware, el uso de recursos del sistema como su nombre lo indica se refiere a que tanto se explota la capacidad de esos recursos hardware de red como por ejemplo el servidor de telefonía IP. Empleando la recomendación acumulación de utilizaciones donde se aconseja almacenar la utilización, puede llevarse un registro de que tanto se ha utilizado el hardware de la red en diferentes intervalos de tiempo.

Los parámetros para identificar el uso de los recursos consiste en analizar el estado de los recursos hardware, teniendo presente que los elementos de red estudiados son: el servidor de telefonía IP y los terminales de usuario. La solución de gestión permite conocer varios aspectos relacionados con el hardware, pero aquí se mencionan los más importantes: Utilización de la CPU (unidad central de procesos), memoria RAM (memoria de acceso aleatorio), almacenamiento persistente en el disco duro y procesos.

Las MIB utilizadas para obtener esta información son Host-Resources-v2-MIB [90], MIB-II [52] y UCD-SNMP-MIB [91].

Utilización de la CPU

La CPU (Central Processing Unit) es importante monitorearla porque de ésta forma se conoce su nivel de actividad, con lo cual se tiene una idea del funcionamiento de los elementos relacionados, por ejemplo si la CPU en el servidor de telefonía IP, en cierto momento tiene un elevado nivel de actividad, podría indicar que muchos terminales softphone están activos y están realizando llamadas concurrentes al servidor, entonces bajo esas condiciones, el uso de esos recursos también es elevado.

Para medir la carga del procesador en los terminales de usuario se emplea la MIB-II con el OID 1.3.6.1.2.1.25.3.3.1.2 más conocido como *hrprocessorload*, consiste en el rango o porcentaje de tiempo en el último minuto en el que el procesador no estaba activo.

También se obtuvo porcentajes de tiempo de uso e inactivada de la CPU con los OID 1.3.6.1.4.1.2021.11.9 y 1.3.6.1.4.1.2021.11.11 respectivamente.

Del mismo modo para el servidor con sistema operativo Linux Centos gracias a UCD-SNMP-MIB puede obtenerse información como tiempos de inactivada, uso y espera de la CPU con los OID 1.3.6.1.4.1.2021.11.53, 1.3.6.1.4.1.2021.11.50 y 1.3.6.1.4.1.2021.11.54 respectivamente.

Medición de procesos

Un proceso es un programa en ejecución que es gestionado por el sistema operativo, tiene incidencia en el uso de los recursos hardware debido a la relación directa con la carga de la CPU, se puede monitorear por medio del OID 1.3.6.1.2.1.25.1.6 de la MIB-2. Por otro lado es posible enterarse de la carga promedio generada por los procesos durante 1,5 y 15 minutos sobre la CPU gracias a los OID 1.3.6.1.4.1.2021.11.9, 1.3.6.1.4.1.2021.11.50 y 1.3.6.1.4.1.2021.11.10.

Medición del uso de memoria RAM

RAM *random access memory* La memoria RAM, guarda los datos que se están utilizando en el momento presente [92] [93].

Es importante monitorearla ya que su nivel de actividad refleja de alguna manera la cantidad de datos y procesos que se están ejecutando en un momento dado, lo cual a su vez refleja que tanto uso se está haciendo de los recursos de red involucrados.

Es posible advertir la utilización, cantidad libre, cantidad total y compartida de la memoria RAM valiéndose de los OID 1.3.6.1.2.1.25.2.3.1.6.7, 1.3.6.1.4.1.2021.4.6, 1.3.6.1.4.1.2021.4.5 y 1.3.6.1.4.1.2021.4.13 respectivamente [91].

Medición del uso del almacenamiento persistente

Los discos duros tienen características que definen su desempeño como son la capacidad de almacenamiento, su velocidad de rotación, tiempo de acceso, tasa de transferencia de datos y su memoria caché [94].

Es importante monitorearlo para poder saber que tanto uso de él se está haciendo y por consiguiente del dispositivo al que pertenece, además las base de datos del servidor de telefonía y la estación gestora pueden llegar a ocupar una cantidad de memoria considerable.

Para medir la utilización y tamaño del disco duro, se emplean los OID 1.3.6.1.2.1.25.2.3.1.6.2 y 1.3.6.1.2.1.25.2.3.1.5.1 de la MIB-2.

Por otro lado como se mencionó anteriormente el servidor de ToIP corre sobre Linux Centos, por este motivo es necesario monitorear también la memoria swap [95], siendo útil conocer la cantidad de memoria swap total y disponible, tal fin se logra con la ayuda de UCD-SNMP-MIB en sus OID 1.3.6.1.4.1.2021.4.4.0 y 1.3.6.1.4.1.2021.4.3.0 respectivamente.

➤ **Parámetros para analizar el nivel del uso del servicio**

Por definición en tecnología un servicio es un conjunto de actividades que buscan responder a las necesidades de un cliente o de alguna persona común [96]. La telefonía IP es un servicio a nivel de aplicación que se usa de la misma forma que la telefonía tradicional, permite llamadas de bajo costo a través de redes de conmutación de paquetes, entre zonas geográficamente distantes [97].

El nivel de uso del servicio se refiere a la utilización del servicio de ToIP como tal por parte de los usuarios, cabe mencionar que tradicionalmente en redes hablar de servicio es hablar de la capa de aplicación del modelo OSI y esto se asocia a software.

Para el objetivo del proyecto, nivel de uso del servicio hace alusión a que tanto se está utilizando el servicio de ToIP a nivel general y particular. A nivel general se refiere al nivel del servicio en el servidor de telefonía IP, a nivel particular en las extensiones es decir terminales softphone. Es importante usar las recomendaciones validación de la utilización del servicio y acumulación de utilidades ya que facilitan acceder y recoger datos de utilización de las extensiones lo que permite llevar un control administrativo del uso del servicio por parte de los usuarios.

Por lo tanto los parámetros para identificar el nivel de uso del servicio consisten en analizar los siguientes aspectos:

- ✓ Número de llamadas utilizando los protocolos SIP e IAX.
- ✓ Número de canales utilizados en el protocolo SIP e IAX.
- ✓ Tiempo desde que el servidor de telefonía IP está activo.
- ✓ Tiempo desde que el servidor ToIP fue reiniciado por última vez.
- ✓ Aplicaciones ejecutarse en el servidor de ToIP
- ✓ Uso del servidor de ToIP en diferentes periodos de tiempo
- ✓ Datos estadísticos del uso de servicio por parte de las extensiones, esto es duración de la llamada, hora, origen y destino de la llamada, entre otros.

Como se mencionó antes Elastix tiene incorporado Asterisk, por este motivo es muy útil ASTERISK-MIB debido a que entrega información especializada para Asterisk, los OID más relevantes de esta MIB para este proyecto se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. OID ASTERISK-MIB

DESCRIPCION	OID
Versión de asterisk	1.3.6.1.4.1.22736.1.1.1
Instante de tiempo desde que asterisk fue iniciado	1.3.6.1.4.1.22736.1.2.1
Instante de tiempo desde que asterisk fue recargado	1.3.6.1.4.1.22736.1.2.2
Socket control para un comando dado de asterisk	1.3.6.1.4.1.22736.1.2.4
Numero de módulos actualmente cargados dentro de asterisk	1.3.6.1.4.1.22736.1.3.1
Numero de indicaciones actualmente definidas en asterisk	1.3.6.1.4.1.22736.1.4.1
Número actual de canales activos	1.3.6.1.4.1.22736.1.5.1
Nombre del canal actual	1.3.6.1.4.1.22736.1.5.2.1.2.1
Tecnología subyacente para el actual canal	1.3.6.1.4.1.22736.1.5.2.1.4.1
Cual canal de este canal actualmente es puente (en una conversación)	1.3.6.1.4.1.22736.1.5.2.1.6.1
Contenido de la extensión actual	1.3.6.1.4.1.22736.1.5.2.1.12.1
Número de llamadas lejanas	1.3.6.1.4.1.22736.1.5.2.1.25.1
Numero llamante	1.3.6.1.4.1.22736.1.5.2.1.27.1
Nombre llamante	1.3.6.1.4.1.22736.1.5.2.1.28.1
Identificación automática del numero	1.3.6.1.4.1.22736.1.5.2.1.29.1
Numero de tipos de canal (tecnologías) soportadas	1.3.6.1.4.1.22736.1.5.3
Descripción del tipo de canal (tecnología)	1.3.6.1.4.1.22736.1.5.4.1.3.1

➤ **Mecanismo de gestión**

El mecanismo de gestión para la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca que se desarrollo en este trabajo de grado consiste básicamente en realizar ciertas tareas en diferentes periodos de tiempo, lo cual permitió observar diversos aspectos del servicio, uso de los recursos y monitorizar el tráfico en los elementos de red, por esta razón, la estación gestora realiza sondeos hacia los agentes ejecutando un GetRequest para solicitar la información del agente, el cual envía dicha información en un mensaje GetResponse, lo anterior se realiza en el puerto 161 que es el UDP por defecto de la maquina destino. Existen principalmente tres maneras en que la información pasa desde los elementos de red hacia la estación gestora: pollers, mensajes syslog y traps.

Es posible realizar éste mecanismo gracias a seis scripts que tiene la aplicación implementada, los cuales son ejecutados con el programador de tareas de Windows cada cierto tiempo. La Tabla 19 presenta dichos scripts junto con su funcionalidad.

Tabla 19. Scripts de la aplicación

Nombre script	Funcionalidad	Intervalo de ejecución
Poller	Actúa como administrador del protocolo SNMP interrogando a los agentes instalados en los dispositivos a monitorear	Cada 4 minutos
consolidate	Compara los eventos que ocurren en la red con una lista y se ejecutan las acciones establecidas	Cada 1 minuto
clean_up_raw_tables	Borrar eventos antiguos.	Cada 10 minutos
autodiscovery_interfaces	Búsqueda de interfaces evaluando si ha sido agregada, modificada o borrada una interfaz	Cada 30 minutos
rrd_analyzer	Evalúa el acuerdo de servicio	Cada 30 minutos
tftpget_host	Obtiene la configuración del elemento de red	Cada 10 minutos

De esta manera, la solución de gestión permite en diferentes períodos de tiempo obtener información actualizada acerca del servicio, de los recursos y del tráfico en la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca.

4.5 Descripción de la solución de gestión

En esta sección se procede a explicar los aspectos más importantes de la solución de gestión desarrollada en este trabajo de grado, donde se evidencian los parámetros mencionados en la sección anterior, como se pudo haber observado, la solución de gestión incluye una aplicación web que tiene integrada varias tecnologías de software libre, como se aprecia en la Figura 22. Para trabajar con el protocolo SNMP y el paradigma gestor agente es necesario habilitar el servicio de SNMP tanto en los agentes (elementos de red) como en el gestor (estación de monitoreo). Para este proyecto fue necesario habilitar el agente SNMP en Windows XP y Linux Centos, para mayores detalles consultar el anexo A. Haciendo uso de la recomendación de acumulación de datos de supervisión de la calidad de funcionamiento, la aplicación interroga periódicamente a los agentes por el estado del elemento de red donde reside el agente y almacena continuamente la información en una base de datos MySQL, de esta forma cuando el administrador desea información ya sea por ejemplo cualitativa de algún aspecto en la red, la aplicación consulta la base de datos y con la ayuda de la herramienta RRDtool procede a graficar. Sin embargo poder tener esta información tan completa involucra un uso elevado de la base de datos la cual puede llegar a crecer considerablemente, es responsabilidad del administrador gestionar esta base de datos y eliminar anualmente la información que sea muy antigua y no preste información relevante para la institución.

Para interrogar a los agentes se utilizó el programador de tareas de Windows, donde a criterio de los desarrolladores se eligieron los tiempos a conveniencia, pues no es aconsejable intervalos de tiempo demasiado pequeños pues se genera mucho tráfico SNMP, ni intervalos muy grandes pues se demoraría la actualización del estado del elemento de red, lo ideal es obtener un tiempo tal que cualquier cambio en el estado del dispositivo se observe de forma casi instantánea.

Las consultas a los agentes se ha realizado con la ayuda de cuatro scripts, así entonces el programador de tareas ejecuta cada uno de estos scripts en diferentes intervalos de tiempo, para mayor información sobre este mecanismo consultar el anexo A.

La interfaz de la aplicación web fue desarrollada con la ayuda de Macromedia Dreamweaver [98], inicialmente tiene un sistema de validación donde solamente los usuarios registrados en una base de datos MySql pueden ingresar al sistema, si el usuario y contraseña son correctos se ingresa a la pantalla principal de la aplicación (Figura 26).



Figura 26. Página principal de la solución de gestión

Desde este menú se puede ingresar a la información de monitoreo de tráfico y monitoreo de recursos y servicio, se pueden gestionar los usuarios y elementos de red, también se puede acceder remotamente y de forma gráfica al servidor de telefonía IP para crear las extensiones y utilizar todos los servicios, Figura 27.



Figura 27. Interfaz gráfica del servidor de telefonía IP

En el menú gestionar usuarios se puede crear, listar y eliminar los usuarios de la solución, en gestionar elementos de red se pueden agregar, eliminar y listar todos los elementos de la red de ToIP Figura 28.

GESTIONAR USUARIOS

INICIO

Lista de usuarios

A continuación se muestran los usuarios de la solución:

nombre	password	operacion	
lucas	*****	actualizar	eliminar
paco	****	actualizar	eliminar

agregar usuario

ADMINISTRAR ELEMENTOS DE RED

INICIO

Lista de elementos de red

nombre	IP	zona	operacion	
gestor	192.168.75.7	ipet	actualizar	eliminar
servidor ToIP	192.168.75.128	ipet	actualizar	eliminar
softphone 17	192.168.75.21	ipet	actualizar	eliminar

agregar elementos

Figura 28. Lista de usuarios y elementos de la red de ToIP

4.6 Sección de monitoreo de tráfico

La opción monitoreo del tráfico permite observar la congestión y los cuellos de botella en la red, identifica importantes datos estadísticos brindados continuamente por los agentes al gestor (Figura 29).



Figura 29. Menú sobre monitoreo del tráfico

Eligiendo congestión y cuellos de botella en la red, aparece un mapa con todos los elementos, clasificados por colores de acuerdo a su actual funcionamiento, al seleccionar el elemento de red se pueden ver gráficas de su tráfico (Figura 30).



Figura 30. Mapa de los elementos de red

Se puede clasificar por colores el estado de los elementos de red así como sus interfaces Tabla 20.

Tabla 20. Convención de colores en la solución de gestión

DESCRIPCION	COLOR
Servicio	0090F0
Información	F9FD5F
Administrativo	8D00BA
Critico	FF0000
Falla grave	DA4725
Falla	F51D30
Advertencia	00AA00

Es muy importante utilizar el código de colores para diferenciar el tipo de evento que se está advirtiendo, facilitando al usuario la interpretación. Se debe limitar el número de colores utilizados y conservar su significado durante toda su utilización, por ejemplo si se utiliza el rojo para mostrar un caso crítico o alarma, mantener esta lógica durante todo el sistema, también se debe evitar utilizar un color para significar más de un evento [99].

La solución permite observar un mapa con todas las interfaces, aplicaciones, puertos e información de hardware de algún elemento de la red de telefonía IP en particular, al seleccionar algún aspecto, se muestra información más detallada, en la Figura 31 se puede apreciar el estado general de la estación gestora.



Figura 31. Estado de la estación gestora

Es muy importante tener en cuenta la información cualitativa sobre la congestión y los cuellos de botella en la red, al seleccionar el elemento eth0 de la Figura 31, se puede analizar el tráfico (Figura 32), estas graficas se hicieron con la ayuda de RRDtool, pueden realizarse en diferentes intervalos de tiempo, minutos, horas, días, semanas, meses y años. La Figura 32 muestra el tráfico entrante y saliente en la última hora del servidor de ToIP, expone promedios y valores máximos y mínimos en el tráfico ocasionado por 318 llamadas SIP. Cuando se realizan muchas llamadas se genera demasiado tráfico, de tal forma que se puede superar la capacidad de procesamiento de los enrutadores ocasionando cuellos de botella en los dispositivos por donde viajan los paquetes SIP, en el capítulo 5 se especifican las pruebas y resultados.

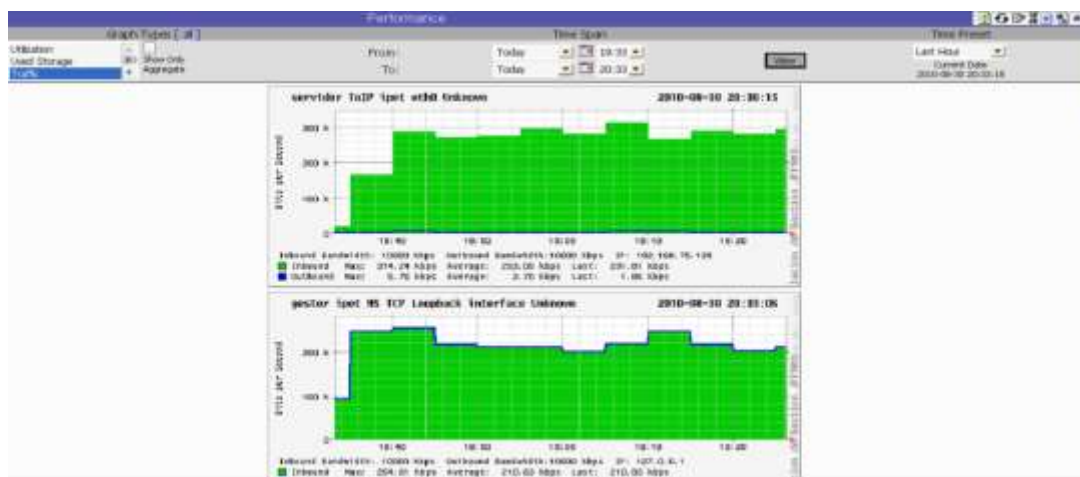


Figura 32. Información cualitativa del tráfico en el servidor de ToIP

Es importante obtener datos cuantitativos que le brinden al administrador cierta información estadística, para esto se hace uso de una función de PHP especial para SNMP llamada snmpget, con la cual se consultan los OID de la MIB del agente, dichos OID fueron explicados en la sección 4.4. En la interfaz de la Figura 29, al elegir la opción, Datos estadísticos sobre congestión, se despliega la interfaz de la Figura 33, mostrando algunos OID que fueron consultados, puede apreciarse en la columna de la

izquierda la explicación del OID y en la columna de la derecha el resultado de la consulta.


 DATOS CONGESTION																								
INICIO																								
Datos estadísticos	<table border="1"> <thead> <tr> <th>nombre</th> <th>ip</th> <th>zona Unicauca</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>servidor ToIP</td> <td>192.168.75.128</td> <td>ipet</td> </tr> </tbody> </table>		nombre	ip	zona Unicauca	servidor ToIP	192.168.75.128	ipet																
nombre	ip	zona Unicauca																						
servidor ToIP	192.168.75.128	ipet																						
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Descripcion</td> <td>Linux elastix.example.com 2.6.18-128.4.1.el5 #1 SMP Tue Aug 4 20:23:34 EDT 2009 i686</td> </tr> <tr> <td>Numero de paquetes de subredes unicast entregados al protocolo de capa superior.</td> <td>Counter32: 569 paquetes</td> </tr> <tr> <td>Numero de paquetes de subredes no unicast entregados al protocolo de capa superior.</td> <td>Counter32: 0 paquetes</td> </tr> <tr> <td>Numero total de paquetes de protocolo de nivel superior solicitados a ser transmitidos a una subred direccion unicast, incluyendo aquellos que fueron descartados o no enviados</td> <td>Counter32: 569 paquetes</td> </tr> <tr> <td>Numero total de paquetes de protocolo de nivel superior solicitados a ser transmitidos a un direccion no unicast, incluyendo aquellos que fueron descartados o no enviados.</td> <td>Counter32: 0 paquetes</td> </tr> <tr> <td>Numero de paquetes entrantes que contienen errores previniendo que sean entregados a un protocolo de capa superior</td> <td>Counter32: 0 paquetes</td> </tr> <tr> <td>Numero de paquetes de salida que podrian no haber sido transmitidos por errores.</td> <td>Counter32: 0 paquetes</td> </tr> <tr> <td>Numero total de octetos recibidos en una interfaz, incluyendo caracteres framing.</td> <td>Counter32: 42801 octetos</td> </tr> <tr> <td>Numero total de octetos transmitidos fuera de la interfaz incluyendo caracteres framing.</td> <td>Counter32: 42801 octetos</td> </tr> <tr> <td>Una estimacion del actual ancho de banda de la interfaz en bits por Segundo. Para interfaces que no varian en ancho de banda o para aquellas donde no se puede hacer estimación, este objeto podría contener el ancho de banda nominal.</td> <td>Gauge32: 10000000 bit por segundo</td> </tr> <tr> <td>Numero de paquetes de salida los cuales fueron escogidos a ser descartados aun cuando no han sido detectado errores para prevenir su liberación a un protocolo de nivel superior. Una posible razón para descartar tal paquete podría ser liberar espacio en el buffer.</td> <td>Counter32: 0 paquetes</td> </tr> </tbody> </table>		Descripcion	Linux elastix.example.com 2.6.18-128.4.1.el5 #1 SMP Tue Aug 4 20:23:34 EDT 2009 i686	Numero de paquetes de subredes unicast entregados al protocolo de capa superior.	Counter32: 569 paquetes	Numero de paquetes de subredes no unicast entregados al protocolo de capa superior.	Counter32: 0 paquetes	Numero total de paquetes de protocolo de nivel superior solicitados a ser transmitidos a una subred direccion unicast, incluyendo aquellos que fueron descartados o no enviados	Counter32: 569 paquetes	Numero total de paquetes de protocolo de nivel superior solicitados a ser transmitidos a un direccion no unicast, incluyendo aquellos que fueron descartados o no enviados.	Counter32: 0 paquetes	Numero de paquetes entrantes que contienen errores previniendo que sean entregados a un protocolo de capa superior	Counter32: 0 paquetes	Numero de paquetes de salida que podrian no haber sido transmitidos por errores.	Counter32: 0 paquetes	Numero total de octetos recibidos en una interfaz, incluyendo caracteres framing.	Counter32: 42801 octetos	Numero total de octetos transmitidos fuera de la interfaz incluyendo caracteres framing.	Counter32: 42801 octetos	Una estimacion del actual ancho de banda de la interfaz en bits por Segundo. Para interfaces que no varian en ancho de banda o para aquellas donde no se puede hacer estimación, este objeto podría contener el ancho de banda nominal.	Gauge32: 10000000 bit por segundo	Numero de paquetes de salida los cuales fueron escogidos a ser descartados aun cuando no han sido detectado errores para prevenir su liberación a un protocolo de nivel superior. Una posible razón para descartar tal paquete podría ser liberar espacio en el buffer.	Counter32: 0 paquetes
Descripcion	Linux elastix.example.com 2.6.18-128.4.1.el5 #1 SMP Tue Aug 4 20:23:34 EDT 2009 i686																							
Numero de paquetes de subredes unicast entregados al protocolo de capa superior.	Counter32: 569 paquetes																							
Numero de paquetes de subredes no unicast entregados al protocolo de capa superior.	Counter32: 0 paquetes																							
Numero total de paquetes de protocolo de nivel superior solicitados a ser transmitidos a una subred direccion unicast, incluyendo aquellos que fueron descartados o no enviados	Counter32: 569 paquetes																							
Numero total de paquetes de protocolo de nivel superior solicitados a ser transmitidos a un direccion no unicast, incluyendo aquellos que fueron descartados o no enviados.	Counter32: 0 paquetes																							
Numero de paquetes entrantes que contienen errores previniendo que sean entregados a un protocolo de capa superior	Counter32: 0 paquetes																							
Numero de paquetes de salida que podrian no haber sido transmitidos por errores.	Counter32: 0 paquetes																							
Numero total de octetos recibidos en una interfaz, incluyendo caracteres framing.	Counter32: 42801 octetos																							
Numero total de octetos transmitidos fuera de la interfaz incluyendo caracteres framing.	Counter32: 42801 octetos																							
Una estimacion del actual ancho de banda de la interfaz en bits por Segundo. Para interfaces que no varian en ancho de banda o para aquellas donde no se puede hacer estimación, este objeto podría contener el ancho de banda nominal.	Gauge32: 10000000 bit por segundo																							
Numero de paquetes de salida los cuales fueron escogidos a ser descartados aun cuando no han sido detectado errores para prevenir su liberación a un protocolo de nivel superior. Una posible razón para descartar tal paquete podría ser liberar espacio en el buffer.	Counter32: 0 paquetes																							

Figura 33. Resultado de consultar OID sobre congestión

De la misma forma al seleccionar, Datos estadísticos sobre cuellos de botella, se despliega la interfaz de la Figura 34.

 DATOS CUELLOS DE BOTELLA										
INICIO										
Datos estadísticos cuellos de botella	<table border="1"> <thead> <tr> <th>nombre</th> <th>ip</th> <th>zona Unicauca</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>servidor ToIP</td> <td>192.168.75.128</td> <td>ipet</td> </tr> </tbody> </table>		nombre	ip	zona Unicauca	servidor ToIP	192.168.75.128	ipet		
nombre	ip	zona Unicauca								
servidor ToIP	192.168.75.128	ipet								
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Descripcion</td> <td>Linux elastix.example.com 2.6.18-128.4.1.el5 #1 SMP Tue Aug 4 20:23:34 EDT 2009 i686</td> </tr> <tr> <td>Numero de paquetes ENTRANTES los cuales fueron escogidos a ser descartados aun cuando no han sido detectado errores para prevenir su liberación a un protocolo de nivel superior. Una posible razón para descartar tal paquete podría ser liberar espacio en el buffer.</td> <td>Counter32: 0 paquetes</td> </tr> <tr> <td>Numero de paquetes de SALIDA los cuales fueron escogidos a ser descartados aun cuando no han sido detectado errores para prevenir su liberación a un protocolo de nivel superior. Una posible razón para descartar tal paquete podría ser liberar espacio en el buffer.</td> <td>Counter32: 0 paquetes</td> </tr> <tr> <td>La longitud de la cola de paquetes de salida (en paquetes).</td> <td>Gauge32: 0 paquetes</td> </tr> </tbody> </table>		Descripcion	Linux elastix.example.com 2.6.18-128.4.1.el5 #1 SMP Tue Aug 4 20:23:34 EDT 2009 i686	Numero de paquetes ENTRANTES los cuales fueron escogidos a ser descartados aun cuando no han sido detectado errores para prevenir su liberación a un protocolo de nivel superior. Una posible razón para descartar tal paquete podría ser liberar espacio en el buffer.	Counter32: 0 paquetes	Numero de paquetes de SALIDA los cuales fueron escogidos a ser descartados aun cuando no han sido detectado errores para prevenir su liberación a un protocolo de nivel superior. Una posible razón para descartar tal paquete podría ser liberar espacio en el buffer.	Counter32: 0 paquetes	La longitud de la cola de paquetes de salida (en paquetes).	Gauge32: 0 paquetes
Descripcion	Linux elastix.example.com 2.6.18-128.4.1.el5 #1 SMP Tue Aug 4 20:23:34 EDT 2009 i686									
Numero de paquetes ENTRANTES los cuales fueron escogidos a ser descartados aun cuando no han sido detectado errores para prevenir su liberación a un protocolo de nivel superior. Una posible razón para descartar tal paquete podría ser liberar espacio en el buffer.	Counter32: 0 paquetes									
Numero de paquetes de SALIDA los cuales fueron escogidos a ser descartados aun cuando no han sido detectado errores para prevenir su liberación a un protocolo de nivel superior. Una posible razón para descartar tal paquete podría ser liberar espacio en el buffer.	Counter32: 0 paquetes									
La longitud de la cola de paquetes de salida (en paquetes).	Gauge32: 0 paquetes									

Figura 34. Resultado de consultar OID sobre cuellos de botella

4.7. Sección de monitoreo de uso de recursos y servicio

En la opción monitoreo de uso de recursos y servicios (Figura 35), se puede consultar el nivel de uso de los recursos y el nivel de uso del servicio de Telefonía IP, además información muy importante del servidor de ToIP.



Figura 35. Menú sobre uso de recursos y servicio

Al elegir Nivel de uso de los recursos se despliega la respectiva interfaz como se aprecia en la Figura 36.



Figura 36. Menú sobre uso de recursos del sistema de ToIP

Seleccionando Eventos y recursos del sistema, la solución permite personalizar que graficas se desean ver y en que intervalos de tiempo. Como puede apreciarse en la Figura 37 se eligió mostrar simultáneamente el consumo de memoria RAM y CPU del servidor de ToIP en el último día, dando información del uso, promedios, máximos y mínimos en la utilización, de esta manera se obtiene simultáneamente datos cualitativos y cuantitativos del uso de los recursos que se desean consultar.

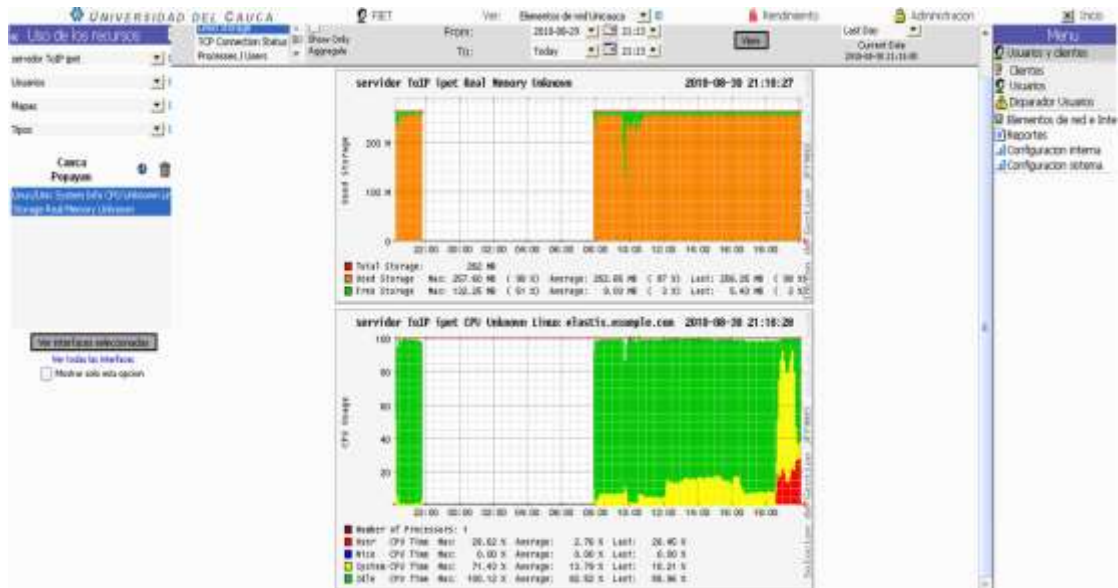


Figura 37. Graficas de la utilización de memoria RAM y CPU

Así mismo, puede seguirse un registro cronológico de los eventos que ocurren en la red ordenándolos del más reciente al más antiguo, cuando ocurre un evento como por ejemplo una falla grave Tabla 20, la aplicación genera una alarma sonora con la convención de color respectivo para advertir al administrador (Figura 38).



Figura 38. Seguimiento de los eventos cronológicos que ocurren en la red ToIP

De la misma manera, eligiendo la opción Mapa interfaces puede observarse el mapa de la zona a la que pertenece el dispositivo, donde se muestran todas las interfaces de los elementos de la zona (Figura 39).



Figura 39. Mapa de interfaces de los elementos de una zona Universitaria

Así mismo es interesante poder saber el nivel de uso del servicio, en la interfaz vista en la Figura 35 al elegir, nivel de uso del servicio, se despliega una interfaz (Figura 40) donde permite seleccionar varios aspectos que en conjunto brindan información relevante del nivel del servicio.



Figura 40. Nivel de uso del servicio de telefonía IP

Por ejemplo al escoger, uso del servidor de ToIP, se puede conocer y comparar el uso del servicio en el servidor en diferentes periodos de tiempo, dicha información se brinda gráficamente, para este fin MRTG es muy útil, dada la personalización que permite en sus archivos de configuración *.cfg.

La Figura 41, muestra el uso que ha tenido el servidor de ToIP durante tres semanas de pruebas, con información de la cantidad de bytes que han entrado y salido del servidor, promedios y valores en el instante de realizar la consulta.

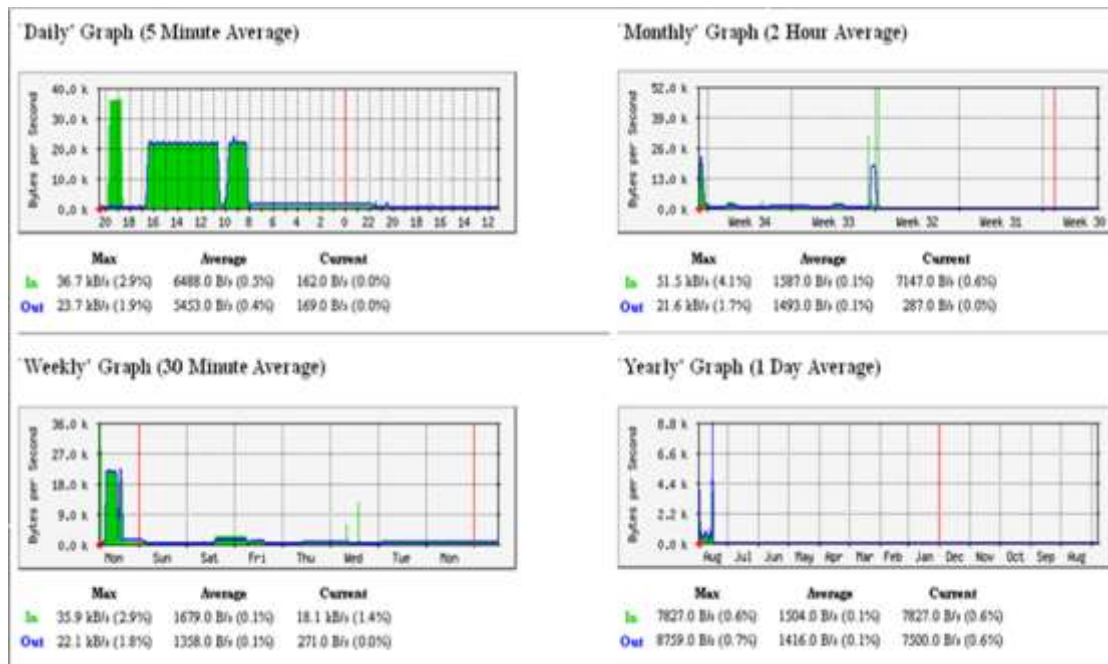


Figura 41. Uso del servidor de ToIP durante diferentes intervalos de tiempo

La información anterior acerca del servidor de ToIP en cuanto a nivel de uso del servicio se puede completar conociendo en detalle las aplicaciones que están corriendo en el servidor, dicha información es importante porque dice a nivel de software cuanto se está explotando el servidor, al seleccionar la opción, Aplicaciones en el servidor de ToIP en la Figura 40, la solución permite obtener información de todas las aplicaciones que se están ejecutando en el servidor (Figura 42).

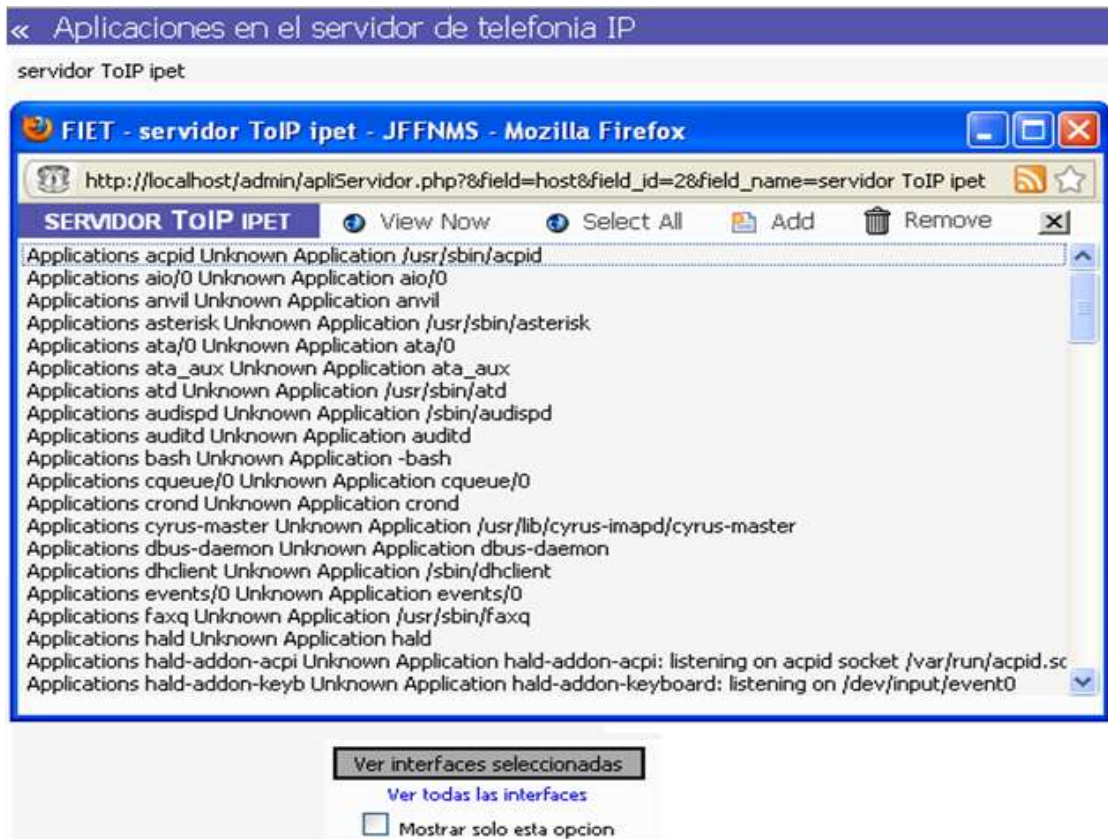


Figura 42. Aplicaciones en el servidor de ToIP

Al seleccionar las aplicaciones que se desean consultar, se brinda información de cada una de ellas, como el tiempo que llevan corriendo y el número de hilos que involucran, tal como se aprecia en la Figura 43.

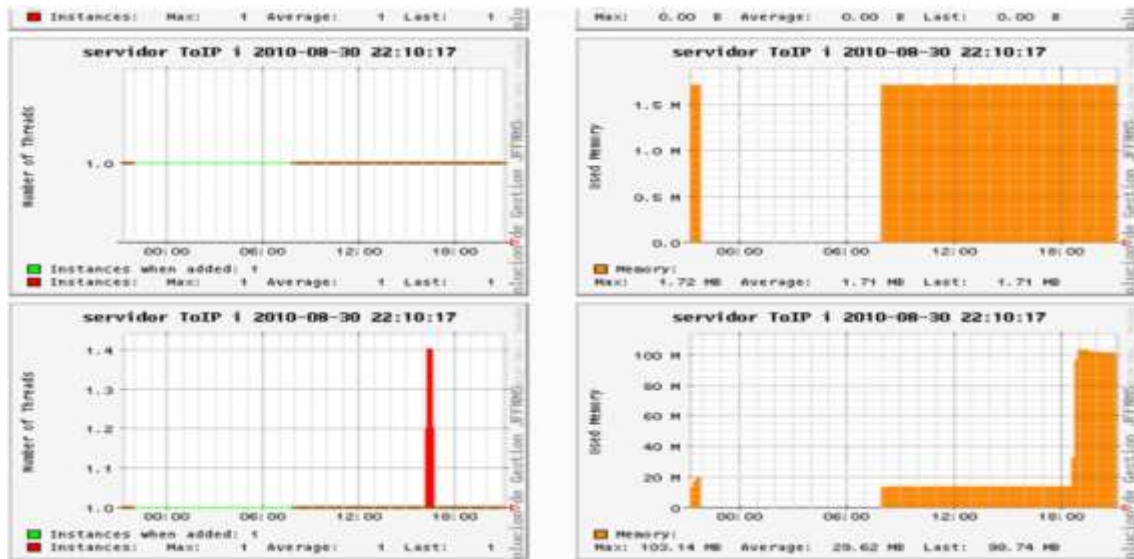


Figura 43. Información sobre una aplicación corriendo en el servidor de ToIP

Para tener un control administrativo del nivel de uso del servicio de ToIP es conveniente conocer específicamente el consumo del mismo por extensiones softphones. Al seleccionar la opción, Uso del servicio por extensiones en la Figura 40, la solución despliega la interfaz de la Figura 44, la cual permite consultar la base de datos del servidor y extraer de allí información muy completa como duración de las llamadas, hora, origen, destino de la llamada y generar reportes en formato pdf.



Figura 44. Información del uso del servicio por extensiones

Debido a que el servidor está instalado sobre un sistema operativo Linux Centos, para lograr la comunicación con la base de datos del servidor fue necesario instalar y configurar paquetes en esta distribución de Linux, en el anexo C se dan mayores detalles.

Gracias a la opción “Consultar uso del servicio de esta extensión” puede conocerse el uso del servicio de una extensión en particular y poder obtener reportes en PDF de esta manera el administrador puede guardar la información de forma práctica, la solución brinda información específica de la extensión que se consulte, (Figura 45).



Figura 45. Información específica de la extensión seleccionada

Anteriormente se explicó cómo la solución de gestión permite obtener información importante sobre uso de los recursos y nivel de uso del servicio de la red, adicionalmente es conveniente poder conocer otros aspectos propios del servidor para tener mayor conocimiento. Un aporte interesante en este proyecto fue habilitar y configurar tanto el agente SNMP como la ASTERISK-MIB en el servidor, esto debido a que estando el agente SNMP activo se puede monitorear el servidor de telefonía IP de la institución y con la ASTERISK-MIB se puede realizar consultas muy pertinentes.

Para este fin en la interfaz, Monitoreo de recursos y servicio (Figura 35), eligiendo, Información general servidor ToIP, puede obtenerse información relevante, como el número de llamadas utilizando el protocolo SIP e IAX, tiempo desde que el servidor está activo o fue reiniciado, cantidad de módulos cargados dentro de Asterisk, como puede apreciarse en la Figura 46. En la Tabla 18 se muestran los OID empleados junto con su explicación.

The screenshot displays the Asterisk-MIB interface for monitoring a VoIP server. The title bar reads "INFORMACION GENERAL DEL SERVIDOR DE ToIP". The main content area shows a summary table and a detailed list of system parameters.

nombre	ip	zona Unicauca
servidor ToIP	192.168.75.128	ipet

Version de asterisk	"1.4.26.1"
Instante de tiempo desde que asterisk fue iniciado	Timeticks: (86981) 0:14:29.81
Instante de tiempo desde que asterisk fue recargado	Timeticks: (86981) 0:14:29.81
Socket control para comandos dados de asterisk	"/var/run/asterisk/asterisk.ctl"
Numero de modulos actualmente cargados dentro de asterisk	161
Numero de indicaciones actualmente definidas en asterisk	40
Numero actual de canales activos	Gauge32: 2
Nombre del canal actual	"SIP/5678-09bb4228" "SIP/4616-09baaa88"
Tecnologia subyacente para el actual canal	"SIP" "SIP"
Cual canal actualmente es puente (en una conversacion)	"SIP/4616-09baaa88" "SIP/5678-09bb4228"
Contenido de la extension actual	"from-internal" "macro-dial"
Numero de llamadas lejanas	0 0
Numero llamante	"5678" "4616"
Nombre llamante	"" "lucas"
Identificacion automatica del numero	"4616" "4616"
Numero de tipos de canal (tecnologias) soportadas	8
Descripcion del tipo de canal (tecnologia)	"Standard Linux Telephony API Driver"

Figura 46. Información sobre el servidor ToIP obtenida con la ayuda de ASTERISK-MIB

En la interfaz, Nivel de uso del servicio (Figura 40), puede accederse a la base de datos del servidor por medio de la opción Base de datos Elastix, sin embargo dado el riesgo de modificar alguna información importante, se agregó un sistema de validación (Figura 47), de tal manera que solo el usuario administrador con todos los privilegios puede acceder a la interfaz gráfica de la base de datos (Figura 48)

The screenshot shows the "LOGIN BASE DE DATOS" interface. It features a header with the University of Cauca logo and the title "LOGIN BASE DE DATOS". The main area contains a login form with the following elements:

- Text: "super usuario :"
- Text input field
- Text: "password:"
- Text input field
- Button: "Enviar"

Figura 47. Validación para acceder a la base de datos Elastix



Figura 48. Interfaz gráfica de la base de datos de Elastix

Como puede apreciarse en la Figura 48, Elastix cuenta con varias bases de datos, entre ellas se destaca asteriskcdrdb, en la cual hay una tabla llamada cdr que brinda información relevante.

La solución permite acceder, gestionar y exportar la información de la base de datos del servidor de ToIP, de esta manera es posible conocer y respaldar diversa información en cuanto al uso del servicio de telefonía. La solución proporciona reportes en varios formatos como csv, doc, latex, OpenDocument, sql, xml y pdf que facilitan llevar un registro detallado del servicio de telefonía como se aprecia en la Figura 49, Figura 50 y Figura 51.

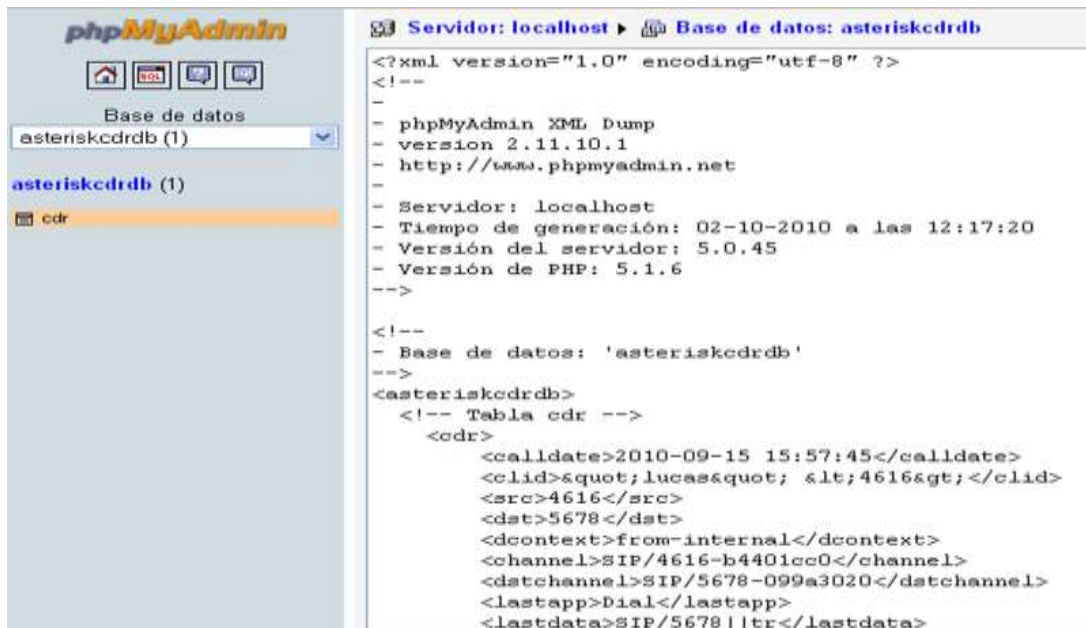


Figura 49. Información exportada en formato xml

En la implementación del prototipo, se buscó integrar la solución con información institucional de la Universidad del Cauca, en los menús de la Figura 30, Figura 31, Figura 37, Figura 38 y Figura 39 se puede desplegar esta información dentro de la interfaz de la aplicación web, Figura 52.



Figura 52. Despliegue de información institucional dentro de la solución de gestión

RESUMEN

En este capítulo se justificó el uso de las diferentes tecnologías de software libre en la solución y se definió un mecanismo de gestión dando cumplimiento al segundo objetivo específico de esta tesis. De la misma manera, se presentaron los parámetros que permiten analizar la congestión, los cuellos de botella, uso de recursos y nivel de uso del servicio dando cumplimiento al primer objetivo específico. También se presentó la estructura y funcionamiento de la solución mostrando y explicando sus diferentes interfaces, además algunas imágenes ejemplo de la información que permiten obtener, con lo cual se dio cumplimiento al tercer objetivo específico en cuanto a la implementación de la solución de gestión propuesta.

CAPÍTULO V EXPERIMENTACIÓN

Cuando se implementan prototipos como por ejemplo de una solución de gestión de redes como en el presente trabajo de grado, es de vital importancia realizar las pruebas de funcionamiento necesarias para poder constatar que realmente cumple con las funciones para las cuales fue desarrollada, por tal razón, en este capítulo cinco, inicialmente se describe la metodología y escenarios de prueba del prototipo implementado lo cual facilita el proceso de experimentación, se realizaron pruebas directamente sobre la red Institucional de de telefonía IP cuyo servidor está ubicado en la división de sistemas, se presentan las diferentes pruebas realizadas y sus resultados, en primer lugar las de monitoreo del tráfico de Voz sobre IP y después las relacionadas con el uso de los recursos y del servicio. Es de anotar que una vez probado el buen funcionamiento de la solución de gestión implementada se entregó a la división de sistemas de la Universidad del Cauca que se encarga de la administración de esta red, como consta en la carta que se adjunta a los anexos de la monografía.

➤ **Metodología**

Con el fin de confirmar el correcto funcionamiento de la Solución de Gestión, se realizaron varios tipos de pruebas, para lo cual se dispuso de un escenario en el campus universitario. Como puede apreciarse en la Figura 53, se tiene un PC actuando como estación gestora, otro PC donde se encuentra el servidor de ToIP con el software Elastix y varios terminales de usuario en los cuales se encuentra instalada la aplicación X-lite.

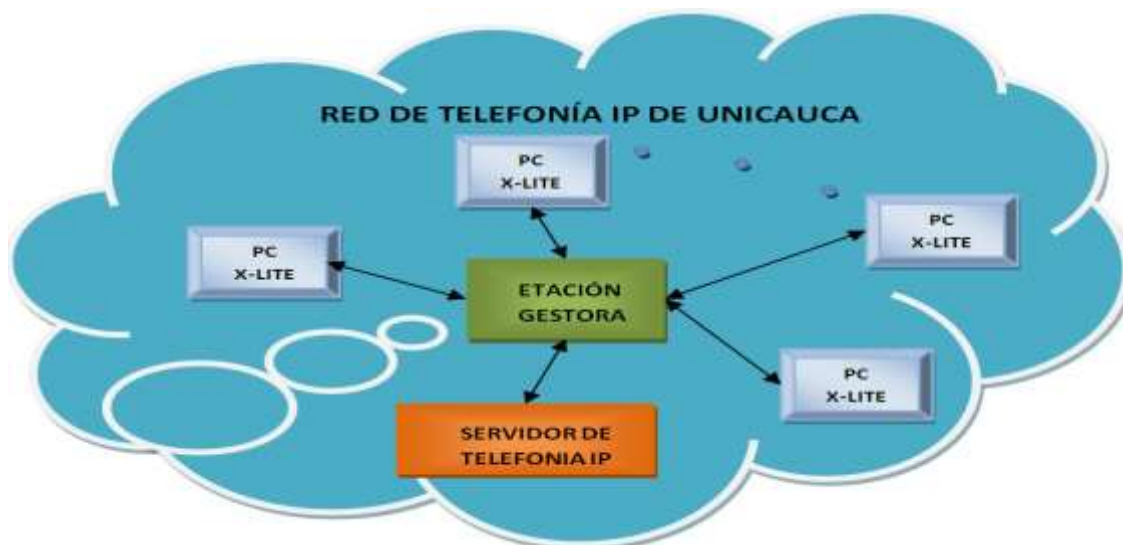


Figura 53. Campus universitario de telefonía IP

Se establecieron dos escenarios, un ambiente real y uno virtual, en el ambiente real es decir en producción, se monitoreo el servidor de telefonía IP de la Universidad del Cauca ubicado en la división de sistemas realizándose en primer lugar un análisis de la telefonía IP en la institución y posteriormente estudiando el funcionamiento del servidor ToIP de Unicauca en un ambiente de pruebas, es decir generando tráfico adicional. En el ambiente virtual, se estableció una red de ToIP en la sala de estudiantes de tesis ubicada en la oficina 117 del IPET, donde se generaron enormes volúmenes de tráfico VoIP, para mayor claridad en la metodología de pruebas observar la Figura 54, donde se ilustra a grandes rasgos la jerarquía en las pruebas.



Figura 54. Metodología de pruebas

Dada la naturaleza del proyecto, la metodología que se definió al realizar las pruebas consiste como primera medida, en dimensionar la central de telefonía y con base en esto establecer niveles de tráfico coherentes. Después de establecer dichos niveles, se varió la intensidad del tráfico de VoIP para analizar el comportamiento del servidor así como de la solución de gestión, siendo el tráfico en este caso la variable independiente. En síntesis se busca observar el efecto que tiene el tráfico de VoIP en el nivel de uso de los recursos hardware, en el nivel de uso del servicio y como la congestión afecta el servicio de telefonía IP.

5.1 Sección desempeño

➤ Análisis de la telefonía IP en la Universidad del Cauca

Objetivo:

- ✓ Estudiar el tráfico de VoIP en la institución y determinar los patrones de uso de la telefonía IP en la institución, el número de llamadas promedio y la hora pico.

Procedimiento: Empleando la solución de gestión se consultó la base de datos del servidor ToIP y se generó un reporte en formato csv y basado en esta información se realizó el siguiente estudio.

Resultados:

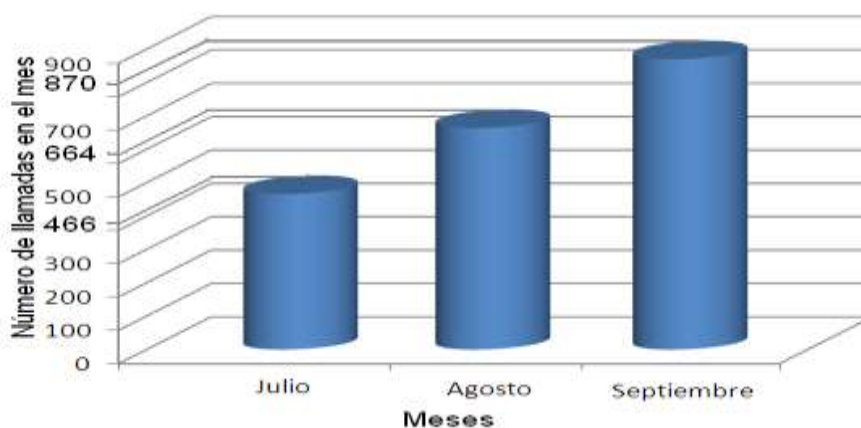


Figura 55. Número de llamadas por mes

La Figura 55 muestra el nivel de uso del servicio por cantidad de llamadas de telefonía IP en cada mes de monitoreo, en Julio del año 2010 se realizaron 466 llamadas, en Agosto 664 llamadas y en Septiembre 870, el mayor número de

llamadas. Esta tendencia también se hace evidente al analizar el tiempo total de llamadas en cada mes como se muestra en la Tabla 21 que además brinda la duración promedio en minutos de cada llamada.

Tabla 21. Uso mensual del servicio de telefonía IP

Mes (Año 2010)	Número total de llamadas	Tiempo total de llamadas (Minutos)	Duración promedio por llamada (Minutos)
Julio	466	446	0.957
Agosto	664	561	0.845
Septiembre	870	716	0.823

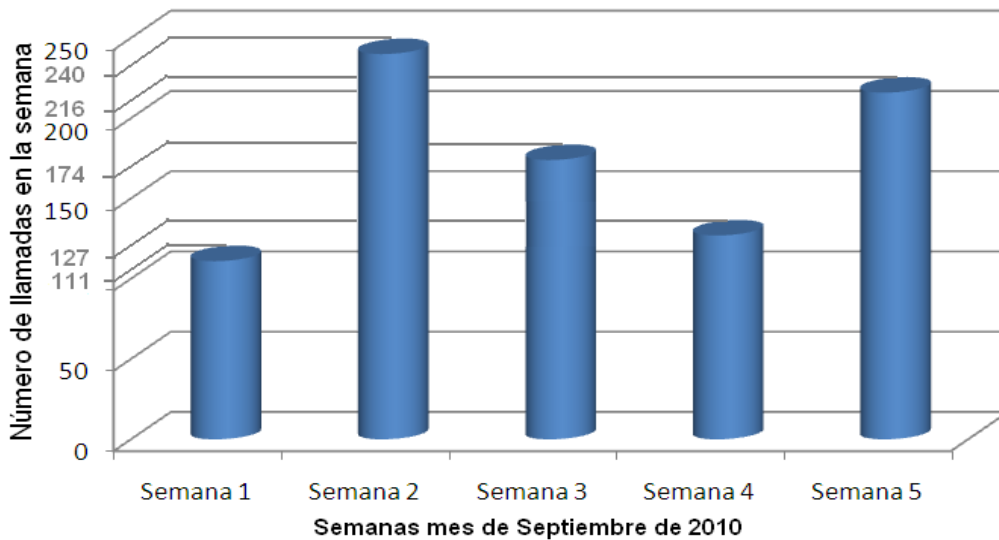


Figura 56. Número de llamadas por semana

La Figura 56 ilustra el uso del servicio en Septiembre, el mes con mayor número de llamadas y tiempo total de uso del servicio, se puede apreciar que el nivel en cada semana es diferente, por ejemplo en la cuarta semana se realizaron 127 llamadas, mientras que en la segunda semana 240 llamadas, el mayor número.

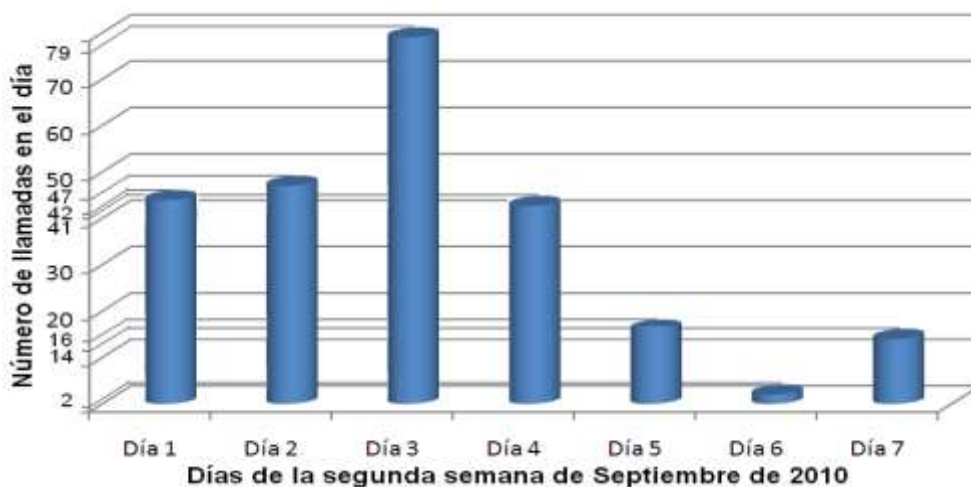


Figura 57. Número de llamadas por día en la segunda semana de Septiembre

La Figura 57 muestra el número de llamadas en cada día de la segunda semana del mes de Septiembre en la cual se realizó la mayor cantidad de llamadas con respecto a las otras semanas del mismo mes. Aquí se destaca el tercer día con 79 llamadas mientras que el sexto día apenas cuenta con 2 llamadas.

Tabla 22. Uso del servicio por extensión en Septiembre de 2010

Extensión	Total llamadas en Septiembre	Duración total de llamadas (Minutos)	Duración promedio por llamada (Minutos)
101	2	0.467	0.234
104	54	91.300	<u>1.691</u>
444	24	31.433	1.310
513	70	84.65	1.209
<u>529</u>	<u>144</u>	<u>150.483</u>	<u>1.045</u>
606	2	2	1
608	8	1.117	0.140
625	54	34.817	0.645
708	5	1.65	0.33
711	17	10.75	0.632
789	27	17.617	0.652
846	8	3.333	0.417
847	18	0.883	0.049
849	71	27.667	0.39
851	6	0.867	0.145
859	20	15.817	0.79
869	80	75.65	0.946
880	15	1.983	0.132
889	27	28.633	1.06
904	5	1	0.2
905	2	0.333	0.167
906	23	2.3	0.1
908	86	88.2	1.026
909	1	0.283	0.283
2000	2	0.033	0.017

En la Tabla 22 se puede apreciar el uso del servicio de telefonía IP que cada extensión hizo durante el mes de Septiembre en la cual se destaca la extensión 529 por realizar el mayor número de llamadas y así mismo ocupar el mayor tiempo total de llamadas en el mes con un promedio de duración de llamada de 1.045 minutos, también se puede ver que la extensión con mayor promedio de duración de llamada fue la 104 con un promedio de 1.691 minutos.

Por otra parte es importante conocer el tráfico de voz digitalizada en la hora más ocupada del mes de Septiembre. Con la Ecuación 2 se obtiene el número de minutos de las llamadas hechas durante la hora de mayor ocupación del servidor de ToIP. En primer lugar, de la información extraída de la base de datos del servidor de telefonía IP se determinó que el total de minutos de las llamadas en el mes de Septiembre es de 717, éste valor se reemplaza en la Ecuación 2:

$$\text{Hora_pico_minutos_llamada} = [\text{Minutos_llamada_mensualmente} / 22] * .15$$

$$\text{Hora_pico_minutos_llamada} = [717/22]*.15 = 4.89 \approx 5 \text{ minutos}$$

Por lo tanto se tiene que en la hora pico o de mayor ocupación el total de minutos de las llamadas es 5 minutos, éste valor se reemplaza en la Ecuación 3 y se obtiene el tráfico en Erlangs en esa hora:

$$\text{Erlang_hora_pico} = (\text{Hora_pico_minutos_llamada})/60$$

$$\text{Erlang_hora_pico} = (5)/60 = 0.083 \text{ Erlang}$$

Conclusión:

De los tres meses de monitoreo del uso del servicio, el mes en el que se realizó el mayor número de llamadas y se ocupó el mayor tiempo fue Septiembre, debido principalmente a que en el mes de Julio y primeros días de Agosto la mayor parte de la comunidad Universitaria se encontraba en vacaciones. Al analizar el nivel de uso del servicio en el mes de Septiembre en particular se nota que tampoco tiene un comportamiento uniforme, es decir, que en unas semanas el uso es mayor que en otras, similar situación se presenta en los días de la segunda semana de Septiembre en la que más se utiliza el servicio. De todas maneras se evidencia que el uso del servicio es relativamente bajo, generándose un tráfico de 0.083 Erlang en la hora pico o mas ocupada, además la duración promedio de las llamadas es relativamente bajo (Tabla 21 y Tabla 22).

➤ **Monitoreo del tráfico VoIP en la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca**

Objetivo:

- ✓ Monitorear el tráfico VoIP generado en un ambiente de pruebas y determinar la capacidad del servidor ToIP de la institución para atender las llamadas.
- ✓ Examinar la capacidad del prototipo para medir considerables volúmenes de tráfico de telefonía IP en producción.

Procedimiento: Desde un terminal de usuario, haciendo uso de la herramienta libre SIPP se generaron tres niveles de intensidad de tráfico variando la tasa de llamadas por minuto, el tráfico Erlang se calcula como se explicó en la sección 2.1.3.

Se eligieron los valores 600 y 2400 llamadas por minuto, dado que el uso de la telefonía IP en la Universidad del Cauca, de acuerdo a la información de la Figura 57

es en promedio alrededor de 35 llamadas por día y con estos valores se tendría una carga en el servidor inmensamente superior, con lo cual se probaría su respuesta en caso de que el servicio de telefonía IP se implementara de forma masiva en la institución.

El valor de 4200 llamadas por minuto (generan un tráfico de 70 Erlang), fue el valor máximo que se pudo realizar antes de que el servidor comenzara a rechazar las llamadas, es decir, que su capacidad estaría utilizada al 100%, sin embargo éste valor es considerablemente alto lo que permite establecer un umbral en un 70% equivalente a 2940 llamadas por minuto (que generan un tráfico de 49 Erlang) y que sigue siendo un número bastante alto, lo que permite garantizar que las llamadas no sean rechazadas por el servidor de telefonía IP al implementarse masivamente éste servicio en la institución con el fin de satisfacer la creciente demanda de comunicaciones telefónicas. La topología de esta prueba puede apreciarse en la Figura 58.

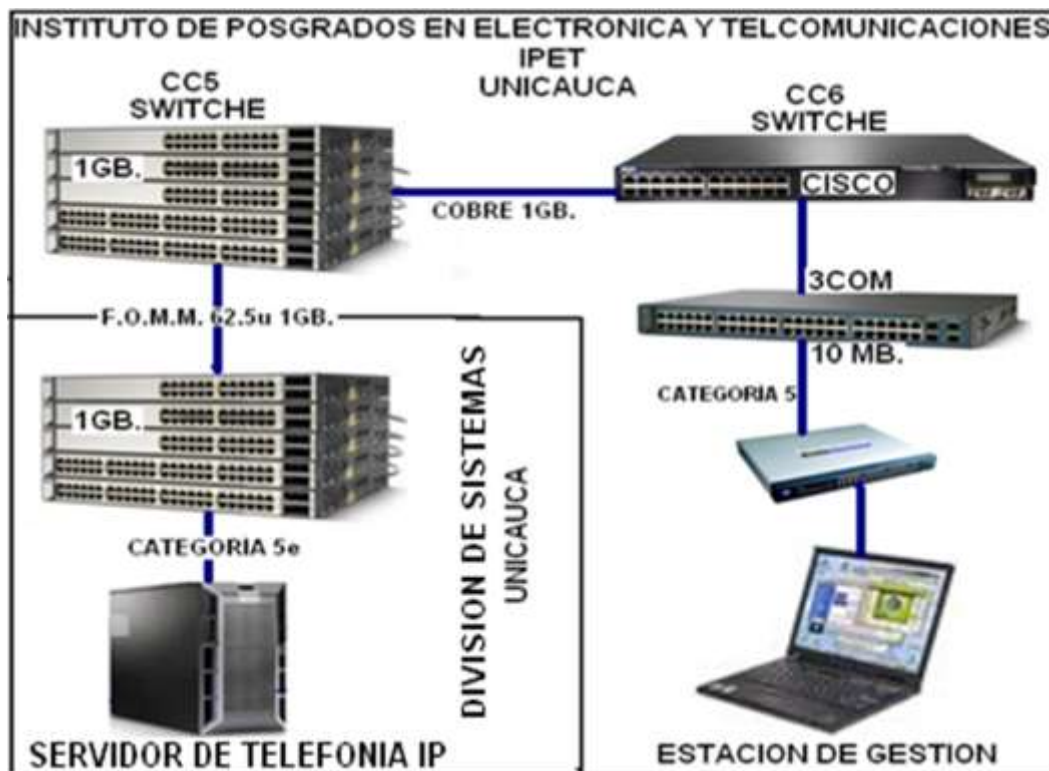


Figura 58. Topología de pruebas

600 llamadas por minuto equivale a 36000 llamadas por hora o también a 10 llamadas por segundo.

2400 llamadas por minuto equivalen a 144000 llamadas por hora
4200 llamadas por minuto equivalen a 252000 llamadas por hora

Tener en cuenta que la duración promedio de la llamada en SIPP es de 1 segundo.

reemplazando en la ecuación 1:

$$\text{Intensidad tráfico} = [\text{Numero_de_llamadas} \times \text{Duracion_promedio_llamada}] / 3600$$

$$\text{Intensidad tráfico} = [36000 \times 1] / 3600 \text{ Intensidad trafico} = 10 \text{ Erlang}$$

$$\text{Intensidad tráfico} = [144000 \times 1] / 3600 \text{ Intensidad trafico} = 40 \text{ Erlang}$$

$$\text{Intensidad tráfico} = [252000 \times 1] / 3600 \text{ Intensidad trafico} = 70 \text{ Erlang}$$

Resultados:

Tabla 23. Trafico VoIP en producción en un ambiente de pruebas

Numero llamadas concurrentes por minuto	Tráfico Erlang	utilización interfaz servidor	Tráfico Kbps
600	10 Erlang	135 MB	122.96
2400	40 Erlang	475 MB	454.85
4200	70 Erlang	830 MB	823.43

En la Tabla 23, estan consignados los resultados del tráfico Erlang, en la Figura 59, Figura 60 y Figura 61 se ilustra el tráfico VoIP en el servidor, las gráficas que aparecen en este capitulo fueron hechas con RDDTOOL, puede apreciarse valores maximos, minimos y promedio del tráfico entrante (Inbound) y el tráfico saliente (Outbound), asi como ancho de banda de entrada, ancho de banda de salida, direccion IP, fecha, periodo de observacionn y bits por segundo, ademas porcentajes máximo, mínimo y promedio de la utilización de la interfaz de red.

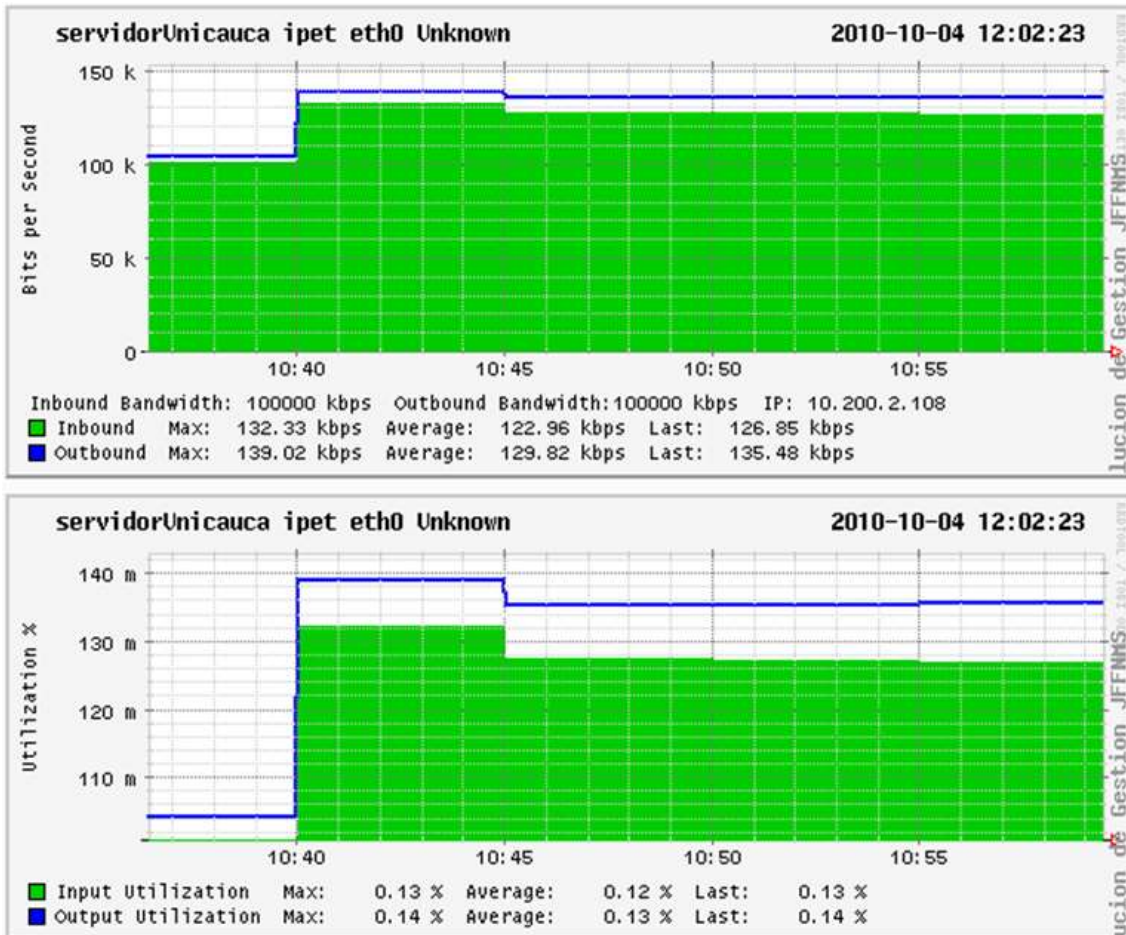


Figura 59. Trafico de VoIP en el servidor con 600 llamadas concurrentes por minuto

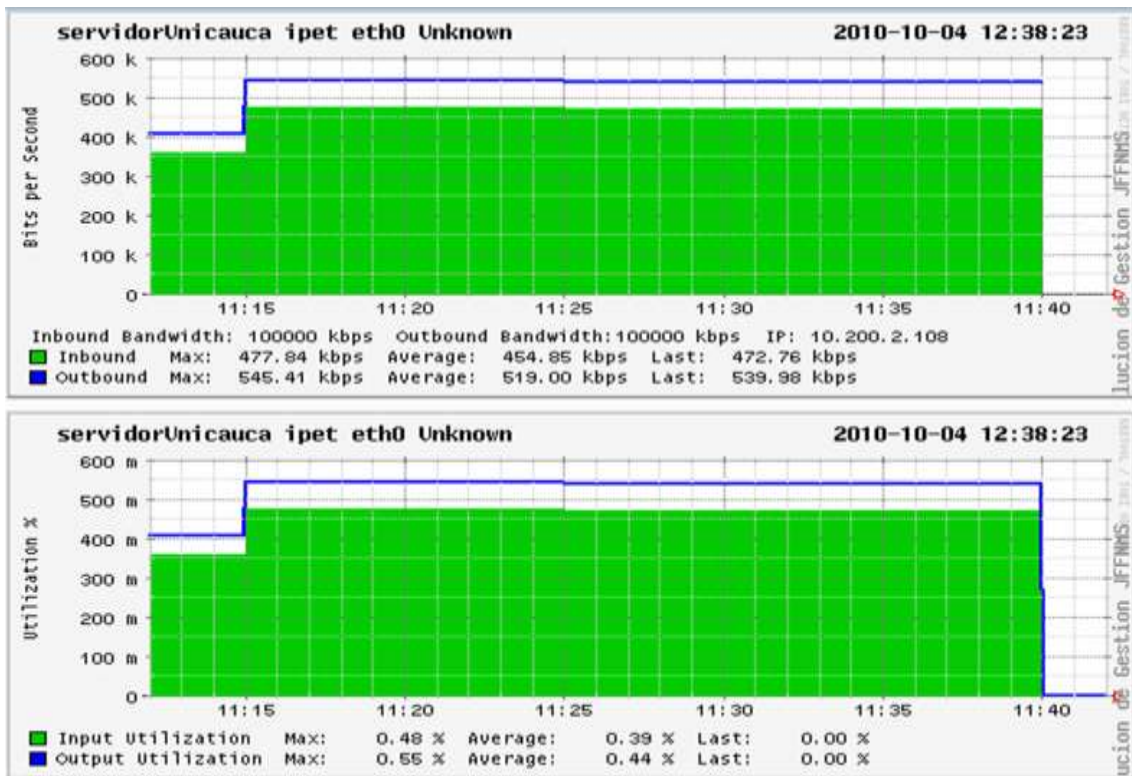


Figura 60. Trafico de VoIP en el servidor con 2400 llamadas concurrentes por minuto

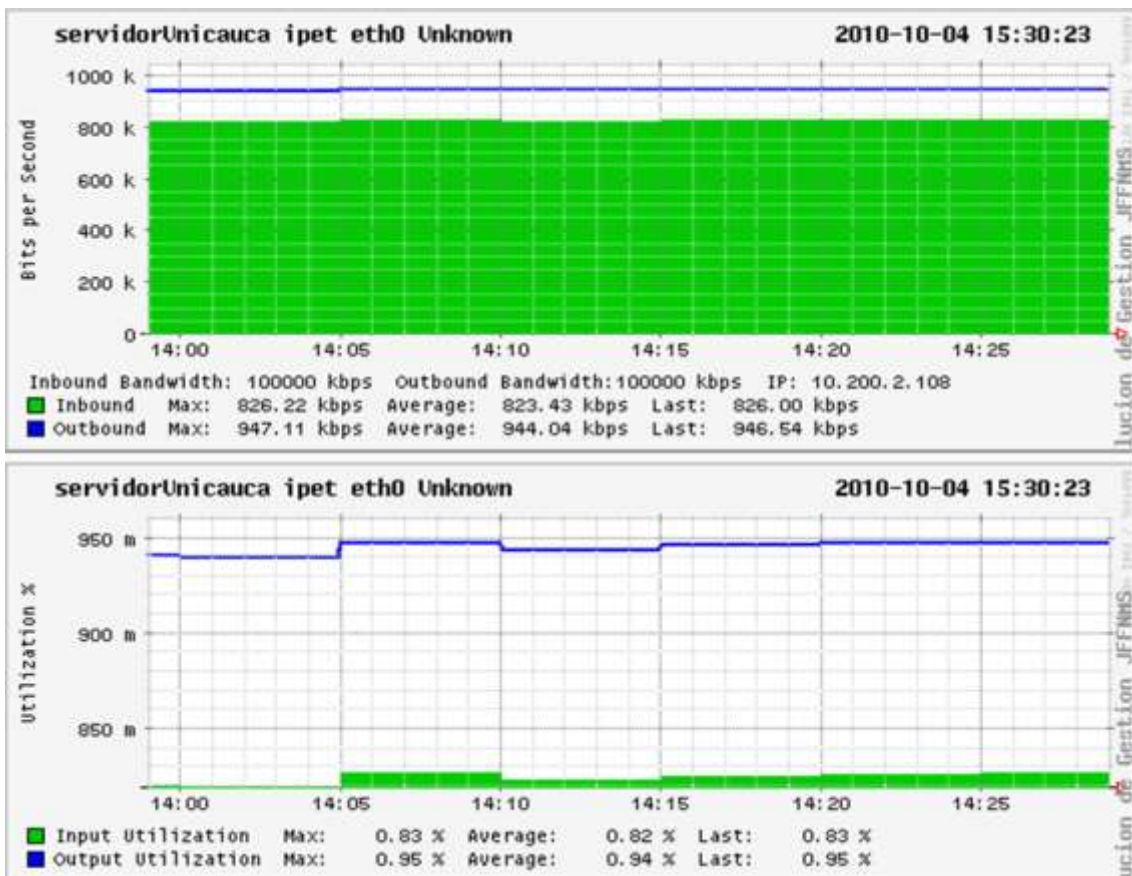


Figura 61. Trafico de VoIP en el servidor con 4200 llamadas concurrentes por minuto

Conclusión:

Como puede observarse en la Figura 59, Figura 60 y Figura 61 entre mayor cantidad de llamadas se realizaron al servidor, el tráfico en bits por segundo fue aumentando al igual que la utilización de la interfaz, de igual forma el tráfico saliente siempre fue mayor que el entrante, esto debido al modelo petición/respuesta de SIP. Recordar que desde un terminal de usuario se generó tráfico al cual el servidor debe responder, en caso de no poder atender, el servidor debe enviar mensajes adicionales como 486 BUSY y 480 Temporarily Unavailable.

5.2 Sección recursos y servicio

➤ Uso de los recursos hardware del servidor de telefonía IP de la Universidad del Cauca

Objetivo:

- ✓ Evaluar el uso de recursos hardware del servidor de telefonía IP en un ambiente de pruebas verificando la relación entre el tráfico SIP y el consumo de recursos hardware.

Procedimiento: Con la ayuda de SIPP se realizaron llamadas concurrentes al servidor ToIP de la institución y se estudió el uso de la CPU, memoria RAM y disco duro.

Resultados:

Tabla 24. Utilización de recursos hardware en un ambiente de pruebas

llamadas concurrentes por minuto	Utilización CPU	Utilización Disco duro	Utilización Memoria RAM
600	8.26 %	4.22 GB	963.33 MB
2400	32.98%	4.43 GB	865.70 MB
4200	61.63%	4.74 GB	981.06 MB

En la Tabla 24, están consignados los resultados de la utilización de recursos hardware dado un determinado número de llamadas, en relación a la memoria RAM y disco duro, las figuras Figura 62, Figura 63 y Figura 64 exponen datos como cantidad total, usada y libre de la memoria, porcentajes máximo, mínimo y promedio de utilización, con respecto a la CPU dichas figuras ilustran el uso de la CPU, así como el tiempo de inactividad.

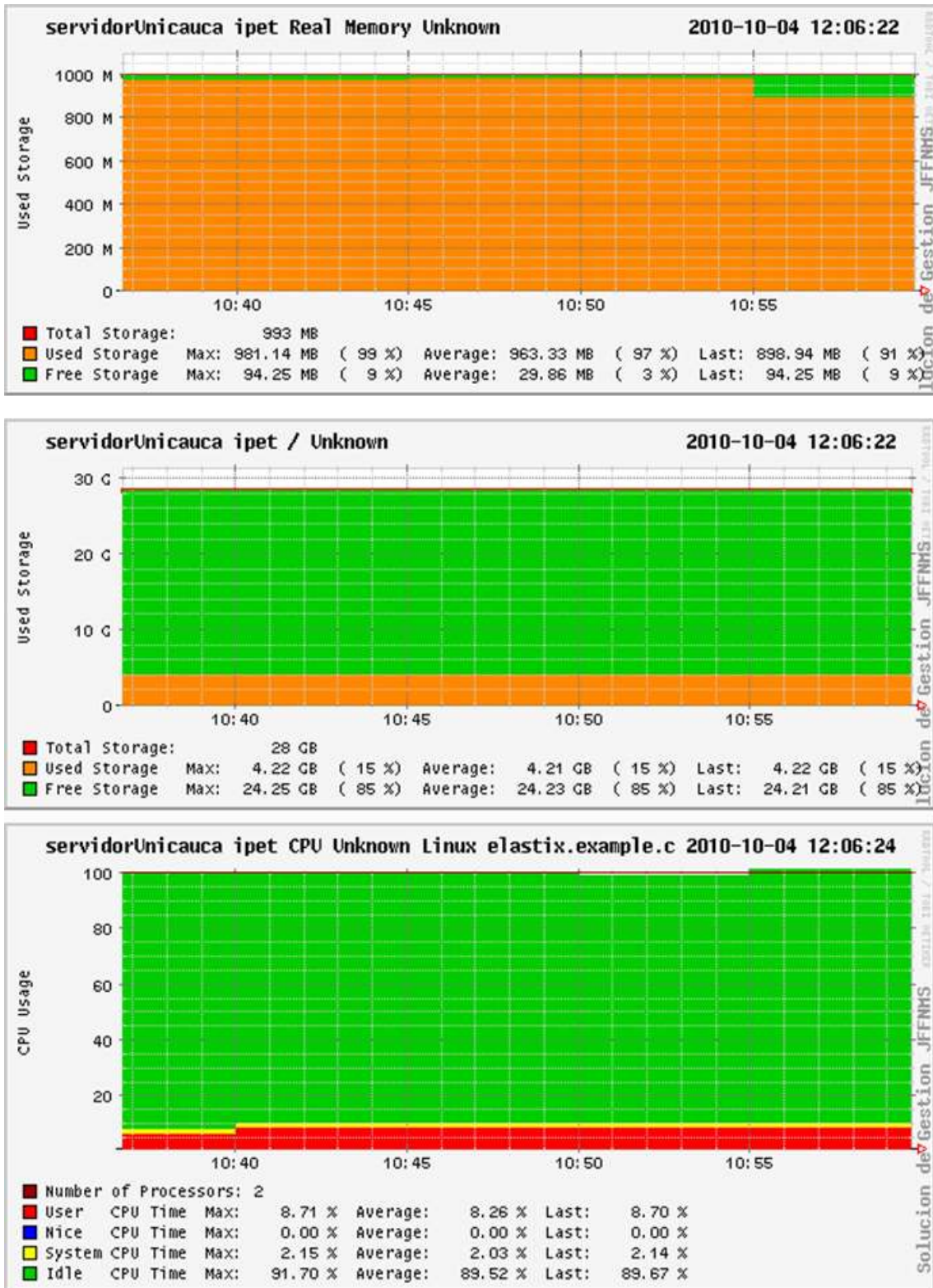


Figura 62. Uso de recursos hardware en el servidor cuando se realizaron 600 llamadas concurrentes por minuto

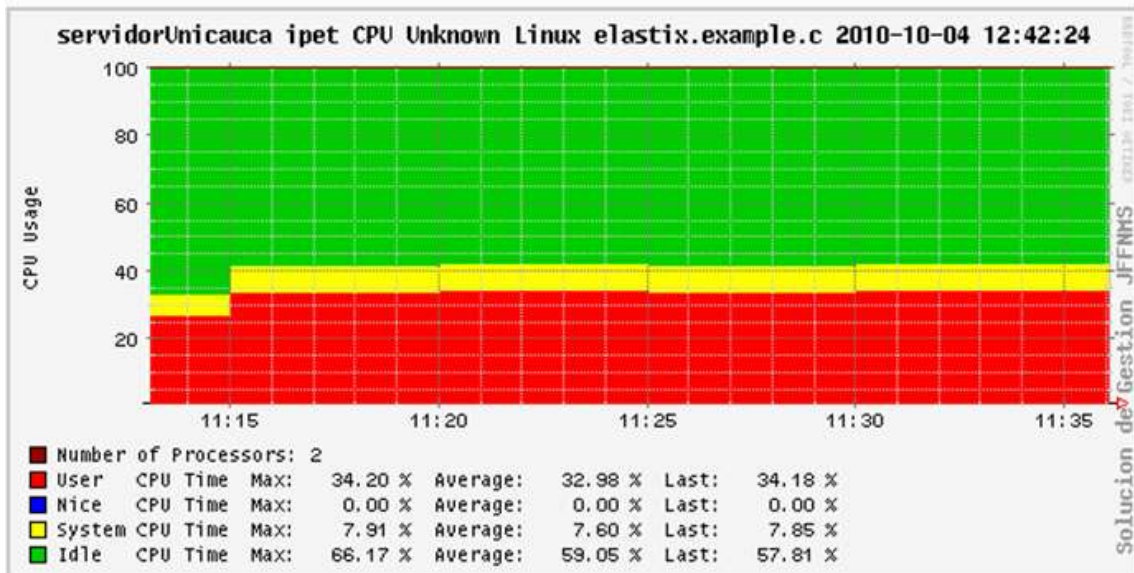
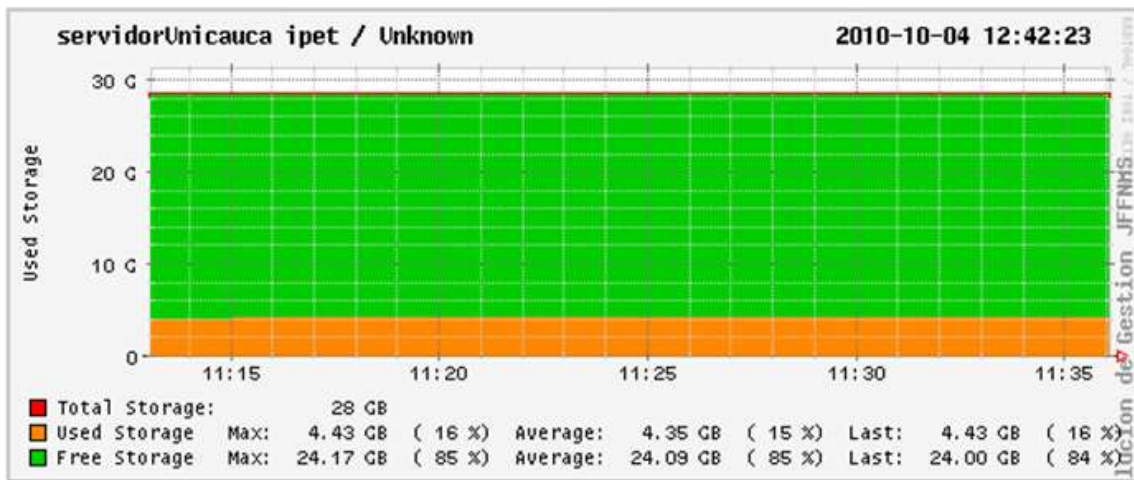
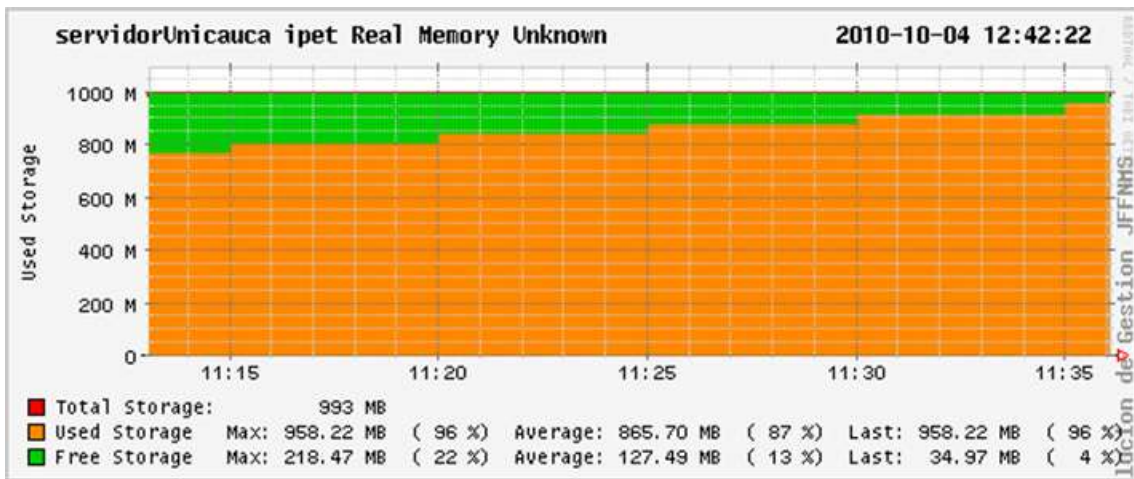


Figura 63. Uso de recursos hardware en el servidor cuando se realizaron 2400 llamadas concurrentes por minuto

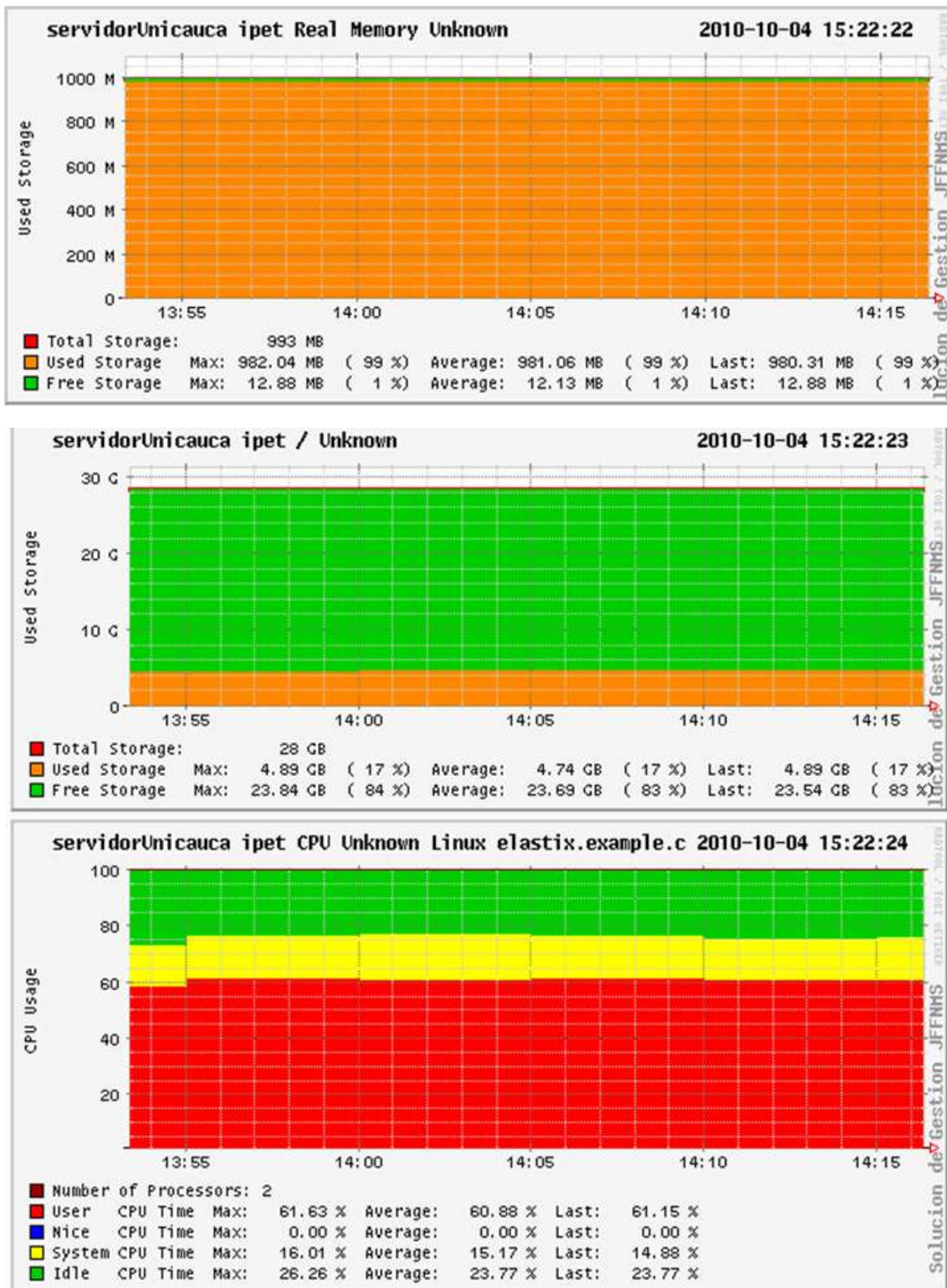


Figura 64. Uso de recursos hardware en el servidor cuando se realizaron 4200 llamadas concurrentes por minuto

Conclusión: Como se observa en la Tabla 24 y en la Figura 62, Figura 63 y Figura 64 existe una relación directamente proporcional entre el número de llamadas concurrentes por minuto y el uso de la CPU, sin embargo en la utilización del disco duro y la memoria RAM se aprecia un comportamiento relativamente estable. Es posible llegar a un mayor uso de la CPU con un volumen mayor de tráfico, sin embargo no sería coherente en producción estos valores de tráfico, debido a que dadas

las características de la red de Unicauca, realizar más de 4200 llamadas por minuto, ocasiona que el servidor rechace las llamadas.

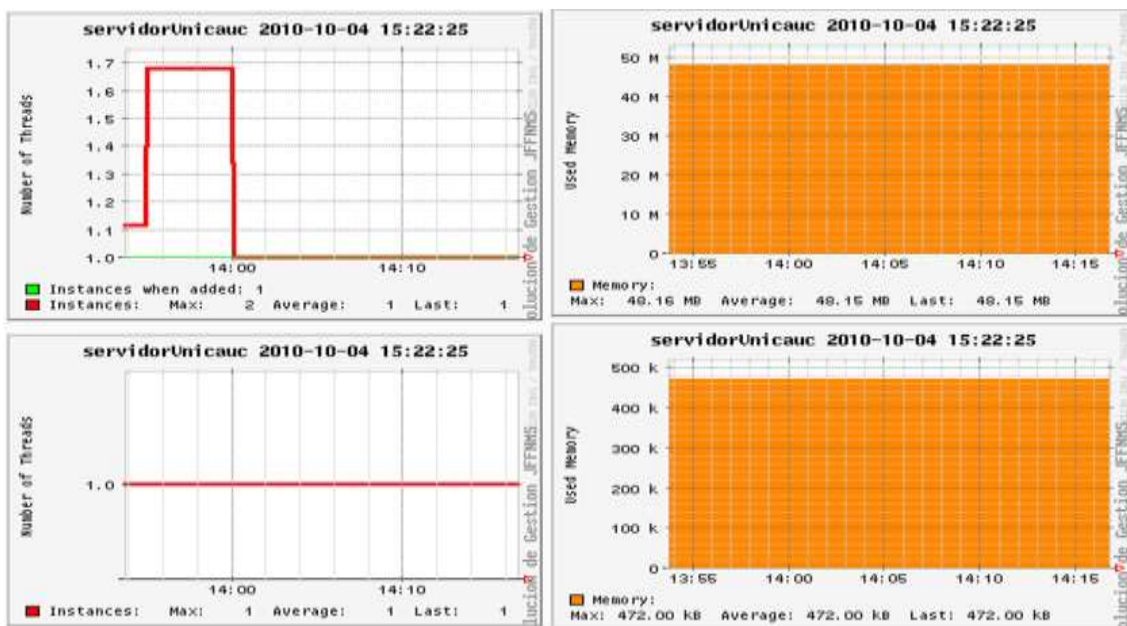
- **Uso del servicio ocasionado por las aplicaciones software en el servidor de telefonía IP de la Universidad del Cauca**

Objetivo:

- ✓ Evaluar las aplicaciones que se están ejecutando en el servidor ToIP en un ambiente de pruebas.

Procedimiento: Por medio de la solución de gestión se monitorearon las principales aplicaciones software relacionadas con telefonía IP ejecutadas en el servidor de la institución determinando el número de hilos y recursos que involucran.

Resultados: Las aplicaciones que se monitorearon en su orden son asterisk, bash, snmpd y mysqld, como se observa en la Figura 65.



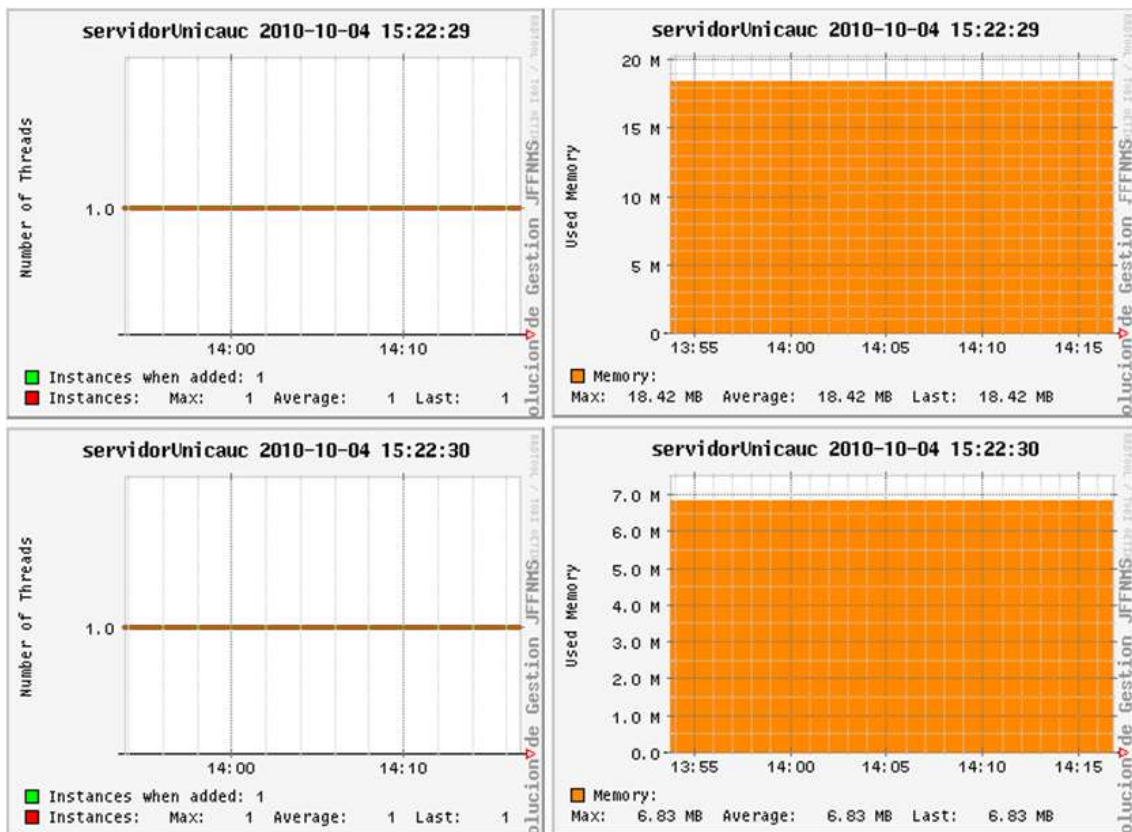


Figura 65. Aplicaciones software cuando el servidor recibe 4200 llamadas concurrentes por minuto

Conclusión: De las aplicaciones evaluadas, la que consume mayores recursos e involucra mayor número de hilos es Asterisk, lo cual es de esperarse pues es el “corazón” de Elastix, por otra parte, los demonios propios de Linux Centos, no involucran un consumo de recursos considerable.

5.3 Sección red ToIP virtual

➤ Trafico VoIP en condiciones críticas

Objetivo:

- ✓ Monitorear elevados volúmenes de tráfico VoIP generado en un ambiente virtual y observar en qué nivel de tráfico el servidor rechaza las nuevas llamadas, es decir se congestiona.
- ✓ Examinar el uso de recursos y servicio de telefonía IP en condiciones críticas.

Procedimiento: Haciendo uso de SIPP se generó un nivel de intensidad de tráfico VoIP muy elevado, de esta manera en el escenario se pudo observar el comportamiento del servidor ToIP virtual en condiciones críticas. De igual forma se observó el uso de los recursos y del servicio y la capacidad de las comunicaciones de telefonía IP. En este contexto se entiende por tiempo de respuesta como el tiempo que tarda el servidor ToIP en establecer una nueva comunicación cuando recibe determinado número de llamadas. Percepción del servicio se entiende como la apreciación del servicio por parte de los autores en la calidad de la llamada en condiciones críticas.

Esta prueba fue necesaria realizarla en el salón de los tesisistas, debido a que en producción no se pueden generar niveles muy altos de tráfico VoIP, la razón es que se saturaría la red de la Universidad la cual tiene muchos usuarios activos, además como se comentó en pruebas anteriores, el servidor ubicado en la división de sistemas rechaza las llamadas cuando se alcanza un determinado nivel de tráfico.

El montaje de esta prueba puede observarse en la Figura 66.



Figura 66. Montaje realizado en el salón 117 del IPET

La Figura 67 muestra la herramienta libre SIPP, donde puede variarse la cantidad de llamadas por segundo, dependiendo de la sobrecarga a la que se desee someter el servidor ToIP.

```
start sipp - sipp 192.168.190.62
-----
Call-rate(length)  Port  Scenario  Screen  [1-9]: Change Screen
173.0(0 ms)/1.000s  5060  1768.68 s  89534  192.168.190.62:5060(UDP)
-----
65 new calls during 1.001 s period  1 ms scheduler resolution
517 calls (limit 519)  Peak was 525 calls, after 973 s
0 Running, 2576 Paused, 285 Woken up
237605 dead call msg (discarded)  6966 out-of-call msg (discarded)
3 open sockets
-----
Messages  Retrans  Timeout  Unexpected-Msg
INVITE ----->  89534  216624  18415  0
100 <-----  70664  33  0  0
180 <-----  0  0  0  0
183 <-----  0  0  0  0
200 <-----  E-RTD1 70663  0  0  0
ACK ----->  70663  0  0  0
Pause [ 0ms ]  70663  0  0  0
BYE ----->  70663  73667  17  0
200 <-----  58539  0  0  12046
-----
[+|-!*!/: Adjust rate  [q]: Soft exit  [p]: Pause traffic
Last Error: Dead call 89344-59680@192.168.190.124 (successful), received ...
```

Figura 67. Interfaz de la herramienta libre SIPP

Resultados:

Como se ilustra en la Figura 67, la tasa de llamadas (Call-rate) utilizada en esta prueba fue de 173 llamadas por segundo, es decir 10380 llamadas por minuto. Como puede observarse en la Figura 68, un volumen tan elevado de llamadas origina que el servidor descarte a la vez muchas llamadas, en la gráfica el color verde representa el tráfico entrante y el color azul el tráfico saliente, puede apreciarse que el tráfico saliente es muy superior al entrante.

Tabla 25. Tráfico VoIP en un ambiente virtual

llamadas concurrentes por minuto	Tráfico Erlang	utilización interfaz servidor
10380	173	1.5 GB

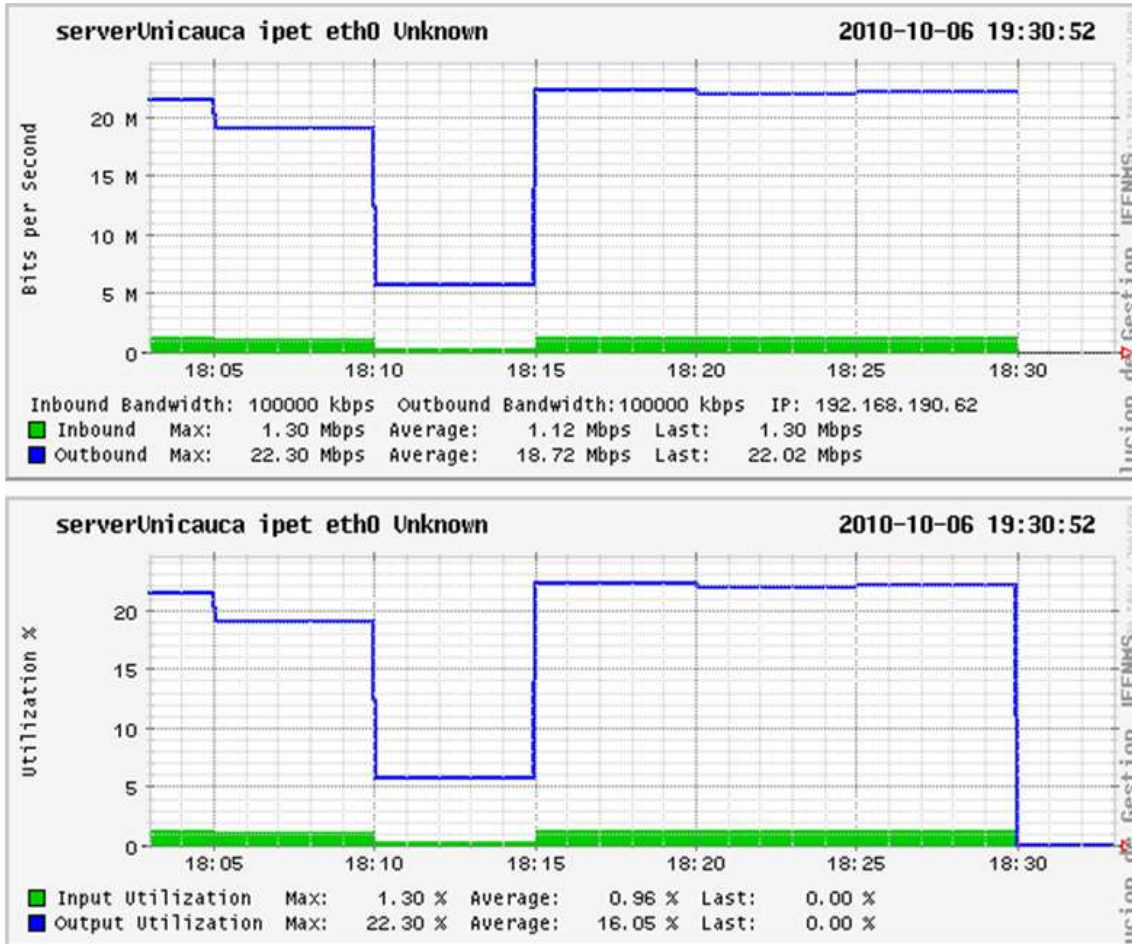


Figura 68. Trafico de VoIP en el servidor con 10380 llamadas concurrentes por minuto

Tabla 26. Nivel del servicio en condiciones criticas

llamadas concurrentes por minuto	Percepción del servicio
10380	aceptable

Se realizaron 20 llamadas entre 2 extensiones, la 5677 y la 4616 cuando el servidor ToIP se encontraba en condiciones críticas, los resultados se muestran en la Tabla 27

Tabla 27. Tiempo de respuesta con 10380 llamadas concurrentes por minuto

Número de llamada	Tiempo de respuesta del sistema (en segundos y centésimas)	Llamada establecida	Llamada fallida
Origen de las llamadas extensión 5677 y destino extensión 4616			
1	9``:07	✓	
2	33``:41		✓
3	4``:30		✓

4	1``:85		✓
5	2``:00	✓	
6	1``:85		✓
7	32``:07		✓
8	13``:85		✓
9	1``:29		✓
10	2``:30		✓
Origen de las llamadas extensión 4616 y destino extensión 5677			
1	8``:41		✓
2	2``:04		✓
3	1``:90		✓
4	8``:55	✓	
5	2``:08		✓
6	1``:81		✓
7	1``:89		✓
8	6``:58	✓	
9	12``:41	✓	
10	6``:06	✓	

La percepción en la calidad de la llamada por parte de los autores fue aceptable a pesar de la congestión presente en el servidor, es decir, los resultados vistos en la Tabla 27 indican una tasa de fallos del 70 % en las llamadas cuando el servidor está soportando un tráfico de 10380 llamadas concurrentes por minuto, sin embargo si la llamada logra establecerse la calidad es aceptable.

En la Figura 69, se expone el uso de recurso hardware cuando se realizaron 10380 llamadas simultáneas.

Tabla 28. Utilización de recursos hardware en un ambiente virtual

llamadas concurrentes por minuto	Utilización CPU	Utilización Disco duro	Utilización Memoria RAM
10380	59.14 %	6.99 GB	853.67 MB

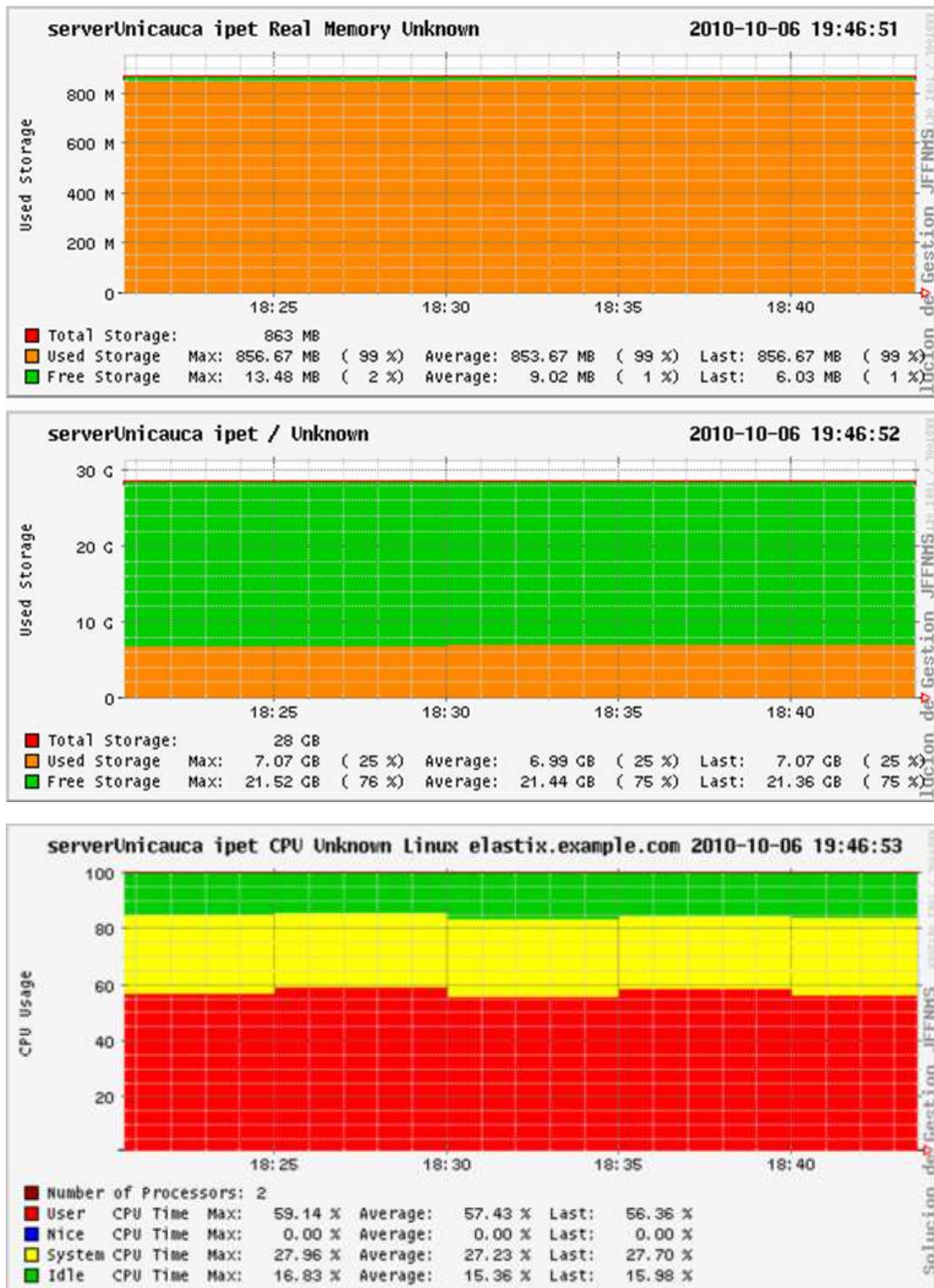


Figura 69. Uso de recursos hardware en el servidor en condiciones críticas, cuando se realizaron 10380 llamadas simultáneas por minuto

Conclusión:

Al comparar los resultados del ambiente virtual y el ambiente en producción se concluye que en la topología mostrada en la Figura 58, los elementos de red, los cables y las conexiones introducen pérdidas en la señal. Las pruebas hechas en el salón 117 del IPET indican un mayor rendimiento debido a la cercanía física de las extensiones, lo cual se transforma en una mayor capacidad del servidor para atender

las llamadas. Lo visto en la Tabla 28 y en la Figura 69, confirma que el uso de los recursos no fue tan crítico como inicialmente pudo suponerse, lo que refleja una vez más diferencias entre un ambiente virtual y un ambiente en producción. Una tasa de fallos del 70 % como se observó en la Tabla 27 indican un servicio deficiente por parte del servidor de ToIP en condiciones críticas.

RESUMEN

En este capítulo se expuso los resultados del funcionamiento de la solución de gestión en un ambiente de producción en la Universidad del Cauca. Mediante la solución se obtuvo información desde la base de datos de la central Elastix sobre el uso del servicio en la Institución, al analizar estos datos, se concluye que el promedio de duración de llamada es menor a dos minutos, lo cual es relativamente corto, por otra parte el tráfico generado en la hora más ocupada del mes en el que más se utilizó el servicio es apenas de 0.083 Erlang, esto debido principalmente a que en la actualidad el uso de la telefonía IP es poco difundido en la Universidad. En la experimentación también pudo comprobarse la diferencia en el rendimiento del servidor de telefonía IP entre un ambiente real y uno ideal, de ésta manera se da cumplimiento al objetivo específico tres relacionado con las pruebas.

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este capítulo se describen las conclusiones a las que se llegó después de haber realizado el proyecto, se plantean algunas recomendaciones para quienes deseen realizar proyectos semejantes y finalmente se proponen una serie de trabajos futuros.

6.1 Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones a las que se llegó después de haber realizado el proyecto.

- Para analizar la congestión de red, los cuellos de botella, uso de recursos del sistema y nivel de uso del servicio de una red de telefonía IP, SNMP es un protocolo de gestión adecuado, debido a que está apoyado por la mayoría de fabricantes de equipos de comunicaciones, de esta manera casi todo lo que puede conectarse a una red puede convertirse en un agente SNMP.
- Los estándares de gestión abiertos y las herramientas de fuente abierta son alternativas muy importantes para la gestión de una red institucional de telefonía IP, ya que con estas tecnologías se puede definir un mecanismo de gestión apropiado y económico.
- Para realizar una implementación de gestión en telefonía IP, es fundamental seguir los lineamiento de la ingeniería del software, investigar todas las tecnologías disponibles, compararlas buscando fortalezas y debilidades, con el objetivo de utilizar la tecnología más apropiada de acuerdo a la necesidad.
- El modelo TMN brinda recomendaciones muy generales sobre la gestión de una red de telecomunicaciones, si se desea seguir dicho modelo, es necesario adaptar sus lineamientos al caso particular que se desee aplicar, como fue el caso de la solución de gestión para la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca.
- Al realizar implementaciones para la Universidad del Cauca es muy importante conocer las políticas de seguridad de los administradores, así como las características del hardware de los elementos de red. También, es fundamental realizar las pruebas de una solución de gestión en producción, debido a que el comportamiento de los elementos de red y las políticas establecidas en la institución puede influir en las mediciones, lo que arroja resultados diferentes a lo observado en un ambiente ideal.
- La telefonía IP es una alternativa viable y económica para instituciones educativas que cuentan con un presupuesto limitado, por otro lado, el software libre Elastix, es una opción robusta y eficiente, adecuada al implementarse de forma masiva el servicio de telefonía IP en la Universidad del Cauca.
- Teniendo en cuenta que la solución de gestión generada en el presente trabajo de grado para la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca no tiene ningún costo económico y que actualmente se cuenta con una infraestructura de red y equipamiento Hardware suficiente, la implementación masiva de éste servicio en la institución para poder suplir su creciente demanda tendría un costo económico prácticamente insignificante.

6.2 Recomendaciones

Algunas recomendaciones para la realización de proyectos semejantes son:

- Explorar otras alternativas de software libre de telefonía IP para utilizar en la institución, ya que existen opciones como Kamailio que tienen un futuro prometedor.
- Fomentar y promocionar el uso de la telefonía IP en la Universidad del Cauca dado que existe desconocimiento de la comunidad universitaria de la existencia de este servicio.
- Investigar nuevos estándares de gestión abiertos que faciliten el monitoreo de la red de telefonía IP de la Universidad del Cauca.

6.3 Trabajos futuros

En seguida se proponen una serie de trabajos futuros que se pueden inspirar en este proyecto.

Los trabajos futuros que pueden realizarse sobre la solución de gestión son:

- Implementar otras áreas de las FCAPS como seguridad, configuración y fallas.
- Implementar dentro del área contabilidad tarificación y dentro del área desempeño tiempo de respuesta.
- Incrementar las posibilidades de despliegue de la herramienta para mostrar estadísticas de variables en un período de tiempo determinado, en forma de gráficos de barras y tortas.
- Mejorar el despliegue de mapas que realiza la herramienta, de tal manera que los elementos de red puedan observarse gráficamente con una imagen acorde a su naturaleza.
- Estudiar nuevas herramientas de gestión de fuente abierta que permitan realizar la siguiente versión de la solución de gestión con más y mejores características relacionadas con el despliegue de información de gestión.
- Continuar explorando estándares y recomendaciones de gestión que sean liberados y constituyan una fuente de conocimiento que enriquezca la solución de gestión.

REFERENCIAS

-
- [1] Francisco José García Correa, “la próxima generación de redes, NGN, un trayecto hacia la convergencia”. Disponible: <http://sociedaddelainformacion.telefonica.es/jsp/articulos/detalle.jsp?elem=3188> [Accedido: Agosto. 15, 2009].
- [2] VozTelecom, “Beneficios de la Telefonía IP”. Disponible: <http://www.voztele.com/voip-telefonía-ip/telefonía-ip/beneficios-telefonía-ip.htm> [Accedido: Junio de 2010]
- [3] Telefonía Voz IP, “Ventajas de la Telefonía IP”. Disponible: <http://www.telefoniavozip.com/voip/ventajas-de-la-telefonía-ip.htm> [Accedido: Mayo de 2010]
- [4] Área de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Aplicadas de la Universidad de Murcia (ATICA) España, “Ventajas de la Telefonía IP”. Disponible: <http://www.um.es/atica/tip/> [Accedido: Junio de 2010]
- [5] Ingrid Maritza Pantoja Linares, Leidy Yurany Ordoñez Ussa, Trabajo de grado: *Análisis de la experiencia del servicio de telefonía IP sobre la red de datos de la Universidad del Cauca*. Popayán, Colombia Noviembre del 2008.
- [6] Alfred Certain, “Calidad de Servicio (QoS)”. Disponible: <http://www.alfredcertain.com/?p=9> [Accedido: Febrero de 2010]
- [7] ITU-T Rec. G.114 “One-Way transmission Time”, 2003.
- [8] Eduardo González, “Soporte de VoIP en las redes locales de la UC”. Disponible: <http://www.edujose.org/publicaciones/VoIP-UC.pdf> [Accedido: Febrero de 2010].
- [9] UIT-T Rec. G.1010, “Categorías de Calidad de Servicio para los Usuarios de Extremo de Servicios Multimedios”, Noviembre de 2001
- [10] Wolfgang Damm, “Introducción al Jitter”. Disponible: http://www.noisecom.com/whitepapers/WTG_Intro_to_%20Jitter_SP.pdf [Accedido: Febrero del 2010].
- [11] Monografías “Especiales Telefonía IP” Disponible: <http://www.monografias.com/especiales/telefoníaip/index.shtml> [Accedido: Mayo de 2010]
- [12] Maybelline Reza Robles, VOZ SOBRE IP: *Análisis del servicio Instalado en la Facultad de Telemática*. Monografía Tesis de Maestría. Facultad de telemática, Universidad de Colima, México, Junio de 2001
- [13] Sidnei de Oliveira Guerra, *Una propuesta de arquitectura MPLS/DIFFSERV para proveer mecanismos de calidad de servicio (QoS) en el transporte de la Telefonía IP*. Monografía Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, España, 2004
- [14] Quarea. ¿Qué es la telefonía IP?. Disponible: http://www.quarea.com/tutorial/que_es_telefonía_IP [Accedido: Julio de 2010]
- [15].www.eie.fceia.unr.edu.ar, “Notas sobre TMN Telecommunications Management Network”. Disponible: http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Tecnologías%20de%20banda%20angosta/Notas_sobre_TMN.pdf [Accedido: Enero de 2010].
- [16] Network World, “Telefonía IP sobre Gigabit Ethernet y ATM Universidad de Granada” Disponible: http://www.networkworld.es/Telefonía-IP-sobre-Gigabit-Ethernet-y-ATM_Universidad-de-Gra/seccion-/articulo-158483 [Accedido: Mayo de 2010].

- [17] Corporación SecureLogix, “Gestión de telefonía empresarial” Disponible: <http://www.securelogix.com/enterprise-telephony-management.html> [Accedido: Agosto. 20, 2009].
- [18] M.C. Caesar, D. Ghosal, R.H. Katz, *Resource Management for IP Telephony Networks*. Departamento de Computación, Universidad de California Berkeley Miami, Estados Unidos, Mayo 15, 2002
- [19] ITU-T Recommendation M.3400 “TMN Management Functions”. Disponible: <http://www.itu.int/rec/T-REC-M.3400-200002-I/en> [Accedido: Febrero de 2010].
- [20] Actualidad informática, “Crecimiento explosivo de la telefonía IP”. Disponible: <http://comunidad.wilkinsonpc.com.co/1121140304.html> [Accedido: Enero de 2010].
- [21] Revista Gerencia, “Telefonía IP: creciendo a toda velocidad”. Disponible: <http://www.emb.cl/gerencia/articulo.mv?sec=3&num=157> [Accedido: Enero de 2010].
- [22] Proyecto: “Actualización Plataforma de Comunicaciones”. Universidad del Cauca, Colombia Mayo de 2009.
- [23] UIT-T Recommendation M.3010 “Principles For a Telecommunications Management Network”. Disponible: <http://eu.sabotage.org/www/ITU/M/M3010e.pdf> [Accedido: Mayo de 2010].
- [24] M.C Caesar, D. Ghosal, R.H Katz, *Resource Management for IP Telephony Networks*. Departamento de Computación, Universidad de California Berkeley Miami, Estados Unidos, Mayo 15, 2002
- [25] Corporación SecureLogix, “Gestión de telefonía empresarial” Disponible: <http://www.securelogix.com/enterprise-telephony-management.html> [Accedido: Agosto. 20, 2009].
- [26] NetworkInstruments, “Análisis y monitoreo de redes” Disponible: <http://www.integracion-de-sistemas.com/analisis-y-monitoreo-de-redes/index.html> [Accedido: Julio. 17, 2009].
- [27] Software Yvoictra Tech Blog. “RRDTool”. Disponible: <http://yvoictra.wordpress.com/category/tecnologia/software/page/6/> [Accedido: Agosto de 2010].
- [28] Fundación Código Libre Dominicano FCLD. “Qué es una RRDtool”. Disponible: http://codigolibre.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=36&Itemid=53&showall=1&limitstart=50 [Accedido: Agosto de 2010].
- [29] Revista Next. “Software de Monitoreo JFFNMS”. Disponible: http://revistanex.com/downloads/_vti_cnf/edicion_20.pdf [Accedido: Agosto de 2010].
- [30] MRTG “Multi Router Traffic Grapher” . Disponible: <http://www.mrtg.org> [Accedido: Enero de 2010].
- [31] IETF Rfc. 1157 “A Simple Network Management Protocol”. Disponible: <http://tools.ietf.org/html/rfc1157> [Accedido: Abril de 2010].
- [32] Vugrinec Alex, “IP telephony from a user perspective”, 10TH Mediterranean Electrotechnical Conference, 2000.
- [33] UIT-T, Grupo de Expertos sobre Telefonía IP del UIT-D, “Informe Esencial sobre Telefonía IP”, 2003.
- [34] José Ignacio Moreno, Ignacio Soto y David Larrabeiti. *Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre redes IP*. Departamento de Ingeniería Telemática. Universidad Carlos III de Madrid, 2001.

- [35] HIT-PBX, “Arquitectura básica y características de IP-PBX”. Disponible: <http://www.hyette.com/nueva/hitpbx.php> [Accedido: Enero de 2010].
- [36] telecomVoIP, “Telefonía IP”. Disponible: <http://www.telcomvoip.com/telefonía-ip.html> [Accedido: Junio de 2010].
- [37] TMIBPBX, “Central Telefónica PBX”. Disponible: <http://www.tmtek.net/voip/ippbx.html?gclid=CPjx1ZGYraMCFQwlswod3xHR4Q> [Accedido: Mayo de 2010].
- [38] Centrales Telefónicas Panasonic, “Informes de sistemas telefónicos Panasonic sobre la plataforma IP”. Disponible: <http://centrales-telefonicas.blogspot.com/> [Accedido: Junio de 2010].
- [39] Cygog, “Telefonía IP”. Disponible: <http://www.milw0rm.org/papers/277> [Accedido: Enero de 2010].
- [40] Comunícate Fácil, “Qué es Asterisk”. Disponible: <http://www.comunicatefacil.net/asteriskemp.html> [Accedido: Febrero de 2010].
- [41] Palo Santo Solutions, *elastix freedom to communicate*. Disponible: <http://www.elastix.org> [Accedido: Agosto. 31, 2009].
- [42] Edgar Landívar, “Comunicaciones Unificadas con Elastix”, 2008. Disponible: http://sourceforge.net/projects/elastix/files/Tutorials_Docs_Manuals/Comunicaciones%20Unificadas%20con%20Elastix/Comunicaciones_Unificadas_con_Elastix_Volumen_1_29Mar2009.pdf/download [Accedido: Diciembre de 2009].
- [43] Kevin Wallace, “Voice over IP First-Step”. Disponible: <http://cisco.iphelp.ru/faq/17/toc.html> [Accedido: Agosto de 2010].
- [44] Westbay Engineers Limited. “Erlang B Calculator”. Disponible: <http://www.erlang.com/calculator/erlb/> [Accedido: Septiembre de 2010].
- [45] Westbay Engineers Limited “Erlang B Calculator”. Disponible: <http://www.erlang.com/calculator/erlb/> [Accedido: Septiembre de 2010].
- [46] Westbay Engineers Limited. “Lines to VoIP Bandwidth Calculator”. Disponible: <http://www.erlang.com/calculator/lipb/> [Accedido: Septiembre de 2010].
- [47] NetIQ AppManager, “NetIQ IP Telephony Management” Disponible: http://download.netiq.com/library/worldwide/emea/es/DS_IP_Telephony_SPA2.pdf [Accedido: Julio de 2010].
- [48] ITU-T Rec. X.700 “Management Framework for Open Systems Interconnection (OSI) for CCITT Applications - Data Communication Networks”, 1992.
- [49] Fernando Vélez Varela, José Luis Arciniegas Herrera. *Arquitectura de gestión de redes y servicios de telecomunicaciones*. Cali: Universidad Libre seccional Cali, Colombia diciembre del 2008.
- [50] Red IRIS. “Object Identifiers OID”. Disponible: <http://www.rediris.es/rid/oid/> [Accedido: Mayo de 2010].
- [51] Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información AGESIC. “OID”. Disponible: <http://www.agesic.gub.uy/innovaportal/v/570/1/agesic/oid.html> [Accedido: Mayo de 2010].
- [52] IETF Rfc. 1213 “Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II”. Disponible: <http://tools.ietf.org/search/rfc1213> [Accedido: Marzo de 2010].
- [53] VoIP-info.org “Asterisk Documentation 1.6.1 asterisk-mib.txt”. Disponible: <http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+Documentation+1.6.1+asterisk-mib.txt> [Accedido: Julio de 2010].

- [54] IETF Rfc. 1155 “Structure and Identification of Management Information for TCP/IP-based Internets”. Disponible: <http://tools.ietf.org/html/rfc1155> [Accedido: Abril de 2010].
- [55] Artículos. “Simple Network Management Protocol”. Disponible: <http://www.ulfix.net/articulos/74-simple-network-management-protocol> [Accedido: Agosto de 2010].
- [56] Protocolo de conectividad OSI. “SNMP-CMISE”. Disponible: <http://soas5.jimdo.com/protocolos-de-conectividad-osi/protocolo-snm-smise/> [Accedido: Agosto de 2010].
- [57] Javi Tobal “SNMP”. Disponible: <http://www.arrakis.es/~tobal/snmp.htm> [Accedido: Abril de 2010].
- [58] Marcelo Maraboli. “Compatibles con SNMP”. Disponible: <http://elqui.dcsc.utfsm.cl/netgraph/netgraph/snmp-41.html> [Accedido: Junio de 2010].
- [59] Alejandro Toledo Tovar, “Gestión de redes de telecomunicaciones”. Disponible: <http://atenea.unicauca.edu.co/~atoledo/> [Accedido: Diciembre, 2009].
- [60] Erika Patricia Álvarez Flores. *Descarte Selectivo de Paquetes en Mecanismos de Gestión Activa de Colas*. Monografía Tesis Doctoral. Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones, Universidad de Granada, Granada, España, Abril de 2009.
- [61] Elastix, “Información del Producto”. Disponible: <http://www.elastix.org/> [Accedido: Mayo de 2010].
- [62] Jaime L. Martínez R. “Topología física de la infraestructura de la red de datos de la Universidad del Cauca”. Área de sistemas, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, Junio de 2010.
- [63] ProgramacionWeb. “Introduccion a MySQL”. Disponible: <http://www.programacionweb.net/articulos/articulo/?num=184> [Accedido: Agosto de 2010].
- [64] Taringa. “La Biblia de MySQL”. Disponible: <http://www.taringa.net/posts/ebooks-tutoriales/4214256/La-Biblia-de-MySQL.html> [Accedido: Junio de 2010].
- [65] Net-SNMP. “*Distributed MIBs*”. Disponible: <http://net-snmp.sourceforge.net/docs/mibs/> [Accedido: Agosto de 2010]
- [66] IETF Rfc. 2790 “*Host Resources MIB*”. Disponible: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2790.html> [Accedido: Agosto de 2010].
- [67] Douglas R. Mauro and Kevin J. Schmidt. *Essential SNMP*. Publicado por O’Reilly Media, Segunda Edición, EE UU, Septiembre de 2005. Disponible: http://books.google.com.co/books?id=65_0d25EpB4C&pg=PA6&lpg=PA6&dq=rfc+2790+en+espa%C3%B1ol&source=bl&ots=HXwVCrOjiU&sig=U0Rc3v6VmFGbyzOQ7whR5agZHPO&hl=es&ei=baqGTIWbK88gaqzeS8Ag&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CB0Q6AEwAjgK#v=onepage&q&f=false [Accedido: Agosto de 2010].
- [68] PHP. “What is PHP”. Disponible: <http://www.php.net/> [Accedido: Agosto de 2010].
- [69] Desarrolle. “Qué es PHP”. Disponible: <http://www.desarrolle.biz/contenidos/articulo.php?id=1> [Accedido: Agosto de 2010].
- [70] Ciao. “Apache”. Disponible: http://www.ciao.es/Apache__Opinion_692776 [Accedido: Agosto de 2010].
- [71] LinuxParaTodos. “Servidor Web”. Disponible: <http://www.linuxparatodos.net/portal/staticpages/index.php?page=servidor-web> [Accedido: Mayo de 2010].

- [72] Artículo. "Servidor http Apache". Disponible: http://sopa.dis.ulpgc.es/iiaso/portal_aso/lelinux/administracion/apache/apache_t.pdf
- [73] Ciao. "Apache". Disponible: http://www.ciao.es/Apache__Opinion_693763 [Accedido: Julio de 2010].
- [74] Osmosis Latina. "Aplicaciones". Disponible: http://www.osmosislatina.com/aplicaciones/servidor_web.htm [Accedido: Julio de 2010].
- [75] Grupo Informática. "El crecimiento de Internet en cerca de 700.000 hostnames propiciado por las ganancias de los tres servidores web más importantes durante el último mes." Disponible: <http://www.grupoinformatica.com/noticias/1141-ranking-de-los-mejores-servidores-mayo-2010.html> [Accedido: Agosto de 2010].
- [76] Ciao. "PHP php-Myadmin". Disponible: http://www.ciao.es/php_Myadmin__Opinion_778157 [Accedido: Julio 2010].
- [77] PhpMyAdmin. "About phpMyAdmin". Disponible: http://www.phpmyadmin.net/home_page/index.php [Accedido: Julio de 2010].
- [78] Desarrolloweb. "phpMyAdmin". Disponible: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/844.php> [Accedido: Julio de 2010].
- [79] PhpPgAdmin. "What is phpPgAdmin?". Disponible: <http://phppgadmin.sourceforge.net/> [Accedido: Agosto de 2010].
- [80] Rxtx. "phpMinAdmin". Disponible: <http://www.rtx.com.ar/content/phpminadmin> [Accedido: Julio de 2010].
- [81] Como escanear puertos. "Nmap Scanner". Disponible: <http://www.theconquerors.es/foro/7-ayuda-tecnica/18353-nmap-scanner-como-escanear-puertos> [Accedido: Julio de 2010].
- [82] Maestros de la Web. "Introducción a Nmap". Disponible: <http://www.maestrosdelweb.com/editorial/nmap/> [Accedido: Julio de 2010].
- [83] Herramientas de Monitoreo. "WINPCAP". Disponible: <http://www.scribd.com/doc/8603129/INSTALACION-JFFNMS> [Accedido: Julio de 2010].
- [84] DragonJAR. "WinPcap Portable". Disponible: <http://www.dragonjar.org/winpcap-portable.xhtml> [Accedido: Agosto de 2010].
- [85] Mas de Teleinformática. "WINPCAP". Disponible: <http://mauro-lx.blogspot.com/2010/02/winpcap-que-es-y-para-que-sirve.html> [Accedido: Julio de 2010].
- [86] MySQL-Front. "Administrador de bases de datos MySQL gratuito". Disponible: <http://mysql-front.softonic.com/> [Accedido: Junio de 2010].
- [87] Ana María Morales García, Mercedes Caridad Sebastián y Fátima García López. *Los telecentros españoles: recursos, servicios y propuesta de indicadores para su evaluación*. Instituto Universitario Agustín Millares de Documentación y Gestión de la Información de la Universidad Carlos III de Madrid, España, Diciembre de 2009. Disponible: <http://informationr.net/ir/14-4/paper420.html> [Accedido: Agosto de 2010].
- [88] Daniel Arias Figueroa. *Herramientas de Gestión basada en Web*. Monografía Tesis de Maestría. Facultad de Informática, Universidad de la Plata, La Plata, Argentina, Diciembre de 1999.
- [89] Taringa. "Terminos Informáticos". Disponible: http://www.taringa.net/posts/info/1262361/Terminos-Informaticos_.html [Accedido: Agosto de 2010].

-
- [90] IETF Rfc. 2790 “*Host Resources MIB*”. Disponible: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2790.html> [Accedido: Agosto de 2010].
- [91] Net-SNMP. “*Distributed MIBs*”. Disponible: <http://net-snmp.sourceforge.net/docs/mibs/> [Accedido: Agosto de 2010]
- [92] Artículo. “Definición de la Memoria RAM”. Disponible: <http://www.masadelante.com/faqs/memoria-ram> [Accedido: Julio de 2010].
- [93] Monografías. “Memorias RAM”. Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos11/memoram/memoram.shtml> [Accedido: Julio de 2010].
- [94] Monografías. “Discos duros”. Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos37/discos-duros/discos-duros.shtml> [Accedido: Junio de 2010].
- [95] Artículo. “Crear un archivo de swap”. Disponible: http://www.guia-ubuntu.org/index.php?title=Crear_un_archivo_de_swap [Accedido: Junio de 2010].
- [96] Definición de. “Servicio”. Disponible: <http://definicion.de/servicio/> [Accedido: Agosto de 2010].
- [97] Alejandro Mauricio Mellado G. *Servicios de Telefonía IP*. Escuela de Ingeniería Informática, Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile. Disponible: <http://www.inf.uct.cl/~amellado/archivos/telefonialP.pdf> [Accedido: Julio de 2010].
- [98] Dreamweaver Templates. “*Reviewed Dreamweaver Web Template Resources*”. Disponible: <http://www.dreamweaver-templates.org/> [Accedido: Junio de 2010].
- [99] AlvariSTAR NMS. “*Carrier-Class Network Management System for Broadband Wireless Access*”. Disponible: [Carrier-Class Network Management System for Broadband Wireless Access](#) [Accedido: Julio de 2010].