



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS
PROGRAMA DE LA LICENCIATURA EN INFORMÁTICA

INTERCONEXIÓN DE LOS SERVICIOS DE VOZ DEL NÚCLEO DE SUCRE
CON EL EDIFICIO DEL RECTORADO DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE
UTILIZANDO VoIP A TRAVÉS DE LOS ENLACES DE DATOS EXISTENTES
(Modalidad: Investigación)

MARCOS ANTONIO RAMÍREZ SÁNCHEZ

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN INFORMÁTICA

CUMANÁ, 2008

INTERCONEXIÓN DE LOS SERVICIOS DE VOZ DEL NÚCLEO DE SUCRE
CON EL EDIFICIO DEL RECTORADO DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE
UTILIZANDO VoIP A TRAVÉS DE LOS ENLACES DE DATOS EXISTENTES

APROBADO POR:

Prof. Daniel Geremía
Asesor

Prof. Pablo Caraballo
Co-asesor

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a:

Mis padres Gladys y Carmito por haberme dado la vida, el cariño, el empuje necesario y el apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

Mi hijo Marco Alessandro que es lo más grande y lo más hermoso que me ha regalado Dios, espero que este logro le sirva de ejemplo en su vida. Hijo, cuando nos proponemos una meta en la vida, por muy duro que sea el camino, si perseveramos y nos esforzamos, vencemos.

Mi hermano Francisco Javier por ser un ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a:

A Dios.

Al profesor Nelson Vicuña, por su iniciativa, dirección, apoyo y colaboración para la realización de esta investigación.

A los profesores Pablo Caraballo y Daniel Geremía por aceptar ser mis asesores, especialmente el profesor Daniel por asumir la asesoría, dadas las circunstancias.

A los compañeros de Teleinformática, Natalia Van Osten, Carlos Rodríguez, José Luna, José Antón y Juan Carlos Bertora, por su ayuda y colaboración, pero muy especialmente agradezco a mi amigo el Ingeniero Napoleón Milá de la Roca, sin su ayuda no se hubiese concretado este trabajo y no estaría donde me encuentro en este momento.

A Irving Martínez, Mario Carbonell y Dayana Campos, mis amigos y compañeros de la universidad, por su incondicional apoyo, colaboración y paciencia en todos estos años de estudio.

Y a todas aquellas personas que olvido mencionar pero que de una u otra forma colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi agradecimiento.

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN	5
Planteamiento del problema	5
Alcance	6
Limitaciones	7
CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA	9
MARCO TEÓRICO	9
Antecedentes de la investigación	9
Antecedentes de la organización	11
Área de estudio	12
Telecomunicaciones	12
Redes de computadoras	12
Arquitectura de red	13
Modelo de Referencia OSI	14
TCP/IP	17
RTP	18
UDP	19
Ancho de banda	19
Frame Relay	20
Área de la investigación	22
Telefonía	22
Red telefónica	22
Central telefónica	23
Línea troncal	23
Conmutador	23
PBX	24
Voz sobre IP (VoIP)	24
Funcionamiento de una red voz sobre IP	24
Requerimientos de una red para soportar VoIP	26
Elementos de una red VoIP	27
Terminales	27
Gateway	27
Gatekeepers	28
Unidades de Control Multipunto	29
Ventajas de la tecnología de voz sobre IP	30
Modelos Erlang	31
Asterisk	32
Calidad de servicio (QoS)	39

Codecs	43
MARCO METODOLÓGICO	46
Metodología de la investigación.....	46
Tipo de investigación	46
Diseño de la investigación.....	46
Técnicas para la recolección de datos	46
Metodología del área aplicada.....	47
CAPÍTULO III. DESARROLLO	50
Determinar los requisitos y expectativas para el servicio de voz.....	50
Establecer la interfaz de telefonía e información de la señalización.....	58
Determinar y planificar los requisitos del enlace troncal de voz y ancho de banda	75
Seleccionar el hardware y determinar sus requisitos.....	78
Revisar la solución propuesta en términos de requisitos.....	80
Desarrollar un plan de retardos y de pérdidas de señal	80
Establecer un plan integrado de servicio telefónico	83
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES	88
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS.....	91
APÉNDICES.....	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Escala de valores para el MOS.....	44
Tabla 2. Valores de MOS para diferentes <i>Codecs</i>	45
Tabla 3. Número de llamadas diarias por hora.....	52
Tabla 4. Duración de llamadas diarias por hora.....	54
Tabla 5. Especificaciones técnicas de los <i>routers</i> que conforman RAUDO.....	64
Tabla 6. Troncales IAX.....	73
Tabla 7. Troncales SIP.....	73
Tabla 8. Troncales ZAP.....	74
Tabla 9. Requerimientos mínimos para un sistema <i>Asterisk</i>	79
Tabla 10. Consideraciones de retraso en un sentido propuestas por la Recomendación G.114 de la ITU-T.....	81
Tabla 11. Números de extensiones.....	85
Tabla 12. Patrones de discado.....	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema VoIP.	30
Figura 2. Elementos de interfaces VoIP.	36
Figura 3. Gráfica del número total de llamadas diarias.	51
Figura 4. Gráfica de la duración total de llamadas diarias.	53
Figura 4. Gráfica de la duración total de llamadas diarias.	55
Figura 5. Promedio de llamadas y desviación estándar.	57
Figura 6. Servicio CPA de Movistar.	61
Figura 7. Servicio telefónico UDO.	62
Figura 8. Red Privada Universidad de Oriente (Servicio <i>Frame Relay</i> CANTV).	66
Figura 9. Interconexión de las PBX MD110 y los servidores <i>Asterisk</i>	67
Figura 10. Softphone <i>X-Lite</i>	70
Figura 11. Calculadora Erlang VoIP <i>V1.02</i>	77

RESUMEN

Para llevar a cabo la interconexión de los servicios de voz del Núcleo de Sucre con el edificio del Rectorado de la Universidad de Oriente, utilizando los enlaces de datos existentes, se siguió la metodología para la Integración de Redes de Voz y Datos propuesta por Scott Keagy que se desarrolla en siete (7) fases: determinar los requisitos y expectativas para el servicio de voz, establecer la interfaz de telefonía e información de la señalización, determinar y planificar los requisitos del enlace troncal de voz y ancho de banda, seleccionar el hardware y determinar sus requisitos, revisar la solución propuesta en términos de requisitos, desarrollar un plan de retardos y de pérdidas de señal, establecer un plan integrado de servicio telefónico. La fusión de la red de datos (RAUDO) con la red de telefonía (Servicio CPA de MOVISTAR), se logró con la comunicación de las centrales Ericsson MD 110 del Rectorado y del Núcleo de Sucre respectivamente, a través de tecnología VoIP. Con esta interconexión se reducen los gastos en facturación de llamadas telefónicas, puesto que las mismas se realizan mediante la red de datos existente y no por medio del proveedor telefónico. Se utilizó la aplicación de fuente abierta *ASTERISK*, que es una PBX en software, que además de proporcionar conectividad a diferentes dispositivos telefónicos con redes de datos, ofrece todas las innovaciones de la telefonía moderna, como lo son: bandejas de correos de voz, identificador de llamadas, recepcionista virtual y llamadas en conferencia entre otras.

INTRODUCCIÓN

A finales del siglo XX, debido a los avances tecnológicos, aparecieron grandes cambios en todos los ámbitos a nivel mundial, paradigmas tradicionales como el ambiente de negocios y la estructura de las empresas, debieron adecuar sus métodos de operaciones a las nuevas tecnologías con el propósito de hacer un mejor uso de la información (Torres, 1999).

Con el fin de optimizar el manejo y aprovechamiento de dicha información han surgido las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (NTIC), que están ayudando al ser humano a conquistar conocimientos y acciones que parecían inaccesibles, pero también lo condicionan y lo obligan a adaptaciones y replanteamientos en todos los ámbitos de su existencia (García, 2001).

La computación y las comunicaciones, son áreas que convergen rápidamente, y la diferencia entre juntar, transportar, almacenar y procesar información desaparece con rapidez y al crecer la habilidad para obtener, manejar y distribuir dicha información, también crece la demanda de técnicas de procesamiento de información más avanzadas (Tanenbaum, 1996).

La fusión de las computadoras y las comunicaciones ha influenciado la forma de organizar los sistemas de cómputo. El antiguo modelo de una sola computadora que atendía todas las necesidades de computación de la organización ha sido reemplazado por otro donde varias computadoras autónomas, interconectadas cumplen con dichas necesidades, pudiéndose definir una red de computadoras como un grupo de computadoras autónomas interconectadas entre sí para uno o varios propósitos específicos

(Tanenbaum, 1996).

En términos generales el objetivo del uso o establecimiento de redes de computadoras radican en compartir los recursos, al hacer posible que todos los programas, el equipo y especialmente los datos estén disponibles para cualquiera en la red, sin importar la localización física de los recursos y de los usuarios. Además pueden proporcionar un potente medio de comunicación entre usuarios que están geográficamente distantes (Tanenbaum, 1996).

Debido a los beneficios que ofrecen las redes de computadoras, desde hace tiempo los responsables de las comunicaciones de las empresas tienen en mente la posibilidad de utilizar sus infraestructuras de datos, para el transporte de voz. No obstante, la aparición de nuevos estándares de comunicación, así como la mejora y abaratamiento de las tecnologías de compresión de voz, es lo que está provocando finalmente su implantación (Torreyes, 2003).

En efecto, el crecimiento y fuerte implantación de las redes IP, el desarrollo de técnicas avanzadas de digitalización de voz, mecanismos de control y priorización de tráfico, transmisión en tiempo real, así como el estudio y establecimiento de nuevos estándares que permitan la calidad de servicio en redes IP, han creado un entorno donde es posible transmitir voz sobre el protocolo de Internet (Torreyes, 2003).

La tecnología VoIP (*Voice over Internet Protocol*: Voz sobre el Protocolo de Internet), consiste en el transporte de voz encapsulada en paquetes de datos, utilizando el protocolo de Internet (IP) sobre redes privadas o públicas. Al convertirse en datos, la voz puede ser transmitida como cualquier otro contenido en una red IP (que incluye *intranets* y *extranets*) (Huidobro y Roldán, 2003).

En la actualidad los servicios de red y los servicios telefónicos de la Universidad de Oriente (UDO), funcionan de manera independiente. RAUDO (Red Académica de la Universidad de Oriente) la cual depende de un servicio *Frame Relay* prestado por la Compañía Anónima Teléfonos de Venezuela (CANTV); y la red telefónica, que consiste en Conexiones Privadas de Acceso Telefónico (CPA), prestada por el proveedor de servicios telefónicos Movistar.

Los servicios de telefonía y los servicios de la red de datos existentes pueden ser integrados a través de la tecnología de VoIP, por lo que se propone la interconexión de los servicios de voz del Núcleo de Sucre con el edificio del Rectorado de la Universidad de Oriente, utilizando los enlaces de datos existentes y de esta manera reducir considerablemente los costos asociados al uso de la red de telefonía pública, mejorando la eficiencia global de RAUDO, así como la sinergia entre su diseño, despliegue y gestión.

Para llevar a cabo esta interconexión se deben determinar los requisitos del sistema telefónico actual, para establecer las expectativas del servicio de voz a través de la red de datos; Identificar el equipamiento y funcionamiento de la interfaz telefónica y de la red de datos; Calcular los requisitos de ancho de banda para el enlace troncal de voz; Seleccionar el hardware y determinar sus requisitos; Hacer revisiones y correcciones a la solución propuesta; Desarrollar un plan de retardo y un plan de pérdidas de señal; y por último establecer un plan de discado para el nuevo sistema de voz.

El presente trabajo de grado está conformado por tres capítulos, el Capítulo I: Presentación, donde se hace mención al planteamiento del problema, describiéndose la problemática planteada y la importancia del proyecto, su alcance y limitaciones; El Capítulo II: Marco de referencia, en el

que se destacan los antecedentes tanto de la investigación como de la organización donde se desarrolla dicho proyecto, así como también el área de estudio, el marco metodológico de la investigación y la metodología del área aplicada; El Capítulo III: Desarrollo, que corresponde con el desarrollo de la investigación, donde se hace una descripción detallada de la aplicación de las fases que conforman la metodología del área aplicada, exponiéndose los resultados obtenidos y para finalizar se presentan las conclusiones, recomendaciones, la bibliografía y apéndices que contemplan el trabajo realizado.

CAPÍTULO I.

PRESENTACIÓN

Planteamiento del problema

Actualmente los distintos núcleos de la Universidad de Oriente se encuentran interconectados a través RAUDO, constituida por enlaces de datos *Frame Relay* contratados a la empresa CANTV. Al mismo tiempo, los servicios telefónicos son prestados por un conjunto de centrales telefónicas *Ericsson*, que cuentan con salidas independientes a la red de telefonía pública, es decir, cada núcleo cuenta con una Conexión de Acceso Telefónico (CPA), por donde se realizan las llamadas entre los distintos núcleos y el Rectorado.

Al existir estas dos redes (Telefonía y Datos) totalmente independientes, se generan gastos de mantenimiento y costos operacionales por cada una de ellas, incrementándose el presupuesto por concepto de comunicaciones de la Universidad de Oriente.

RAUDO es una red de alta capacidad y escalabilidad, capaz de proporcionar servicios de transmisión de datos, voz y video, por lo cual la Coordinación de Teleinformática de la UDO, lleva a cabo esfuerzos para la integración de los servicios telefónicos a través de dicha red. El manejar estos dos métodos de comunicación sobre un solo medio, permitirá disminuir los costos asociados a llamadas nacionales generadas por las comunicaciones ínter núcleos y las comunicaciones entre dichos núcleos con

el Rectorado de la UDO.

La integración de los servicios telefónicos en las redes de datos permite la unificación de los principales servicios de una empresa en una sola red, permitiendo la transformación de las estaciones de trabajo en potentes herramientas de comunicación al operar los recursos telefónicos e informáticos.

Alcance

La puesta en marcha de la interconexión del servicio telefónico a través de VoIP entre el Rectorado y el Núcleo de Sucre proporciona una alternativa de unificación de las redes de voz y datos en una sola red, integrando sobre la Intranet la voz como un servicio informático más.

El área piloto donde se realizó la integración de los servicios de voz con los enlaces de datos está comprendida entre el punto de presencia telefónico del edificio del Rectorado y el punto de presencia telefónico del edificio del Instituto Oceanográfico del Núcleo de Sucre.

Se utilizaron dos centrales telefónicas *Ericsson MD 110* y dos servidores *Asterisk*, conectados entre si bajo señalización FXO, haciendo uso de un canal de voz (cada componente MD 110/*Asterisk* utiliza un canal), mediante dos tarjetas PCI x100p que realizan la función de *gateway* entre la red telefónica y la red de datos, la comunicación entre los dos servidores *Asterisk* se realizó vía el protocolo IAX y para las líneas finales de abonado, se utilizaron tanto extensiones IAX como extensiones SIP.

Sólo las llamadas que se realizan entre los núcleos se realizarán vía

VoIP, no se incluyen llamadas a telefonía móvil ni a teléfonos residenciales CANTV.

Para las extensiones finales de abonado se implementaron 50 extensiones en cada servidor *Asterisk*, 25 *SIP* y 25 *IAX*, cada extensión con su correspondiente bandeja de correo de voz. Una extensión es un computador que posee un *softphone*. Y del lado de las centrales *Ericsson* se trabajó solo con extensiones analógicas, una en cada central.

La herramienta VoIP utilizada, en este caso *Asterisk*, proporciona servicios avanzados de telefonía como lo son el sistema de correo de voz protegido por contraseña, interfaz *Web* para verificación de correo de voz, notificación por correo electrónico de correo de voz, llamada en conferencia, llamada en espera, cola de llamadas, servicios de identificador de llamadas, transferencia de llamadas, entre otros.

La implementación de la tecnología VoIP permite hacer una disminución en los costos globales de la facturación telefónica, puesto que las llamadas realizadas entre el Núcleo de Sucre y el Rectorado en la actualidad son realizadas a través de los servicios de CPA de Movistar.

Limitaciones

Por ser VoIP una tecnología novedosa trae como consecuencia problemas imprevistos a la hora de su implementación, debido a la poca experiencia y conocimientos en esta área.

Aunque en Internet hay muchos artículos, foros y páginas dedicadas a VoIP, no siempre esta información esta bien fundamentada, por lo que carece de validez científica, aunado a esto el material bibliográfico disponible

sobre el tema es escaso y difícil de conseguir.

Es bien sabido que el ancho de banda en cualquier tipo de enlace es finito, por esta razón es importante aclarar que el ancho de banda disponible entre los distintos núcleos de la Universidad de Oriente (suficiente para transmisión de la voz), juega un papel crucial para la implementación de este trabajo.

La implementación de la VoIP para efectos de este trabajo solo abarca la utilización de las líneas analógicas de la central MD110; a pesar de que dicha central es capaz de manejar por igual, líneas digitales y analógicas; esto se debió a que los servidores VoIP solo disponen de interfaces analógicas (FXO x100p) para su interconexión con las centrales MD110. Para manejar las líneas digitales es necesario tarjetas troncales E1.

La transmisión de la voz presenta algunas deficiencias ya que los routers actuales de RAUDO no soportan calidad de servicio (QoS) y las tarjetas FXO x100p utilizadas por los servidores de VoIP no disponen de canceladores de eco. Este hecho se corrigió medianamente por software, con lo que se incrementó considerablemente la carga de los procesadores de los servidores VoIP.

CAPÍTULO II.

MARCO DE REFERENCIA

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la investigación

La voz sobre IP está cambiando el paradigma de acceso a la información, dando paso a la implementación de redes integradas que proporcionan y permiten la fusión de voz, datos, facsímiles y funciones multimedia en una sola infraestructura de acceso convergente.

La posibilidad de integrar voz, datos y videos en tiempo real, se debe en gran parte a la redefinición del protocolo H.323, en mayo de 1997 por parte del Grupo 15 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), como el estándar que regiría y controlaría las necesidades para los sistemas multimedia de comunicaciones en aquellas situaciones en las que el medio de transporte sea una red de conmutación de paquetes que no pueda proporcionar una calidad de servicio garantizada, evitando de este modo la divergencia entre los diferentes estándares.

Uno de los primeros desarrollos en esta materia fue el de la compañía MCI, de los Estados Unidos, llamado VAULT a mediados de 1997, que consistió en una nueva arquitectura de red que permitió interconectar y combinar las redes tradicionales de telefonía con redes de datos. El sistema “empaqueta” las conversaciones, es decir, las transforma en bloques de información manejables por una red de datos y las envía vía Internet.

A finales de 1997 y principios de 1998 la compañía Australiana Telstra introdujo un servicio llamado *Virtual Second Line*, basado en tecnología VoIP de *NetsPeak*. Esta prestación permitió que los clientes de Telstra que tenían una sola línea telefónica pudieran recibir llamadas, aun cuando estuvieran usando esa línea para estar conectados a Internet. La llamada entrante activa el programa *Webphone* y el cliente puede recibirla en su PC.

Cisco Systems en abril de 1999, anunció la introducción de mejoras en software y hardware para su línea de productos de acceso de múltiples servicios. Esta línea permitió a los proveedores de servicio y a los clientes corporativos desarrollar infraestructuras de red a gran escala y de voz basadas en paquetes, a una fracción del precio de tecnologías tradicionales, con lo que se abarataron los precios de los dispositivos necesarios para este tipo de redes, con estas nuevas funciones incorporadas, los clientes pudieron aprovechar la integración de voz, video y datos sobre sus redes.

En el Núcleo de Sucre de la Universidad de Oriente se realizó una Tesis de Grado en Telefonía IP, intitulado IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN CENTRALIZADA DE TELEFONÍA IP PARA LA EMPRESA C.A. CIGARRERA BIGOTT EN VENEZUELA realizado por el Licenciado José G. González G., basada en el sistema de telefonía IP centralizado *Cisco CallManager Administration 3.3*, que le permitió a la empresa C.A. Cigarrera Bigott en Venezuela, migrar a nivel de CANTV a una nueva central privada automática CPA digital, un nuevo plan de numeración, instalación y puesta en funcionamiento de más de 500 teléfonos IP e incorporar nuevos servicios telefónicos (correos de voz, llamadas en espera, visualización de llamadas entrantes, entre otros), la integración de sus redes de voz y datos, ahorro de costos total de la propiedad de la red, una ruta de migración flexible

(permitiendo incorporar nuevas aplicaciones o realizar una ampliación) y una mejor movilidad de los empleados.

Antecedentes de la organización

La Universidad de Oriente se fundó el 21 de Noviembre de 1958. Esta institución de educación superior está conformada por cinco núcleos distribuidos en los estados: Anzoátegui, Bolívar, Monagas, Nueva Esparta y Sucre. El 12 de febrero de 1960, la actividad académica propiamente dicha de la UDO se inicia en Cumaná, con 120 estudiantes de los cursos básicos y a la vez, se programan las carreras de Matemáticas, Física, Química y Biología. Desde entonces cumple con los objetivos establecidos en la Ley de Universidades, entre los cuales está promover y realizar la investigación científica, formar equipos profesionales y técnicos para la solución de los problemas económicos y sociales del país, conservar e incrementar el patrimonio cultural y educativo e incorporarse a las tareas del desarrollo integral de Venezuela (Universidad de Oriente, 2002).

En el año 1992 surge en el Núcleo de Sucre, una pequeña red de carácter científico denominada Sistema Unificado de Computación para la Investigación (SUCI), con ella se buscaba satisfacer las necesidades que para aquel entonces tenían los investigadores y docentes del núcleo. A partir del año 1997, SUCI es transformada en el Departamento o Centro de Computación Académica (CCA) del Núcleo de Sucre (Fermín, 2001).

La Coordinación de Teleinformática, es una dependencia del Vicerrectorado Académico de la UDO, creada el 29 de septiembre de 1998, que tiene como misión coordinar y mantener en óptimos niveles de funcionamiento una estructura integral de comunicaciones (Red Académica

de la Universidad de Oriente, RAUDO), que soporte los requerimientos de transmisión de voz, datos a alta velocidad y video-conferencias

En la actualidad RAUDO esta pasando por un proceso de adecuación de su plataforma para llevar a cabo la interconexión de la UDO a la red “avanzada” académica de Venezuela (REACCIUN 2) que es un proyecto del Centro Nacional de Innovación Tecnológica (CENIT) donde se interconectan entre si, laboratorios de universidades y centros de investigación nacionales, con organismos internacionales a través de redes experimentales de alta velocidad como lo son INTERNET2, GEANT, APAN, ALICE y DANTE.

Área de estudio

Este trabajo esta inmerso en el área de las telecomunicaciones.

Telecomunicaciones

Se refiere a toda forma que permita a un usuario hacer llegar a uno o varios usuarios determinados (ej. telefonía) o eventuales (ej. radio, televisión), información de cualquier naturaleza (documento escrito, impreso, imagen fija o en movimiento, videos, voz, música, señales visibles, señales audibles, señales de mandos mecánicos, etc.), empleando para dicho procedimiento, cualquier sistema electromagnético para su transmisión y/o recepción (transmisión eléctrica por hilos, radioeléctrica, óptica, o una combinación de estos diversos sistemas).

Redes de computadoras

Es un conjunto de dispositivos que hacen posible la comunicación entre

un computador (central) y las estaciones de trabajo (usuarios), permitiendo el transporte de la información. Generalmente, se establece una conexión con líneas telefónicas y computadores y a través de cables coaxiales, cableado estructurado categoría 6, fibra óptica o microondas. Tienen como finalidad compartir los recursos y permitir la comunicación y la distribución electrónica de los datos.

Arquitectura de red

Es el conjunto de capas, protocolos e interfaces que facilitan el diseño, programación, operación y mantenimiento de las tareas que maneja una red. La arquitectura de una red viene definida por sus topologías, el método de acceso a la red y los protocolos de comunicación.

La arquitectura o topología de red es la disposición física en la que se conectan los nodos de una red de ordenadores o servidores, mediante la combinación de estándares y protocolos. Definen las reglas de una red y cómo interactúan sus componentes. Estos equipos de red pueden conectarse de muchas y muy variadas maneras. La conexión más simple es un enlace unidireccional entre dos nodos. Se puede añadir un enlace de retorno para la comunicación en ambos sentidos. Los cables de comunicación modernos normalmente incluyen más de un cable para facilitar esto, aunque redes muy simples basadas en buses tienen comunicación bidireccional en un solo cable.

La topología de la red determina únicamente la configuración de las conexiones entre nodos. La distancia entre los nodos, las interconexiones físicas, las tasas de transmisión y/o los tipos de señales no pertenecen a la topología de la red, aunque pueden verse afectados por la misma.

Modelo de Referencia OSI

(Open System Interconnection: Interconexión de Sistemas Abiertos)

El modelo de referencia de OSI es el modelo descriptivo de red creado por ISO (Organización Internacional para la Estandarización) en 1984, para ayudar a los fabricantes a crear redes que sean compatibles con otras redes.

El modelo en sí mismo no puede ser considerado una arquitectura, ya que no especifica el protocolo que debe ser usado en cada capa, sino que suele hablarse de modelo de referencia. Este modelo está dividido en siete capas.

La capa física que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio físico (medios guiados: cable coaxial, cable de par trenzado, fibra óptica y otros tipos de cables; medios no guiados: radio, infrarrojos, microondas, láser y otras redes inalámbricas); características del medio (tipo de cable o calidad del mismo; tipo de conectores normalizados o en su caso tipo de antena; entre otros) y la forma en la que se transmite la información (codificación de señal, niveles de tensión/intensidad de corriente eléctrica, modulación, tasa binaria, entre otros). Es la encargada de transmitir los bits de información a través del medio utilizado para la transmisión. Se ocupa de las propiedades físicas y características eléctricas de los diversos componentes; de la velocidad de transmisión, si ésta es uni o bidireccional (*síplex, dúplex o full-dúplex*). También de aspectos mecánicos de las conexiones y terminales, incluyendo la interpretación de las señales eléctricas/electromagnéticas. Se encarga de transformar una trama de datos proveniente del nivel de enlace en una señal adecuada al medio físico utilizado en la transmisión. La PDU (*Protocol Data Units*: Unidades de Datos de Protocolo) de la capa 1 son los bits.

La capa de enlace de datos que se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de la red, del acceso a la red, de la notificación de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo. Se hace un direccionamiento de los datos en la red ya sea en la distribución adecuada desde un emisor a un receptor, la notificación de errores, de la topología de la red de cualquier tipo. La tarjeta NIC (*Network Interface Card*: Tarjeta de Interfaz de Red) que se encarga de que haya conexión, posee una dirección MAC (*Media Access Control*: Control de Acceso al Medio) y la LLC (*Logical Link Control*: Control de Enlace Lógico). La PDU de la capa 2 es la trama.

La capa de red que tiene como función hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aún cuando ambos no estén conectados directamente. Los dispositivos que facilitan tal tarea se denominan enrutadores. Adicionalmente la capa de red debe gestionar la congestión de red, que es el fenómeno que se produce cuando una saturación de un nodo tira abajo toda la red. Los *switchs* también pueden trabajar en esta capa dependiendo de la función que se le asigne. La PDU de la capa 3 es el paquete.

La capa de transporte cuya función básica es aceptar los datos enviados por las capas superiores, dividirlos en pequeñas partes si es necesario, y pasarlos a la capa de red. También se asegura que estas partes lleguen correctamente al otro lado de la comunicación. Se encarga de aislar a las capas superiores de las distintas posibles implementaciones de tecnologías de red en las capas inferiores. En esta capa se proveen servicios de conexión para la capa de sesión que serán utilizados finalmente por los usuarios de la red al enviar y recibir paquetes. Estos servicios estarán asociados al tipo de comunicación empleada, la cual puede ser diferente

según el requerimiento que se le haga a la capa de transporte. La PDU de la capa 4 se llama Segmentos.

La capa de sesión que establece, gestiona y finaliza las conexiones entre usuarios (procesos o aplicaciones) finales. Se encarga del control de la sesión a establecer entre el emisor y el receptor (quién transmite, quién escucha y seguimiento de ésta); del control de la concurrencia (que dos comunicaciones a la misma operación crítica no se efectúen al mismo tiempo); de mantener puntos de verificación (*checkpoints*), que sirven para que, ante una interrupción de transmisión por cualquier causa, la misma se pueda reanudar desde el último punto de verificación en lugar de repetirla desde el principio. Por lo tanto, el servicio provisto por esta capa es la capacidad de asegurar que, dada una sesión establecida entre dos máquinas, la misma se pueda efectuar para las operaciones definidas de principio a fin, reanudándolas en caso de interrupción. En muchos casos, los servicios de la capa de sesión son parcialmente, o incluso, totalmente prescindibles.

La capa de presentación que tiene como objetivo la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres, números, sonido o imágenes, los datos lleguen de manera reconocible. Esta capa es la primera en trabajar más el contenido de la comunicación que cómo se establece la misma. En ella se tratan aspectos tales como la semántica y la sintaxis de los datos transmitidos, ya que distintas computadoras pueden tener diferentes formas de manejarlas. Es la encargada de manejar las estructuras de datos abstractas y realizar las conversiones de representación de datos necesarias para la correcta interpretación de los mismos. Esta capa también permite cifrar los datos y comprimirlos.

La capa de aplicación que ofrece a las aplicaciones (de usuario o no) la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico, gestores de bases de datos y servidor de ficheros. Hay tantos protocolos como aplicaciones distintas y puesto que continuamente se desarrollan nuevas aplicaciones el número de protocolos crece sin parar. Cabe aclarar que el usuario normalmente no interactúa directamente con el nivel de aplicación. Suele interactuar con programas que a su vez interactúan con el nivel de aplicación pero ocultando la complejidad subyacente.

TCP/IP

La familia de protocolos de Internet es un conjunto de protocolos de red en la que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre redes de computadoras. En ocasiones se la denomina conjunto de protocolos TCP/IP, en referencia a los dos protocolos más importantes que la componen: TCP (*Transmission Control Protocol*: Protocolo de Control de Transmisión) y Protocolo de Internet (IP), que fueron los dos primeros en definirse, y que son los más utilizados de la familia. Existen tantos protocolos en este conjunto que llegan a ser más de 100 diferentes, entre ellos se encuentra HTTP (*HyperText Transfer Protocol*: Protocolo de transferencia de Hipertexto), que es el que se utiliza para acceder a las páginas web, el ARP (*Address Resolution Protocol*: Protocolo de resolución de direcciones) para la resolución de direcciones, el FTP (*File Transfer Protocol*: Protocolo de transferencia de archivos) para transferencia de archivos, y el SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*: Protocolo Simple de Transferencia de Correos) y el POP (*Post Office Protocol*: Protocolo de Oficina de Correos) para correo electrónico, TELNET para acceder a equipos remotos, entre otros.

El TCP/IP es la base de Internet, y sirve para enlazar computadoras que utilizan diferentes sistemas operativos, incluyendo PC, minicomputadoras y computadoras centrales sobre redes de área local (LAN) y área extensa (WAN). TCP/IP fue desarrollado y demostrado por primera vez en 1972 por el departamento de defensa de los Estados Unidos, ejecutándolo en ARPANET, una red de área extensa del departamento de defensa.

La familia de protocolos de Internet puede describirse por analogía con el modelo OSI, que describe los niveles o capas de la pila de protocolos, aunque en la práctica no corresponde exactamente con el modelo en Internet. El modelo de Internet fue diseñado como la solución a un problema práctico de ingeniería. El modelo OSI, en cambio, fue propuesto como una aproximación teórica y también como una primera fase en la evolución de las redes de ordenadores. Por lo tanto, el modelo OSI es más fácil de entender, pero el modelo TCP/IP es el que realmente se usa.

RTP

(Real-time Transport Protocol: Protocolo de Transporte de Tiempo real)

Es un protocolo de la capa de transporte usado para transmitir información en tiempo real, como por ejemplo audio y vídeo en una videoconferencia. Representa también la base de la industria de VoIP.

La norma RFC 3551, define un perfil para conferencias de audio y vídeo con control mínimo. La norma RFC 3711, por otro lado, define SRTP (*Secure Real-time Transport Protocol: Protocolo de Transporte Seguro en Tiempo Real*), una extensión del perfil de RTP para conferencias de audio y vídeo

que puede usarse opcionalmente para proporcionar confidencialidad, autenticación de mensajes y protección de reenvío para flujos de audio y vídeo. Va de la mano de RTCP (*RTP Control Protocol*) y se sitúa sobre UDP en el modelo OSI.

UDP

(*User Datagram Protocol*: Protocolo de datagrama de usuario)

Es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas. Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación, ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros. UDP proporciona una sencilla interfaz entre la capa de red y la capa de aplicación. UDP no otorga garantías para la entrega de sus mensajes y no retiene estados de los mensajes UDP que han sido enviados a la red. UDP sólo añade multiplexado de aplicación y suma de verificación de la cabecera y *payload*. Cualquier tipo de garantías para la transmisión de la información, deben ser implementadas en capas superiores.

Ancho de banda

El ancho de banda es la capacidad de una línea para transmitir información, es decir, es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. Se indica generalmente en bits por segundo (bps), kilobits por segundo (Kbps), o megabits por segundo (Mbps). En las redes de ordenadores, el ancho de banda a menudo se utiliza como sinónimo para la tasa de transferencia de

datos, la cantidad de datos que se puedan llevar de un punto a otro en un período de tiempo dado.

Frame Relay

Frame Relay es una técnica de comunicación mediante retransmisión de tramas introducida por la ITU-T (*International Telecommunication Union*: Sector de Estandarización de la Unión Internacional de Telecomunicaciones) a partir de la recomendación I.122 de 1988. Consiste en una forma simplificada de tecnología de conmutación de paquetes que transmite una variedad de tamaños de tramas o marcos para datos, ideal para la transmisión de grandes cantidades de datos.

Ofrece mayores velocidades y rendimiento, a la vez que provee la eficiencia de ancho de banda que viene como resultado de los múltiples circuitos virtuales que comparten un puerto de una sola línea. Los servicios de *Frame Relay* son confiables y de alto rendimiento. Son un método económico de enviar datos, convirtiéndolo en una alternativa a las líneas dedicadas. El *Frame Relay* es ideal para usuarios que necesitan una conexión de mediana o alta velocidad para mantener un tráfico de datos entre localidades múltiples y distantes.

Proporciona conexiones entre usuarios a través de una red pública, del mismo modo que lo haría una red privada punto a punto, esto quiere decir que es orientada a conexión, lo cual implica que los nodos de la red son conmutadores, y las tramas deben llegar ordenadas al destinatario, ya que todas siguen el mismo camino a través de la red, puede manejar tanto tráfico de datos como de voz.

Frame Relay suministra un ancho de banda determinado en un tiempo dado. A este ancho de banda se le conoce como CIR (*Committed Information Rate*: Rango de Información Comprometida) que es la velocidad que la red se compromete a servir como mínimo. Esta velocidad, surge de la división de Bc (*Committed Burst Size*: Volumen de Tráfico Comprometido) que es el volumen de tráfico alcanzable transmitiendo a la velocidad media (CIR), entre el Tc (el intervalo de tiempo). No obstante, una de las características de *Frame Relay* es su capacidad para adaptarse a las necesidades de las aplicaciones, pudiendo usar una mayor velocidad de la contratada en momentos puntuales, adaptándose muy bien al tráfico en ráfagas.

Las conexiones pueden ser del tipo permanente, PVC (*Permanent Virtual Circuit*, Circuito Virtual Permanente) o conmutadas, SVC (*Switched Virtual Circuit*, Circuito Virtual Conmutado).

Los PVCs son situados donde hayan especificado los clientes, entre los emplazamientos designados. Estos canales permanecen activos continuamente y están garantizados, con objeto de proporcionar un nivel específico de servicio, que se ha negociado con el cliente.

En *Frame Relay*, se pueden poner en servicio varios circuitos virtuales sobre una misma interfaz física. Esta forma de multiplexación favorece el mallado completo de una red sin provocar los gastos elevados inherentes a la instalación de múltiples líneas especializadas y de sus respectivos interfaces.

Por otro lado, *Frame Relay* no lleva a cabo ningún tipo de control de errores o flujo, ya que delega ese tipo de responsabilidades en capas superiores, obteniendo como resultado una notable reducción del tráfico en la

red, aumentando significativamente su rendimiento. Esta delegación de responsabilidades también conlleva otra consecuencia, y es la reducción del tamaño de su cabecera, necesitando de menor tiempo de proceso en los nodos de la red y consiguiendo de nuevo una mayor eficiencia. Esta delegación de control de errores en capas superiores es debido a que *Frame Relay* trabaja bajo redes digitales en las cuales la probabilidad de error es muy baja.

Área de la investigación

La investigación está enmarcada en el área de telefonía y de redes de voz y datos, también conocida como tecnología VoIP.

Telefonía

Es un área de la ingeniería cuya función es establecer, mantener y liberar las comunicaciones entre dos o más puntos distantes. Esta comunicación puede ser analógica o digital, y puede utilizar una técnica y un medio de transmisión determinado. La telefonía es la tecnología más usada por el ser humano, no hay otra tecnología con la cual las personas se sientan más familiarizadas y cómodas que con un teléfono tradicional, muchas corporaciones están buscando métodos no tradicionales para reducir sus costos de transmisión de voz, mientras le están dando a los usuarios, el mismo nivel de confort y familiaridad. La reducción de costos envuelve la convergencia de datos y redes de voz.

Red telefónica

Una red telefónica está compuesta básicamente del aparato telefónico,

la línea de abonado (generalmente un par de hilos de cobre que se conectan con la central de conmutación), las líneas que interconectan las centrales y el conjunto de centrales de conmutación, que hacen posible la conexión de un teléfono con otro en la misma o en otra ciudad, o en otro país.

Central telefónica

En el campo de las telecomunicaciones, en un sentido amplio, una central telefónica es el lugar (puede ser un edificio, un local o un contenedor), utilizado por una empresa operadora de telefonía, donde se albergan el equipo de conmutación y los demás equipos necesarios, para la operación de llamadas telefónicas en el sentido de hacer conexiones y retransmisiones de información de voz. En este lugar terminan las líneas de abonado, los enlaces con otras centrales y, en su caso, los circuitos interurbanos necesarios para la conexión con otras poblaciones.

Línea troncal

En términos técnicos una línea troncal son enlaces que entran en una central telefónica para que los usuarios de las extensiones puedan tener acceso a una línea para hacer y recibir llamadas externas.

Conmutador

Son dispositivos que realizan la labor de reencaminar líneas eléctricas de transporte punto a punto, mediante la unión de líneas de entrada a líneas de salida. Un conmutador de circuitos es un elemento que establece una asociación entre una entrada y una salida que perdura en el tiempo. Quizás el conmutador de circuitos más conocido es el de la telefonía, donde el

conmutador es el elemento que se encarga de unir la línea del usuario que llama o llamante con la del abonado llamado.

PBX

PBX es el acrónimo de *Private Branch eXchange*. Es un dispositivo electrónico de conmutación automático, ofrecido por una empresa de telecomunicaciones, por el cual una cantidad n de líneas o números son agrupadas en un único número que se publica o muestra al público y al cual pueden llamar. La empresa proveedora se encarga de distribuir las llamadas entrantes por las líneas disponibles contratadas por el cliente (empresa privada, Gobierno, escuelas, entre otros).

Voz sobre IP (VoIP)

Voz sobre IP es una tecnología que ofrece la posibilidad de transformar las señales de voz en paquetes de datos que pueden ser manejados y transmitidos a través de las redes IP; lográndose establecer una comunicación en tiempo real entre dos personas, sin hacer uso de las redes de telefonía tradicional (Torreyes, 2003).

Funcionamiento de una red voz sobre IP

Voz sobre IP es una tecnología usada para transmitir conversaciones de voz sobre una red de datos usando el protocolo IP, consiste en transformar la voz en paquetes de información manejables por una red IP, con la ayuda de los *gateways* se convierten las señales de voz analógicas, en paquetes de datos digitales comprimidos que son transportados a través de redes de datos, las cuales pueden ser Internet, Intranet Corporativa, una

red manejada por un Operador Local o de Larga Distancia o un Proveedor de Servicio de Internet (Huidobro y Roldán, 2003).

La evolución de la transmisión conmutada por circuitos a la transmisión basada en paquetes, toma el tráfico de la red pública telefónica y lo coloca en redes IP; las señales de voz se encapsulan en paquetes comprimidos que pueden transportarse como IP nativo o como IP por Ethernet, *Frame Relay*, ATM o SONET (Huidobro y Roldán, 2003).

Hoy, las arquitecturas interoperables de Voz sobre IP se basan en el estándar H.323 v2 de la ITU, por lo que la Voz sobre IP debe considerarse como una depuración del H.323, en otras palabras, a la hora de presentarse algún conflicto y a fin de evitar divergencias entre los estándares, H.323 tendrá prioridad sobre el VoIP.

La norma H.323 define un amplio conjunto de características y funciones, define los *gateways* (interfaces de telefonía con la red) y los *gatekeepers* (componentes de conmutación interoficina) e indica la forma de establecer, enrutar y terminar llamadas telefónicas a través de Internet, está definido para tecnologías LAN que no garantizan una calidad de servicio (QoS). Algunos ejemplos son TCP/IP e IPX sobre Ethernet, Fast Ethernet o Token Ring. La tecnología de red más común en la que se están implementando H.323 es IP. (Torreyes, 2003).

La integración de esta tecnología en empresas donde actualmente se utilizan centralitas (PBX) se está realizando a través de planes de convergencia gradual, realizando en un principio la integración de voz y datos entre distintas zonas, utilizando las infraestructuras de comunicaciones LAN y WAN existentes, reduciendo costos de llamadas entre las distintas

ubicaciones.

Requerimientos de una red para soportar VoIP

Entre los aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de implementar el servicio en tiempo real en las redes IP se tienen:

Manejar peticiones RSVP que es un protocolo utilizado para la reservación de recursos en la red.

Usar PPP (Protocolo punto a punto) que ofrece segmentación de paquetes para controlar retardos en la transmisión al viajar a través de líneas de baja velocidad.

Soportar el protocolo del Sistema de Señalización 7 (SS7) donde se de la conexión entre la red IP y la red de telefonía pública conmutada. SS7 se usa eficazmente para fijar llamadas inalámbricas y con línea en la Red Telefónica Pública conmutada (*Public Switched Telephone Network*, PSTN) y para acceder a los servidores de bases de datos de la PSTN.

Trabajar con un comprensivo grupo de estándares de telefonía (SS7, Recomendación H.323) para que los ambientes de telefonía IP, PBX, PSTN y *Gateway* telefónicos puedan operar en conjunto con todas sus características.

Contar con redes LAN basadas en el control de flujo para permitir coexistencia de datos en tiempo real y no real en un conmutador de conexión Ethernet.

Elementos de una red VoIP

El estándar H.323 define un extenso conjunto de características, funciones y componentes. Entre los elementos más relevantes se tienen:

Terminales

Un terminal es un extremo de la red que proporciona comunicaciones bidireccionales en tiempo real, en otras palabras, son los elementos que hacen posible la comunicación. El funcionamiento de estos dispositivos reside en la manipulación de la voz para un envío por una red eminentemente dedicada a datos, realizando el muestreo, la digitalización y la comprensión de una señal.

Gateway

Es el dispositivo empleado para conectar redes que usan diferentes protocolos de comunicación, de forma que la información puede pasar de una red a otra, es decir, es el elemento encargado de hacer de puente entre la red telefónica convencional y la red IP. Se encarga de convertir la señal analógica en paquetes IP y viceversa. Ofrece la posibilidad de comunicar un dispositivo no IP con otro IP, permitiendo por una parte conectar una central telefónica, y por la otra una red IP.

El *gateway* es un dispositivo fundamental en la mayoría de las redes, pues su misión es la de enlazar la red IP con la red telefónica analógica. Se puede considerar al gateway como una caja que por un lado tiene una interface LAN y por el otro dispone de una o varias de las siguientes interfaces:

FXO para conexión a extensiones de centralitas ó a la red telefónica básica.

FXS para conexión a enlaces de centralitas o a teléfonos analógicos.

E&M para conexión específica a centralitas.

BRI acceso básico RDSI

PRI acceso primario RDSI

G703/G.704.(E&M digital): conexión específica a centralitas a 2 Mbps.

La función principal del *gateway* consiste en permitir la conversión de un formato de la red IP a diferentes formatos de transmisión y procesos de comunicación. Desde un *gateway* de origen las llamadas de voz se digitalizan, codifican, comprimen y encapsulan, y luego, se descomprimen, decodifican y rearman en el *gateway* de destino.

Gatekeepers

El *gatekeeper* es una entidad que proporciona la traducción de direcciones y el control de acceso a la red de los terminales H.323 y *gateways*. Es un elemento opcional en la red, pero cuando está presente, todos los demás elementos que contacten dicha red deben hacer uso de él. Su función principal es la de gestión y control de los recursos de la red, de manera que no se produzcan situaciones de saturación de la misma. Puede también ofrecer otros servicios tales como gestión del ancho de banda y localización de los *gateways* o pasarelas.

El *gatekeeper* realiza dos funciones de control de llamadas que preservan la integridad de la red corporativa de datos. La primera es la traslación de direcciones de los terminales de la LAN a las correspondientes IP o IPX, tal y como se describe en la especificación de servicios de acceso

remoto (*Remote Access Service*, RAS). La segunda es la gestión del ancho de banda, fijando el número de conferencias que pueden estar dándose simultáneamente en la LAN y rechazando las nuevas peticiones por encima del nivel establecido, de manera tal que se garantice ancho de banda suficiente para las aplicaciones de datos sobre la LAN. Cuando se realiza un intento de llamada, el terminal pregunta al *gatekeeper* sobre la posibilidad de realizarla. Aprobado el permiso, este hace la conversión del identificador del usuario destino y la dirección IP equivalente.

Unidades de Control Multipunto

Las Unidades de Control Multipunto están diseñadas para soportar la conferencia entre tres o más puntos, bajo el estándar H.323, llevando la negociación entre terminales para determinar las capacidades comunes para el proceso de audio y vídeo y controlar la multidifusión.

La comunicación bajo H.323 contempla las señales de audio y vídeo. La señal de audio se digitaliza y se comprime bajo uno de los algoritmos soportados, tales como el G.711 o G.723, y la señal de vídeo (opcional) se trata con la norma H.261 o H.263. Los datos (opcional) se manejan bajo el estándar T.120 que permite la compartición de aplicaciones en conferencias punto a punto y multipunto.

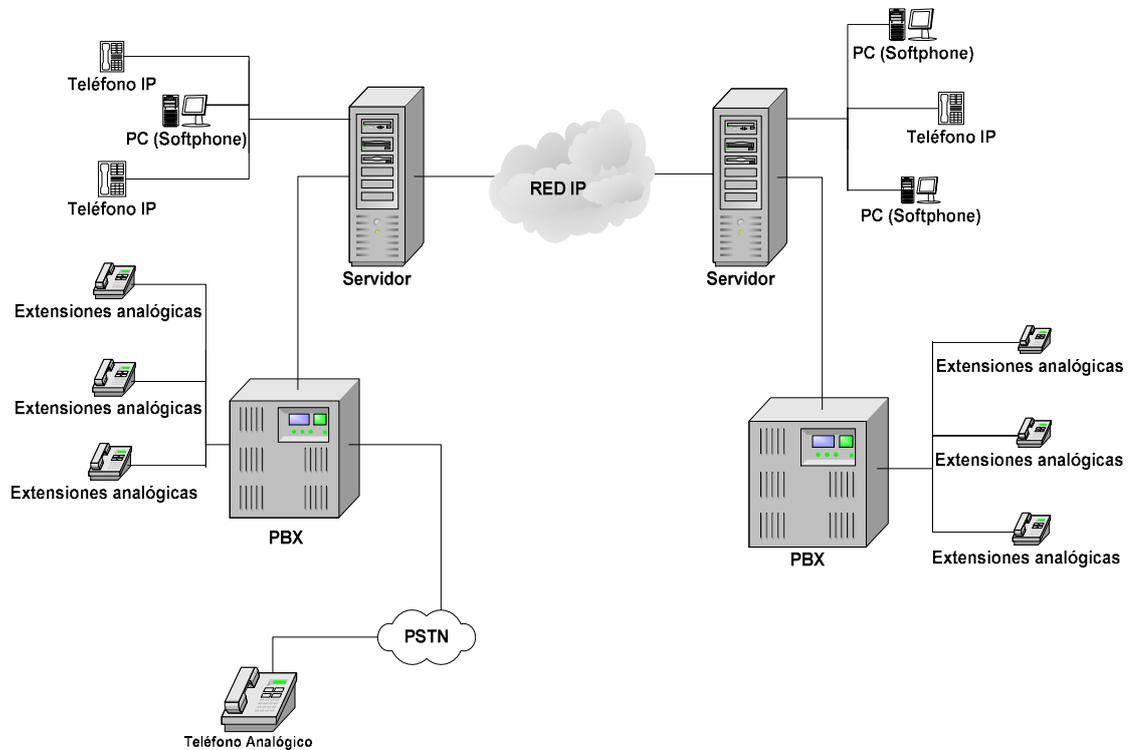


Figura 1. Esquema VoIP.

Ventajas de la tecnología de voz sobre IP

Ahorro de costos de comunicaciones pues las llamadas entre las distintas delegaciones o dependencias de la organización serían de bajo costo.

Uso de las redes IP existentes, que son el estándar universal para la Internet, intranets y extranets.

Integración de servicios proporcionando la voz en las intranets como un servicio informático más de la red; y unificación de estructura dándose la fusión entre las redes de datos y las redes telefónicas.

Existencia de estándares efectivos, como lo es H.323 e interoperabilidad de diversos proveedores.

Menores costos que tecnologías alternativas como voz sobre TDM.

Permiten acceso a las redes corporativas desde pequeñas sedes a través de redes integradas de voz y datos conectadas a sucursales.

En la figura 1 se muestra un esquema de los componentes de una red VoIP.

Modelos Erlang

Los Modelos Erlang son modelos matemáticos estandarizados, desarrollados por A.K. Erlang a principios del siglo XX. Cada uno de estos modelos supone que el tiempo entre los intentos de llamadas (salientes o entrantes) es aleatorio con una distribución de Poisson. Estos modelos necesitan que se les proporcionen algunas variables conocidas para resolver otras desconocidas.

Existen tres modelos estándar usados en la industria de las telecomunicaciones, el modelo Erlang B, el modelo Erlang B extendido y el modelo Erlang C.

El modelo Erlang B se usa cuando hay una ruta de desborde para los enlaces troncales. Por ejemplo, una PBX puede volver a enrutar llamadas a la red de telefonía tradicional si todos los enlaces troncales están ocupados.

El modelo Erlang B extendido, es apropiado cuando no hay ruta de

desbordamiento y quien llama oye un tono de ocupación de línea cuando los enlaces troncales están ocupados. Este modelo considera el hecho de que los usuarios volverán a llamar cuando una llamada falle, lo que incrementa la cantidad de tráfico entrante.

El modelo Erlang C es apropiado si las llamadas se sitúan en una cola cuando los enlaces troncales están ocupados. Utiliza variables como el número de llamadas por hora y la media de la duración de las llamadas.

Asterisk

El software *Asterisk* es una herramienta de código abierto para aplicaciones de telefonía, que funciona como un servidor de procesamiento de llamada completamente equipado en sí mismo, en otras palabras, *Asterisk* es una PBX en software. Funciona en sistemas operativos como Linux, BSD, Solaris, Microsoft Windows, MAC OS y provee todas las características que se esperan de un PBX.

Puede ser un sistema independiente o un ayudante para la implementación de Voz Sobre IP en un sistema PBX previamente existente. *Asterisk* puede funcionar como una central VoIP conmutando llamadas vía IP (netamente Software) o puede fungir como un gateway entre la plataforma Standard de una PBX y una red IP, utilizando interfaces de hardware, como tarjetas FXO, accediendo directamente a PSTN y manteniendo el acceso de teléfonos IP o softphones vía TCP/IP. Puede ser un servidor que no tiene conectividad a Internet, pero usa líneas principales analógicas o digitales basadas en tarjetas PCI para procesar llamadas. Está dotado con características que sólo ofrecen los grandes sistemas PBX propietarias como son buzón de voz, llamadas en conferencia, cola de llamadas y registros de

llamadas detallados.

Entre los protocolos VoIP más importantes soportados por *Asterisk* se tiene el protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*, Protocolo de Inicio de Sesión), que es un protocolo de señalización para el inicio, mantenimiento y finalización de una sesión multimedia (voz y video), a través de una red de conmutación de paquetes, tiene una sintaxis simple, similar a HTTP o SMTP. Usa la codificación UTF-8 y el puerto 5060 para conexiones TCP y UDP, tiene métodos para minimizar los efectos de DoS (*Denial of Service* ó Denegación de Servicio), que consiste en saturar la red con solicitudes de invitación y utiliza un mecanismo seguro de transporte mediante TLS (*Transport Layer Security*, Seguridad para Capa de Transporte). SIP trabaja en conjunto con otros protocolos, ya que solo se encarga de la señalización en una sesión de comunicación. SIP actúa como transportador del SDP (*Session Description Protocol*, Protocolo de Descripción de Sesión), el cual describe el contenido de media de la sesión (puertos IP usados, *Codec*, entre otros). Para el transporte de contenido de voz y video se utiliza el protocolo RTP (*Real Time Transport Protocol*, Protocolo de Transporte en Tiempo Real).

El IAX (*Inter.-Asterisk Exchange*, Intercambio entre *Asterisk*) es un protocolo de transporte que usan las centrales *Asterisk* para comunicarse entre si, con el fin de establecer una comunicación de voz, utiliza el puerto UDP 4569 tanto para señalización de canal como para el transporte en tiempo real (RTP). Puede empaquetar múltiples sesiones dentro de un flujo de datos, así requiere de menos ancho de banda y permite mayor número de canales entre terminales. El tráfico de voz es transmitido *in-band*, lo que hace a IAX un protocolo casi transparente a los cortafuegos y realmente eficaz para trabajar dentro de redes internas. En esto se diferencia de SIP, que

utiliza una cadena RTP *out-of-band* para entregar la información. Usando el *Inter-Asterisk eXchange* (IAX™), las funciones de voz y tráfico de red, emergen a través de redes separadas. Mientras se usa el paquete de voz, es posible enviar datos como información URL e imágenes en línea con tráfico de voces permitiendo la integración de información avanzada.

H.323 es una familia de estándares definidos por el ITU para las comunicaciones multimedia sobre redes LAN. Está definido específicamente para tecnologías LAN que no garantizan una calidad de servicio (QoS), originalmente fueron diseñados para el transporte de vídeo conferencias, son protocolos relativamente seguros, ya que utilizan RTP aunque tienen dificultades con NAT (Traducción de Dirección de Red), por ejemplo para recibir llamadas se necesita direccionar el puerto TCP 1720 al cliente, además de direccionar los puertos UDP para la media de RTP y los flujos de control de RTCP (*Real Time Control Protocol*, Protocolo de Control en Tiempo Real). Algunos ejemplos son TCP/IP e IPX sobre Ethernet.

MGCP (*Media Gateway Control Protocol*, Protocolo de Control de Pasarela de Medios) Inicialmente diseñado para simplificar la comunicación con terminales como los teléfonos, utiliza un modelo centralizado (arquitectura cliente-servidor), de tal forma que un teléfono necesita conectarse a un controlador antes de conectarse con otro teléfono, así la comunicación no es directa. Tiene tres componentes un MGC (*Media Gateway Controlle*, control maestro), uno o varios MG (*Media Gateway*, Gateway esclavo) y una o varias SG (*Signaling Gateway*, puertas de señalización), el primero también denominado dispositivo maestro controla al segundo también denominado esclavo. Un *gateway* tradicional, cumple con la función de ofrecer conectividad y traducción entre dos redes diferentes e incompatibles como lo son las de Conmutación de Paquetes y las de

Conmutación de Circuitos. En esta función, el gateway realiza la conversión del flujo de datos, y además realiza también la conversión de la señalización, bidireccionalmente. MGCP separa conceptualmente estas funciones en los tres elementos previamente señalados. Así, la conversión del contenido multimedia es realizada por el MG, el control de la señalización del lado IP es realizada por el MGC, y el control de la señalización del lado de la red de Conmutación de Circuitos es realizada por el SG. MGCP introduce esta división en los roles con la intención de aliviar a la entidad encargada de transformar el audio para ambos lados, de las tareas de señalización, concentrando en el MGC el procesamiento de la señalización.

SCCP (*Skinny Client Control Protocol*) que es un protocolo propietario de Cisco. Es el protocolo por defecto para terminales con el servidor Cisco *Call Manager* PBX que es el similar a *Asterisk* PBX. El cliente *Skinny* usa TCP/IP para transmitir y recibir llamadas, para el audio utiliza RTP, UDP e IP. Los mensajes *Skinny* son transmitidos sobre TCP y usa el puerto 2000.

Entre los *codecs* que soporta *Asterisk* están el ADPCM, G.711 (*A-Law* y *U-Law*), G.723.1, G.726, G.729, GSM, iLBC, Lineal, LPC-10, Speex entre otros. Para la interacción con la telefonía tradicional *Asterisk* soporta señalización E&M, E&M Wink, FXO, FXS, GR-303, Características del Grupo D, Señalización por Bucle (*Loopstart*), Señalización por Tierra (*Groundstart*), *Kewlstart*, Soporte de Tonos MF (multifrecuencia) y DTMF (multifrecuencia con doble tono), RBS (*Robbed-bit Signaling*).

El funcionamiento de *Asterisk* se realiza a través de canales o módulos, estos canales se usan para los distintos tipos de conexiones de los protocolos VoIP como SIP, IAX, ZAP, MGCP y H.323. Teléfonos analógicos tradicionales analógicos, digitales, teléfonos IP o Softphones se conectan a

un canal, y luego se registran para dar a conocer que están en línea. Los canales también registran conexiones salientes a otro servidor VoIP, como es el caso de los canales IAX. Estos canales son las vías de acceso a los entes finales de la conexión que están representados por los teléfonos (analógicos, digitales, IP, SIP, IAX entre otros), las líneas de salida al PSTN (FXO, PRI, ISDN, T1, E1), o un proveedor de VoIP (*Broadvoice*, *Nufone* u otro).

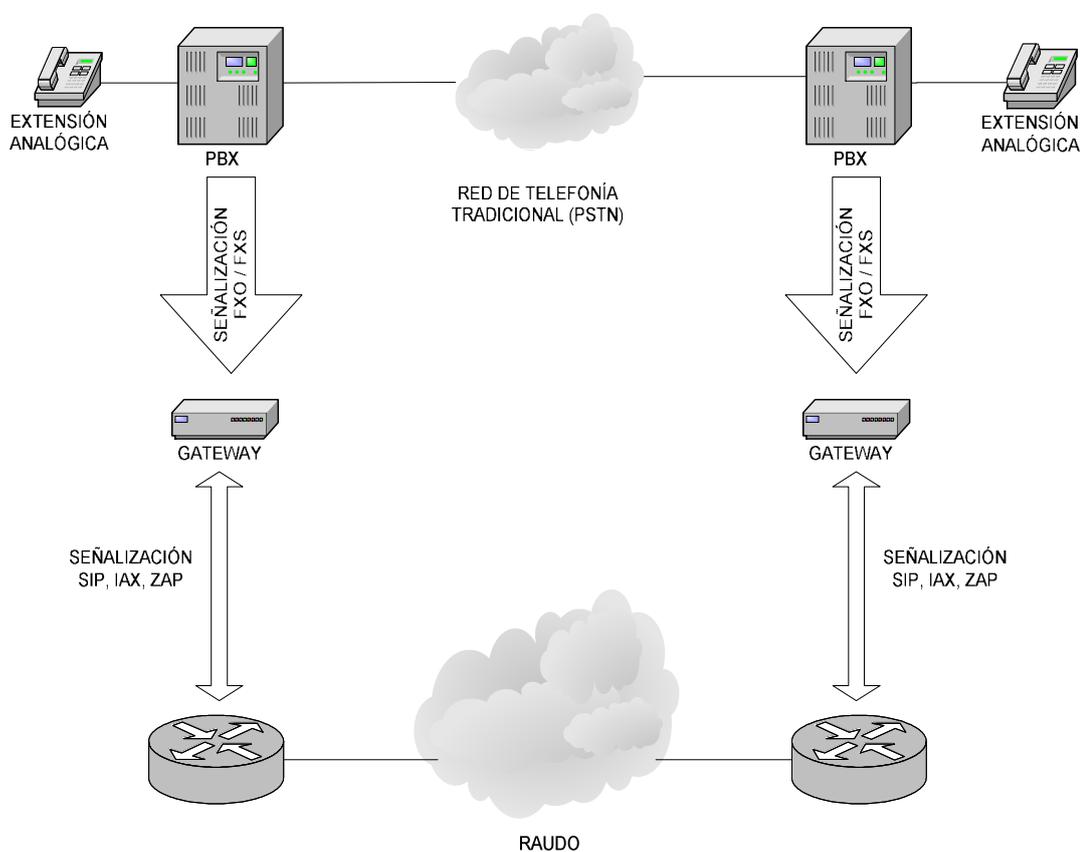


Figura 2. Elementos de interfaces VoIP.

En la figura anterior se muestran los componentes y los tipos de señalización de una interconexión VoIP.

La configuración de los servidores *Asterisk* se realiza mediante dichos canales, cada canal tiene su archivo de configuración, por ejemplo, el módulo o canal de *Asterisk* que se comunica con las placas de sonido, se maneja a través del archivo *alsa.conf*, el modulo de IAX tiene su *iax.conf* y así para cada cosa.

Están localizados en el directorio `/etc/Asterisk`, el formato de estos archivos es similar a los formatos (win.ini) de hace varios años de Windows 3.1, son archivos ASCII de formato plano, dividido en secciones las cuales están tituladas con un nombre de sección en corchetes, seguida por las claves o parámetros de configuración y sus respectivos valores, los cuales varían según las necesidades de interconexión y pueden ser valores booleanos (SI/NO) o tener valores específicos (por ejemplo el número de puerto que utiliza un canal, en el caso de IAX el valor en el parámetro puerto es 5036).

Generalmente los archivos tienen una sección principal donde están los parámetros globales de dicho archivo; y una o varias secciones llamadas contextos, que son el bloque de construcción central de *Asterisk*, cada contexto representa un plan de marcado.

Los archivos de configuración de *Asterisk* son muchos, pero entre los más usados estan:

`sip.conf`, donde se declaran parámetros generales del servidor como la dirección IP del mismo, el puerto que se usara, que para SIP es el 5060, los tipos de *Codecs* que se permitirán y se definen las extensiones SIP, los clientes o extensiones deben ser configurados en este archivo antes de poder recibir o hacer llamadas.

extensions.conf, es el corazón del funcionamiento de *Asterisk*, acá se define como se deben manejar las llamadas. Es donde se programa el funcionamiento de las extensiones, funciona definiendo varios “contextos”, que son *Clústers* de sentencias de igualdad del número marcado y se usa como se podría usar una subrutina. Dentro de un contexto están un número de sentencias de igualdad que realizan pruebas de igualdad contra el número que está siendo procesado. La llamada es pasada a través de la lista de comparación hasta que se encuentra una coincidencia. Cada contexto tiene un conjunto de igualaciones de extensión, que determinan qué aplicaciones deberían ser accionados por la llamada, y cómo la llamada debería ser enrutada. La igualdad es realizada en orden numéricamente ascendente. La inspección de igualdad se hace sobre los dígitos que siguen al “=>” hasta la siguiente coma. Cada definición de pareja tiene al menos una “prioridad”, que simplemente es un número que le dice al servidor en qué orden ejecutar las aplicaciones cuando se encuentra una coincidencia para la cadena de igualdad. Las prioridades deben ser números enteros secuenciales. Cada línea está en el formato:

“exten => extensión, prioridad, aplicación”.

voicemail.conf, este es el encargado de configurar los parámetros para el sistema de buzón de voz, donde se crean las bandejas de buzón de correo de voz de cada una de las extensiones, el archivo esta dividido en dos secciones, la sección general, que contiene distintos parámetros, como por ejemplo en que formato se guardan los mensajes recibidos y la segunda sección indica la configuración individual de cada casilla.

iax.conf, desde acá se controlan que equipos remotos pueden conectarse a nuestro *Asterisk* registrando sus direcciones IP, también se

especifica el puerto, que par IAX es el 5036, los tipos de *Codecs* que se podrán usar, y es donde se declaran las extensiones con enlaces remotos, trabaja de la misma forma que sip.conf.

zapata.conf, es donde se controla y configuran los parámetros que permiten la comunicación entre *Asterisk* con los drivers de los dispositivos usados para tener acceso a tarjetas de telefonía (FXO, FXS, E1).

Calidad de servicio (QoS)

La calidad de servicio en una red, es la capacidad que tiene la misma para mantener y soportar un comportamiento acorde al tráfico que se transmita por ella. En el caso de las redes VoIP, todavía adolecen de la calidad presente de los sistemas telefónicos tradicionales.

Los problemas de esta calidad son muchas veces inherentes a la utilización de la red, debido a que las redes de datos no funcionan de la misma manera que las redes telefónicas. Las redes de voz o telefónicas emplean conmutación de circuitos, es decir, se establece una conexión física de extremo a extremo, durante el tiempo que dure la transmisión que luego se desconecta para dejar libres los medios de transmisión y de conmutación; mientras que las redes de datos basan su funcionamiento en la conmutación de paquetes, en donde la información se divide en bloques o paquetes antes de ser enviada por la red, cada paquete lleva la dirección de origen y la de destino, se transmiten individualmente y pueden llegar a tomar diferentes rutas para llegar a su destino por tanto la información no viaja siempre por el mismo camino, lo que produce efectos como la pérdida de paquetes y el *jitter*. Por otro lado, las comunicaciones VoIP son en tiempo real lo que produce que efectos como el eco, y el retardo o latencia sean molestos y

perjudiciales (Cisco Systems, 2004).

Las redes IP son redes del tipo *best-effort* (mejor esfuerzo) y por tanto no ofrecen garantía de QoS, pero las aplicaciones de telefonía IP si necesitan algún tipo de garantía de QoS en términos de demora, *jitter* y pérdida de paquetes. En tal sentido existen diferentes métodos y mecanismos de señalización para QoS en redes IP.

Con respecto al *jitter* que se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino, se recomienda ampliamente la utilización del *jitter buffer*, que consiste básicamente en asignar una pequeña cola o almacén para ir recibiendo los paquetes y sirviéndolos con un pequeño retraso. Si alguno paquete no está en el *buffer* (se perdió o no ha llegado todavía) cuando sea necesario se descarta. El *jitter* entre el punto inicial y final de la comunicación debiera ser inferior a 100 ms.

La latencia también llamada retardo, es un problema general de las redes de telecomunicación. Se define técnicamente en VoIP como el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente al destino. Las comunicaciones en tiempo real (como VoIP) y *full-duplex* son sensibles a este efecto. No hay una solución que se pueda implementar de manera sencilla. Muchas veces depende de los equipos por los que pasan los paquetes, es decir, de la red misma. Se puede intentar reservar un ancho de banda de origen a destino o marcar los paquetes con valores de prioridad para intentar que los equipos sepan que se trata de tráfico en tiempo real y lo traten con mayor prioridad. La latencia o retardo entre el punto inicial y final de la comunicación debiera ser inferior a 150 ms para conversaciones

normales y para una conversación telefónica no debe exceder de 400 ms.

En el caso del eco, que se define como una reflexión retardada de la señal acústica original y se produce por un fenómeno técnico que es la conversión de 2 a 4 hilos de los sistemas telefónicos o por un retorno de la señal que se escucha por los altavoces y se cuela de nuevo por el micrófono; hay dos posibles soluciones, la utilización de supresores de eco, donde se evita que la señal emitida sea devuelta convirtiendo por momentos la línea *full-duplex* en una línea *half-duplex*, de tal manera que si se detecta comunicación en un sentido se impide la comunicación en sentido contrario, y la utilización de canceladores de eco donde el sistema por el cual el dispositivo emisor guarda la información que envía en memoria y es capaz de detectar en la señal de vuelta la misma información (tal vez atenuada y con ruido). El dispositivo filtra esa información y cancela esas componentes de la voz.

Pérdidas de paquetes. Las comunicaciones en tiempo real están basadas en el protocolo UDP. Este protocolo no está orientado a conexión y si se produce una pérdida de paquetes no se reenvían. Además la pérdida de paquetes también se produce por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor. La pérdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación deber ser inferior al 1%. Pero es bastante dependiente del códec que se utiliza. Cuanto mayor sea la compresión del códec más dañino es el efecto de la pérdida de paquetes. Para evitar la pérdida de paquetes una técnica muy eficaz en redes con congestión o de baja velocidad es no transmitir los silencios. Gran parte de las conversaciones están llenas de momentos de silencio. Si solo se transmite cuando haya información audible se liberaría bastante los enlaces y se evitaría el fenómeno de congestión (Cisco Systems. 2004).

Por otra parte, existen varios niveles en los cuales se puede proveer de calidad de servicio en una red IP. Uno de ellos es el de contar con una estrategia de manejo de los paquetes en caso de congestión, o el evitar que la red alcance este estado, descartando paquetes a medida que estos ingresan a la red. El manejo de congestión es un término general usado para nombrar los distintos tipos de estrategia de encolamiento que se utilizan para manejar situaciones donde la demanda de ancho de banda solicitada por las aplicaciones excede el ancho de banda total de la red, controlando la inyección de tráfico a la red, para que ciertos flujos tengan prioridad sobre otros.

Se han desarrollado algoritmos avanzados de manejos de cola, modeladores de tráfico (*traffic shaping*) y mecanismos de filtrado mediante listas de acceso (*access-list*). Cada red puede tomar ventaja de distintos aspectos en implementaciones de QoS para obtener una mayor eficiencia, ya sea para redes de pequeñas corporaciones, empresas, o proveedores de servicios de Internet (Cisco Systems. 2002).

Asimismo es necesario buscar QoS no solo en la red, sino también en los terminales, y en los procesos que en los mismos se desarrollan, de ahí que sea necesario también decir que la sensibilidad a la pérdida de paquetes, a las demoras y sus fluctuaciones, que experimentan los servicios de voz sobre IP, dependen en buena medida de los mecanismos implementados en los terminales.

La puesta a tono de los medios en los terminales para ser transferidos y enviados por la red IP involucra diversos procesos: digitalización, compresión y empaquetado en el extremo emisor, y los procesos inversos en el extremo receptor. Todo esto se lleva a cabo mediante un complejo procesamiento que

sigue determinado algoritmo, lo cual a su vez se desarrolla en cierto intervalo de tiempo, lo que implica demora de procesamiento y demora de empaquetado.

Debe señalarse que el resultado de esta codificación – paquetización incide directamente en la QoS, y también la forma en que se lleve a cabo. Así, cuando se reduce la velocidad de codificación los requerimientos de ancho de banda también se reducen, lo que posibilita de cara a la red poder manejar más conexiones simultáneas, pero se incrementa la demora y la distorsión de la señales de voz. Lo contrario ocurre al aumentar la velocidad de codificación (Cisco Systems. 2002).

Codecs

La comunicación de voz es analógica, mientras que la red de datos es digital. El proceso de convertir ondas analógicas a información digital se hace con un codificador-decodificador (el *codec*). Hay muchas maneras de transformar una señal de voz analógica, todas ellas gobernadas por varios estándares. El proceso de la conversión es complejo. Es suficiente decir que la mayoría de las conversiones se basan en la Modulación por Impulsos Codificados (*Pulse Code Modulation, PCM*) o variaciones.

Además de la ejecución de la conversión de analógico a digital, el *codec* comprime la secuencia de datos, y proporciona la cancelación del eco. La compresión de la forma de onda representada puede permitir el ahorro del ancho de banda. Esto es especialmente interesante en los enlaces de poca capacidad y permite tener un mayor número de conexiones de VoIP simultáneamente. Otra manera de ahorrar ancho de banda es el uso de la supresión del silencio, que es el proceso de no enviar los paquetes de la voz

entre silencios en conversaciones humanas.

Volviendo a la calidad de la voz, el P.860 o MOS (*Mean Opinion Score*) es el estándar de medición de QoS en redes VoIP, que consiste en una medida subjetiva de la calidad del sonido y sirve para valorar la eficacia de los *codec* que comprimen la voz o las conversaciones telefónicas. Es una unidad de medida referente a la calidad del habla humana en sistemas de telefonía VoIP, representada con un porcentaje. MOS es calculado tomando el promedio numérico entre puntajes dados por un jurado utilizándolo como un indicador para medir la calidad de un sistema, el cual asigna valores en una escala de 1 a 5 para indicar buena calidad, siendo 1 mala calidad y 5 para calida optima.

En la siguiente tabla se muestra la escala de valores para el MOS y para cada valor se establecen dos parámetros cualitativos como lo son la calidad de la voz y el esfuerzo auditivo necesario para poder escuchar una conversación.

Tabla 1. Escala de valores para el MOS.

Escala de MOS	Definición cualitativa	Escala de esfuerzo auditivo
5	Excelente	No se necesita esfuerzo
4	Buena	No se necesita esfuerzo pero si atención
3	Aceptable	Esfuerzo moderado requerido
2	Difícilmente aceptable, mala	Considerable esfuerzo requerido
1	Muy mala	Inentendible, sin importar el esfuerzo

En la tabla que se muestra a continuación se observan los distintos

valores de MOS aplicable a diferentes algoritmos o *Codecs* estudiados y utilizados en las redes VoIP.

Tabla 2. Valores de MOS para diferentes *Codecs*

Técnica de Digitalización	Estándar ITU-T (Codec)	Velocidad (kbps)	Escala en MOS
PCM	G.711	64	4.1
ADPCM	G.726	16/24/32/40	3.85
LDCELP	G.728	16	3.61
CS-ACELP	G.729	8	3.92
CS-ACELP	G.729A	8	3.9
MPMLQ	G.723.1	6.3	3.8

MARCO METODOLÓGICO

Metodología de la investigación

Tipo de investigación

Según las características del trabajo se considera que la investigación es del tipo aplicada, la cual consistió en el estudio y aplicación de la investigación a problemas reales, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías (Tamayo y Tamayo, 1997).

Diseño de la investigación

Puesto que la investigación se basó en la recolección de datos directamente del entorno donde se producían los hechos, el diseño de la investigación presenta un diseño de campo (Tamayo y Tamayo, 1997).

Técnicas para la recolección de datos

Para la realización del proyecto fue necesario llevar a cabo un proceso de recolección de información, que se hizo mediante técnicas definidas, entre las cuales están las consultas y revisiones bibliográficas, la observación directa, entrevistas no estructuradas al personal encargado del control, gestión y mantenimiento de las redes existentes en el Núcleo de Sucre y el edificio del Rectorado de la Universidad de Oriente.

Metodología del área aplicada

En cuanto al desarrollo del proyecto, se hizo uso de la metodología propuesta por Keagy (2001), para la integración de redes de voz y datos. Las fases que contempla esta metodología son:

Determinar los requisitos y expectativas para el servicio de voz

En esta fase se determinan los requisitos del proyecto y las medidas de su éxito. Específicamente, se direccionan los patrones de llamadas y las expectativas de calidad de voz de todas las partes interesadas.

Establecer la interfaz de telefonía e información de la señalización

El principal objetivo en esta fase es reunir la información necesaria relacionada con la telefonía, recolectando información concerniente al tipo de equipamiento e interfaz física conectados a RAUDO, los puertos PBX que se utilizarán, el tipo de señalización que se usará y las opciones de configuración del software para la interfaz conectada a RAUDO; todo esto con la ayuda del personal que opera en el departamento de telecomunicaciones y la aplicación de formularios de información de telecomunicaciones a cada sitio.

Determinar y planificar los requisitos del enlace troncal de voz y ancho de banda

El objetivo de la planificación del tráfico de telecomunicaciones es determinar el número óptimo de enlaces troncales de voz a un destino, de modo de conseguir una tasa de éxito en las llamadas durante los intervalos de tráfico intenso. Para esto se usan modelos estadísticos estandarizados llamados modelos Erlang, que proporcionan el número de puertos de voz necesarios.

Seleccionar el hardware y determinar sus requisitos

En esta fase se elegirá, de ser necesario, el hardware a ser utilizado, estudiando sus requisitos de interconexión, los servicios que ofrecen para voz y la interfaz que brindan para telefonía tradicional.

Revisar la solución propuesta en términos de requisitos

Esta etapa consiste en verificar si se ha conseguido los objetivos de diseño identificados inicialmente (interfaces entre RAUDO y switches telefónicos, requisitos de ancho de banda, enlaces troncales y plataforma hardware) antes de realizar la adquisición de los equipos.

Desarrollar un plan de retardos y de pérdidas de señal

En primer lugar se deben realizar las opciones de la interfaz de voz que se configuran por software. Luego se hace el plan de retardos que consiste en contabilizar los componentes que generen demoras en la red y asegurarse que el retardo total esté dentro de un límite definido que debe estar entre 0 y 400 ms. Los componentes de retardo en un sentido que se deben tomar en cuenta son: retardos por codificación-decodificación, retardos por enlaces y retardos de reproducción del búfer. Por otra parte se debe preparar y administrar los niveles de señal a través de cada ruta en la red, ya que el nivel de señal no debe ser demasiado bajo ni demasiado alto, es decir, debe estar en equilibrio, para que la calidad de la voz no se vea afectada.

Establecer un plan integrado de servicio telefónico

En esta fase se debe describir la conectividad entre todas las estaciones de teléfonos y las redes de voz y datos. Considerando las funciones de los switches telefónicos tradicionales, así como los equipos de multiservicio. Además es necesaria la creación de un plan de marcación (o

plan de acceso telefónico) y un plan de enrutamiento, para ambos existen estrategias específicas entre las cuales están asignación de prefijos y acceso híbrido para el plan de marcado y distribución de la inteligencia de enrutamiento.

CAPÍTULO III.

DESARROLLO

Determinar los requisitos y expectativas para el servicio de voz

En esta fase inicial del proyecto era necesario hacer un estudio del flujo de llamadas diarias que se *manejaban* entre el Rectorado y en el Núcleo de Sucre, con lo cual se determinaría los patrones de llamadas necesarios para satisfacer los requerimientos del sistema telefónico actual, así como también, establecer la calidad de servicio esperada para el nuevo sistema de voz.

Para determinar y direccionar los patrones de llamadas se realizó un monitoreo y análisis del tráfico de llamadas entre el Rectorado y el Núcleo de Sucre. Este estudio se hizo con la ayuda del módulo de tarificación de la central telefónica Ericsson MD110, tomando 15 días de muestra del número de llamadas salientes desde el Rectorado al Núcleo de Sucre y la duración total de las mismas, en el horario comprendido de 8:00am a 7:00pm. Se estimó que en el sentido Núcleo de Sucre - Rectorado, el comportamiento de las llamadas sería similar. Los valores obtenidos se llevaron a unas tablas y posteriormente a unas gráficas para obtener el número de canales de voz necesarios para la interconexión y más adelante con la ayuda de los Modelos Erlang obtener el ancho de banda necesario para el acorde funcionamiento de la red.

Tanto la central Ericsson MD110 del Rectorado como la del Núcleo de Sucre cuentan con un módulo de tarificación de llamadas, donde se pueden apreciar todas las llamadas realizadas por cada una de las extensiones que poseen dichas centrales y la duración de las mismas.

Los resultados obtenidos del monitoreo se representan en las siguientes tablas y graficas:

La Tabla 3 representa el número de total de llamadas por horas que se realizaron desde el Rectorado al Núcleo de Sucre, durante 15 días, entre las 8:00 a.m. y 7:00 p.m.

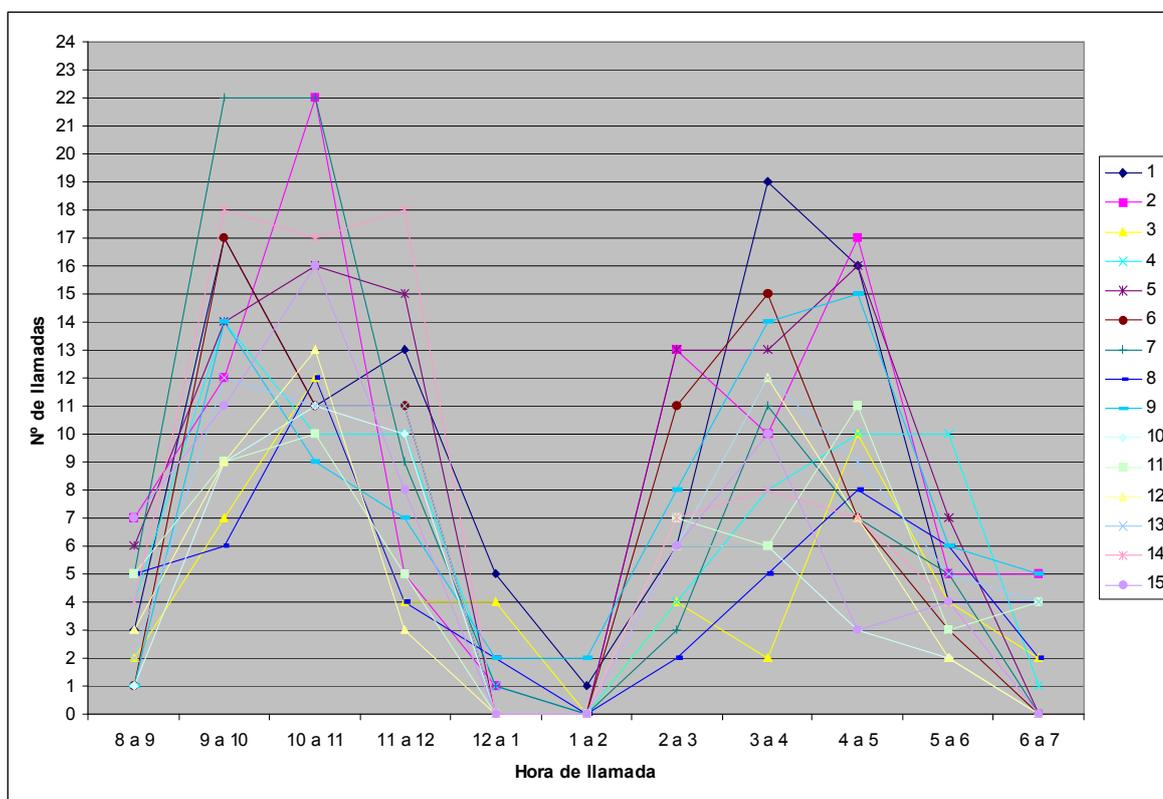


Figura 3. Gráfica del número total de llamadas diarias.

Tabla 3. Número de llamadas diarias por hora.

Día	Número de llamadas por hora															Total por día
	8 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12	12 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11	
1	3	17	11	13	5	1	6	19	16	4	4	99				
2	7	12	22	5	1	0	13	10	17	5	5	97				
3	2	7	12	4	4	0	4	2	10	4	2	51				
4	4	14	10	10	1	0	4	8	10	10	1	72				
5	6	14	16	15	0	0	13	13	16	7	0	100				
6	1	17	11	11	0	0	11	15	7	3	0	76				
7	5	22	22	9	1	0	3	11	7	5	0	85				
8	5	6	12	4	2	0	2	5	8	6	2	52				
9	1	14	9	7	2	2	8	14	15	6	5	83				
10	1	9	11	10	0	0	6	6	3	2	0	48				
11	5	9	10	5	0	0	7	6	1	3	4	60				
12	3	9	13	3	0	0	6	12	7	2	0	55				
13	2	12	11	11	0	0	6	12	9	5	4	72				
14	4	18	17	18	0	0	7	8	7	4	0	83				
15	7	11	16	8	0	0	6	10	3	4	0	65				
Total por hora	56	191	203	133	16	3	102	151	146	70	27	1098				
Promedio por hora	3,73	12,73	13,53	8,86	1,067	0,2	6,8	10,06	9,73	4,66	1,8	73,2				

En la gráfica de la figura 3 cada línea coloreada representa un día de muestreo de las llamadas salientes, donde se puede observar que el número de llamadas se va incrementando a medida que transcurre la mañana alcanzando sus máximos valores entre las 9 y 11 de la mañana, en otras palabras, el flujo de llamadas desde el Rectorado al Núcleo de Sucre es alto entre las 9 y 11 a.m. De igual manera se puede observar que el tráfico de llamadas es alto entre las 3 y 5 p.m. por lo cual se necesitan más canales de voz activos entre estas horas.

La Tabla 4 representa la duración total de las llamadas en segundos que se realizaron desde el Rectorado al Núcleo de Sucre, durante 15 días, entre las 8:00 a.m. y 7:00 p.m.

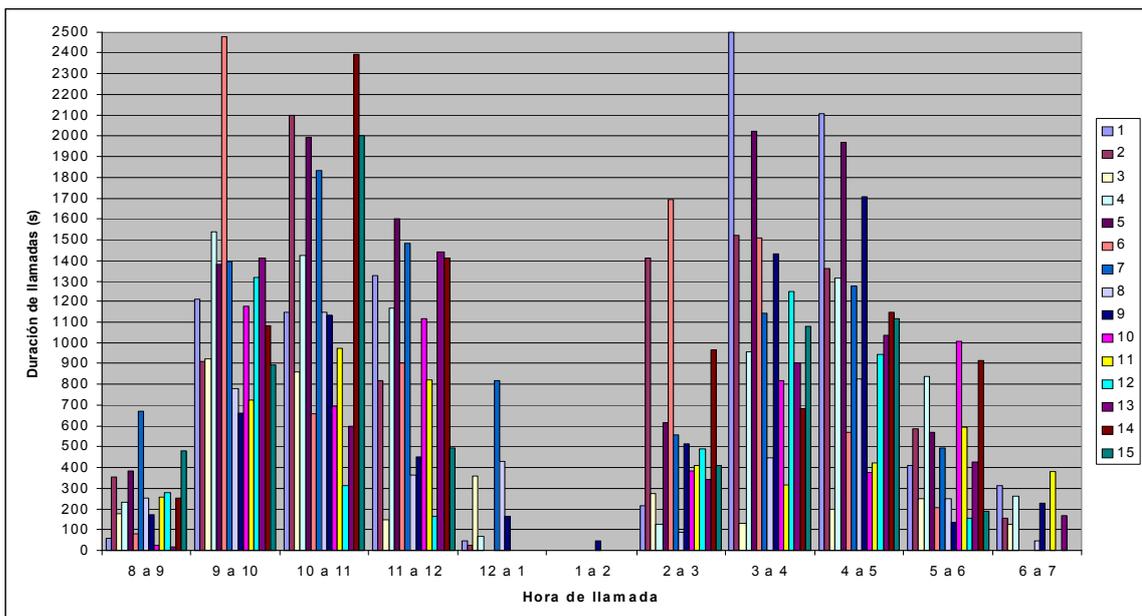


Figura 4. Gráfica de la duración total de llamadas diarias.

En esta gráfica se puede observar que la duración total de las llamadas por horas va aumentando a medida que transcurre la mañana y la tarde alcanzando sus máximos valores entre las 9 y 11 de la mañana y entre las 3 y 5 p.m.

Por otra parte, el promedio de llamadas diarias que se hacen desde el Rectorado al Núcleo de Sucre es de 73,2 llamadas y el tiempo promedio del total de las llamadas es de 7131,2 segundos, es decir, diariamente se consumen en promedio mas de 7000 segundos en llamadas desde el Rectorado al Núcleo de Sucre, y cada llamada tiene en promedio una

La Tabla 4 representa la duración total de las llamadas en segundos que se realizaron desde el Rectorado al Núcleo de Sucre, durante 15 días, entre las 8:00 a.m. y 7:00 p.m.

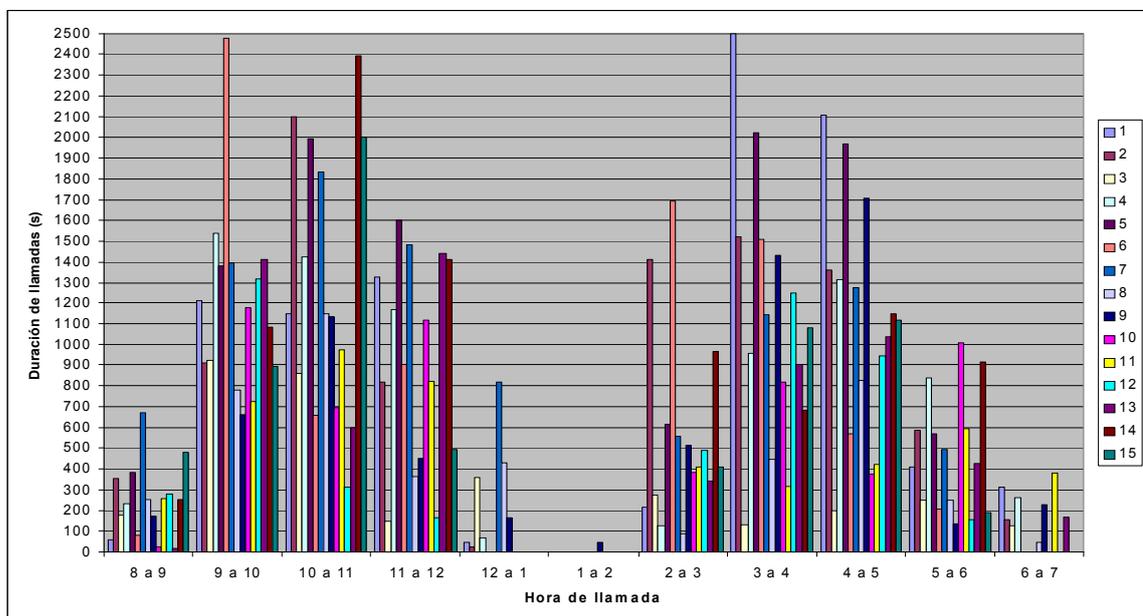


Figura 4. Gráfica de la duración total de llamadas diarias.

En esta gráfica se puede observar que la duración total de las llamadas

por horas va aumentando a medida que transcurre la mañana y la tarde alcanzando sus máximos valores entre las 9 y 11 de la mañana y entre las 3 y 5 p.m.

Por otra parte, el promedio de llamadas diarias que se hacen desde el Rectorado al Núcleo de Sucre es de 73,2 llamadas y el tiempo promedio del total de las llamadas es de 7131,2 segundos, es decir, diariamente se consumen en promedio mas de 7000 segundos en llamadas desde el Rectorado al Núcleo de Sucre, y cada llamada tiene en promedio una duración de 100 segundos aproximadamente. También se realizan en promedio 6,59 llamadas por hora y en el los horarios de mayor tráfico, el promedio de llamadas por hora se incrementa ligeramente a 9,82 llamadas por hora.

En la siguiente gráfica se representa la media y la desviación estándar del número de llamadas por hora que salen del Rectorado al Núcleo de Sucre en el horario comprendido entre las 8:00 a.m. y 7:00 p.m.

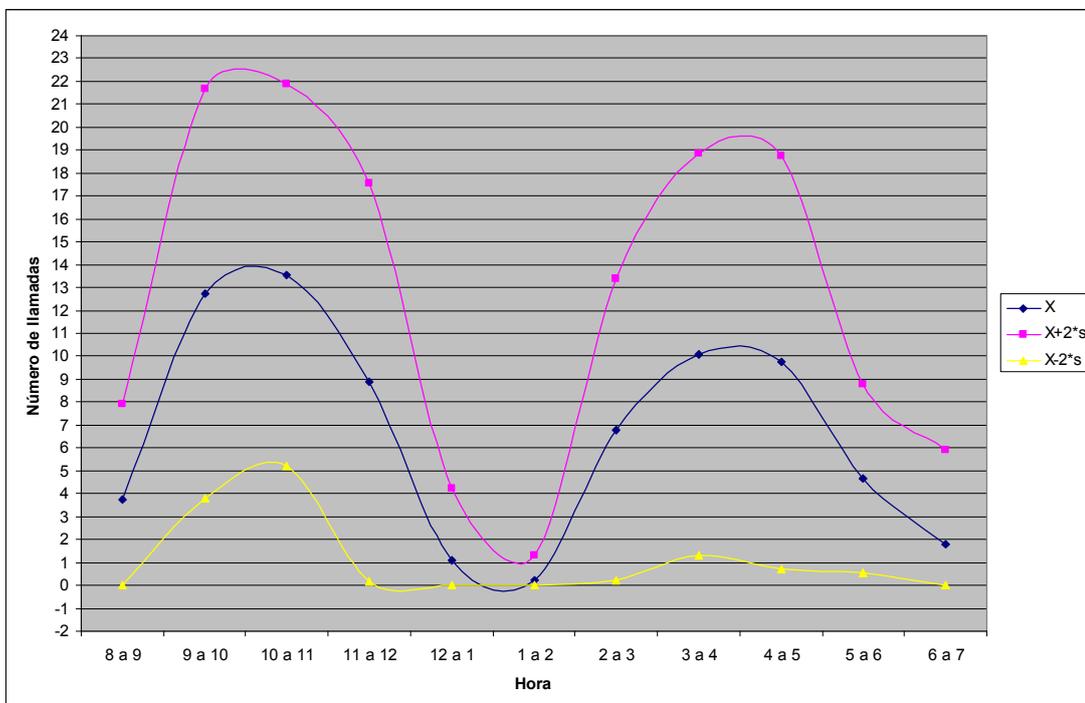


Figura 5. Promedio de llamadas y desviación estándar.

En la gráfica, la línea azul corresponde a la media o promedio de las llamadas salientes al Núcleo de Sucre. Como se observa, sus valores están dentro del rango o margen de error que representan las líneas amarillas y fucsia respectivamente. En promedio se observa que el máximo número de llamadas que se realizan hacia el núcleo es de 14 llamadas y dicho valor se da entre las 9 y 11 a.m. igualmente entre las 3 y 5 p.m. Es decir, entre estas horas se realizan el mayor número de llamadas. Cabe destacar que este comportamiento en la fluctuación de las llamadas se repitió en las estadísticas del modulo de tarificación de la central del Núcleo de Sucre.

También se pudo observar que el número de llamadas simultáneas realizadas del Rectorado al Núcleo de Sucre nunca fue mayor de cinco llamadas, registrándose igualmente esta cifra de 9 a 11 a.m. y de 3 a 5 p.m.

por lo que se necesitan mas canales de voz activos en este horario. Tomando en cuenta el promedio de llamadas salientes y asociándolo con el número de llamadas salientes simultáneas, se estimó utilizar cuatro canales de voz para atender el tráfico crítico de llamadas entre el Rectorado y el Núcleo de Sucre en los horarios de mayor demanda, lo que garantiza realizar o recibir cuatro llamadas simultáneas.

Este número de canales de voz necesarios, podría variar a la hora de hacer los cálculos de ancho de banda.

En lo que respecta al tipo de *Codecs* a usar, como se pudo observar en la Tabla 2 el *Codec* G.711 tiene el mejor valor de MOS, es decir, proporciona una excelente calidad de voz, pero trabaja con una velocidad de 64 kbps, lo que incrementa la demanda de ancho de banda significativamente, por lo que se decidió hacer uso del *Codec* G.729 porque trabaja con una velocidad de 8 Kbps, lo que disminuye la demanda de ancho de banda y proporciona una buena, aceptable calidad de voz y es ampliamente recomendado para VoIP.

Establecer la interfaz de telefonía e información de la señalización

Tanto el Rectorado como el Núcleo de Sucre cuentan con una central telefónica Ericsson MD110, que les proporciona los servicios telefónicos tradicionales. La MD110 constituye la base de una red convergente basada en IP donde cohabitan las aplicaciones de voz, de datos y multimedia. Para tener telefonía sobre IP es necesario en primer lugar disponer de una funcionalidad telefónica libre de cualquier condicionamiento. Esto implica tener una amplia gama de funciones telefónicas, además de los mecanismos que garanticen, supervisen y posean calidad de voz. La telefonía sobre IP en el sistema MD110 está basada en el estándar H.323.

La arquitectura del sistema se basa en módulos independientes que se conectan entre sí para dar lugar a sistemas de hasta 30.000 extensiones. El módulo básico del sistema MD110 se denomina módulo de interfaz de línea (LIM). Los LIM se distribuyen a través de enlaces tradicionales de 2 Mbits, aunque también pueden distribuirse a través de una red IP. Puede ubicarse un LIM en una delegación y conectarse a través de una conexión IP a la oficina principal y al resto de LIMs del mismo sistema. Cada LIM es completamente autónomo, ya que está equipado con su propio software y hardware que incluyen todas las unidades de dispositivos.

Cada MD110 cuenta con salidas independientes para llamadas a la red de telefonía pública, por medio de un enlace troncal digital E1, con una trama de 2048 Kbps, que proporciona 60 líneas unidireccionales fijas, que generalmente se distribuyen en 30 líneas para las llamadas salientes y 30 líneas para las llamadas entrantes, pero puede variar según las necesidades de cada localidad. Este enlace troncal digital es un servicio prestado por la CPA de Movistar.

La conexión con la PSTN es suministrada por medio de un radio de enlace microondas, que se conecta con la MD110 a través de dos cables coaxiales, uno para recepción (llamadas entrantes) y el otro para transmisión (llamadas salientes). El radio está conectado a una antena provista de un transmisor y un receptor de microondas, por donde se transmiten y se reciben las llamadas hacia y desde la antena de la central de Movistar, donde finalmente se encargan de dirigir o distribuir las llamadas según sea el caso. Para las llamadas entre los núcleos se utiliza la red de Movistar propiamente dicha.

Para hacer una llamada de una extensión digital o analógica de la MD110 del Rectorado hacia una extensión del Núcleo de Sucre, al número discado se le coloca un prefijo que funge para identificar la troncal por donde se va a efectuar la llamada (en este caso el prefijo usado es el 9), luego se disca el número al que se desea llamar, cuando la MD110 recibe la solicitud de llamada, observa el número y lo compara con sus patrones de llamadas, al identificar el prefijo, dirige la llamada a través del radio de Movistar, ocasionando el desvío de la llamada hacia la red de telefonía tradicional (CANTV), la red telefonía celular de Movilnet, la red celular de Digitel o a la red telefónica celular de Movistar.

En la figura 6 se muestra los elementos de la conexión CPA de Movistar.

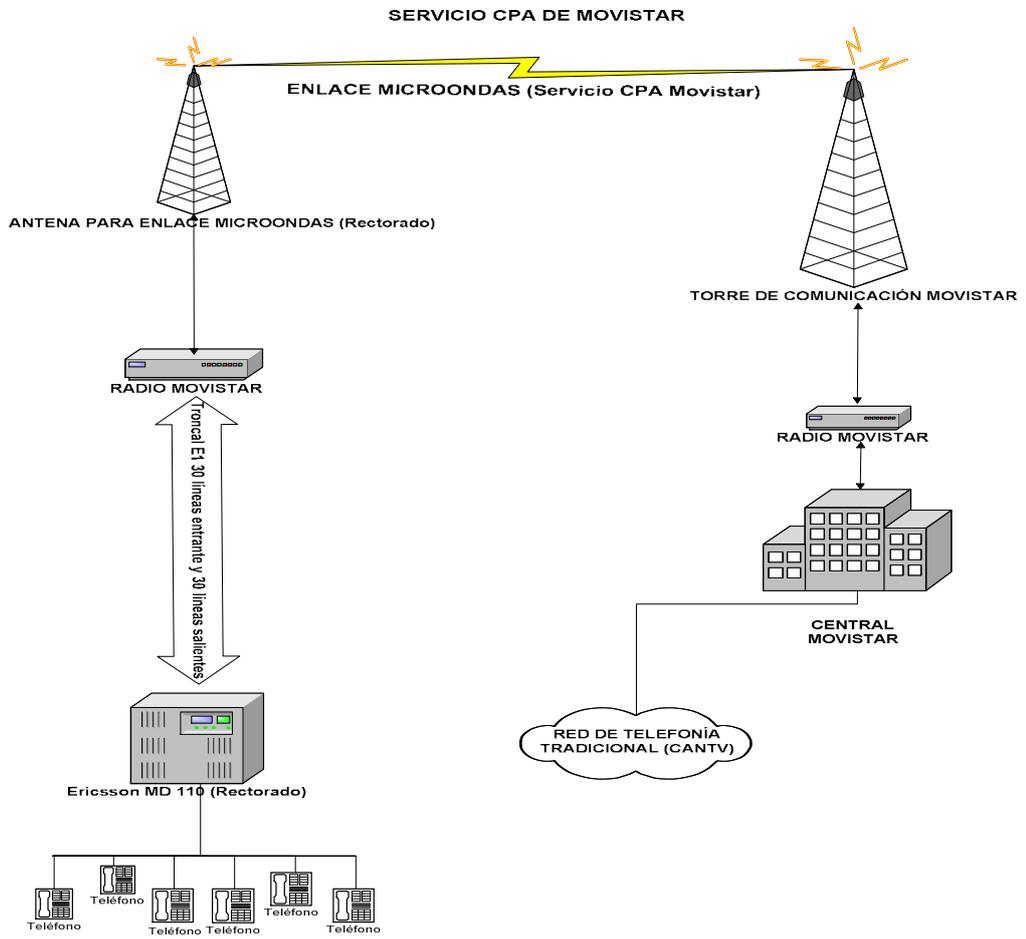


Figura 6. Servicio CPA de Movistar.

Las llamadas entre el Núcleo de Sucre y el Rectorado son registradas y tarifadas como llamadas locales. En el caso de que las llamadas se realicen entre los núcleos, son tarifadas como llamadas nacionales, y en ambos casos se realizan a través de la red que proporciona el servicio CPA de Movistar.

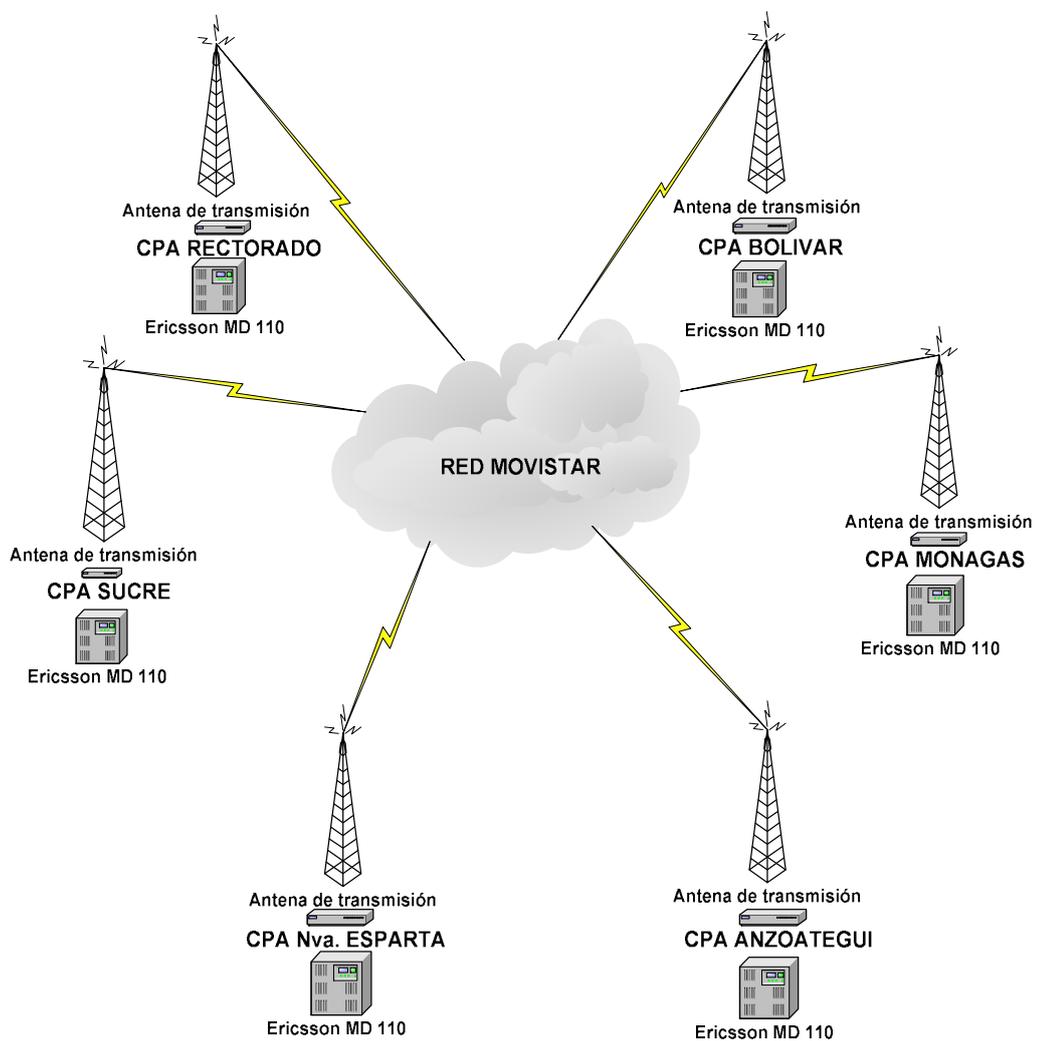


Figura 7. Servicio telefónico UDO.

Cuando se trata de llamadas entre las distintas dependencias u oficinas de un mismo núcleo, es decir, que las llamadas sean internas, la PBX trabaja de manera tradicional conmutando las llamadas entre sus distintas extensiones, solo basta con marcar el número de la extensión a la que se desea llamar. Cabe destacar que las llamadas realizadas a las redes de telefonía móvil y a la red de telefonía tradicional, escapan al ámbito de este trabajo. En la figura 7 se observa la conexión entre los distintos núcleos y Movistar.

En lo concerniente a la red de datos, existe un *router* central ubicado en el edificio del Rectorado, que tiene enlaces permanentes con los diferentes núcleos que conforman la universidad, los cuales están soportados a través del servicio *Frame Relay* de CANTV, esta es una red totalmente diferente de la red de telefonía.

El *router* central, ubicado en el Rectorado es un Cisco 3825 que cuenta con un enlace que posee un ancho de banda de 2048 kbps; en el Núcleo de Sucre al igual que en el de Monagas, se cuenta con un Cisco 2620, con anchos de banda de 384 y 192 kbps respectivamente y en los núcleos de Anzoátegui, Nueva Esparta y Bolívar hay un Cisco 2501 con anchos de banda de 384, 256 y 320 kbps respectivamente. En la siguiente tabla se pueden identificar los diferentes modelos de *routers* con que cuenta RAUDO y algunas de sus especificaciones técnicas.

Tabla 5. Especificaciones técnicas de los *routers* que conforman RAUDO.

Parámetro	Cisco 3825 Integrated Services Router	Cisco 2620	Cisco 2501
Factor de forma	Externo - modular - 2U	Montable en bastidor – modular	Externo - modular
Procesador	-----	Tipo 1 x Motorola MPC860 50 MHz RISC	Tipo 1 x Motorola 68030 20 MHz RISC
Memoria RAM	256 MB (instalados) / 1 GB (máx.) - DDR SDRAM	32 MB (instalados) / 64 MB (máx.) - EDO RAM - DIMM 100-PIN	4 MB
Memoria Flash	64 MB (instalados) / 256 MB (máx.)	8 MB (instalados) / 32 MB (máx.)	4 MB (instalados) / 4 MB (máx.)
Tecnología de conectividad	Cableado	Cableado	Cableado
Velocidad de transferencia de datos		100 Mbps	10 Mbps
Protocolo de interconexión de datos	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet	Ethernet, Fast Ethernet	Ethernet, serial
Red / Protocolo de transporte	IPSec	TCP/IP, SNA, AppleTalk, UDP/IP, IP/IPX	TCP/IP, IPX/SPX, AppleTalk
Protocolo de gestión remota	SNMP 3	RMON	SNMP
Características	Cisco IOS, IP services , protección firewall, cifrado del hardware, soporte de MPLS, asistencia técnica VPN	Cisco IOS, soporte de NAT, Cumplimiento de normas IEEE 802.3, IEEE 802.3u	Cisco IOS, Cumplimiento de normas IEEE 802.3

Además existen PVCs de 32 y 64 kbps entre los núcleos y sus respectivas extensiones o dependencias. Para el Núcleo de Sucre y su extensión Carúpano se tienen 64 kbps, Núcleo de Anzoátegui y Mesones 64 kbps, Núcleo de Nueva Esparta y Boca de Río 64 kbps, Núcleo de Bolívar, U. EXPO y Medicina Bolívar 64 kbps, Núcleo de Monagas y Decanato Monagas 32 kbps.

Por último, el *router* central ubicado en el Rectorado tiene un enlace de 2048 kbps (también a través de *Frame Relay*), con el *router* central de REACCIUN que proporciona el servicio de Internet a la Universidad de Oriente. A continuación la figura 8 muestra un esquema lógico de las

conexiones y los distintos nodos que conforman RAUDO, especificándose también la capacidad de ancho de banda disponible en cada enlace, el modelo de *routers* que posee cada núcleo y la capacidad de la conexión con REACCIUN.

Para determinar las necesidades y requerimientos tanto de software como de hardware, de la interconexión de estas dos redes (datos y telefonía), se revisaron los distintos enlaces de datos y componentes que conforman RAUDO, arrojando como resultado la necesidad de adquirir dos tarjetas PCI FXO x100p analógicas para lograr establecer la comunicación de la red de datos con las centrales telefónicas Ericsson MD110.

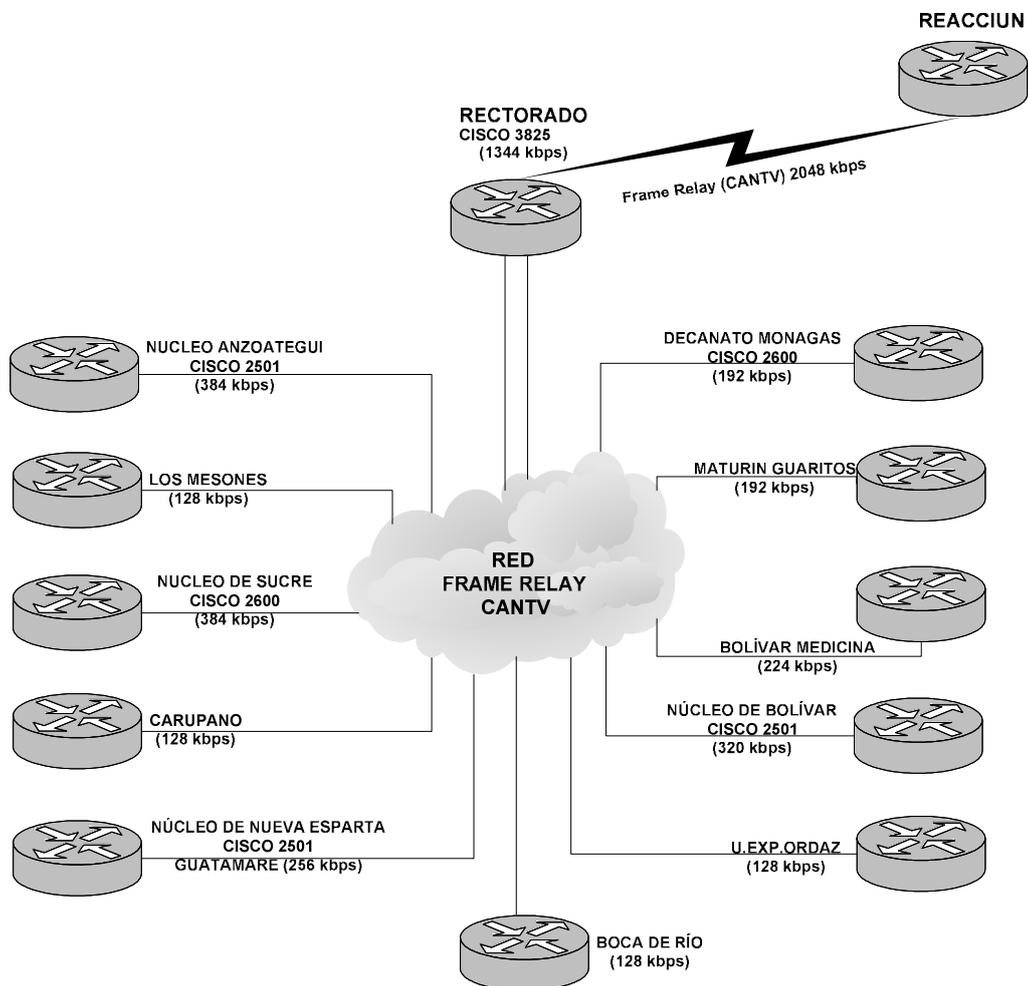


Figura 8. Red Privada Universidad de Oriente (Servicio *Frame Relay* CANTV).

Las tarjetas FXO representan los *Gateways*, que permiten la fusión de la red de datos con la red telefónica, es decir dan existencia a la red VoIP. Sin embargo son las computadoras con los sistemas *Asterisk* quienes en si conforman los *Gateways*, estas máquinas actúan como cajas negras que por un extremo tienen una interfaz LAN y por el otro disponen de la interfaz de FXO que garantizan el apropiado medio físico de acceso en ambos medios (red de datos y red telefónica) y la correspondiente modulación y codificación

de las señales de los mismos.

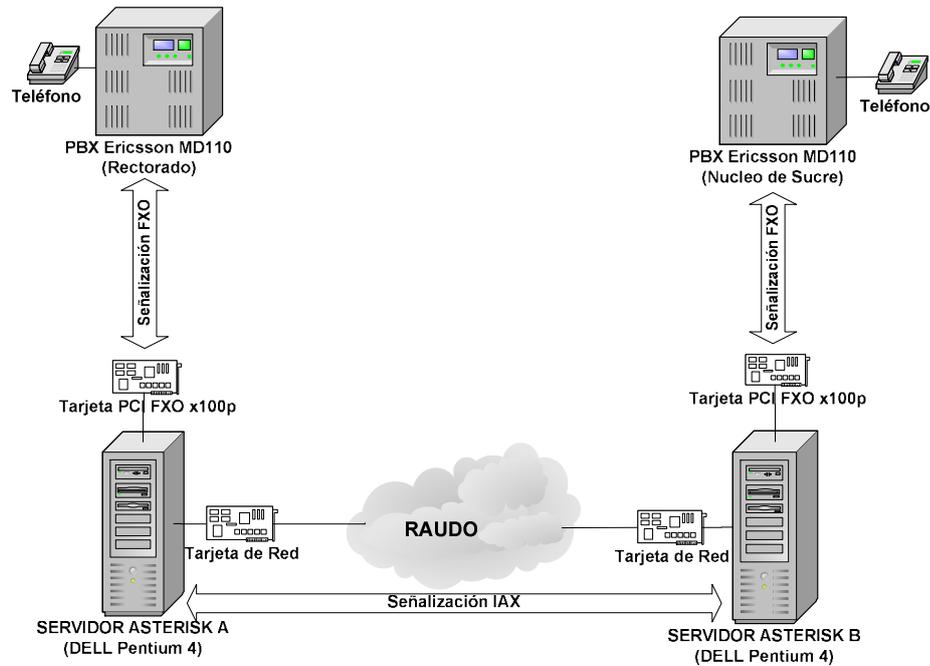


Figura 9. Interconexión de las PBX MD110 y los servidores *Asterisk*.

En la figura anterior se puede observar que la interconexión de las PBX y los servidores *Asterisk* se hace mediante las tarjetas PCI x100p que trabajan bajo señalización FXO, y por medio de las tarjetas de red de los respectivos servidores, se logra la comunicación con la red IP.

Como se indicó anteriormente, se utilizaron dos servidores *Asterisk*, que es una herramienta de código abierto para aplicaciones de telefonía que funciona como un servidor de procesamiento de llamada completamente equipado en sí mismo.

Para el desarrollo de este trabajo se manejaron y probaron varias versiones de *Asterisk*, la versión 1.2 y 1.4 o *Asterisk* puro, que trabaja solo

con líneas de comando y no posee entorno gráfico; y las distribuciones con entornos gráficos que facilitan la configuración, como *Asterisk@Home*, *FreePBX* y *Trixbox*.

Finalmente se decidió usar *Asterisk@Home*, por su fácil y rápida configuración a través de su interfaz Web. El software se descarga de manera gratuita desde Internet y se instala desde una imagen ISO, que contiene el sistema operativo CentOS Linux y sobre éste se instala *Asterisk*. Se caracteriza por que corre en una gran variedad de hardware, permite el acceso completo a los archivos de configuración y, además de la interfaz de administración Web, posee una interfaz de línea de comandos (CLI), ver Anexo A.

La configuración de los archivos se puede hacer mediante la interfaz Web que proporciona un entorno gráfico de fácil manejo o por medio de las líneas de comando Linux. En este caso se utilizaron las dos formas de configuración.

Con la ayuda de un editor de LINUX (se utilizó el editor NANO), se modificaron los distintos archivos de configuración de *Asterisk* para ajustarlos a las necesidades de configuración de la red y de los nuevos servicios telefónicos disponibles.

En primer lugar para habilitar los puertos analógicos de las FXO x100p se configuró el archivo *zaptel.conf*, definiendo los parámetros de inicialización de las tarjetas y cargando el modulo de la tarjeta (*wcfxo*) de la siguiente manera:

zaptel.conf; esta configuración es igual para cada servidores Asterisk

```
fxsks = 1
loadzone = us
defaultzone = us
```

Seguidamente desde la línea de comandos de Linux se activaron los puertos mediante el siguiente comando:

```
[root@Asterisk]# /etc/init.d/zaptel start
```

A continuación se configuró el archivo zapata.conf para ajustar los parámetros de funcionamiento del canal ZAP. Esta configuración se realizó de igual forma en cada servidor *Asterisk*, ver Apéndice A.

Luego se pasó a usar *Asterisk@Home* en su versión 2.7, que permite una fácil y rápida configuración de los servidores, a través de una herramienta de administración Web llamada *Asterisk Management Portal* (AMP), ver Anexo B.

Para poder usar una extensión de cualquier tipo, hay que definirla, ésta es la forma de indicarle a *Asterisk* que la extensión está en línea (ver Anexo C). Al definir una extensión se deben configurar varios parámetros propios de cada extensión, que entre los más importantes están: el nombre (que debe ser único para cada extensión), la contraseña, el tipo de extensión (si en ella sólo se pueden recibir llamadas, o si sólo se pueden hacer llamadas, o si se pueden hacer y recibir llamadas), la bandeja de correo de voz, el identificador de llamadas y el contexto al cual pertenece dicha extensión.

Todos estos parámetros se introducen llenando los campos de la plantilla para crear extensiones que posee la interfaz gráfica. Una vez

colocados dichos parámetros se debe guardar la plantilla, lo que automáticamente modificará los respectivos archivos de configuración en los servidores. La plantilla para crear extensiones de tipo SIP se puede observar en el Anexo D.

La forma de definir las extensiones tipo SIP, es la misma para todas las extensiones, aunque los valores de los parámetros pueden variar según la funcionalidad de cada una de ellas.

Para el desarrollo de este trabajo se crearon 20 extensiones SIP en cada servidor. La configuración de los archivos sip.conf se puede ver en el Apéndice B. Cabe señalar que una extensión es una computadora conectada a la red, equipada con un *Softphone* (programa que simula un teléfono, se utilizó *X-Lite* versión 2.0, y *Kiax* 0.8.51, ver figura 10) o una de las extensiones analógicas de las centrales MD110.



Figura 10. Softphone X-Lite

La configuración de las extensiones IAX, es similar a la configuración de las extensiones SIP. También cuentan con el nombre de la extensión, la contraseña, la bandeja de correo de voz, el identificador de llamadas y el contexto al cual pertenece. Igualmente se crearon 20 extensiones IAX en cada servidor, ver Anexo E.

Por ultimo se crearon 5 extensiones ZAP en cada servidor, igualmente haciendo uso de las platillas de configuración de extensiones de la interfaz Web, ver Anexo F.

Una vez definidas tanto las extensiones SIP, como las IAX, se procedió a crear los canales o troncales que usarían las extensiones para realizar o recibir llamadas. Vale decir que todos estos cambios van configurando los archivos `extensions.conf` de cada servidor, que es donde se establecen el comportamiento de las llamadas que entran o salen del sistema, ver Apéndice C.

Se crearon tres tipos de troncal diferentes (en los dos servidores), las troncales SIP y las IAX se configuran de la misma manera. Una troncal IAX para manejar las llamadas remotas, es decir, para manejar las llamadas entre los dos servidores; Una troncal SIP que también se puede utilizar para establecer comunicación con servidores remotos, pero estas troncales presentan muchos problemas con las Traducciones de Direcciones de Red (NAT) y los *Firewall* (Cortafuegos), razón por la cual solo se utilizó para realizar pruebas; y por ultimo una troncal ZAP mediante la cual se logró la comunicación con las líneas analógicas de las centrales MD110, ver Anexo G.

Como se dijo anteriormente, para la comunicación entre los dos

servidores se decidió usar una troncal IAX, ya que ésta requiere menos ancho de banda y opera a través de *firewalls* y NAT de una manera más sencilla que las troncales SIP.

Al igual que para crear las extensiones, la interfaz Web proporciona una plantilla con los diferentes parámetros de configuración para crear las troncales. Entre los parámetros más importantes a ser configurados de las troncales IAX y SIP se tienen: el número máximo de canales, que indica cuantas llamadas simultaneas se pueden hacer por esta troncal; las reglas de discado saliente, con las que se asigna el patrón de números que se deben marcar para usar dicha troncal; configuraciones de salida, donde se le asigna el nombre a la troncal y se detalla la información del servidor remoto, como por ejemplo la dirección IP; configuraciones de entrada, donde se colocan parámetros como el nombre del contexto de la troncal de entrada y sus detalles, ver Anexo H.

La troncal IAX del servidor del Rectorado (IP 150.186.64.63) se configuró de la siguiente forma: número máximo de canales, se dejó en blanco; Reglas de discado saliente, el patrón de marcado para usar esta troncal es "4 | 1XXX" que implica marcar primero el prefijo 4 y luego un número de cuatro dígitos que comience con el número uno (1) (esto se detalla mejor en el plan de marcado); Configuraciones de salida, el nombre de la troncal es *SucreIAX*, *host: 190.78.126.243* que es la dirección IP del servidor del de Sucre, *context:from-internal* que es el contexto donde se manejan las llamadas remotas, *type:friend* para que por esta troncal se puedan hacer y recibir llamadas (si se coloca *peer* solo se puede usar para llamar y si se coloca *user* solo se puede recibir llamadas), *secret:SucreIAX* que es el nombre con el que se identificará en el servidor del Núcleo de Sucre. A continuación en la tabla 6 se muestran los parámetros de

configuración de las troncales IAX.

Tabla 6. Troncales IAX

Descripción	Servidor Rectorado (150.186.64.63)	Servidor Núcleo de Sucre (190.78.126.243)
Nombre de la Troncal	<i>SucreIAX</i>	<i>RectoradoIAX</i>
Reglas de discado saliente	4 1XXX	4 2XXX
<i>Host</i>	190.78.126.243	150.186.64.63
Contexto	<i>From-internal</i>	<i>From-internal</i>
<i>Secret</i>	<i>SucreIAX</i>	<i>RectoradoIAX</i>
<i>Type:</i>	<i>Friend</i>	<i>Friend</i>

Los parámetros de configuración de las troncales SIP en los respectivos servidores se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7. Troncales SIP

Descripción	Servidor Rectorado (150.186.64.63)	Servidor Núcleo de Sucre (190.78.126.243)
Nombre de la Troncal	<i>SucreSIP</i>	<i>RectoradoSIP</i>
Reglas de discado saliente	3 1XXX	3 2XXX
<i>Host</i>	190.78.126.243	150.186.64.63
Contexto	<i>From-internal</i>	<i>From-internal</i>
<i>Secret</i>	<i>SucreSIP</i>	<i>RectoradoSIP</i>
<i>Type:</i>	<i>Friend</i>	<i>Friend</i>

Para las troncales ZAP, solo se configuró las reglas de discado, ya que al crear este tipo de troncales *Asterisk* automáticamente les asigna un identificador, en este caso el identificador o nombre de la troncal es *g1* y es el mismo nombre en ambos servidores, ver Anexo I.

Tabla 8. Troncales ZAP

Descripción	Servidor Rectorado (150.186.64.63)	Servidor Núcleo de Sucre (190.78.126.243)
Nombre de la Troncal	<i>g1</i>	<i>g1</i>
Reglas de discado saliente	2 XXXX	2 XXXX

Luego se crearon las rutas salientes, encargadas de dirigir las llamadas por las troncales correspondientes. Para el servidor rectorado se creó la ruta saliente *IAXSucre*, para las llamadas que saldrían por la troncal *SucreIAX*, también se configuró el patrón de discado para usar esta ruta, el cual es “4 | XXXX ” que indica que se debe marcar el número 4 para utilizar esta ruta y luego el número al que se desea llamar, ver Anexo J.

Cabe destacar que no es necesario seguir estrictamente éste orden de configuración, ya que se pueden crear las troncales, las rutas o las extensiones en cualquier orden.

Una vez hechas las distintas configuraciones, el sistema estuvo listo para llamar, y se realizaron varias pruebas, pruebas de conectividad, para verificar que se establecía la comunicación entre las diferentes extensiones usando las distintas troncales; y pruebas de audio, para verificar la calidad de la voz.

Para las pruebas de conectividad se realizaron llamadas entre las distintas extensiones de cada servidor *Asterisk* usando la troncal SIP, se llamo desde las extensiones de un servidor *Asterisk*, a las extensiones analógicas de la central MD 110 conectada a dicho servidor por medio la tarjeta x100p, utilizando el canal ZAP; se realizaron llamadas entre las extensiones de un servidor *Asterisk* al otro servidor *Asterisk* usando tanto la

troncal IAX como la troncal SIP. También se realizaron llamadas de una extensión de un servidor *Asterisk* vía IAX, a una extensión analógica de la central MD110 conectada al otro servidor *Asterisk* por medio de las tarjetas x100p. Todas estas pruebas resultaron positivas, es decir, se lograron establecer las llamadas.

En lo que respecta a la calidad de la voz, cuando se trata de llamadas entre las extensiones de un mismo servidor la calidad de la voz es buena, cuando las llamadas son a las extensiones analógicas de la central MD110, conectada al respectivo servidor *Asterisk* por medio de la x100p utilizando el canal ZAP la calidad de la voz también es buena; Cuando la llamada es entre las extensiones de un servidor *Asterisk* a otro utilizando el canal IAX, se tiene una buena calidad de voz, pero cuando se usa el canal SIP, la calidad de voz se degrada significativamente, obteniéndose una voz entrecortada, con eco, ruido y robótica, esto debido a las NAT; También se tiene una buena calidad de voz cuando se llama vía IAX, de una extensión de un servidor *Asterisk*, a una extensión analógica de la central MD110 conectada al otro servidor *Asterisk*.

Determinar y planificar los requisitos del enlace troncal de voz y ancho de banda

Para determinar el número de enlaces troncales de voz o canales de voz necesarios para el efectivo manejo de la demanda de tráfico telefónico; se usaron los Modelos Erlang. Específicamente se utilizó el modelo Erlang C, que asume que todas las llamadas serán atendidas y permite calcular el número de canales de voz necesarios para atender las llamadas y se fundamenta en conocer de antemano el número de llamadas por hora en horario intenso y la media de la duración de las llamadas, valores

proporcionados por las estadísticas obtenidas en la primera fase, durante el estudio de los requisitos y expectativas para el servicio de voz, utilizando el módulo de tarificación de las centrales Ericsson MD110.

Del estudio de las estadísticas del módulo de tarificación de la Ericsson MD 110 se obtuvo que aproximadamente se realizan 7 llamadas por hora, este número de llamadas registra un ligero incremento en los horarios de tráfico intenso, que van de 9 a 11am y de 3 a 5pm, para llegar a 10 llamadas por hora aproximadamente. El número de llamadas simultáneas, en este horario de tráfico intenso, nunca superó las 4 incidencias, por lo que se estableció usar 4 canales de voz. Estos datos representan un factor relevante al realizar los cálculos necesarios para estimar el ancho de banda requerido por la integración de las redes de voz y datos, sin embargo, también deben tomarse en cuenta las demandas de ancho de banda propias del encapsulamiento de la VoIP al utilizar Frame Relay como capa de transporte y el nivel de compresión del *codec* elegido para la modulación de la señal de voz.

Para llevar a cabo los cálculos necesarios se utilizó la aplicación *VOIP CALCULATOR V1.02* de la compañía Erlang Software, que se obtiene de manera gratuita desde Internet. La aplicación posee diversos parámetros fundamentales, con los que se define la realidad del sistema de VoIP a ser implementado. Para efectos del sistema actual los parámetros claves se redujeron al número de canales de voz requeridos para atender de manera simultánea las llamadas en los horarios críticos, que para este caso quedó establecido en 4 canales; el *codec* utilizado para la modulación de la voz, que por sus bajos requerimientos de ancho de banda se seleccionó el *codec* G.729; y el último parámetro tomado en cuenta fue el ancho de banda implícito requerido por el protocolo de enlace de datos asociado a la

transmisión, que en este caso fue *Frame Relay*.

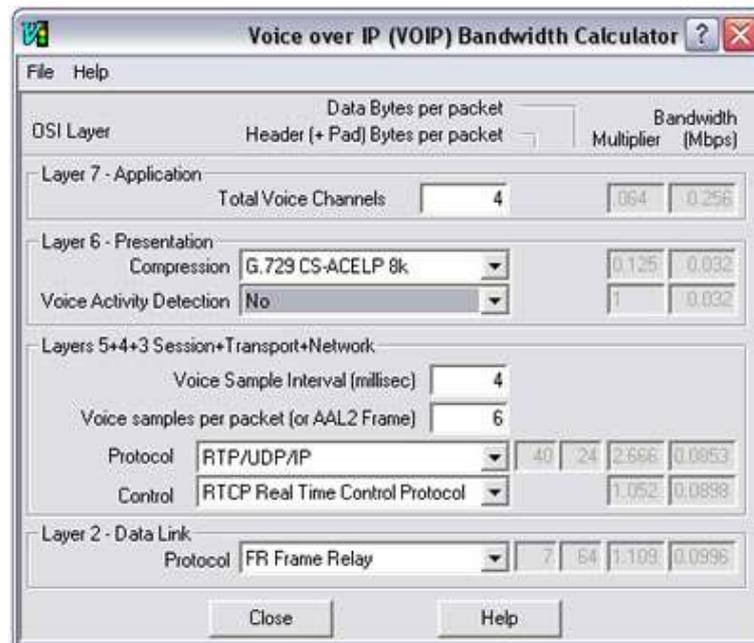


Figura 11. Calculadora Erlang VoIP V1.02

Al introducir estos datos en la calculadora Erlang resultó que para manejar cuatro canales de voz, usando el *codec* G.729 y bajo los protocolos *Frame Relay*, se necesita un ancho de banda mínimo de 102 kbps, dicho valor puede ser manejado por los enlaces de datos existentes entre los núcleos, aunque representaría una carga significativa en el tráfico de la red de datos.

Pero este valor no fue el utilizado para el desarrollo de esta interconexión, debido a que las tarjetas FXO usadas, solo manejan un canal de voz. Los cálculos de ancho de banda para este único canal de voz arrojaron ser necesarios 26 kbps, que no representaron ningún problema de tráfico para la red.

Seleccionar el hardware y determinar sus requisitos

Inicialmente gracias a los estudios de requerimientos para la integración de las redes de voz y datos realizados en la segunda fase del proyecto, se determinó la necesidad de dos computadoras, que como mínimo contaran con un procesador Pentium II, 128 de RAM, 10 GB de Disco Duro y una tarjeta *Ethernet*; las cuales funcionarían como los servidores *Asterisk*, aunque estos requerimientos están directamente relacionados con el uso y la carga que se le da a dichos servidores , es decir, que los requerimientos mínimos de hardware pueden variar significativamente de un sistema a otro, según el uso que se le de a los mismos.

También fue necesario la adquisición de dos tarjetas PCI FXO x100p, que servirían para interconexión entre los servidores *Asterisk* y las respectivas PBX Ericsson MD110 de cada sitio.

En el caso de las computadoras destinadas para el desarrollo de este trabajo, se utilizaron dos máquinas DELL Pentium IV de 2,86 GHz, con 256 MB de memoria RAM, Disco duro de 40 GB, Monitor 14" SVGA a color, Tarjeta de sonido, Unidad de CD, Unidad de disco flexible de 3 1/2" de alta densidad, Teclado, Ratón, Tarjeta *Fast Intel Ethernet* 10/100 Mbps. Estas máquinas cubren los requerimientos mínimos de hardware necesarios para manejar menos de 5 canales de voz. En la siguiente tabla se pueden observar los requerimientos mínimos de hardware, necesarios para implementar distintos tipos de sistemas, que varían según el número de canales de voz a utilizar.

Tabla 9. Requerimientos mínimos para un sistema *Asterisk*.

Propósito	Número de canales	Mínimo recomendado
Sistema casero	No más de 5	400-MHz x86, 256 MB RAM
Sistema de OPOC*	De 5 a 10	1-GHz x86, 512 MB RAM
Sistema de pequeña empresa	Hasta 15	3-GHz x86, 1 GB RAM
Sistema de mediana a gran empresa	Más de 15	CPUs duales, posiblemente también múltiples servidores en una arquitectura distribuida

*Oficina pequeña/oficina casera –menos de tres líneas y cinco extensiones.

En el caso de las tarjetas FXO, se adquirieron tarjetas de la marca Digium, que es una marca ampliamente reconocida y preferida por los desarrolladores de VoIP, aunque las mismas, no cuentan con canceladores de eco, que son dispositivos que mejoran significativamente la calidad de la voz, y que están incorporados en tarjetas más costosas.

Las tarjetas X100p se instalaron en los puertos PCI disponibles en las respectivas computadoras destinadas a la instalación de las PBX *Asterisk*, tomando la previsión de colocarlas en los *slots* más cercanos al procesador para optimizar su funcionamiento según recomendación del fabricante.

Las tarjetas cuentan con un puerto analógico donde se puede conectar una línea de la red de telefonía tradicional (CANTV) o como en este caso, una línea analógica de la central Ericsson MD 110. Para conectar esta línea analógica de la central MD 110, con el puerto analógico de la tarjeta FXO x100p del servidor *Asterisk*, se utilizó cable telefónico con conectores RJ 11. Y para la conexión con la red de datos se usó cable UTP con conectores RJ-45.

En lo referente a la red de datos, no fue necesario la adquisición de nuevos equipos, debido a que, específicamente, los *routers* con que cuenta

RAUDO disponen de interfaces de telefonía tradicional, aunque dichos *routers* no proporcionan QoS (calidad de servicio).

Revisar la solución propuesta en términos de requisitos

La fusión de la infraestructura de voz con la red de datos desde un principio persiguió establecer una llamada desde una extensión analógica de la central telefónica Ericsson MD110 del Rectorado hasta una extensión analógica de la central del Núcleo de Sucre, sin que esto incurriera en la utilización de los servicios de CPA provistos por Movistar, sino mas bien aprovechar los recursos de interconexión presentes en la infraestructura de la red de datos de la Universidad de Oriente a través de la tecnología VoIP.

La fusión de ambas plataformas se logró gracias a la interconexión realizada entre los servidores *Asterisk* y las centrales Ericsson MD110 presentes en el Rectorado y en el Núcleo de Sucre; si embargo, las expectativas originales donde se planteaba mantener cuatro canales simultáneos en las horas de mayor tráfico no se pudo cubrir, debido a que las interfaces FXO x100p utilizadas en el desarrollo de este trabajo, poseen un canal de voz, pero los resultados de los cálculos del ancho de banda para cuatro canales no exceden el nivel de disponibilidad de ancho de banda de RAUDO, razón por la cual se puede decir que se cumple con los requerimientos demandados para la interconexión de las redes.

Desarrollar un plan de retardos y de pérdidas de señal

El retraso en una conversación telefónica se refiere al tiempo de espera que transcurre para que el receptor de la conversación escuche lo que a dicho el emisor, es decir, el tiempo que tarda la voz en viajar de un extremo a

otro en la conversación.

Según la norma G.114 de la ITU-T, el retraso máximo de extremo-a-extremo para una conversación telefónica no debe exceder de 400 ms. Cuando se trata de conversaciones a través de redes de datos, se introducen nuevas fuentes de retrasos como el retraso por uso de *codecs* de baja velocidad binaria, por colas y formación de paquetes, por serialización, por transmisión de la nube WAN, por serialización de la entrada WAN y retrasos por los búfer de reproducción. Adicionalmente las redes de datos introducen los retrasos variables, o fluctuación de fases, ya que la conexión de extremo-a-extremo en estas redes, no es una corriente síncrona en serie.

Tabla 10. Consideraciones de retraso en un sentido propuestas por la Recomendación G.114 de la ITU-T.

Retrasos en un sentido	Condiciones aceptables
De 0 a 150 ms	Aceptable para la mayoría de las aplicaciones de usuario
De 150 a 400 ms	Aceptable a condición de que se considere el impacto sobre las aplicaciones
400 ms o más	Inaceptable para una planificación general

Para contabilizar los componentes de retrasos de esta interconexión y asegurar que el retraso total esta dentro del limite definido (400 ms), se tomaron en cuenta los distintos componentes que introducen retrasos en el sistema.

El retraso por codificación-decodificación depende de la elección del *codec*, por lo general los *codecs* de menor tasas de bits presenta más retraso en los sistemas. Para el desarrollo de este trabajo se usó el *codecs* G.729

que tiene una tasa de bits de 8 kbps y presenta un retraso de extremo-a-extremo de 15 ms.

El retraso por la formación de paquetes no es significativo si se transmite una sola trama *codec* (son las salidas del codificador), sin embargo, si múltiples trama *codec* se agrupan en una sola trama (que para este caso son tramas *Frame Relay*), entonces la primera trama *codec* del grupo debe esperar mientras se generan las trama *codec* adicionales para completar la trama *Frame Relay*, lo cual genera el retraso, que se disminuye cambiando el tamaño de la carga de los *codecs* usados por los routers.

Una vez las tramas *codecs* están formadas en la tramas *Frame Relay* pueden esperar una cantidad de tiempo sustancial en los búfer de colas de interfaz lógicos. Mientras los paquetes esperan en el búfer de cola, una norma administrativa arbitra el orden en que se transmiten los paquetes. Para reducir el retraso experimentado por los paquetes de voz, la política de cola debe mover los paquetes de voz a la parte delantera de la cola lógica de interfaz. Existen varias políticas de administración de colas de interfaz, en este caso se usó la el encolamiento WFQ (Encolamiento *Weighted Fair*) complementado con la prioridad IP RTP, que son las normas recomendadas por Cisco para proporcionar el tratamiento de QoS necesario para redes VoIP.

En el caso del retraso por serialización, que es el tiempo que debe esperar un paquete de voz en el búfer físico de transmisión, fue calculado dividiendo la longitud del paquete transmitido (las tramas *Frame Relay* tienen tamaños variables entre 1 y 8.250 bytes, para ajustarlas al manejo de voz se ajustaron en 80 bytes), entre el ratio de temporalización de la interfaz (que para la voz es de 64 kbps), dando como resultado diez (10) que es un retraso

aceptable por serialización.

Una vez que el paquete sobre pasa la interfaz física, entra en la nube WAN, que se conforma por numerosos *switches* de paquetes con distintas técnicas de encolamiento. Aunque la carga de retraso por transmisión de la nube WAN es la más significativa, en este caso no se puede hacer mucho para disminuirla, puesto que el servicio WAN es prestado por un proveedor externo (CANTV), solo se le puede pedir a dicho proveedor que ajuste los enlaces que proporciona para el tráfico de la voz.

Cuando el paquete alcanza el *router* de destino, se eliminan las cabeceras y las tramas *codecs* se colocan en un búfer de reproducción, que debe ser lo suficientemente grande para que las tramas *codecs* se puedan reproducir suavemente en el decodificador, para que este pueda generar un flujo continuo de audio. La cantidad de retraso introducida por este búfer depende del número de tramas *codecs* que están en el búfer al mismo tiempo.

Es claro que no se pueden mejorar simultáneamente todos los aspectos que introducen retardos en una red, pero se deben equilibrar los distintos factores que influyen en el retraso global para poder tener un servicio de voz aceptable. Para esta interconexión se estimó un retraso global de 140 ms aproximadamente, siendo este un valor subjetivo debido a que no se pueden manejar los retrasos en el enlace *Frame Relay*.

Establecer un plan integrado de servicio telefónico

El plan de marcado es donde se enruta cada llamada en el sistema desde su fuente, a través de varias aplicaciones, hacia su destino final. Todo

desde correo de voz, llamadas en espera, conferencias, menú de voz de auto atención, es hecho siguiendo un concepto consistente y lógico.

En el caso de *Asterisk*, el plan de marcado se crea en el archivo `extensions.conf` que esta compuesto por uno o más contextos de extensiones. Cada contexto es una colección de extensiones; a diferencia de las PBX tradicionales, donde las extensiones están asociadas con teléfonos, interfaces o menús, en *Asterisk* una extensión esta definida como una lista de aplicaciones y argumentos que se encuentran en ejecución al darse una coincidencia con su numero asociado. Cada paso de una extensión esta referenciado a una prioridad, cada prioridad es ejecutada en orden, cuando una extensión es marcada, cada prioridad es ejecutada hasta que la llamada sea colgada.

Además de las extensiones, se tiene que establecer las rutas por donde se realizaran las llamadas, se deben definir las reglas para acceder a estas rutas, los posibles números que se le pueden asignar a las extensiones, entre otros. Físicamente las extensiones son computadoras conectadas a la red de datos, equipadas con un *softphone* o son las extensiones analógicas de las MD110.

Para la asignación de los números de las extensiones pertenecientes a cada servidor, se usó el mismo patrón de números que utilizan las extensiones de las centrales MD110, esto para evitar conversiones innecesarias de números entre las PBX y los servidores *Asterisk*.

En el caso del servidor del Rectorado, las extensiones se nombraron usando cualquier número de cuatro dígitos que comience con el número uno (1), más específicamente, se crearon extensiones usando los números

desde el 1001 hasta el 1042; esto para semejar la numeración de las extensiones de la central del Rectorado que son números de cuatro dígitos que comienzan con uno (1).

De manera similar se hizo con el servidor del Núcleo de Sucre, pero las extensiones se nombraron con números desde el 2001 hasta el 2042, que igualmente coinciden con la numeración de las extensiones de la central MD110.

Tabla 11. Números de extensiones.

Extensiones	Servidor Asterisk del Rectorado	Servidor Asterisk del Núcleo de Sucre
SIP	1001 - 1021	2001 - 2021
IAX	1022 - 1042	2022 - 2042
ZAP	1080 - 1085	2080 - 2085

En lo que respecta al enrutamiento de las llamadas, es decir, por donde van a salir o entrar las llamadas, se crearon tres tipos de troncales en cada servidor *Asterisk*, una troncal ZAP para la comunicación entre la PBX y su respectivo servidor; una troncal IAX para las llamadas entre los dos servidores; y una troncal SIP que también se utilizó para realizar llamadas entre los dos servidores. Las llamadas entre las extensiones de un mismo servidor, es decir, llamadas internas no necesitan de estas troncales, el servidor se encarga de la conmutación interna de las mismas, en otras palabras, solo se disca el número de la extensión a la cual se desea llamar.

Se estableció un prefijo de marcado para cada troncal, estos prefijos son los que le indican a los servidores VoIP por cual canal dirigir la llamada. Se usaron los mismos prefijos en ambos servidores, es decir, para utilizar la troncal SIP en el servidor del Rectorado se coloca el mismo prefijo de

discado que se coloca para usar la troncal SIP del Núcleo de Sucre.

El patrón de discado para usar las troncales SIP es “3 | XXXX “, lo que implica que el prefijo de discado para usar la troncal SIP es el número tres (3), y debe ir acompañado por un número de cuatro dígitos.

Para dirigir las llamadas por la troncal ZAP se estableció como prefijo de marcado el número dos (2), que debe ir seguido de cualquier número de cuatro dígitos, es decir, el patrón de discado es “2 | XXXX”. Cabe destacar que esta troncal esta destinada solo para las llamadas provenientes de las centrales MD110. Y por ultimo, el patrón de discado para usar las troncales IAX del servidor del Núcleo de Sucre es “4 | 2XXX “ y “4 | 1XXX “ para el Servidor del Rectorado.

Todos los patrones de discado para cada servidor están representados en la siguiente tabla, donde también se aprecia el tipo de llamadas que se pueden hacer por las distintas troncales.

Tabla 12. Patrones de discado.

Troncal	Servidor Asterisk del Rectorado	Servidor Asterisk del Núcleo de Sucre
IAX	4 1XXX	4 2XXX
SIP	3 1XXX	3 1XXX
ZAP	2 XXXX	2 XXXX

Para las llamadas entre extensiones de un mismo servidor, es decir, para llamadas internas, no se aplicó ningún patrón de discado puesto que las mismas no necesitan de ninguna troncal, simplemente se disca el número de la extensión a la que se desea llamar.

CONCLUSIONES

La VoIP es una tecnología que ha tenido un rápido desarrollo en los últimos años a nivel mundial, gracias a las nuevas funcionalidades y los amplios beneficios que ofrece a estructuras de datos existentes. Esta tecnología permite la fusión de manera relativamente sencilla de redes de datos y redes de telefonía, constituyéndose en infraestructuras integrales de comunicación, capaces de manejar todos los servicios informáticos.

La Universidad de Oriente constituye un campo idóneo para promover el desarrollo, estudio e implementación de la tecnología VoIP, esto es debido a la distribución geográfica de sus núcleos y a la infraestructura de red existente entre los mismos, provista de los requerimientos técnicos para la transmisión de la voz bajo el protocolo IP.

En cuanto al ancho de banda, RAUDO cuenta con suficiente ancho de banda en todos sus enlaces para la transmisión de la voz. Además, todos los nodos de RAUDO son de tecnología CISCO, que ha implementado en sus productos la capacidad de prestar servicios de voz.

Implementar esta fusión de los servicios telefónicos a través de la red de datos, permite que las llamadas entre los distintos núcleos no sean facturadas como llamadas nacionales, sino que sean consideradas como llamadas internas, lo que produce un ahorro significativo en los gastos por concepto de comunicación de la UDO, pudiéndose destinar estos ahorros a la adquisición de nuevos equipos y a la ampliación de los servicios prestados por RAUDO.

RECOMENDACIONES

Adecuar la plataforma de RAUDO adquiriendo nuevos *routers* y *switches* que manejen QoS para que se pueda prestar un servicio de voz óptimo.

Sustituir las tarjetas FXO X100P actualmente en uso que manejan un solo canal de voz por tarjetas TDM400 que manejan cuatro canales analógicos de voz.

Para manejar tanto las líneas analógicas como las digitales de las Ericsson MD110 es necesario adquirir tarjetas E1 que proporcionan 30 canales de voz.

Adquirir teléfonos IP.

Crear en cada servidor una recepcionista digital.

BIBLIOGRAFÍA

Certain, A. 2006. *TrixBox al Descubierto*. Editorial Gecko Networks. Bogotá.

Cisco Systems. 2003. *Implementación de una solución de comunicaciones IP para pequeñas y medianas empresas*. Cisco Systems, Inc.

Cisco Systems. 2003. *Mejores comunicaciones con telefonía IP de Cisco Systems*. Cisco Systems, Inc.

Cisco Systems. 2004. "La convergencia de redes (Voz Sobre IP-Telefonía IP)". "Cisco Systems". <<http://www.cisco.com/global/VE/sne/tecnologia/telefonaiip/index.shtml>> (23/05/2008).

Cisco Systems. 2005 "Historias de éxitos de la tecnología de telefonía IP". "Cisco Systems". <<http://www.cisco.com/global/LA/LATAM/sne/pc/tecnologia/telefonaiip/index.shtml>> (23/05/2008).

García, J. 2001. "Influencia de las NTIC en la enseñanza". "Contexto educativo". <<http://contexto-educativo.com.ar/2001/1/nota-04.htm>> (01/03/2008).

Huidobro, J. y Roldán, D. 2003. *Integración de voz y datos. Call Centers, Tecnología y Aplicaciones*. McGraw-Hill. Madrid.

Keagy, S. 2001. *Integración de redes de voz y datos*. Editorial Pearson Educación, S.A. Madrid.

Meggelen, J.; Madsen, L. y Smith, J. 2007. *Asterisk: The Future of Telephony. Segunda edición*. Editorial O'Reilly Media, Inc. Sebastopol.

Sánchez, J. 2003. "Telefonía – IP". "Monografías". <<http://monografias.com/especiales/telefonaiip/>> (01/03/2008).

Tamayo y Tamayo, M. 1997. *El proceso de la investigación científica*. Tercera edición. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. México.

Tanenbaum, A. 1996. *Redes de computadoras*. Tercera edición. Editorial

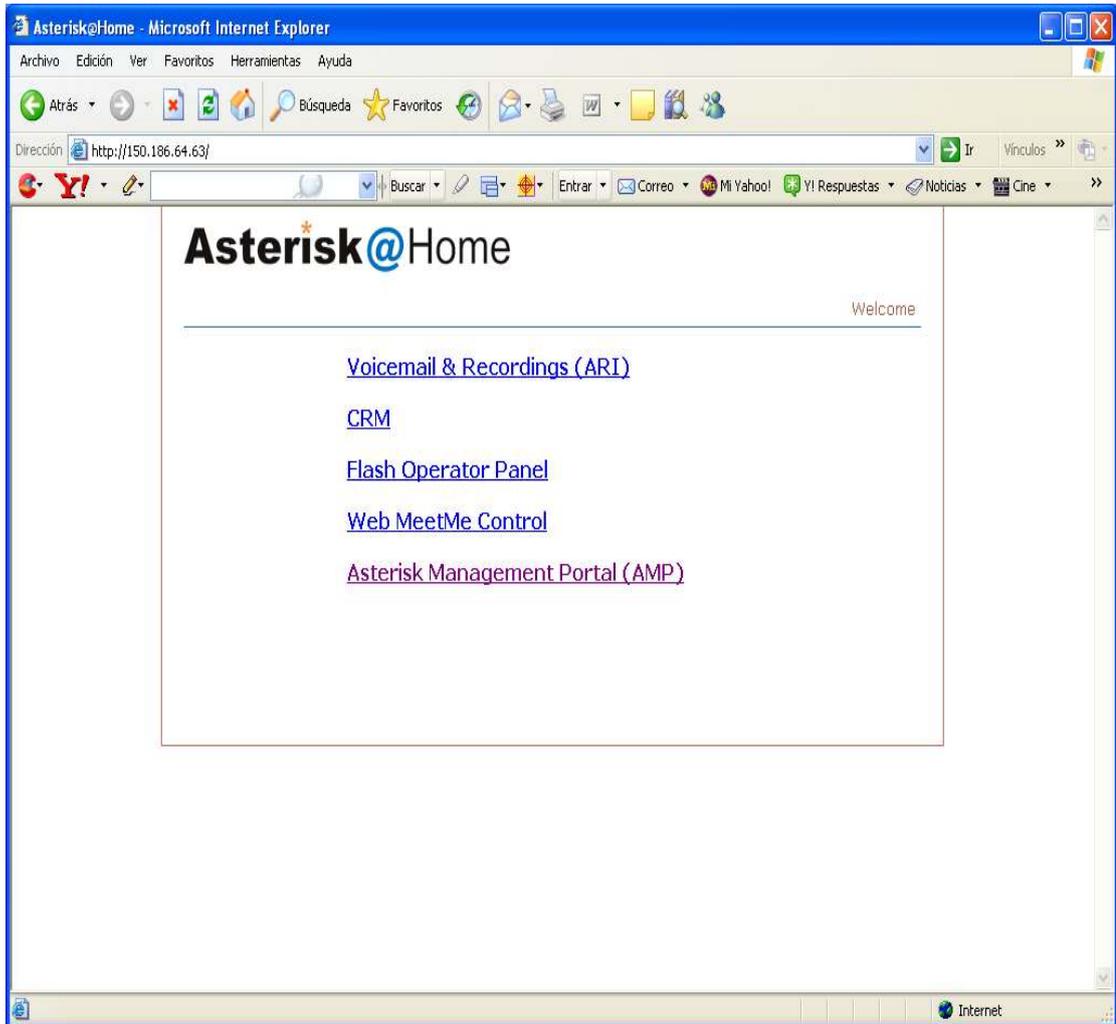
Prentice Hall. México.

Torres, A. 1999. *Telecomunicaciones y telemática. De las señales de humo a Internet*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Santa Fe de Bogotá.

Torreyes, L. 2003. "VOIP - Voz sobre IP". "Ilustrados". <
<http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyVIEylEudQZOfAVR.php> >
(01/06/2005).

ANEXOS

Anexo A. Interfaz Web Asterisk@Home



Anexo B. Asterisk Management Portal (AMP)

The screenshot shows the Asterisk Management Portal (AMP) interface within a Microsoft Internet Explorer browser window. The browser's address bar displays the URL `http://150.186.64.63/admin/config.php?`. The page header includes the AMP logo and the text "Asterisk Management Portal". A navigation menu contains links for "Maintenance", "Setup", "Reports", and "Panel". The "Setup" link is highlighted, and a "Setup" link is also visible in the top right corner of the main content area. The main content area is divided into two sections: a left sidebar with a list of menu items and a main content area with the text "Welcome to AMP". The sidebar menu items are: Incoming Calls, Extensions, Ring Groups, Queues, Digital Receptionist, Trunks, Inbound Routing, Outbound Routing, On Hold Music, System Recordings, Backup & Restore, and General Settings. At the bottom of the page, there is a "powered by AMP" logo and the text "Version 1.10.010 on 150.186.64.63". The browser's status bar at the bottom shows the URL `http://150.186.64.63/admin/config.php?` and the word "Internet".

Asterisk Management Portal

• Maintenance • Setup • Reports • Panel

Setup

Incoming Calls	Welcome to AMP
Extensions	
Ring Groups	
Queues	
Digital Receptionist	
Trunks	
Inbound Routing	
Outbound Routing	
On Hold Music	
System Recordings	
Backup & Restore	
General Settings	

powered by AMP

Version 1.10.010 on 150.186.64.63

`http://150.186.64.63/admin/config.php?` Internet

Anexo C. Ventana para seleccionar el tipo de extensión a crear (ZAP, IAX2, SIP, CUSTON)

The screenshot shows the Asterisk Management Portal (AMP) interface in Microsoft Internet Explorer. The browser's address bar displays the URL: `http://150.186.64.63/admin/config.php?display=extensions`. The page title is "Asterisk Management Portal - Microsoft Internet Explorer".

The main content area is titled "Add an Extension" and includes a "Select device technology:" section with the following options:

- SIP
- IAX2
- ZAP
- Custom

To the right of the technology selection, there is a table of extension options:

Add Extension	
nvicuna	<2000>
Napoleon	<2001>
2002	<2002>
2003	<2003>
2004	<2004>
2005	<2005>
Remoto I	<2006>
Remoto II	<2007>
Remoto III	<2008>
Remoto IV	<2009>
Remoto V	<2010>
ZAP I	<2011>

The sidebar on the left contains the following navigation links:

- Incoming Calls
- Extensions
- Ring Groups
- Queues
- Digital Receptionist
- Trunks
- Inbound Routing
- Outbound Routing
- On Hold Music
- System Recordings
- Backup & Restore
- General Settings

At the bottom of the page, there is a "powered by AMP" logo and the text "Version 1.10.010 on 150.186.64.63".

Anexo D. Ventana para crear una extensión SIP.

The screenshot shows the Asterisk Management Portal (AMP) interface. The browser title is "Asterisk Management Portal - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows the URL: `http://192.168.5.132/admin/config.php?display=extensions&tech=sip`. The page header includes the AMP logo and navigation links: "Maintenance", "Seteos", "Reportes", and "Panel".

The main content area is titled "Add SIP Interno" and includes a "Setup" link. On the left, there is a sidebar with navigation links: "Llamadas entrantes", "Extensions", "Grupos de llamadas", "Colas", "IVR", "Troncales", "Inbound Routing", "Ruteo Saliente", "Musica en espera", "Grabaciones de sistema", "Backup & Restauracion", and "Configuraciones Generales".

The "Add SIP Interno" form includes the following fields and options:

- Extension Number:**
- Display Name:**
- Extension Options:**
- Outbound CID:**
- Record Incoming:**
- Record Outgoing:**
- Device Options:**
- secret:**
- dtmfmode:**
- Correo de Voz & Directorio:**

On the right side, there is a table of existing extensions:

Extension	Display Name
1001	<1001>
1002	<1002>
1003	<1003>
1004	<1004>
1005	<1005>
1006	<1006>
2213	<2213>
2222	<2222>

Anexo E. Ventana para crear una extensión IAX.

The screenshot shows the Asterisk Management Portal (AMP) interface. The browser window title is "Asterisk Management Portal - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows the URL: `http://192.168.5.132/admin/config.php?display=extensions&tech=iax2`. The page header includes the AMP logo and navigation links: Maintenance, Seteos, Reportes, and Panel. A "Setup" link is also visible.

The main content area is titled "Add IAX2 Interno" and contains the following sections:

- Llamadas entrantes** (Incoming Calls)
- Extensions** (selected)
- Grupos de llamadas (Call Groups)
- Colas (Queues)
- IVR
- Troncales (Trunks)
- Inbound Routing
- Ruteo Saliente (Outbound Routing)
- Musica en espera (Music on Hold)
- Grabaciones de sistema (System Recordings)
- Backup & Restauracion (Backup & Restoration)
- Configuraciones Generales (General Configurations)

The "Add IAX2 Interno" form includes the following fields and options:

- Agregar Interno** (Add Internal)
- Extension Number:
- Display Name:
- Extension Options**
- Outbound CID:
- Record Incoming:
- Record Outgoing:
- Device Options**
- secret:
- Correo de Voz & Directorio:

On the right side, there is a table titled "Add Interno" with the following data:

Extension	Range
1001	<1001>
1002	<1002>
1003	<1003>
1004	<1004>
1005	<1005>
1006	<1006>
2213	<2213>
2222	<2222>

Anexo F. Ventana para crear una extensión ZAP.

The screenshot shows the Asterisk Management Portal (AMP) interface in Microsoft Internet Explorer. The browser's address bar displays the URL: `http://192.168.5.132/admin/config.php?display=extensions&tech=zap`. The page title is "Asterisk Management Portal".

The main content area is titled "Add ZAP Interno" and includes a "Setup" link. On the left, there is a navigation menu with the following items: Llamadas entrantes, Extensions, Grupos de llamadas, Colas, IVR, Troncales, Inbound Routing, Ruteo Saliente, Musica en espera, Grabaciones de sistema, Backup & Restauracion, and Configuraciones Generales.

The "Add ZAP Interno" form contains the following fields and options:

- Agregar Interno:** A text input field.
- Extension Number:** A text input field.
- Display Name:** A text input field.
- Extension Options:**
 - Outbound CID:** A text input field.
 - Record Incoming:** A dropdown menu set to "On Demand".
 - Record Outgoing:** A dropdown menu set to "On Demand".
- Device Options:**
 - channel:** A text input field.
 - Correo de Voz & Directorio:** A dropdown menu set to "Deshabilitado".

On the right side of the form, there is a table titled "Add Interno" with the following rows:

Extension
1001 <1001>
1002 <1002>
1003 <1003>
1004 <1004>
1005 <1005>
1006 <1006>
2213 <2213>
2222 <2222>

Anexo G. Ventana para seleccionar las Troncales (ZAP, IAX2, SIP, ENUM).

The screenshot displays the Asterisk Management Portal (AMP) interface within a Microsoft Internet Explorer browser window. The browser's address bar shows the URL `http://150.186.64.63/admin/config.php?display=6`. The page header includes the AMP logo and navigation links for Maintenance, Setup, Reports, and Panel. The Setup section is active, showing a sidebar with various configuration options. The main content area is titled "Add a Trunk" and contains a table with the following options:

Add Trunk
Trunk ZAP/g0
Trunk ZAP/g1
Trunk IAX2/SucreIAX
Trunk SIP/RectoradoSI

The footer of the page indicates it is powered by AMP and shows the version number 1.10.010 on the IP address 150.186.64.63.

Anexo H. Ventana para crear troncales SIP.

The screenshot shows the Asterisk Management Portal interface in Microsoft Internet Explorer. The browser's address bar displays the URL: `http://192.168.5.128/admin/config.php?display=6&tech=SIP`. The page title is "Asterisk Management Portal" and includes navigation links for "Maintenance", "Seteos", "Reportes", and "Panel".

The main content area is titled "Add SIP Trunk" and features a left-hand navigation menu with options such as "Llamadas entrantes", "Troncales", "Inbound Routing", and "Configuraciones Generales".

The configuration form is divided into several sections:

- Configuraciones Generales:** Includes fields for "Caller ID Saliente" and "Canales Maximos".
- Reglas de Discado Saliente:** Contains a "Reglas de Discado:" list box, a "Clean & Remove duplicates" button, and a dropdown menu for "Asistente de reglas de discado:" with the option "(elegir uno)".
- Seteos de salida:** Includes a "Nombre de la Troncal:" field and a "Detalles PEER:" text area containing the following configuration:

```
host=***provider ip address***
username=***userid***
secret=***password***
type=peer
```
- Seteos de Entrada:** Includes a "Contexto USER:" field and a "Detalles USER:" text area containing:

```
secret=***password***
type=user
context=from-pstn
```
- Registro:** Includes a "Cadena de Registro:" field.

A "Submit Changes" button is located at the bottom right of the form area.

Anexo I. Ventana para crear una troncal ZAP.

The screenshot shows the Asterisk Management Portal interface in Microsoft Internet Explorer. The browser's address bar displays the URL: `cos\Imágenes para tesis\Asterisk\Imágenes para configuración\Asterisk Management Portal4.1.htm`. The page title is "Editar Troncal ZAP".

Left Navigation Menu:

- Llamadas entrantes
- Extensiones
- Grupos de llamadas
- Colas
- IVR
- Troncales
- Inbound Routing
- Ruteo Saliente
- Musica en espera
- Grabaciones de sistema
- Backup & Restauracion
- Configuraciones Generales

Main Content Area:

Editar Troncal ZAP

[Eliminar Troncal g1](#)

En uso por 1 ruta

Configuraciones Generales

Caller ID Saliente:

Canales Maximos:

Reglas de Discado Saliente

Reglas de Discado:

Clean & Remove duplicates

Asistente de reglas de discado: (elegir uno)

Prefijo de Discado Saliente:

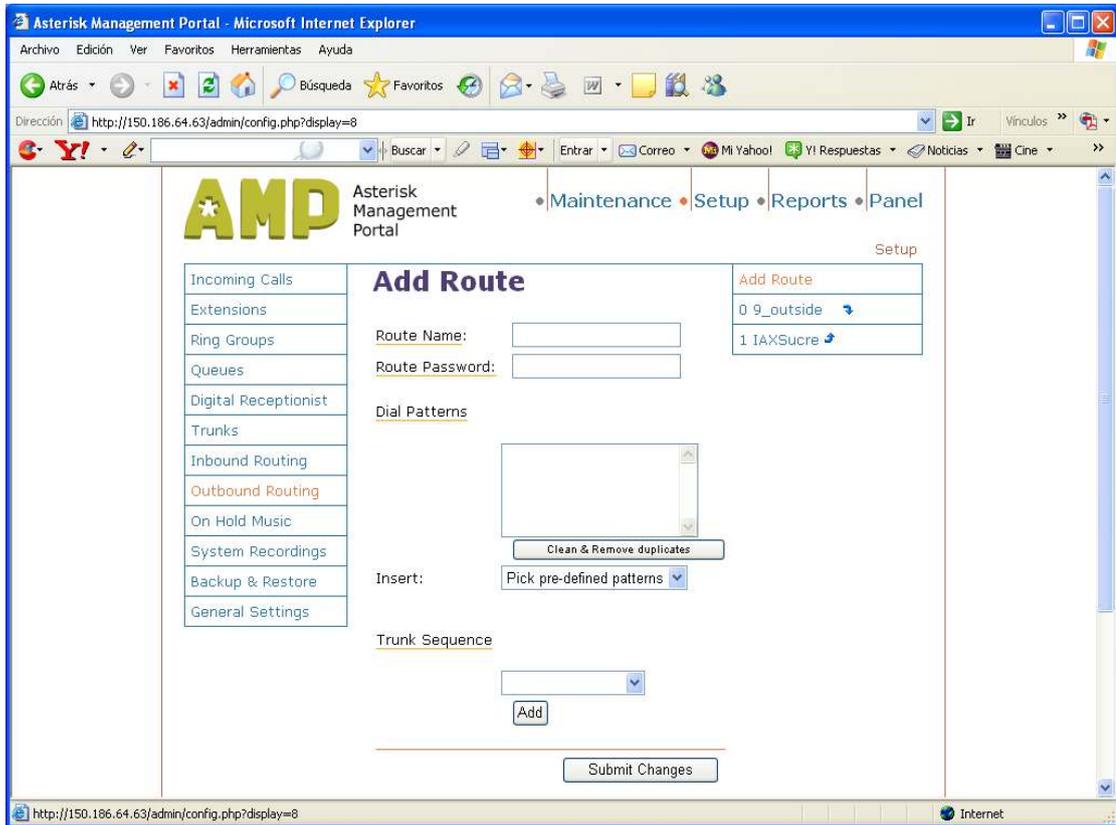
Seteos de salida

Identificador ZAP (nombre de la troncal):

Right Side Buttons:

- Agregar Troncal
- Troncal ZAP/g1
- Troncal IAX2/sucre

Anexo J. Ventana para crear Rutas Salientes.



APÉNDICES.

Apéndice A. Archivo zapata.conf:
zapata.conf

```
[channels]  
context=default  
switchtype=national  
signalling=fxs_ks  
rxwink=300  
usecallerid=yes  
hidecallerid=no  
callwaiting=yes  
usecallingpres=yes  
callwaitingcallerid=yes  
threewaycalling=yes  
transfer=yes  
canpark=yes  
cancallforward=yes  
callreturn=yes  
echocancel=yes  
echocancelwhenbridged=yes  
rxgain=3.0  
txgain=8.0  
group=1  
callgroup=1  
pickupgroup=1  
immediate=no  
busydetect=yes  
busycount=6  
pulsedial=yes  
musiconhold=default  
channel => 1
```

Apéndice B. Archivo sip.conf

[general]

port = 5060 ; Puerto de servicio para SIP 5060
bindaddr = 0.0.0.0 ; Dirección IP por donde Asterisk escucha
disallow=all
allow=ulaw ; Codecs a ser usados
allow=alaw
context = from-sip-external ; Nombre del contexto a ser usado
callerid = Unknown ; Establece la cadena del identificador de llamada

; Sentencias para incluir archivos de configuración dentro de otros archivos

#include sip_nat.conf
#include sip_custom.conf
#include sip_additional.conf

[2000]

username=2000 ; Nombre de la extensión
type=friend ; El tipo establece la clase de conexión para el cliente, posibles valores: user, peer, friend
secret=2000 ; Password de la extensión
record_out=Adhoc
record_in=Adhoc
qualify=no
port=5060
nat=yes
mailbox=2000@device ; Bandeja de correo de voz
host=dynamic
dtmfmode=rfc2833
context=from-internal ; Contexto
canreinvite=no
callerid=device <2000>

[2001]

username=2001
type=friend
record_out=Adhoc
record_in=Adhoc
qualify=no
port=5060
nat=never
mailbox=2001@device
host=dynamic
dtmfmode=rfc2833
context=from-internal
canreinvite=no
callerid=device <2001>

Apéndice C. Archivo extensions.conf

extensions.conf

[general]

*static=yes ; Estas dos líneas previenen a la interfaz de
writeprotect=yes ; línea de comando de sobrescribir el archivo de
; configuración. Los deja aquí*

[from-sip]

*; Si el número marcado por la parte que llama era "2000", entonces
; marca al usuario "2000" por el controlador de canal SIP. Deja que
; el número repique por 20 segundos, y si no hay respuesta, procede
; a la prioridad 2. Si el número da un resultado de "ocupado",
; entonces salta a la prioridad 102*

exten => 2000,1,Dial(SIP/2000,20)

*; La prioridad 2 envía al que hace la llamada al correo de voz, y
; le da el mensaje de "u" no disponible para el usuario 2000, como
; fue grabado anteriormente. La única salida del correo de voz en
; esta instancia es colgar, así que hemos alcanzado el final de
; nuestra lista de prioridad.*

exten => 2000,2,Voicemail(u2000)

*; Si el número marcado en la prioridad 1 arriba resulta con un
; código "ocupado", entonces Dial saltará a 101 + (prioridad
; actual) que en nuestro caso será 101+1=102. Este salto de +101
; está incorporado en Asterisk y no necesita ser definido.*

exten => 2000,102,Voicemail(b2000)

exten => 2000,103,Hangup

; Ahora, ¿qué pasa si el número marcado era "2001"?

exten => 2001,1,Dial(SIP/2001,20)

exten => 2001,2,Voicemail(u2001)

exten => 2001,102,Voicemail(b2001)

exten => 2001,103,Hangup

*; Defina una manera de modo que los usuarios puedan marcar un
; número para alcanzar el correo de voz. Llame a la aplicación
; VoicemailMain con el número del que hace la llamada pasado ya
; como variable, de modo que todo lo que el usuario necesite hacer
; es escribir la contraseña.*

exten => 2999,1,VoicemailMain(\${CALLERIDNUM})

Hoja de Metadatos

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/5

Título	Interconexión De Los Servicios De Voz Del Núcleo De Sucre Con El Edificio Del Rectorado De La Universidad De Oriente Utilizando VoIP A Través De Los Enlaces De Datos Existentes
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Marcos Antonio Ramírez Sánchez	CVLAC	12.660.593
	e-mail	ramsam12@gmail.com

Palabras o frases claves:

VoIP
IP
PBX
Interconexión
Frame Relay
Redes
Servidor
Asterisk
Rectorado
Telefonía
Codec

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Escuela de Ciencia	Informática

Resumen (abstract):

Para llevar a cabo la interconexión de los servicios de voz del Núcleo de Sucre con el edificio del Rectorado de la Universidad de Oriente, utilizando los enlaces de datos existentes, se siguió la metodología para la Integración de Redes de Voz y Datos propuesta por Scott Keagy que se desarrolla en siete (7) fases: determinar los requisitos y expectativas para el servicio de voz, establecer la interfaz de telefonía e información de la señalización, determinar y planificar los requisitos del enlace troncal de voz y ancho de banda, seleccionar el hardware y determinar sus requisitos, revisar la solución propuesta en términos de requisitos, desarrollar un plan de retardos y de pérdidas de señal, establecer un plan integrado de servicio telefónico. La fusión de la red de datos (RAUDO) con la red de telefonía (Servicio CPA de MOVISTAR), se logró con la comunicación de las centrales Ericsson MD 110 del Rectorado y del Núcleo de Sucre respectivamente, a través de tecnología VoIP. Con esta interconexión se reducen los gastos en facturación de llamadas telefónicas, puesto que las mismas se realizan mediante la red de datos existente y no por medio del proveedor telefónico. Se utilizó la aplicación de fuente abierta ASTERISK, que es una PBX en software, que además de proporcionar conectividad a diferentes dispositivos telefónicos con redes de datos, ofrece todas las innovaciones de la telefonía moderna, como lo son: bandejas de correos de voz, identificador de llamadas, recepcionista virtual y llamadas en conferencia entre otras.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Daniel Geremia	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	8.645.325
	e-mail	geremiada@hotmail.com
	e-mail	
Pablo Caraballo	ROL	CA <input checked="" type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4299801
	e-mail	pablo@udo.edu.ve
	e-mail	
Carmelys Rodríguez	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	13539531
	e-mail	carmelysrodriguez@gmail.com
	e-mail	
José Sifontes	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	12123953
	e-mail	jasifontes@yahoo.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2008	11	26

Lenguaje: Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis_Marcos_Ramirez.doc	Word

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciado en Informática

Nivel Asociado con el Trabajo: Licenciatura

Área de Estudio: Ciencia

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente, Núcleo Sucre

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 5/5



Marcos Antonio Ramírez Sánchez



Prof. Daniel Geremia
ASESOR



Prof. Pablo Caraballo
CO-ASESOR



Prof. José Sifontes
JURADO



Prof. Carmeils Rodríguez
JURADO



POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS

Derechos:

Se permite mostrar todo el contenido de la tesis, pero únicamente para lectura. No se autoriza copiar ni modificar el mismo.

