

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



VOZ SOBRE IP (VoIP) EN INTRANETS

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

ROBERT MANUEL ZEVALLOS MÉNDEZ

PROMOCIÓN
2001 - II

LIMA – PERÚ
2006

VOZ SOBRE IP

(VoIP)

EN INTRANETS

*A mis padres: Manuel y Rosa,
a quienes debo todos mis logros;
con su apoyo día a día me demuestran
cuán importante soy en sus vidas.*

SUMARIO

En el presente trabajo se intenta analizar y mostrar tecnologías para la comunicación de voz sobre redes privadas de datos basadas en IP, el protocolo de mayor difusión a nivel mundial. La aparición de nuevos estándares, así como la mejora y abaratamiento de las tecnologías de compresión de voz, están consiguiendo que la utilización de Voz sobre IP (VoIP) sea cada vez más común en Intranets de las principales compañías, logrando reducción de costos en gran escala.

Se describen los estándares de mayor uso para VoIP, los elementos que intervienen, además de las consideraciones a tener en cuenta para su eficaz implantación.

También se muestran ejemplos de aplicaciones de Telefonía IP en escenarios actuales en empresas de nuestro medio.

ÍNDICE

	Pag
PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	
LA VOZ SOBRE IP.	3
1.1. Introducción	3
1.2. Antecedentes	5
1.3. Cómo funciona la Voz sobre IP	7
1.4. Telefonía IP vs Telefonía Tradicional	8
1.5. Consideraciones	11
1.5.1. Ancho de Banda Necesario	11
1.5.2. Calidad en la Transmisión de La Voz	12
1.5.3. Estándares	12
1.5.4. Aplicaciones	13
1.6. Ventajas y Limitaciones de la VoIP	14
1.6.1. Ventajas	14
1.6.2. Limitaciones	14
1.6.3. Requerimientos	15
1.6.4. Calidad De Servicio (QoS)	16
1.7. Camino a la Convergencia IP	20
CAPÍTULO II	
EL PROTOCOLO H.323. ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA VOZ SOBRE IP.	22
2.1. H.323	22

2.2.	Elementos en la Comunicación VoIP. Componentes H.323	27
2.3.	Factores que afectan la calidad de la voz.	33
2.4.	Interrelación entre los factores y mejoras en la calidad de la voz.	34
2.5.	Resumen	37

CAPÍTULO III

ASPECTOS Y CONSIDERACIONES EN LA IMPLANTACIÓN DE VoIP EN LA INTRANET.

		38
3.1.	Transición hacia una Red Convergente	38
3.1.1.	Elementos de transición	38
3.1.2.	Beneficios a nivel empresarial	39
3.1.3.	Obstáculos	39
3.2.	Ventajas e Inconvenientes de la VoIP en una Red Corporativa	40
3.2.1.	Principales ventajas	
3.2.2.	Principales inconvenientes.	
3.3.	Cuestiones sobre VoIP en la Intranet.	41
3.3.1.	Latencia, paquetes perdidos y jitter.	41
3.3.2.	Patrones de llamadas de telefonía IP.	41
3.3.3.	Patrones de uso de la red de datos.	42
3.3.4.	Fiabilidad de la infraestructura.	42
3.3.5.	Política de servidores.	42
3.3.6.	Congestión de red y rechazo de paquetes.	42
3.3.7.	Calidad de voz y ancho de banda del enlace.	42
3.4.	Resumen	43

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN. PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE DATOS CON TELEFONÍA IP.

		44
4.1	Introducción	44
4.2	Red Anterior de la Compañía	45

4.3	Propuesta	45
4.3.1.	Antecedentes	
4.3.2.	Requerimientos	
4.4.	Implementación del Proyecto	46
4.4.1.	Diagrama del Proyecto Final	47
4.4.2.	Topología de la Red de Datos y Telefonía IP	49
4.4.3.	Equipos	52
4.4.3.1	Router Principal Concentrador Cisco 3745	52
4.4.3.2	Bundle Call Manager MCS-7825H y Voice Mail Unity	54
4.4.3.3	Adaptadores de Voz Cisco ATA-186 y VG-248	54
4.4.3.4	Teléfonos IP	56
4.4.3.5	Equipo Remoto Cisco	56
4.4.4.	Configuraciones de la Red de la Compañía	57
4.5.	Seguridad en la solución VoIP	58
4.6.	Cuadro Comparativo	60
4.7.	Ahorro e Inversión	61
4.8.	Resumen	62
	CONCLUSIONES	63
	ANEXO A	
	Caso Práctico	65
	ANEXO B	
	Lista de Acrónimos	70
	BIBLIOGRAFÍA	73

PRÓLOGO

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, protocolos de transmisión en tiempo real, así como el estudio de nuevos estándares que permiten la calidad de servicio en redes IP, han creado un entorno donde es posible transmitir voz sobre IP y brindar funcionalidades asociadas al servicio de telefonía.

También hay que considerar el potencial ahorro económico que este tipo de tecnologías puede ofrecer.

Sin lugar a dudas, los primeros que aprovechan las ventajas de voz sobre IP son las grandes compañías que, en general, se encuentran geográficamente distribuidas y poseen enlaces privados de datos entre sus sucursales. Mediante el uso de VoIP, logran costo cero en la comunicación entre locales de una misma Intranet.

Por todo lo anterior la conclusión es clara: VoIP (Voice Over Internet Protocol) es un tema "caliente" y estratégico para las empresas. Lentamente, la telefonía sobre IP está ganando terreno y todos quieren tenerla.

En el Capítulo I del presente trabajo se indican las motivaciones para el uso de la Voz sobre IP en Intranets, así como sus aportes y limitaciones. Además, se hace una breve narración de sus antecedentes, y se definen conceptos de convergencia de redes.

El Capítulo II muestra una presentación resumida de la pila de protocolos H.323, que es el estándar para VoIP de mayor difusión.

El Capítulo III está relacionado al análisis de todos aquellos factores que influyen en la implantación de VoIP en la Intranet, beneficios, inconvenientes y aspectos técnicos a favor y en contra.

El Capítulo IV presenta un proyecto en el cual tiene aplicación la VoIP. Se describe una red de datos con servicios de Telefonía IP. Se muestra la topología de la red implementada así como los equipos utilizados.

Finalmente, se mencionan las principales conclusiones al tema expuesto.

CAPÍTULO I

LA VOZ SOBRE IP.

1.1. Introducción.

Desde años atrás, los responsables de comunicaciones de las empresas tienen en mente la posibilidad de utilizar su infraestructura de datos para el transporte del tráfico de voz interno de la compañía. No obstante, es la aparición de nuevos estándares para la comunicación de voz en redes de datos, así como la mejora y abaratamiento de las tecnologías de compresión de voz, lo que está provocando finalmente su implantación.

Se ha podido constatar que desde un PC con elementos multimedia es posible realizar llamadas telefónicas a través de Internet. Sin embargo, debido a que la calidad de voz que obtenemos a través de Internet es muy pobre, se podía pensar que la telefonía en IP era poco más que un juguete. No obstante, si en una empresa se dispone de una red de datos que tenga un ancho de banda suficientemente grande, también se puede pensar en la utilización eficiente de esta red para el tráfico de voz entre las distintas sucursales de la compañía.

La tecnología de VoIP está cambiando el concepto de comunicación ya que está pasando de ser un coste para la empresa para convertirse en una herramienta prácticamente gratuita.

El desarrollo de las telecomunicaciones y en particular de las redes IP -como Internet- ha hecho que tecnologías como la telefonía IP comiencen a ser una realidad en el mundo de los negocios. Los problemas generados por la heterogeneidad del gran número de redes de telecomunicaciones existentes han motivado el estudio de mecanismos que favorezcan la homogeneización de los medios de transporte de voz y datos. El presente trabajo presenta el término VoIP (Voice Over Internet Protocol) como una solución a este

problema. Desarrolla también una primera aproximación al concepto y la terminología de la convergencia de redes, además de establecer una comparación entre la Telefonía IP y la Telefonía convencional. Adicionalmente, se aportan detallados análisis de los requerimientos de la Telefonía IP y de los distintos estándares que se utilizan en su desarrollo.

La convergencia de las redes de telecomunicaciones actuales supone encontrar la tecnología que permita hacer convivir en la misma línea la voz y los datos. Esto obliga a establecer un modelo o sistema que permita "empaquetar" la voz para que pueda ser transmitida junto con los datos.

Teniendo en cuenta que Internet es la "red de redes", desarrollar una tecnología de ámbito mundial nos dirige claramente al protocolo IP y a encontrar el método que nos permita transmitir voz a la vez que datos sobre redes IP. El problema tiene una "sencilla" solución: VoIP.

Para numerosas organizaciones la 'Convergencia IP' marcará el inicio de una nueva época donde sus aplicaciones corporativas se fusionarán con nuevas herramientas de comunicación como la mensajería instantánea o la videoconferencia, sin olvidar por supuesto la tradicional comunicación telefónica que también se integrará en IP. La 'Convergencia IP' representa un importante hito en cómo las tecnologías de la información mejoran los procesos de trabajo, repercutiendo notablemente en la productividad y rentabilidad de las organizaciones. Importantes analistas coinciden en comparar este momento con la aparición de las redes locales, las arquitecturas cliente servidor o la web.

El presente informe VoIP en Intranets intenta analizar la situación actual de la comunicación de voz en redes corporativas de las principales compañías del medio, con la finalidad de plantear opciones de aplicación actuales y de futuro para el ámbito empresarial.

1.2. Antecedentes.

Son conocidas distintas investigaciones en algoritmos avanzados de digitalización de voz desde 1970, y distintas experiencias de transmisión de voz sobre redes locales (LAN) en los años 80. Una de las primeras compañías en desarrollar técnicas de transmisión de voz sobre redes es la empresa VocalTec, lanzando en Febrero de 1995 su producto *Internet Phone* que muestra las posibilidades reales de establecimiento de llamadas telefónicas de PC a PC en redes IP. Se utilizaba entonces un paquete de software instalado en el PC y como medio de transmisión Internet. Nacía así el término hoy acuñado como Voz sobre IP.

Con la aparición de VoIP también surgieron muchos detractores que salieron a decir que la transmisión de voz sobre redes IP funcionaba fatal y que no se mejoraría. Al principio, en parte era cierto porque la voz tardaba en poder ser oída normalmente y al principio sonaba ralentizada.

La evolución en el tiempo ya era imparable y es en 1996 cuando se dan las primeras experiencias de establecimiento de llamadas de Teléfono a PC y de Teléfono a Teléfono. A partir de 1997 empiezan a aparecer nuevos dispositivos y métodos que nos llevan hoy en día a mantener el término XoIP ('X' over Internet Protocol) como la verdadera opción de futuro o si se prefiere como la puerta hacia la convergencia de las redes. En este acrónimo X significa cualquier contenido susceptible de ser transmitido por una red (D = data, V = voz, F = fax, M = multimedia).

Este laberinto de tecnologías, de intereses comerciales y de opciones de futuro lleva como toda "revolución" a la confusión del público en general. La consecuencia inmediata son las habituales FAQs (Frequently Asked Questions): ¿por qué IP?, ¿qué significa realmente VoIP?, ¿es VoIP lo mismo que VoFR (Voz sobre Frame Relay)?, etc.

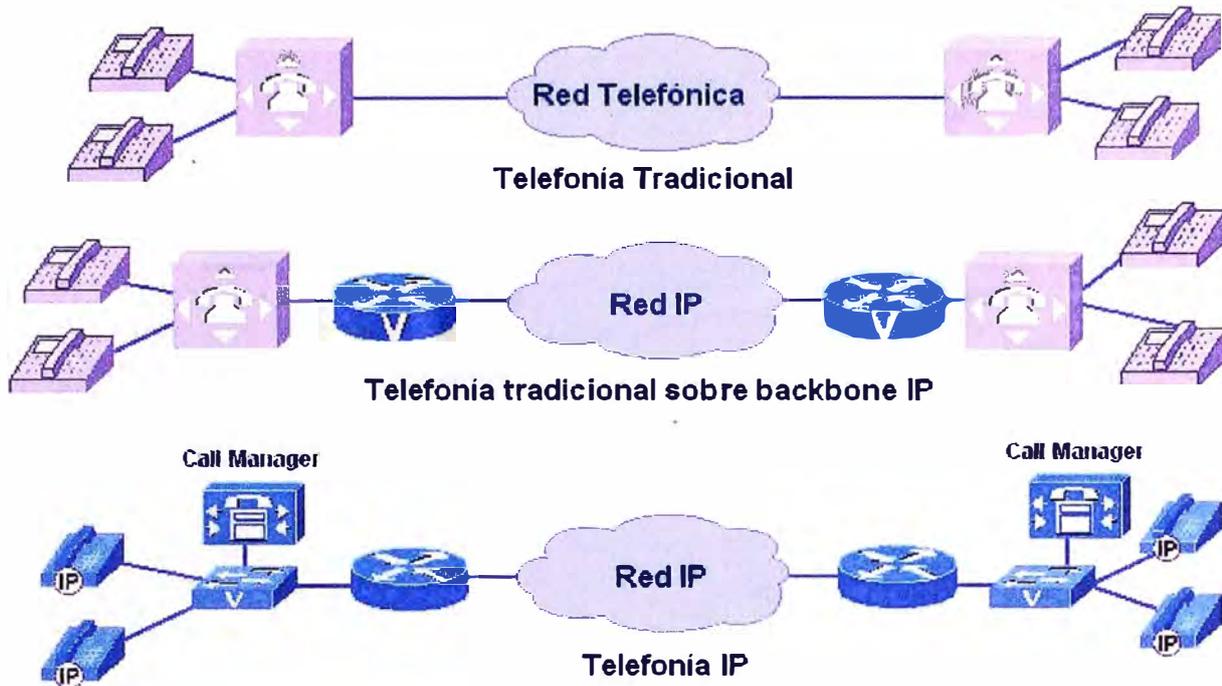


Figura 1.1. Evolución de la telefonía.

Realmente la integración de la voz y los datos en una misma red es una idea antigua, pues desde hace tiempo han surgido soluciones desde distintos fabricantes que, mediante el uso de multiplexores, permiten utilizar las redes WAN de datos de las empresas (típicamente conexiones punto a punto y frame-relay) para la transmisión del tráfico de voz. La falta de estándares, así como el largo plazo de amortización de este tipo de soluciones no ha permitido una amplia implantación de las mismas.

Es innegable la implantación definitiva del protocolo IP desde los ámbitos empresariales a los domésticos y la aparición de un estándar, el VoIP, no podía hacerse esperar. La aparición del VoIP junto con el abaratamiento de los DSP's (Procesador Digital de Señales), los cuales son claves en la compresión y descompresión de la voz, son los elementos que han hecho posible el despegue de estas tecnologías. Para este auge existen otros factores, tales como la aparición de nuevas aplicaciones o la apuesta definitiva por VoIP de fabricantes como Cisco y Nortel.

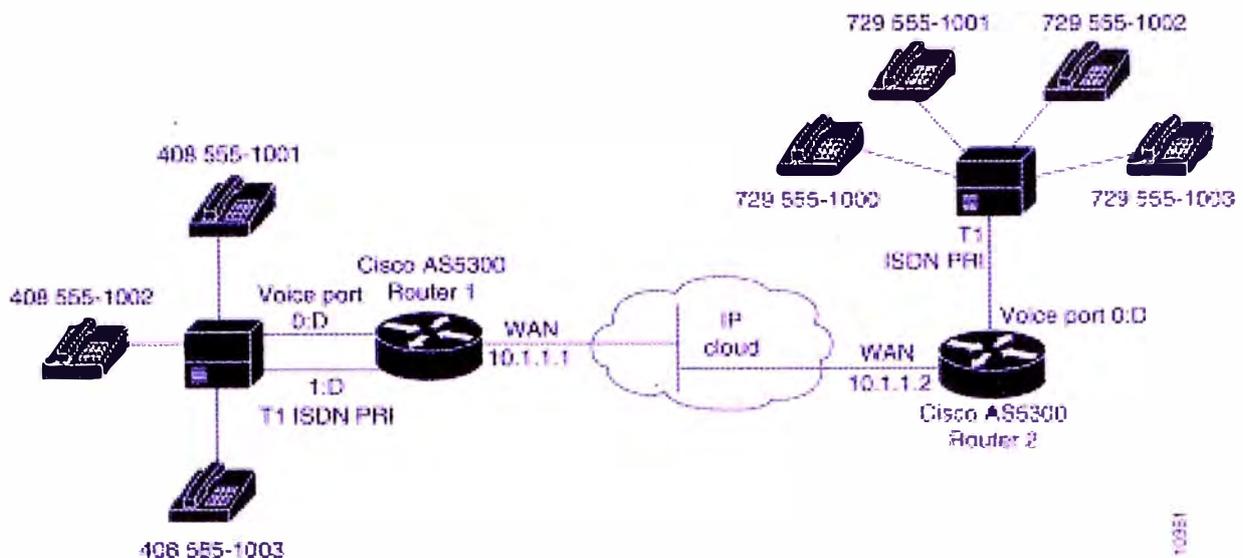


Figura 1.2. Ejemplo de red con conexión de centralitas a routers Cisco que disponen de soporte VoIP.

1.3. Cómo funciona la Voz sobre IP.

VoIP (*Voice over IP* - Voz sobre IP) es una tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos.

La Telefonía IP es una aplicación inmediata de esta tecnología, de forma que permita la realización de llamadas telefónicas ordinarias sobre redes IP u otras redes de paquetes utilizando una PC, gateways y teléfonos estándares. En general, servicios de comunicación - voz, fax, aplicaciones de mensajes de voz - que son transportadas vía redes IP en lugar de ser transportados vía la red telefónica convencional.

Los pasos básicos que tienen lugar en una llamada a través de una red de datos son: conversión de la señal de voz analógica a formato digital y compresión de la señal a protocolo de Internet (IP) para su transmisión. En recepción se realiza el proceso inverso para poder recuperar de nuevo la señal de voz analógica.

Cuando hacemos una llamada telefónica por IP, nuestra voz se digitaliza, se comprime y se envía en paquetes de datos a través de la red IP a la persona con la que estamos

hablando. Cuando alcanzan su destino, son ensamblados de nuevo, descomprimidos y convertidos en la señal de voz original.

La base en la que está fundamentada la VoIP es la misma que se utiliza para compartir un archivo en la red, navegar por Internet o mandar un email: los datos que se transmiten se dividen en paquetes y se envían, habiendo un dispositivo al otro lado capaz de interpretar esos paquetes y recomponerlos en la misma secuencia en que se enviaron.

En resumen, las funciones básicas que debe realizar un sistema de voz sobre IP son:

- a) Digitalización de la voz (conversión de la señal de voz analógica a formato digital)
- b) Paquetización de la voz (compresión de la señal a protocolo IP)
- c) Enrutamiento de los paquetes.

Funciones adicionales de un sistema de VoIP:

- Conversión de números telefónicos a direcciones IP y viceversa
- Generación de la señalización requerida por la red telefónica
- Control de admisión
- Manejo de Fax

1.4. Telefonía IP vs Telefonía Tradicional.

Aunque la telefonía IP aprovecha la infraestructura de telecomunicaciones ya existente, necesita nuevos elementos como se muestra en la figura 1.4.

En la figura 1.3 se puede apreciar la realidad actual, un entorno en donde conviven de forma paralela las redes de una determinada organización. Por un lado existe un circuito de datos y de forma paralela se aprecia un circuito de voz.

Por el contrario en la figura 1.4 mediante la incorporación de unos elementos denominados VoIP GW (Gateway o Pasarela para Voz sobre IP) se puede observar como se consigue la unificación de ambas redes y por tanto se logra la Convergencia.

La telefonía IP necesita un elemento que se encargue de transformar las ondas de voz en datos digitales y que además los divida en paquetes susceptibles de ser transmitidos haciendo uso del protocolo IP. Este elemento es conocido como Procesador Digital de Señales (DSP), el cual está disponible en los Teléfonos IP o los propios Gateways o Pasarelas encargados de transmitir los datos IP una vez paquetizada la voz. Cuando los paquetes alcanzan el Gateway de destino se produce el mismo proceso a través del DSP pero a la inversa con lo cual el receptor podrá recibir la señal analógica correspondiente a la voz del emisor.

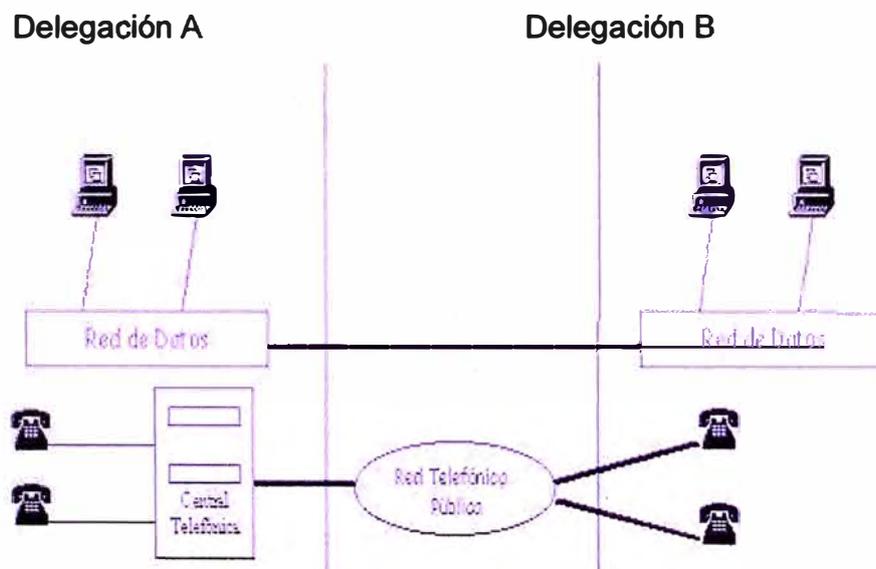


Figura 1.3. Infraestructura de red convencional.

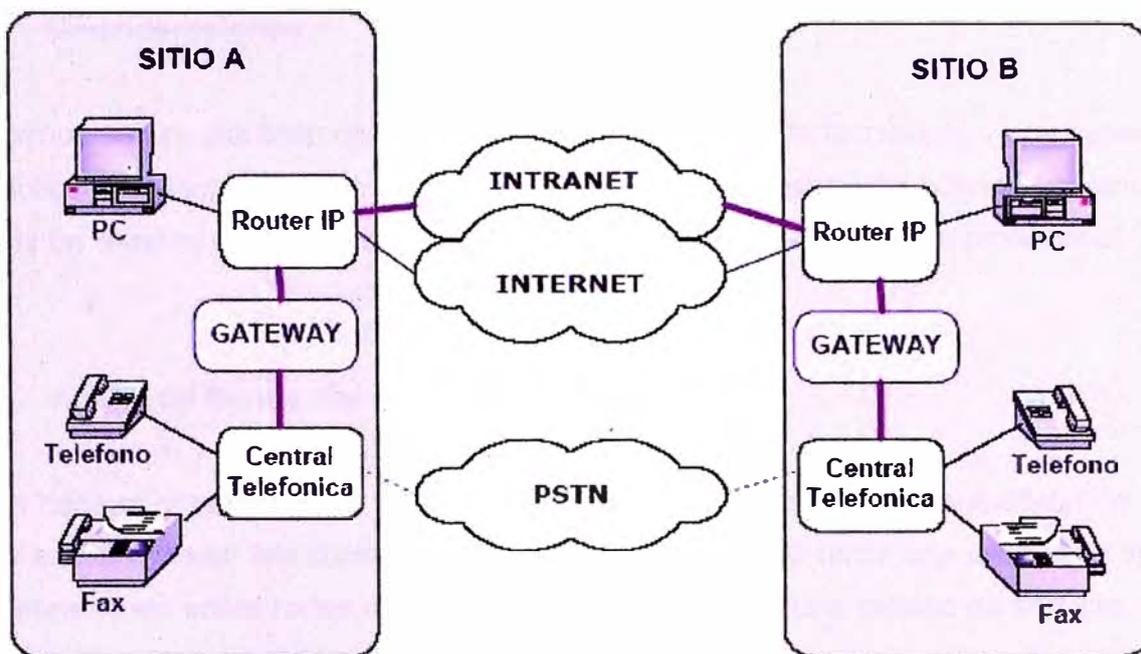


Figura 1.4. Incorporación de gateways a la infraestructura convencional reflejada en la figura 1.3.

La transmisión de paquetes de voz según la forma expuesta, es similar a la transmisión de un correo electrónico desde el origen hasta el destino. El problema es que en las transmisiones IP no está garantizado el éxito, por lo cual si el correo no es legible o se "pierde" algún paquete, es necesario solicitar la retransmisión del mismo y su recuperación es factible. Pero en el caso de la transmisión de voz esto no es así, ya que la necesidad de recibir los paquetes en un determinado orden, la necesidad de asegurar que no haya pérdidas y de conseguir una tasa de transmisión mínima hacen prácticamente necesaria la implantación de sistemas de **Calidad de Servicio (QoS: Quality of Service)**. Estos sistemas suponen hoy en día el gran reto de la industria ya que garantizar "Quality of Service Over IP" supondrá la inmediata implantación de los sistemas de transmisión de voz.

A modo de resumen el verdadero problema hoy en día es que la Telefonía Conmutada establece circuitos virtuales dedicados entre el origen y el destino y ahí la calidad es innegable y segura. Por el contrario la transmisión de voz sobre IP comparte el circuito y el ancho de banda con los datos y los paquetes pueden atravesar multitud de nodos antes de llegar a su destino lo que supone lógicas deficiencias en la transmisión de paquetes de voz.

1.5. Consideraciones.

A continuación se plantean otras cuestiones referentes a esta tecnología y que tienen que ser obligatoriamente consideradas a la hora de llevar a cabo una posible implantación real de un sistema de transmisión de voz sobre IP para uso comercial o profesional:

1.5.1. Ancho de Banda Necesario.

Hasta hace muy poco tiempo el ancho de banda necesario para la transmisión de voz y vídeo en tiempo real era considerablemente elevado, lo que hacía imposible este tipo de comunicaciones sobre redes de datos que no garantizaran una calidad de servicio, como por ejemplo Internet o redes basadas en protocolo IP.

Actualmente la voz que recibe un gateway es digitalizada y comprimida según distintos algoritmos (GSM, G.723.1, G.711, G.729), los cuales se caracterizan por conseguir mayores razones de proporción de compresión con disminución del tiempo de latencia (tiempo necesario para descomprimir la voz para que pueda ser entendida de nuevo). Algunos de estos algoritmos consiguen comprimir los paquetes de voz en 8 Kbps aproximadamente. El protocolo IP añade al paquete de voz digitalizado y comprimido una serie de cabeceras para su correcto transporte a través de la red, lo que hace que el ancho de banda necesario se incremente hasta unos 16 Kbps.

Hay que considerar asimismo el parámetro denominado "supresión de silencio". Con este parámetro activado, se consigue que la transmisión de paquetes (uso de ancho de banda) se reduzca a las situaciones en que los agentes están hablando. El resto del tiempo (cuando no existe voz a transmitir) se libera el ancho de banda. Teniendo en cuenta este aspecto, se puede afirmar que el tamaño medio de un paquete de voz durante una conversación es de 8 Kbps.

La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), en su acceso básico, provee al usuario de 2 canales de comunicación digitales de 64Kbits/s (canales B) y uno de control de 16Kbits/s (canal D) sobre las líneas telefónicas convencionales (par de cobre). Entonces, de acuerdo a lo expuesto en los párrafos anteriores, se puede afirmar que con un canal B de una línea RDSI cuyo ancho de banda es de 64 Kbps se puede realizar una comunicación de 8 llamadas simultáneas. Esta situación suele coincidir con las

dimensiones de cualquier centralita de una PYME (Pequeña y Mediana Empresa). Esto viene a demostrar que las necesidades de ancho de banda para este tipo de aplicaciones está al alcance de prácticamente cualquier empresa.

1.5.2. Calidad en la Transmisión de la Voz.

Referente a la calidad de la transmisión de la voz, todos los fabricantes e investigaciones hacen referencia a tres factores determinantes:

- **Codificadores de Voz:** influyen en la digitalización de la voz en paquetes de datos que contienen voz y que serán transmitidos por la red IP, también influyen por el retardo necesario para la descompresión de esos paquetes de voz, lo que imputa un retardo añadido a la comunicación.
- **Cancelación de Eco:** requerimiento necesario para una comunicación a través de Telefonía IP, que elimina de forma automática y en tiempo real posibles ecos, ya que si no lo hiciera haría inteligible la comunicación.
- **Latencia:** tiempo necesario para que la voz viaje de un extremo al otro, incluyen los tiempos necesarios para la compresión, transmisión y descompresión. Este tiempo tiende a minimizarse pero jamás podrá ser suprimido. Actualmente los tiempos que se están obteniendo de latencia giran alrededor de 120 ms.

1.5.3. Estándares

Actualmente existen estándares que regulan este tipo de comunicaciones, estándares que provienen de organismos internacionales de estandarización como el ITU (International Telecommunication Union) que ha establecido unas normas para la interconexión de los distintos elementos que intervienen en una comunicación sobre Telefonía IP.

El estándar más difundido que regula este tipo de comunicaciones es el H.323 de la ITU. Esta norma realmente es una serie de normas para la transmisión de datos multimedia

(audio, vídeo y datos) sobre redes que no garantizan una calidad de servicio, como son las redes IP.

Las funciones cubiertas por el H.323 son acerca del control de llamadas, uso de codificadores de voz y normas de otros organismos que especifican la transmisión en tiempo real de los paquetes de voz.

El protocolo H.323 ha sido adoptado prácticamente por todas las empresas líderes en el sector de las telecomunicaciones. Por tanto, es lógico deducir que en la actualidad cualquier empresa que quiera trabajar en servicios de VoIP debe adoptar este estándar en todos sus desarrollos. De esta manera se garantizará una perfecta integración con plataformas hardware y software de distintos fabricantes cuyos productos sigan la misma norma.

1.5.4. Aplicaciones

Con todo lo anteriormente descrito, se pueden poner en marcha una serie de aplicaciones que son de gran demanda y que producen de forma inmediata un ahorro de costes muy significativo.

Redes Privadas virtuales de Voz.

Esta aplicación consiste en la interconexión de las centralitas telefónicas a través de la red IP corporativa, de manera que se puede realizar una llamada desde una extensión de la oficina A a otra extensión de la oficina B a través de la red de datos de la empresa, produciéndose esta llamada de forma gratuita ya que se aprovecha la infraestructura de datos ya existente. Un ejemplo claro de este servicio serían los bancos y su red de oficinas.

Multiconferencia.

La telefonía IP permite la conexión de 3 o más usuarios simultáneamente compartiendo las conversaciones de voz o incluso documentos sobre el que todos los miembros de la multiconferencia pueden participar en la revisión, esto resulta de gran utilidad para empresas que realicen reuniones virtuales, con los consiguientes ahorro de gastos que supone el desplazamiento de personas.

1.6. Ventajas y Limitaciones de la VoIP.

En esta sección se analizan por separado tanto las ventajas como los inconvenientes del uso de los servicios IP en los ámbitos más comunes. Asimismo, se analizan los aspectos más relevantes que impiden una rápida implantación de estos servicios.

1.6.1. Ventajas.

Los servicios de VoIP presentan una multitud de ventajas en todos los aspectos. Su enumeración y explicación debe de realizarse de forma sencilla y transparente al objeto de hacer llegar a los posibles usuarios la bondad de su implantación. Hay que evitar la confusión y prematuro rechazo ante algo que se plantea como la solución universal y que no se termina de entender.

- a). Amplia reducción en los costes de la factura telefónica. Las llamadas entre sucursales de la misma empresa utilizarán los recursos de la red IP interna, y por ende, serán gratuitas.
- b). Integración de servicios y unificación de estructura. Convergencia de las comunicaciones de datos y voz en una plataforma única, facilitando la gestión, el mantenimiento y el entrenamiento del personal.
- c). Nuevas posibilidades de potenciación del teletrabajo y de los teletrabajadores. Con una única conexión se podrá acceder a aplicaciones corporativas, al correo vocal, atender llamadas o buscar información sobre nuevos proyectos.
- d). Fácil enrutamiento alternativo en caso de averías en la red (servicio no orientado a conexión).

1.6.2. Limitaciones.

Las redes IP normalmente no permiten garantizar un tiempo mínimo para atravesarlas.

- Degradación de la calidad cuando hay congestión y no hay QoS (ecos, interferencias, entrecortes, etc).
- Las redes IP están diseñadas para descartar paquetes en caso de congestión y retransmitirlos en caso de error. Esto no es adecuado para la voz.
- Los retardos de cientos de ms, comunes en redes de datos, son inaceptables en una conversación telefónica.

1.6.3. Requerimientos.

- Utilizar protocolos o métodos que permitan garantizar cierto grado de calidad de servicio (QoS) y no utilicen retransmisiones. Prioridad a la voz sobre los datos.
- Controlar el número máximo de saltos y los demás factores que contribuyen al retardo de transmisión.

Si todo está tan claro, si ya existe tecnología, si los estándares están validados por organismos internacionales (caso del H.323 definido por la ITU) y si la ley en principio no presenta inconvenientes, no hay impedimento en la implantación de VoIP. Pero el verdadero caballo de batalla se resume con tres letras: "QoS" (Quality of Service).

Garantizar calidad de servicio en base a retardos y ancho de banda disponible no es realmente posible sobre una red IP. Una vez digitalizada la voz y paquetizada, se envía al canal de transmisión y aquí no existen soluciones que nos garanticen o permitan establecer anchos de banda, orden de paquetes y retrasos asumibles en su transmisión. Las posibles soluciones pasan por diferenciar los paquetes de voz de los paquetes de datos, priorizar la transmisión de los paquetes de voz y hacer que los retrasos añadidos a la transmisión de los paquetes no superen en ningún caso los 150 milisegundos (recomendación de la ITU).

Las líneas de trabajo actuales y las soluciones y estándares desarrollados por distintos organismos y fabricantes, se basan en:

- **Anchos de Banda.**

En la tabla 1.1 se muestra la relación existente entre los distintos algoritmos de compresión de voz utilizados y el ancho de banda requerido por los mismos.

- **Retardo.**

Una vez establecidos los retardos de procesado, retardos de tránsito y el retardo de procesado la conversación se considera aceptable por debajo de los 150 ms.

- **Eco.**

El eco es debido a una reflexión, habitualmente se debe a un desajuste de impedancias.

TABLA N° 1.1. Ancho de Banda requerido por los Codecs actuales.

Codecs	Ancho de Banda (BW)
G.711 PCM	64 kbps
G.726 ADPCM	16, 24, 32, 40 kbps
G.727 E-ADPCM	16, 24, 32, 40 kbps
G.729 CS-ACELP	8 kbps
G.728 LD-CELP	16 kbps
G.723.1 CELP	6.3 / 5.3 kbps

1.6.4. Calidad De Servicio (QoS).

Las líneas de trabajo actuales de cara a conseguir Calidad de Servicio en una Transmisión IP, están basadas en:

- a. Supresión de silencios y VAD (voice activity detection): establecer diferencia entre habla y silencio, no transmitir paquetes de silencio y generación de silencios al otro extremo.
- b. Compresión de cabeceras: asunción de los estándares RTP/RTCP.

RTP (*Real-Time Protocol*): Comprime cabeceras de 40 bytes a 2-4 bytes, la mayor parte del tiempo sin resolver reserva de recursos o calidad de servicio garantizada.

RTCP (*Real-Time Control Protocol*): proporciona realimentación sobre la calidad.

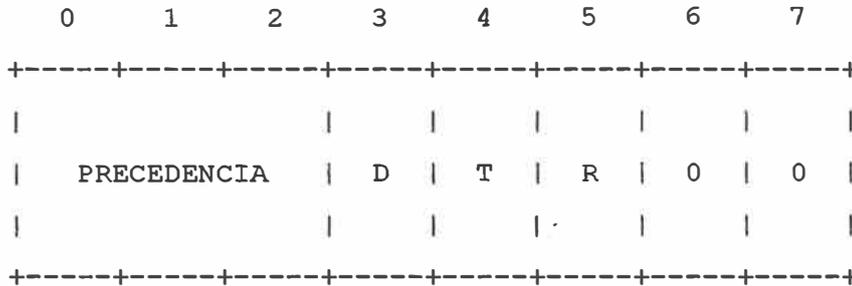
- c. Reserva de Ancho de Banda: implantación del estándar RSVP (*Resource Reservation Protocol*, Protocolo de Reserva de Recursos) de la IETF (Internet Engineering Task Force). RSVP incorpora reserva de ancho de banda y retardo, además de establecer una lista de acceso dinámica de extremo a extremo. Sus principales deficiencias se establecen en su defectuoso crecimiento (solución válida en redes pequeñas) y en su deficiente autorización y autenticación. Además hay que tener en cuenta que las actuales infraestructuras no la tienen en cuenta.
- d. Priorizar: existen diferentes tendencias tales como:
 - d.1. CQ (Custom Queuing): asignación de un porcentaje del ancho de banda disponible.
 - d.2. PQ (Priority Queuing): establecer prioridad en las colas.
 - d.3. WFQ (Weight Fair Queuing): asignar prioridad al tráfico de menos carga.
 - d.4. DiffServ: definido por la IETF, evita tablas en routers intermedios y establece decisiones de rutas por paquete.
- e. Control de Congestión: uso del protocolo RED (Random Early Discard), técnica que fuerza descartes aleatorios.
- f. Uso de IPv6: mayor espacio de direccionamiento y posibilidad de Tunneling (técnica que encapsula paquetes IPv6 dentro de paquetes IPv4 siendo transportados a través de infraestructura de ruteo IPv4).

g. Clasificación de servicios

El protocolo IP puede ser utilizado para diferenciar los datos de los servicios generados por las aplicaciones. De esta manera se establecen prioridades entre las aplicaciones con el fin de satisfacer sus requerimientos. En la figura 1.5 podemos observar el parámetro de control Tipo de Servicio. Este parámetro de control es utilizado para diferenciar los datos de los servicios generados por las aplicaciones.

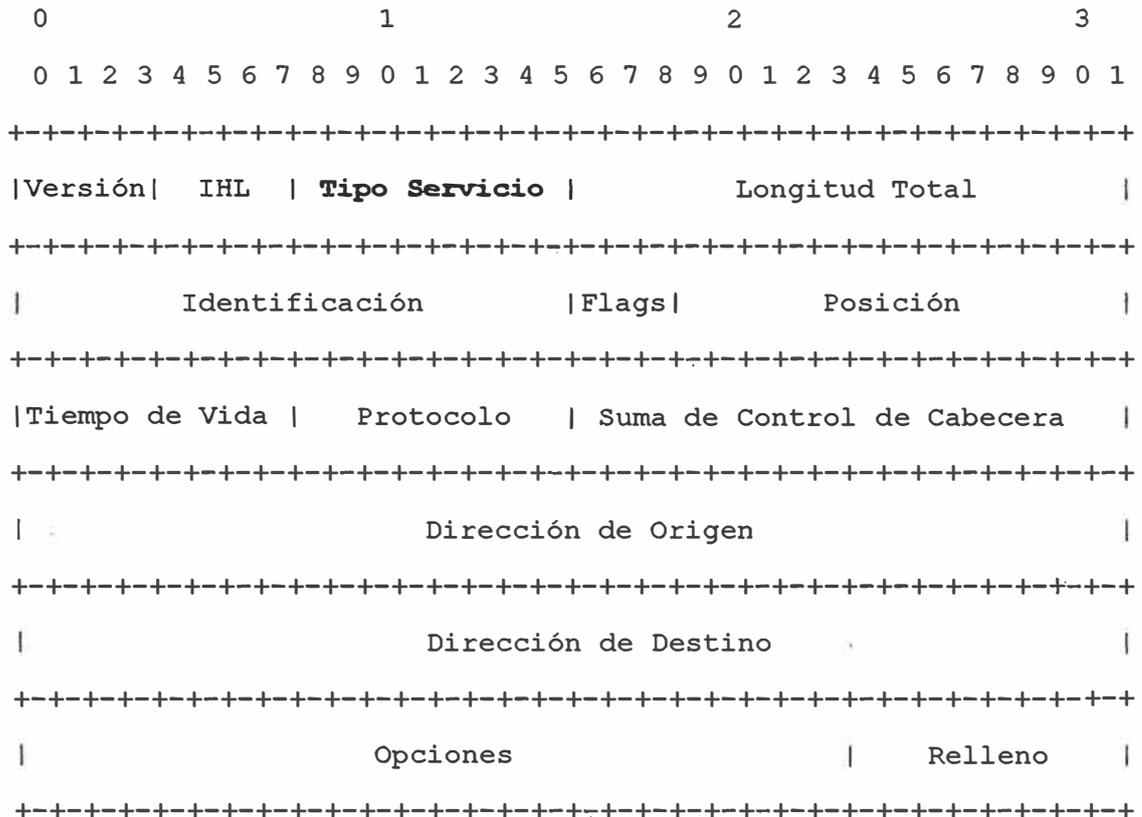
El registro Tipo de Servicio es un registro de 8 bits tal como se presenta a continuación:

Bits 0-2: Prioridad.
 Bit 3: 0 = Demora Normal, 1 = Baja Demora.
 Bit 4: 0 = Rendimiento Normal, 1 = Alto rendimiento.
 Bit 5: 0 = Fiabilidad Normal, 1 = Alta fiabilidad.
 Bits 6-7: Reservado para uso futuro.



Precedencia:

111 - Control de Red	011 - Urgente (Flash)
110 - Control Entre Redes	010 - Inmediato
101 - CRÍTICO/ECP (Emergency Command Precedence)	001 - Prioridad
100 - Muy urgente (Flash Override)	000 - Rutina



Cada signo - indica un Bit.

Figura 1.5. Cabecera IPv4

1.7. Camino a la Convergencia IP.

El camino hacia la convergencia IP ha sido lento pero seguro. En una primera fase era necesario dotar a IP de mecanismos que permitiesen clasificar diferentes tipos de tráficos, más concretamente, usuarios y aplicaciones. Aquí han jugado un papel esencial tres técnicas de etiquetado: ToS (Type of Service), IP Precedence y el estándar DiffServ. En paralelo al establecimiento de un modelo de etiquetado resultó vital capacitar a los elementos de red, conmutadores y routers, para poder clasificar y priorizar cada tráfico en función de alguno de los esquemas anteriores y considerando el requerimiento del usuario. Con estos dos elementos, etiquetado y priorización hardware, ya es posible facilitar el transporte IP de tráficos sensibles al retardo, por ejemplo voz y vídeo. El paso siguiente en este camino hacia la convergencia ha sido la integración de otros servicios y aplicaciones sobre IP, principalmente, el desarrollo de servicios de telefonía y videoconferencia sobre IP.

Desde hace algún tiempo los esquemas de etiquetado IP y las prestaciones hardware de conmutadores y routers han demostrado efectividad para transportar voz y vídeo sobre una red IP. Pero, además de ese transporte garantizado, son necesarios más mecanismos para desarrollar plenamente un servicio de Telefonía IP como el establecimiento y finalización de una conversación telefónica, el encaminamiento de una llamada o algo tan evidente como el empleo de un esquema de numeración telefónica universalmente aceptado como es E.164 o en su defecto, dentro de las organizaciones, un plan de numeración basado en extensiones, departamentos y/o localizaciones.

Sin abandonar los requerimientos para la plena consecución de un servicio de Telefonía IP se deben tener en cuenta la definición de la arquitectura y los elementos involucrados: terminales telefónicos, pasarelas hacia otras redes de voz, terminales de operador de llamadas y otros elementos que participaran activamente en el servicio de telefonía.

Por último y igualmente importante es la definición de los servicios que será capaz de desarrollar una Red de Telefonía IP además de la simple conectividad entre usuarios como por ejemplo servicios tan comunes en el mundo tradicional de voz como son el buzón de voz, desvío de llamada, en espera, multiconferencia u otros más avanzados como los presentes en la mayoría de los call centers, integración CTI (*Computer-*

Telephony Integration) y mensajería unificada. No cabe duda que a la vista de estas reflexiones los términos "Telefonía IP" y "Convergencia IP" cobran mayor envergadura.

Con estos objetivos en mente, organizaciones internacionales como el ITU-T (International Telecommunication Union) y el IETF (Internet Engineering Task Force) han desarrollado varias arquitecturas para permitir el desarrollo de servicios de Telefonía y Videoconferencia sobre redes IP. Es importante decir que cada aproximación resuelve satisfactoriamente la necesidad básica para la que se han concebido, es decir, Telefonía y Videoconferencia IP. Asimismo, también es necesario recordar que entre los distintos planteamientos existen importantes diferencias que son la clave para seguir avanzando en la 'Convergencia IP'.

CAPÍTULO II
EL ESTÁNDAR H.323.
ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA VOZ SOBRE IP.

A finales de 1997 el VoIP forum del IMTC (Consortio Internacional de Telecomunicaciones Multimedia) llegó a un acuerdo que permite la interoperabilidad de los distintos elementos que pueden integrarse en una red VoIP. Debido a la ya existencia del estándar H.323 del ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de Normalización de las Telecomunicaciones), que cubría la mayor parte de las necesidades para la integración de la voz, se decidió que el H.323 fuera la base del VoIP. De este modo, el VoIP debe considerarse como una clarificación del H.323, de tal forma que en caso de conflicto, y a fin de evitar divergencias entre los estándares, se decidió que H.323 tendría prioridad sobre el VoIP.

El VoIP tiene como principal objetivo asegurar la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes, fijando aspectos tales como la supresión de silencios, codificación de la voz y direccionamiento, y estableciendo nuevos elementos para permitir la conectividad con la infraestructura telefónica tradicional. Estos elementos se refieren básicamente a los servicios de directorio y a la transmisión de señalización por tonos multifrecuencia (DTMF).

2.1. H.323.

Para garantizar la interoperabilidad entre la red telefónica y las redes de transmisión de datos es necesario utilizar grupos de protocolos. Los más conocidos son H.323 y SIP. H.323 está más difundido.

El VoIP/H.323 comprende a su vez una serie de estándares y se apoya en una serie de protocolos que cubren los distintos aspectos de la comunicación:

- **Direccionamiento:**
 - RAS (Registration, Admission and Status). Protocolo de comunicaciones que permite a una estación H.323 localizar otra estación H.323 a través del Gatekeeper.
 - DNS (Domain Name Service). Servicio de resolución de nombres en direcciones IP con el mismo fin que el protocolo RAS pero a través de un servidor DNS.

- **Señalización:**
 - Q.931 Señalización inicial de llamada.
 - H.225 Control de llamada: señalización, registro y admisión, y paquetización / sincronización del stream (flujo) de voz.
 - H.245 Protocolo de control para especificar mensajes de apertura y cierre de canales para streams de voz.

- **Compresión de voz:**
 - Requeridos: G.711 y G.723
 - Opcionales: G.728, G.729 y G.722

- **Transmisión de voz:**
 - UDP. La transmisión se realiza sobre paquetes UDP, pues aunque no ofrece integridad en los datos, el aprovechamiento del ancho de banda es mayor que con TCP.

- RTP (Real Time Protocol). Maneja los aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos en recepción. Agrega a cada trama la identificación del tipo de información que contiene, el número de secuencia y la hora en que fue generada; esto permite que el receptor transmita la información al usuario al mismo ritmo en que fue generada y permite conocer si hubo descartes de información.

- Control de la transmisión:
 - RTCP (Real Time Control Protocol). Se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red y tomar, en su caso, acciones correctivas. Se basa en la transmisión periódica a todos los participantes de una sesión de paquetes de control con información sobre la calidad de la comunicación. Con la información de RTCP los emisores pueden ajustar el caudal según el estado de la red.

Establecimiento de llamada y Control					
Presentación					
Direccionamiento		Compresión de audio G.711 ó G.723		DTMF	Direccionamiento
RAS(H.225)	DNS	RTP/RTCP		H.245	Q.931 (H.225)
Transporte UDP				Transporte TCP	
Red (IP)					
Enlace					
Físico					

Figura 2.1. Pila de protocolos en VoIP.

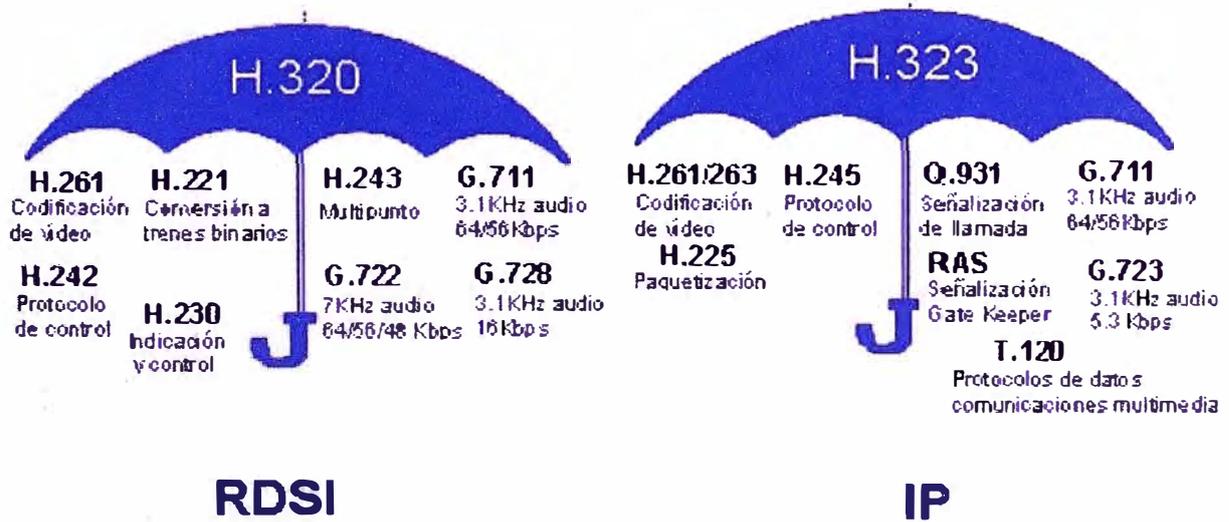


Figura 2.2. Estándares H320 y H323.

TABLA N° 2.1. Estándares H323 y H320.

	H.323		H.320
Control	H.225.0	Control de llamada	Q.931
	H.245	Control del sistema	H.242
	H.225.0	Multiplexación	H.221
Medios	G.711	Audio	G.711
	G.722		G.722
	G.723.1		G.728
	G.728		
	H.261	Video	H.261
	H.263		H.263
T.120	Datos	T.120	

TABLA N° 2.2. Formatos de audio H.32x.

Codec	Ancho de Banda en origen	Ratio de compresión	Ancho de Banda comprimido
G.711	64 Kb/s	1 : 1	64 Kb/s
G.722	224 Kb/s	3,5-4,6 : 1	48-64 Kb/s
G.723.1	64 Kb/s	10 : 1	6,4 Kb/s
G.728	64 Kb/s	4 : 1	16 Kb/s
G.729	64 Kb/s	8 : 1	8 Kb/s

Hasta ahora sólo se ha visto la posibilidad de utilizar nuestra red IP para conectar las centralitas a la misma, pero el hecho de que VoIP se apoye en un protocolo de nivel 3, como es IP, nos permite una flexibilidad en las configuraciones que en muchos casos está todavía por descubrir. Una idea que parece inmediata es que el papel tradicional de la centralita telefónica quedaría distribuido entre los distintos elementos de la red VoIP. En este escenario, tecnologías como CTI (computer-telephony integration) tendrán una implantación mucho más simple. Será el paso del tiempo y la imaginación de las personas involucradas en estos entornos, los que irán definiendo aplicaciones y servicios basados en VoIP.

2.2. Elementos de la VoIP. Componentes H.323.

Actualmente en el mercado se disponen de una serie de elementos que, según diferentes diseños, nos permiten construir las aplicaciones VoIP. Estos elementos son:

- Teléfonos IP.
- Adaptadores para PC.
- Hubs Telefónicos.
- Gateways (pasarelas RTC / IP).
- Gatekeeper.
- Unidades de audioconferencia múltiple (MCU).
- Servicios de Directorio.

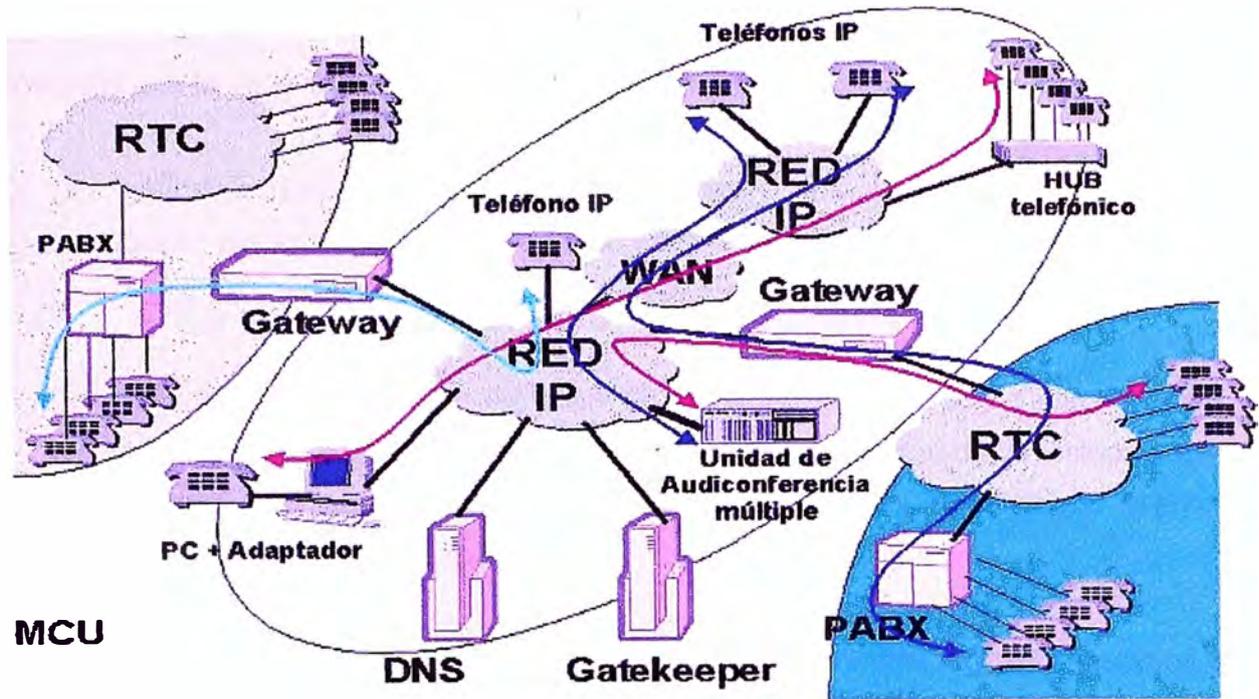


Figura 2.3. Elementos de una red VoIP.

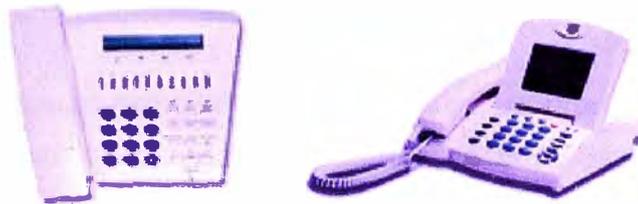


Figura 2.4. Teléfonos IP.

Componentes H.323

- Terminal: punto terminal de la LAN utilizado por el usuario para comunicarse.
- Gateway: interconecta redes diferentes. P.e. H.320 (RDSI) e IP (H.323).
- Gatekeeper: entidad que provee el servicio de traducción de direcciones y control de acceso a terminales, gateway y MCU en los caso que lo ameriten.
- Multipoint Control Unit (MCU): punto terminal que se encarga de la centralización del flujo informativo de audio/video para permitir multiconferencia.

Las funciones de los distintos elementos en la comunicación VoIP son fácilmente entendibles a la vista de la figura 2.3, aunque merece la pena recalcar algunas ideas:

- Los gateways son los encargados de conectar dos redes disímiles. Realiza la traducción de la señalización, de las codificaciones de audio y vídeo y de los protocolos de transmisión entre las diferentes redes.
- Los gatekeepers proveen los servicios de directorio, autorización e identificación de terminales y gateways, manejo de ancho de banda, conversión de direcciones, control de llamadas, etc. Aunque los gatekeepers son opcionales, resultan ser esenciales para los sistemas H.323 de gran escala.
- Los gatekeepers, los gateways y los MCUs son componentes lógicos separados pero que pueden ser implementados en un mismo dispositivo físico.

El Gatekeeper es un elemento opcional en la red, pero cuando está presente, todos los demás elementos que contacten dicha red deben hacer uso de aquél. Su función es la de gestión y control de los recursos de la red, de manera que no se produzcan situaciones de saturación de la misma.

El Gateway es un elemento esencial en la mayoría de las redes pues su misión es la de enlazar la red VoIP con la red telefónica analógica o RDSI. Podemos considerar al Gateway como una caja que por un lado tiene un interface LAN y por el otro dispone de uno o varios de los 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 (2B+D)
- PRI. Acceso primario RDSI (30B+D)
- G.703/G.704. (E&M digital) Conexión específica a centralitas a 2 Mbps.

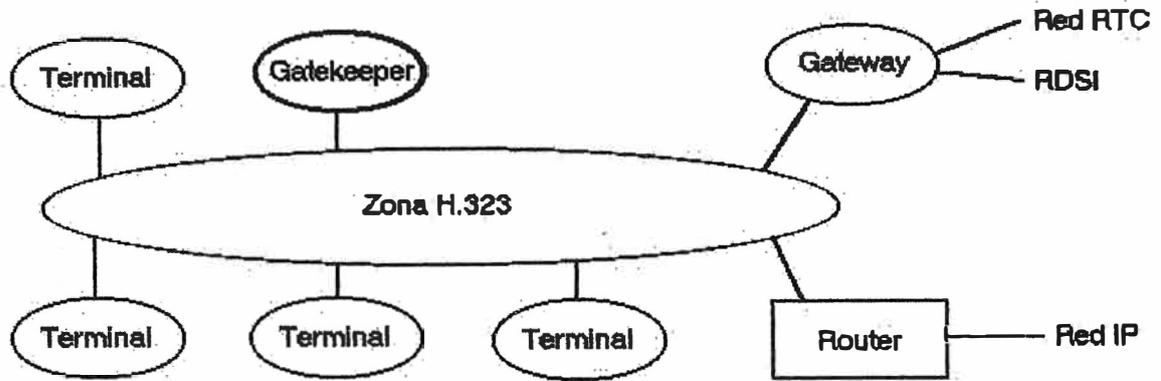


Figura 2.5. Zona H.323.

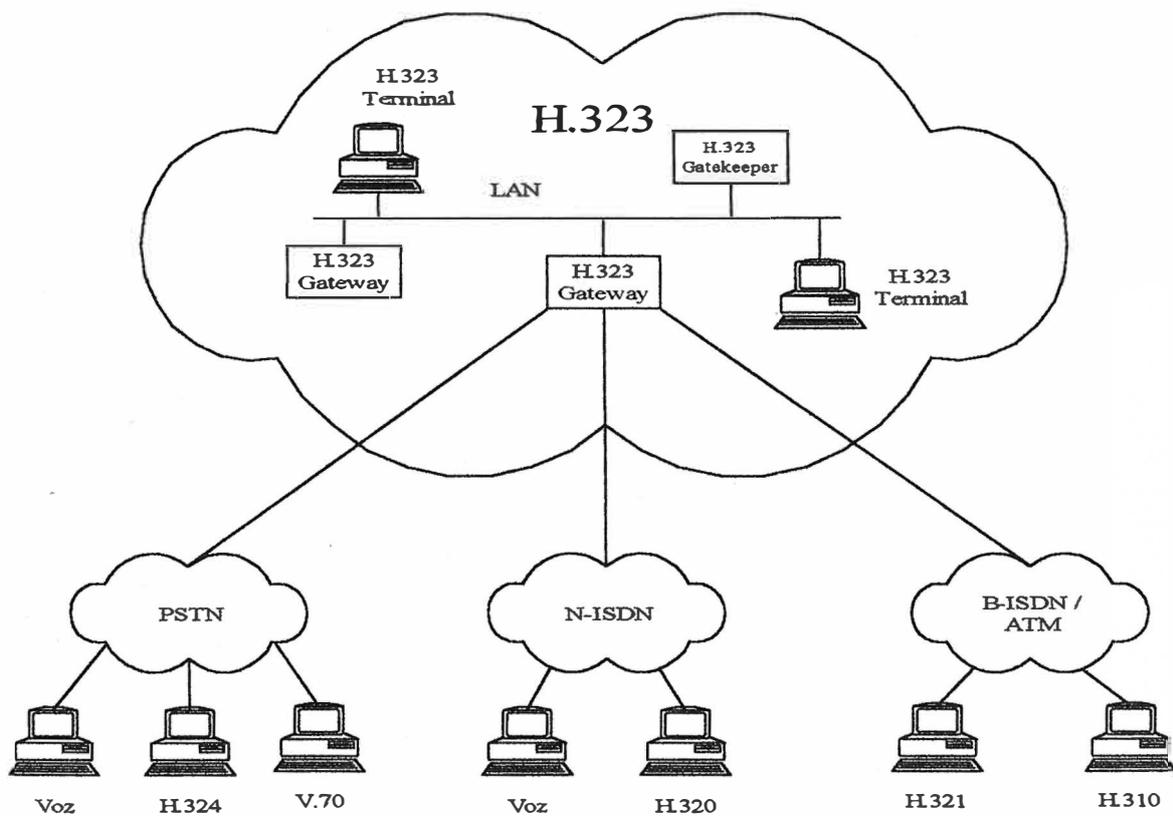


Figura 2.6. Gateway H.323.

Los distintos elementos pueden residir en plataformas físicas separadas, o nos podemos encontrar con varios elementos conviviendo en la misma plataforma. De este modo es bastante habitual encontrar juntos Gatekeeper y Gateway. También podemos ver en la figura 1.2 cómo Cisco ha implementado las funciones de Gateway en el router.

Un aspecto importante a reseñar es el de los retardos en la transmisión de la voz. Hay que tener en cuenta que la voz no es muy tolerante con estos. De hecho, si el retardo introducido por la red es de más de 300 milisegundos, resulta casi imposible tener una conversación fluida. Debido a que las redes de área local no están preparadas en principio para este tipo de tráfico, el problema puede parecer grave. Además, los paquetes IP son de longitud variable y el tráfico de datos suele ser a ráfagas.

Para intentar obviar situaciones en las que la voz se pierde porque tenemos una ráfaga de datos en la red, se ha ideado el protocolo RSVP, cuya principal función es trocear los paquetes de datos grandes y dar prioridad a los paquetes de voz cuando hay una congestión en un router. Si bien este protocolo ayudará considerablemente al tráfico multimedia por la red, hay que considerar que RSVP no garantiza una calidad de servicio como ocurre en redes avanzadas tales como ATM que proporcionan QoS de forma estándar.

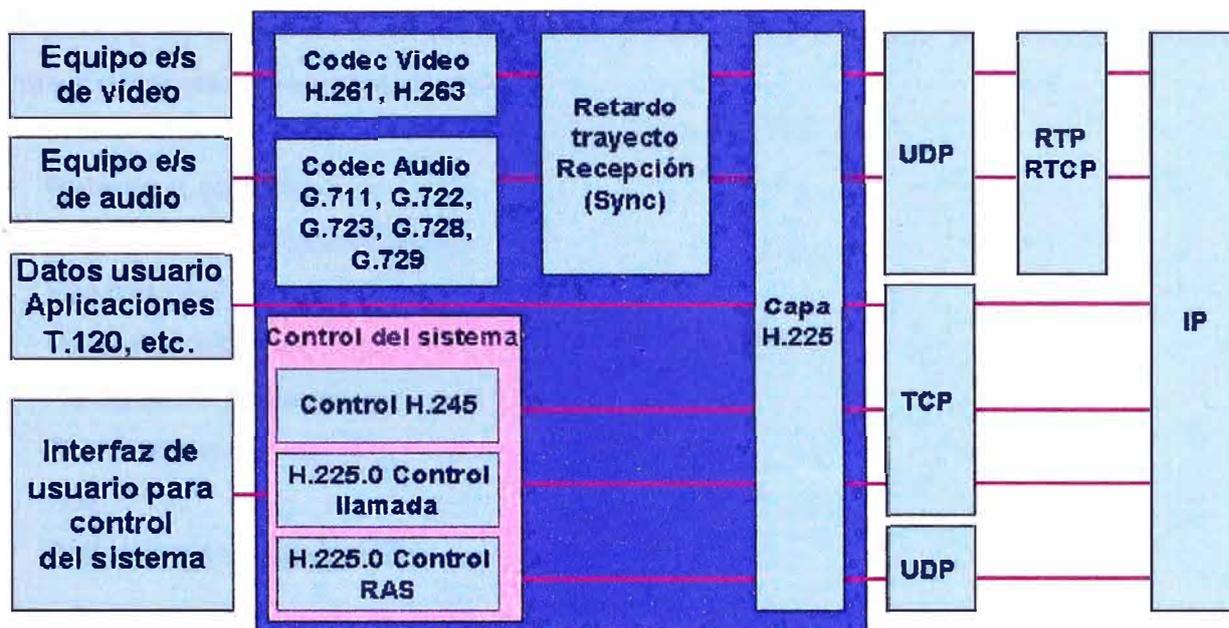


Figura 2.7. Arquitectura Terminal H.323.

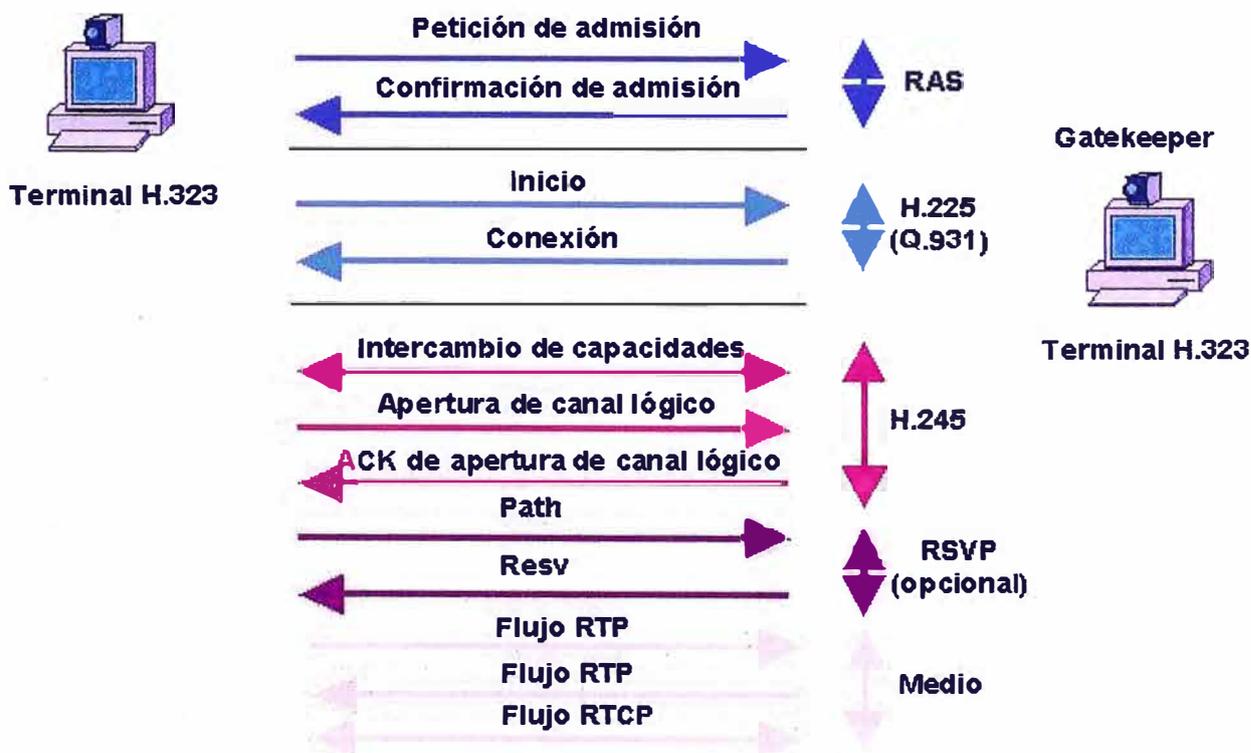


Figura 2.8. Señalización H.323.

2.3. Factores que afectan la calidad de la voz.

La calidad de la voz en una red de datos puede verse afectada por distintos factores, entre los que se pueden mencionar:

- Retardo (Latencia)
- Fluctuación del Retardo (jitter)
- Pérdida de Paquetes
- Paquetes aislados
- Ráfagas de paquetes
- Compresión de voz
- Eco
- Distorsión de digitalización.

Fuentes de retardo:

- Retardo de compresión.
- Retardo de empaquetamiento de la información.
- Retardo de espera en cola en el CPE.
- Retardo de transmisión hacia la WAN.
- Retardos en la WAN.
- Retardo de transmisión hacia el CPE.
- Retardo en la memoria de manejo de fluctuación de retardos (jitter buffer).
- Retardo de descompresión.

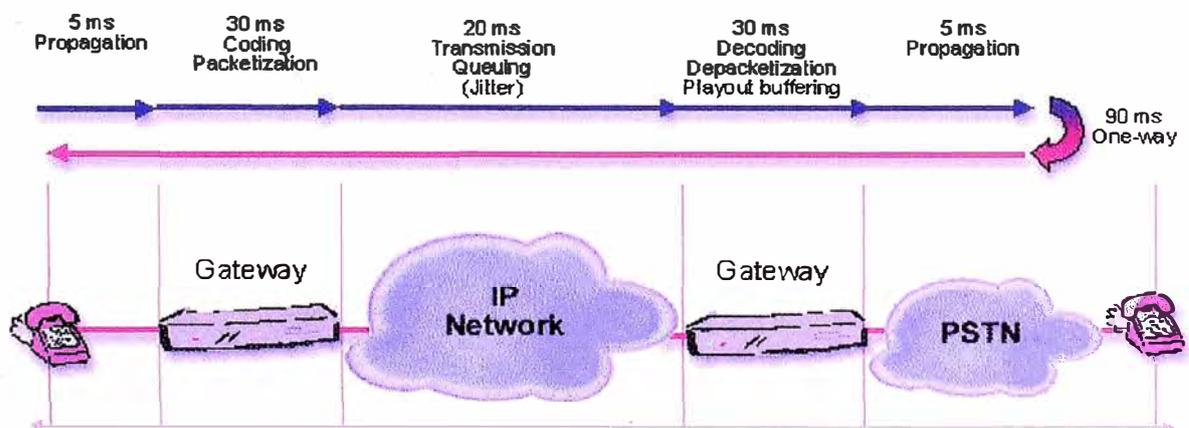


Figura 2.9. Retardos.

2.4. Interrelación entre los factores y mejoras en la calidad de la voz.

- a) La fluctuación del retardo (jitter) se puede controlar con memorias temporales (buffers), a expensas de un aumento del retardo.
- b) Los “codecs” que comprimen en mayor escala introducen más retardo.
- c) La reducción del retardo y de la pérdida de paquetes puede tener un compromiso con el ancho de banda.
- d) Asignar prioridad a la voz mejora considerablemente la calidad en la comunicación.
- e) El ahorro de ancho de banda es factible aplicando lo siguiente:

Compresión de encabezados

Supresión de eco y de períodos de silencio

Empaquetado de tramas

Control de admisión

TABLA N° 2.3. Codecs.

Codec	Velocidad (kbps)	Segmento (bits)	Segmentos/s	Duración (ms)	Retardo (ms)
G.711 (PCM)	64	8	8000	0.125	0.125
G.721 (ADPCM)	32	4	8000	0.125	0,125
G.723 (ADPCM)	24 – 40	3 – 5	8000	0.125	0.125
G.726 (ADPCM)	16 – 40	2 – 5	8000	0.125	0.125
G.727 (ADPCM)	16 – 64	2 – 8	8000	0.125	0.125
G.729 (CS-ACELP)	8	80	100	10	15
G.728 (LD-CELP)	16	10	1600	0,625	0.625
G.723.1	6.3	189	33.33	30	37.5

Analog voice signal



Pulse Code Modulation (PCM) digital stream

101 101 11010011 11001001 00100100 00111100 10010011 11100001 00100100 00111100 10010011 10110101 11010011 11001001 00100100 00111100 10010011 11100001 00100100

Figura 2.10. Conversión Analógica / Digital.

Once PCM stream is analyzed:

```
1011010111010011 11001001 00100100 001110010010011 11100001 00100100 0011100 10010011 10110101 11010011 1100100100100100 00111100 10010011 11100001 00100100
```

- Echo is removed

```
1011010111010011 11001001 .0010011 11100001 00100100 0011100 10010011 10110101 11010011 1100100100100100 00111100 10010011 1110000100100100
```

- Silence is removed by VAD

```
1011 11101 1 11001001 .0010011 .0010011 .0010010011 10110101 11010011 1100100 100111100 1110000100100100
```

- Remaining PCM samples are forwarded to the CODEC

```
10110101 11010011 11001001 00100100 00111100 10010011 11100001 0010010000111100 10010011 10110101 11010011
```

Figura 2.11. Supresión de eco y de períodos de silencio.

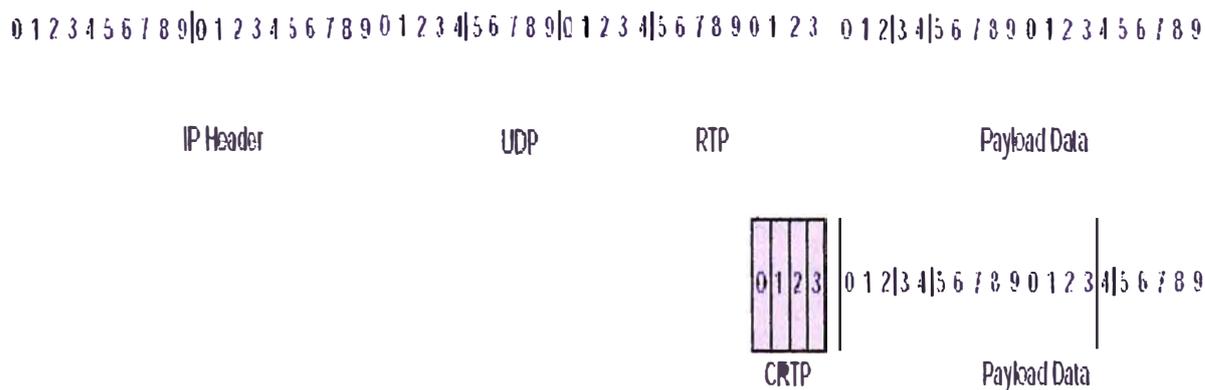


Figura 2.12. Compresión de encabezados.

2.5. Resumen del Capítulo II.

H.323 es el estándar propuesto por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) para la transmisión de voz sobre IP, además ofrece especificaciones para videoconferencias y aplicaciones en tiempo real.

VoIP/H.323 se fundamenta en una serie de protocolos que cubren distintos puntos de la comunicación (direccionamiento, señalización, comprensión de voz, transmisión de voz, control de la transmisión).

Se definen cuatro componentes lógicos del H.323: Terminal, Gateway (interconecta redes distintas), Gatekeeper (gestión y control de los recursos de la red VoIP) y MCU (centraliza el flujo de información).

Existen varios factores que tienen implicancia en la calidad de la voz transmitida en una red IP: latencias, fluctuación de retardo, paquetes perdidos, códecs, etc. La correlación entre estos parámetros y la elección de valores adecuados ayuda a mejorar la percepción de la calidad en la comunicación de VoIP.

CAPÍTULO III

ASPECTOS Y CONSIDERACIONES EN LA IMPLANTACIÓN DE VOIP EN LA INTRANET.

3.1. Transición hacia una red Convergente.

Las redes convergentes hacen referencia a soluciones de datos, voz y video en una sola red.

Una red convergente puede jugar un papel esencial para identificar nuevas formas de generar ingresos, reducir costes operativos, incrementar la flexibilidad de la organización y generar una ventaja competitiva sostenible.

3.1.1. Elementos de transición

Entre los elementos de transición que pueden acelerar la evaluación y el proceso de cambio hacia una red convergente, podemos mencionar:

Cambio de ubicación de la oficina

Finalización del contrato de arrendamiento o de mantenimiento de la PBX

Actualizaciones para la red de datos

Necesidad de ampliación de la red de voz

Rápido proceso de crecimiento con apertura de nuevas oficinas, etc.

Una organización debe evaluar:

Los costes y ventajas de sus actuales redes separadas, con

Los ahorros de costes de personal, equipamiento, instalaciones, y

Las ventajas empresariales que se abren por la posibilidad de instalación de nuevas aplicaciones y de mejora de la productividad y/o atención al cliente.

La principal diferencia de una red convergente es la facilidad y velocidad de la implantación, mantenimiento e integración de nuevas aplicaciones.

3.1.2. Beneficios a nivel empresarial

Entre las ventajas empresariales se pueden mencionar:

Fortalecimiento de la empresa:

- Incrementando la velocidad organizativa (integración de nuevas oficinas, implantación de nuevas aplicaciones, etc) y la flexibilidad (capacidad de reacción frente a los cambios).
 - Reducción de costes en infraestructuras de red. Desarrollando una única infraestructura de red permite reducir los costes de ampliación, mantenimiento y administración (incluso centralizada) de la misma.
 - Reducción de costes de personal y administración.
 - Reducción de costes de instalaciones.
- Mejorar la productividad del personal.
- Optimización de tareas administrativas.
 - Disponer de servicios de mensajería unificada eficientes.
 - Potenciar, al hacer más sencillo y barato, servicios como la videoconferencia.
 - Los teléfonos IP por software en el PC podrían incorporarse a los teletrabajadores de forma que su línea telefónica se ‘desplace’ hasta su lugar de trabajo.
 - Introducción de nuevas fórmulas de colaboración entre empleados.

3.1.3. Obstáculos

Los principales obstáculos para la migración a una red convergente son:

- Percepción sobre la calidad de la voz
- Fiabilidad del sistema
- Interoperatividad con sistemas propietarios
- Costes

La carencia de un QoS (*Quality of Service*: Calidad de Servicio) generaba problemas de latencia, fluctuaciones y ecos. Actualmente, para garantizar la calidad de la voz existen técnicas de clasificación y etiquetado del tráfico, de gestión de colas y la fragmentación e interpolación de paquetes de datos.

Debe planificarse la política de QoS de forma previa a la inclusión de VoIP para ahorrar tiempo.

3.2. Ventajas e Inconvenientes de la VoIP en la Red Corporativa.

3.2.1. Principales ventajas:

- Eliminación de cableado de voz, lo que repercute en una menor inversión y menor gasto de mantenimiento.
- Permite la apertura de sucursales sin PBX.
- Instalación de accesos remotos.
- Eliminación de gastos de traslado de personal.
- Posible reducción de costes de comunicaciones.

3.2.2. Principales inconvenientes:

- Madurez tecnológica.
- No hay calidad de transporte garantizada sobretodo en Internet.
 - La calidad de la voz se puede ver afectada en la red.
 - IP no provee en forma nativa mecanismos de protección del tráfico de voz (QoS)
 - Falta de ancho de banda
 - Pérdida de paquetes
 - Retardos y variaciones de retardo.
- Elevado coste de la solución IP.
- Elevado coste del cambio de tecnología.

- Fiabilidad de los servidores de llamadas muy reducida en comparación con los equipos de voz tradicionales.
- Funcionalidades de control limitadas en comparación con las PBX.

3.3. Cuestiones sobre VoIP en la Intranet.

3.3.1. Latencia, paquetes perdidos y jitter:

Una alta latencia (tiempo de retardo) es inaceptable cuando se trata de transmisión de voz porque causa ecos. Se debe medir y caracterizar la latencia, la variación de este retardo (jitter) y el número de paquetes perdidos entre los extremos. El resultado final dependerá de la calidad de voz esperada y del ancho de banda usado.

La latencia debe calcularse para el peor caso: enlaces con poco ancho de banda y largas distancias (llamadas internacionales).

El jitter es la variación en la latencia. Éste debe ser cero para que la voz sea comprensible. Como la red tiene jitter, la voz deberá hacerse pasar por un sistema que encole los paquetes de voz y entregue la voz al oyente retardada pero sin el efecto del jitter. El cálculo del tamaño de la cola debe ser un parámetro muy importante.

VoIP no admite la retransmisión de paquetes por lo que su pérdida es un factor muy importante a la hora de incluir voz sobre IP.

En caso de usarse el algoritmo de codificación de voz G.729 los retardos deberán ser menores a 150-200 ms con unas pérdidas de paquetes de entre el 1 y el 2%. Si no se tienen restricciones de ancho de banda se podrá utilizar el algoritmo G.711 que admite 200-300 ms de retardo con entre un 2 y un 3% de pérdidas de paquetes.

3.3.2. Patrones de llamadas de telefonía IP.

Para el buen dimensionamiento de la red IP necesaria, se deberán determinar patrones correctos del uso a realizar por la telefonía IP. Un buen punto de partida serán los

actuales patrones de uso de la telefonía tradicional (cantidad de anexo por sede, número máximo de llamadas permitidas, etc).

3.3.3. Patrones de uso de la red de datos.

Se deberá determinar el uso de la WAN de la compañía, por ejemplo, que el tráfico en la hora pico no supere el 85% del ancho de banda. El porcentaje aceptable del tráfico de voz debería ser diseñado para cada enlace, estimando el uso de telefonía IP.

3.3.4. Fiabilidad de la infraestructura.

Deberá estudiarse la fiabilidad de la red LAN de cada oficina para determinar si todos los componentes implicados en la telefonía actuarían correctamente ante la inclusión de señales de voz.

3.3.5. Política de servidores.

Se debe establecer una política general de telecomunicaciones para la red IP independientemente de que se pretenda la inclusión de telefonía IP.

3.3.6. Congestión de red y rechazo de paquetes.

Deberá tenerse muy en cuenta la posible congestión. Se deberá examinar la red IP y determinar el nivel de rechazo de paquetes y retransmisiones, el estado de las colas, los retardos entrada y salida de los mismos de routers y switches, el uso de CPU, etc.

3.3.7. Calidad de voz y ancho de banda del enlace.

El ancho de banda afecta en la calidad de la señal transmitida. Bajas velocidades, por debajo de 256 Kbps, no podrán soportar apropiadamente transmisiones de voz. Habrá que considerar el impacto de la inclusión de voz sobre el ancho de banda necesario de la red de datos.

3.4. Resumen del Capítulo III.

En una red convergente los aplicativos de voz (y también de video) se transportan sobre la misma infraestructura de la red de datos.

Existen varios elementos a considerar en la decisión del cambio hacia una red convergente, como actualización y/o ampliación de la red de datos, adquisición de nuevos equipos de voz, siendo el factor más importante el ahorro de costos a mediano o largo plazo.

Un análisis previo de la red de datos ayudará a establecer las medidas necesarias para implementar con éxito la comunicación de voz en la Intranet. Se deberá estudiar las condiciones de latencia, jitter, patrones de llamadas, uso de ancho de banda, nivel de congestión y rechazo de paquetes, etc.

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN: PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE DATOS CON TELEFONÍA IP.

4.1. Introducción.

El proyecto consiste en rediseñar la red actual de una compañía internacional y hacerla más rápida, eficiente y efectiva, además de ahorrar costos por el uso de la telefonía. Esta empresa abarca el Distrito de Lima y Callao y algunas provincias. Además, cuenta con gestión centralizada desde un país externo, al cual llamaremos "País A".

La compañía de la referencia, a la cual llamaremos simplemente "La Compañía", tenía conexiones satelitales dirigidas directamente hacia el País A desde cada una de sus Sedes Remotas y desde su Sede Principal en Perú. La nueva red consiste en unir las sedes remotas con la Sede Principal a través de una red ATM local, y conectar la Sede Principal hacia el País A a través del enlace Internet (VPN). Sobre la nueva red se soportarán los servicios de datos y voz (telefonía IP).

Con respecto a la Telefonía, se buscó que las comunicaciones de voz entre las sedes de la Compañía no utilicen las líneas fijas convencionales. Para ello, se reemplazó la central telefónica por un Cisco Call-Manager, el cual actuará como Gatekeeper y administrará todos los Teléfonos IP de la Sede Principal y Sedes Remotas, asimismo se encargará de redireccionar las llamadas provenientes de 03 E1 PRI a través del router ó Gateway principal. Como la Compañía hará subsistir su telefonía analógica, se adicionó el equipo Cisco VG248 para poder adaptarlos a la red IP y puedan ser administrados por el Call Manager.

4.2. Red anterior de la Compañía.

La red de datos y telefonía de la Compañía consistía de lo siguiente:

1. La Sede Principal en Perú se conectaba hacia el País A a través de un enlace Satelital, el cual permitía la comunicación de datos.
2. Las 21 sedes remotas en Perú, de igual forma, se conectaban directamente a su central en el País A a través de los enlaces satelitales, es decir, había un enlace satelital por cada sede remota.
3. Las comunicaciones de datos entre las sedes remotas y la sede principal se hacían necesariamente a través del País A.
4. Todos los servidores se encontraban en el País A.
5. La comunicación telefónica en la sede Matriz del País A se realizaba a través de una Central Telefónica Harris la cual contaba con 02 E1 PRI.
6. Las comunicaciones telefónicas en las sedes remotas eran a través de líneas fijas contratadas a un proveedor local, en total eran de uno a dos líneas por local remoto.

4.3. Propuesta.

4.3.1 Antecedentes:

1. La Compañía tiene una sede central y 19 sedes remotas en Lima, además de 02 sedes remotas en provincias, las cuales inicialmente se hallan interconectadas a través de enlaces satelitales.
2. Las conexiones actuales sirven sólo para transferencia de datos.
3. En la sede principal la Compañía cuenta con una PBX marca NEC muy antigua que soporta servicios de telefonía para 50 anexos y 1 E1-PRI.

4.3.2 Requerimientos:

1. Integrar sus 22 sedes a través de una red IP para el transporte de datos y voz.
2. Centralizar consumos de telefonía (voz y fax) a través de tres (03) E1-PRI ubicados en la sede principal (dos de ellos exclusivo para las sedes remotas).
3. Se está reemplazando en su sede central la PBX NEC por una solución completa de telefonía IP que integre:

- 50 anexos en la sede principal (30 teléfonos análogos + 20 teléfonos IP ejecutivos)
- 04 teléfonos IP + 01 ATA para 3 sedes remotas grandes
- 03 teléfonos IP + 01 ATA para 3 sedes remotas medianas
- 02 teléfonos IP + 01 ATA para 13 sedes remotas pequeñas
- Servicio de mensajería para todos los teléfonos IP
- Soporte de los servicios actuales de telefonía, rellamada, conferencia, transferencia, parqueo, desvío, manejo de claves, creación de grupos.

4.4. Implementación del Proyecto.

A continuación se detallan los procesos realizados para la implementación del presente proyecto. Se inicia con el diagrama general de la Red de Datos y Telefonía IP en el Perú, la distribución de todas sus sedes, y más adelante se definirán diferentes aspectos que son importantes como el plan de numeración IP para la red de Datos, el plan de numeración IP para la red de Telefonía IP, el plan de numeración telefónico, para finalmente llegar a la prueba de los servicios.

4.4.1 Diagrama del Proyecto Final.

4.4.1.1 Diagrama de la Red de Datos.

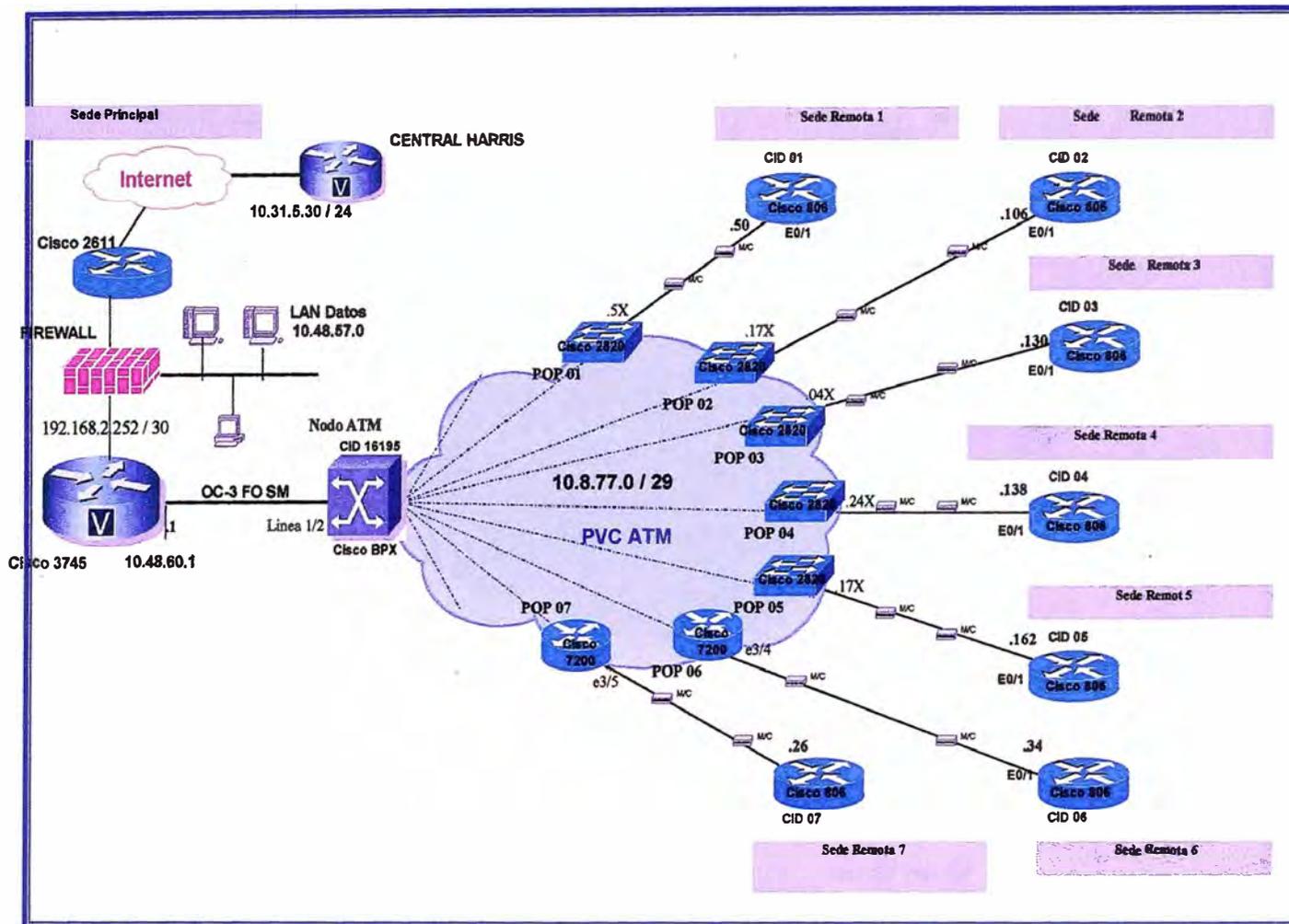


Figura 4.1. Diagrama de la Red de Datos.

4.4.1.2 Diagrama de la Red de Telefonía.

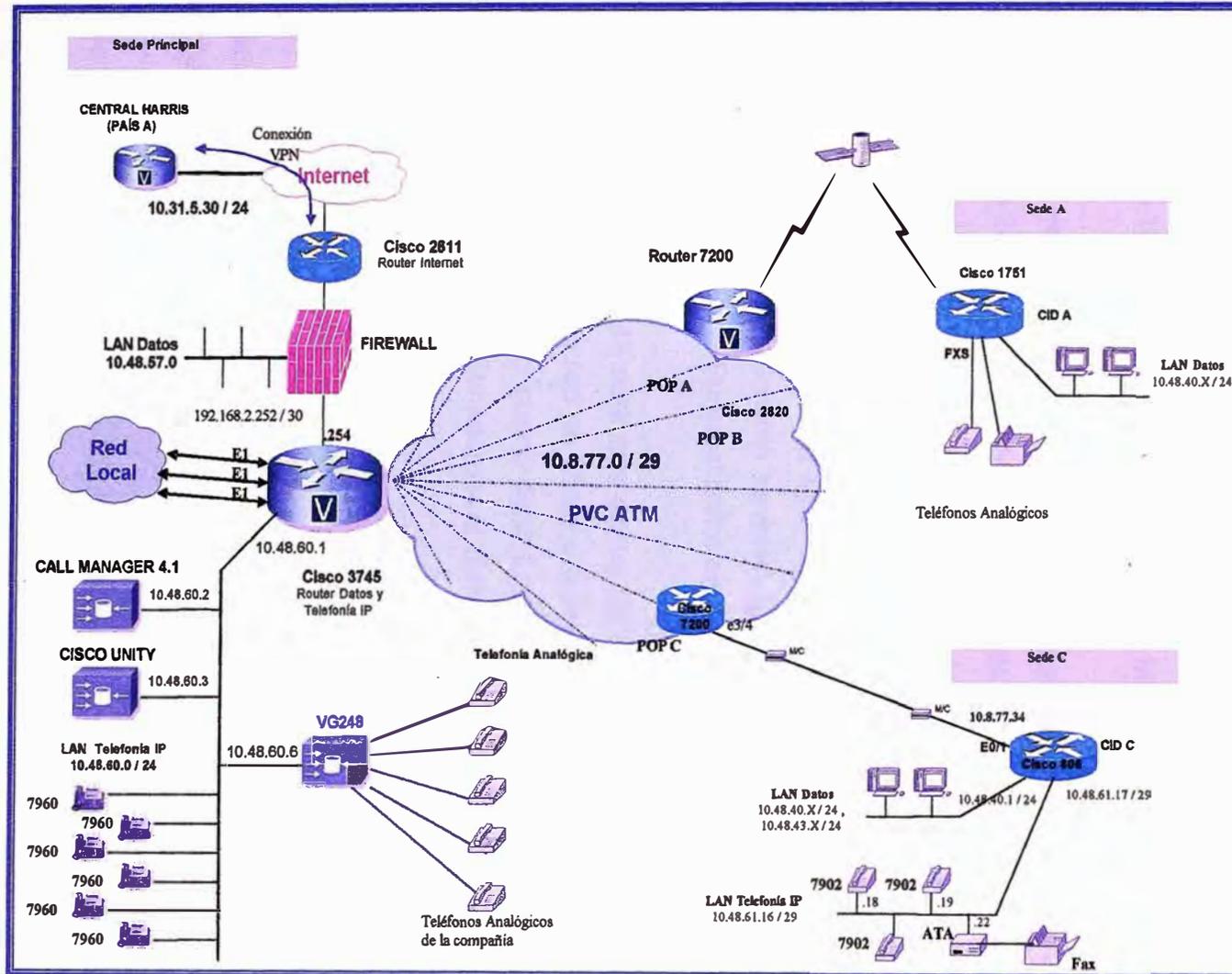


Figura 4.2. Diagrama de la Red de Telefonía IP.

4.4.2. Topología de la Red de Datos y Telefonía IP.

El sistema de Telefonía IP de la Compañía se implementó en la Sede Principal con los siguientes equipos:

- Un servidor Call Manager para la administración de llamadas y un Servidor Cisco Unity para la administración de correo de voz. El bundle (Call Manager y Cisco Unity) consta de una configuración básica al cual se le agregó licencias para alcanzar la capacidad de hasta 1000 abonados en el Call Manager y 125 casillas de voz en el Cisco Unity.
- Un Gateway de Voz VG248 para la administración de los teléfonos analógicos del cliente, el VG-248 da servicio a 44 Teléfonos análogos (capacidad máxima 48 puertos FXS)
- Consta también de 20 Teléfonos IP Cisco 7960G para la sede principal.
- Finalmente se utilizó un Cisco 3745 como concentrador, para recibir los 3 E1's PRI del proveedor local, a través de este router central saldrían las llamadas a la red pública (PSTN). Se implementó también los números directos asignados a cada anexo interno en la Sede Principal como en las Sedes Remotas.

Se configuró el Router 3745 para que derive los 3 E1's hacia el Call Manager para su administración. Se separó la red de Datos y la Red de Telefonía IP, estando esta última conectada directamente a un puerto Fast Ethernet del Router 3745. En esta Red de telefonía IP se colgaron los Servidores, el Gateway de Voz y los 20 teléfonos IP Cisco 7960.

El protocolo usado entre los teléfonos IP de la Sede Principal, los teléfonos IP de las Sedes Remotas, los Cisco ATA 186, el Call Manager y el Gateway VG-248 es el propietario de Cisco: SCCP (Skinny Call Control Protocol), con la cual tenemos una mejor explotación de las características del Call Manager.

En las Sedes Remotas se instaló Routers Cisco 803 en los que se separó la Red de Datos y la Red de telefonía IP. Los equipos instalados en la red IP de cada Sede Remota constan de teléfonos IP modelo Cisco 7902 y un Cisco ATA para manejar anexos analógicos y/o máquinas faxes. Todos los teléfonos en las Sedes Remotas tomarán los recursos de la Sede Principal a través del Call Manager, para poder hacer llamadas a otras sedes, a la PSTN y hacia el País A vía la conexión VPN sobre el servicio Internet.

Asimismo, para las Sedes Remotas de Provincias se utilizó enlaces Satelitales (ver Fig 4.2), se instaló un router Cisco 1751 para administrar la red LAN y dos puertos FXS para la conexión de teléfonos analógicos o máquinas faxes.

Tanto para la red de Datos como para la red de Telefonía IP se implementaron QoS (calidad de servicio) en los routers 803 de cada Sede Remota y el router principal 3745 de la Sede Principal, la distribución del tráfico de datos fue de 32 Kbps por cada teléfono IP y 22 Kbps por teléfono analógico (asociado al ATA), siendo lo restante para el tráfico de Datos.

Cada enlace con sedes remotas grandes soportará a través de la Red ATM a lo más 04 comunicaciones de voz y una de fax lo cual no debería exceder los 400Kbps en el caso de uso simultáneo y con la mejor calidad de voz (G.711), dejando 112 Kbps sólo para los datos. Se empleó para la parte de Telefonía IP, el Codec G.711 para las comunicaciones entre el Call Manager y los Teléfonos IP dentro de una Sede ó Región y el Codec G.729 para la comunicación entre el Call Manager y los teléfonos IP de diferentes Sedes o Regiones, la cual nos permite dejar para la data velocidades con mayores márgenes.

La Compañía se comunica hacia su Matriz en el País A a través de conexiones seguras VPN entre su Firewall en Perú y el router de borde en el País A. La administración de este Firewall es realizado por el soporte técnico de la Compañía. Para la comunicación de voz, se interconectó el Servidor Call Manager con la Central Harris en el País A, a través del router Cisco 3745 y los 2 Mbps que tiene en su servicio Internet. Aquí el cliente aplicó QoS (Calidad de Servicio), ya que esta conexión la tiene que compartir también con el servicio de Datos.

En la Figura 4.3, se muestra las conexiones que tiene el Servidor Call Manager con los diferentes Gateway de Voz: La primera dirección IP 10.31.5.30, es la conexión del Call Manager con la Central Harris, que permite las comunicaciones de Voz entre Perú y el País A. La segunda dirección 10.48.60.1, es la conexión entre el Servidor y el router principal Cisco 3745, mediante la cual le permite administrar los teléfonos IP de las Sedes Remotas en Lima y los teléfonos analógicos de las Sedes Remotas de Provincias. El tercer equipo corresponde al VG248, que le permite al Call Manager la administración de los teléfonos analógicos de la Sede Principal.

El sistema de la Red de Datos de la Compañía (Fig 4.1) se implementó en forma separada de la Red de Telefonía IP. En la Sede Principal, la red de Datos está conectada a un Pix Firewall que le brinda protección y conexión a la Red Internet y hacia sus Sedes Remotas a través de la conexión Fast Ethernet que tiene con el concentrador ó Router Principal 3745. Este router Principal tiene una conexión de 20 Mbps a través del enlace ATM OC-3 que permite tener una escalabilidad hacia el futuro de hasta 155 Mbps con el Switch ATM de la Red del proveedor local. Las conexiones con las Sedes Remotas a través de la Red ATM se realiza por la creación de conexiones lógicas o PVC's (Path Virtual Circuit) para cada Sede Remota con un ancho de banda de 512 Kbps para cada Sede en Lima y 128 Kbps para las Sedes de Provincias. Para el ruteo de la Data se implementó el Protocolo de enrutamiento EIGRP con Sistema Autónomo 20 en todos los routers remotos y el router principal. Para todos los routers se seleccionaron Cisco IOS (Internetwork Operating System) que soportan aplicaciones de Data, telefonía IP y VoIP.

The screenshot shows the Cisco CallManager Administration web interface in Microsoft Internet Explorer. The browser address bar shows the URL: `https://callmanager/CCMAdmin/gatewaylist.aspx?findBy=name&match=begin&pattern=&submit.1=Find&rows=20&showEndpoints=0&utilityList=`. The page title is "Find and List Gateways".

The interface displays the following information:

- System Route Plan Service Feature Device User Application Help
- Cisco CallManager Administration For Cisco IP Telephony Solutions
- [Add a New Gateway](#)
- 3 matching record(s) for Device Name begins with ""
- Find gateways where begins with
- and show items per page. endpoints.
- To list all items, click Find without any search text, or use "Device Name is not empty" as the search criteria.
- Matching record(s) 1 to 3 of 3
- Real-time Information Service returned information for 2 of 3 devices listed below.

<input type="checkbox"/>	Device Name	Description	Device Pool	Status	IP Address
<input type="checkbox"/>	10.31.5.30	Gateway hacia Ce...	Device_Pool_Pais_A	Unknown	10.31.5.30
<input type="checkbox"/>	10.48.60.1	Gateway Salida a ...	Device_Pool_Principal	Unknown	10.48.60.1
<input type="checkbox"/>	VGCGW12004A3422	Gateway a Lineas ...		See VGC Phone	

At the bottom of the table, there are buttons for "Delete Selected" and "Reset Selected". The page number is "Page 1 of 1".

Figura 4.3. Conexiones del Call Manager con los equipos de la Red de Telefonía IP.

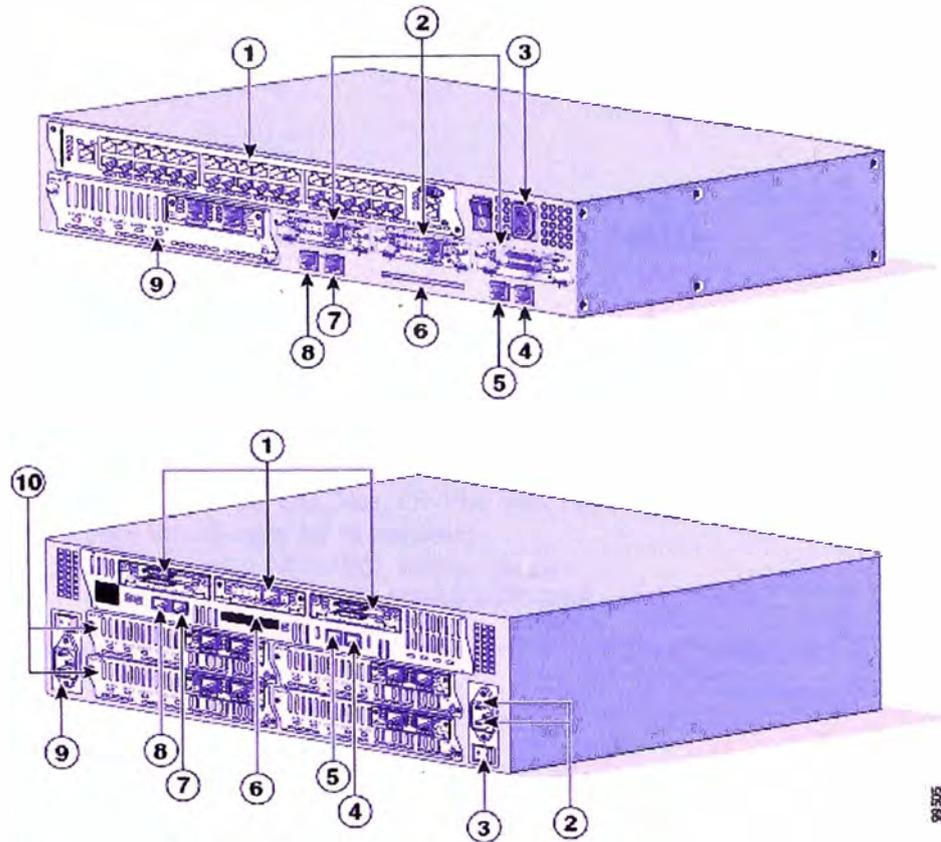
4.4.3. Equipos.

4.4.3.1 Router Principal Concentrador Cisco 3745

El equipo propuesto reúne las características para brindar los servicios ofrecidos. La configuración siguiente satisface el requerimiento de interfaces y funcionalidades: Puerto ATM OC-3, 03 E1-PRI's VoIP Gateway, Interfaces Fast Ethernet , licencias de VoIP, licencia SRST.

TABLA N° 4.1. Cisco 3745.

Product	Description	Quantity
CISCO3745	3700 Series, 4-Slot, Dual FE, Multiservice Router 32F/256D	1
S3745PSK9-12311T	Cisco 3745 IOS SP SERVICES	1
PWR-3745-AC	AC Power Supply for the Cisco 3745	1
PWR-3745-AC/2	Redundant AC System Power Supply for the Cisco 3745	1
CAB-AC	Power Cord,110V	2
FL-SRST-144	Feat Lic Survivable Remote Site Telephony up to 144 phones	1
MEM3745-32U64CF	32 to 64MB Compact Flash factory upgrade for the Cisco 3745	1
NM-HDV2-2T1/E1	IP Communications High-Density Digital Voice NM with 2 T1/E1	2
PVDM2-64	64-Channel Packet Voice/Fax DSP Module	3
NM-1A-OC3SMI-EP	1-Port OC-3 ATM Enhanced perf Singlemode Int Reach NM 3745	1
CAB-E1-RJ45BNC	E1 Cable RJ45 to Dual BNC (Unbalanced)	2
ROUTER-SDM	Device manager for routers	1
EMS-ARM-1.1-LIC	Cisco Access Router Mgr v1.1 RTU	1
MEM3745-256D-INCL	256 MB DIMM DRAM Memory factory default for the Cisco 3745	1



1	Interface Card Slots	5	FastEthernet 0/1
2	Network Modules	6	Compact Flash Slot
3	Power Supply	7	Auxiliary Port
4	FastEthernet 0/0	8	Console Port

Figura 4.4. Cisco 3725 y Cisco 3745.

4.4.3.2 Bundle Call Manager MCS-7825H y Voice Mail Unity.

Los equipos propuestos reúnen las características para brindar los servicios de telefonía para la cantidad de usuarios actuales. La configuración tanto para el Call Manager como para el Cisco Unity sería como sigue:

TABLA N° 4.2. Call Manager MCS-7825H.

MID-MKT-IPC-K9-B	2-Server, CCM 100 User, Unity VM 25 User Bundle, 3DES	1
MCS-7825H-3.0-ECS2	MCS 7825 Unity; 512MB; RAID 1; Win2K	1
MCS-7825H-3.0-IPC2	HW Only MCS 7825H-3000 With P4 3060, 1GB RAM, 40GB HD	1
UNITY-WIN2K-ENG	Cisco Unity Operating System 2000 - English	1
CAB-AC	Power Cord,110V	1
UNITY-PWR-US	Power Cord - US, Can, Mex, PR, Phil, Ven, Tai, Col, Ecu	1
UNITYVM4-25USR	Unity VM, 25 users (w/ 16 sessions)	1
CM4.0-K9-7825SE	SW CallMgr 4.0, MCS-7825, 100!Svr Usr Lic	1
LIC-CM-4.X-900U=	CallMgr 900 Usr License for MID-MKT-IPC-K9-B and C	1
UNITY-VM-USR	One Unity VM User	100



Figura 4.5. Cisco MCS-7825I.

4.4.3.3 Adaptadores de Voz Cisco ATA-186 y VG-248.

Se han instalado los adaptadores de Voz como el VG248 y el ATA-186, para brindar extensiones análogas en la Compañía, tales como teléfonos analógicos y máquinas faxes.

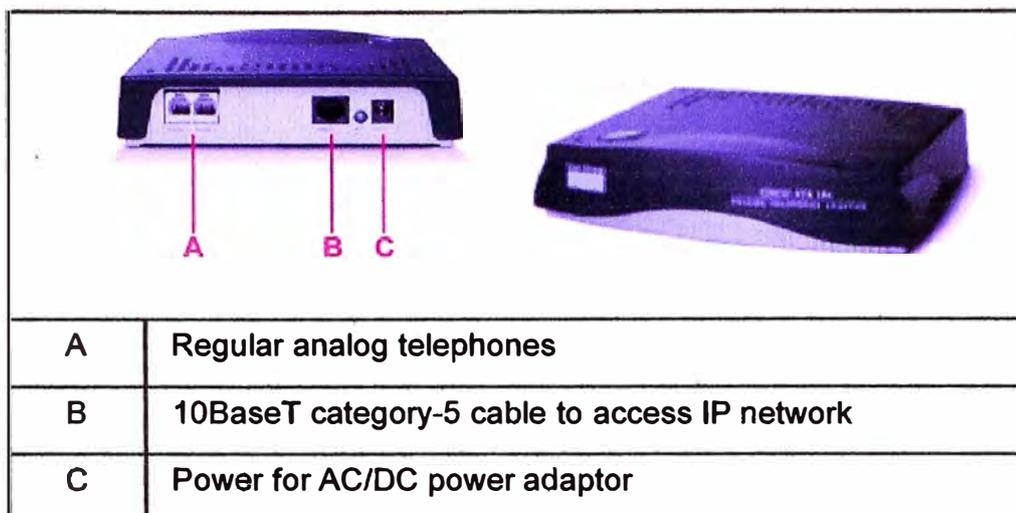
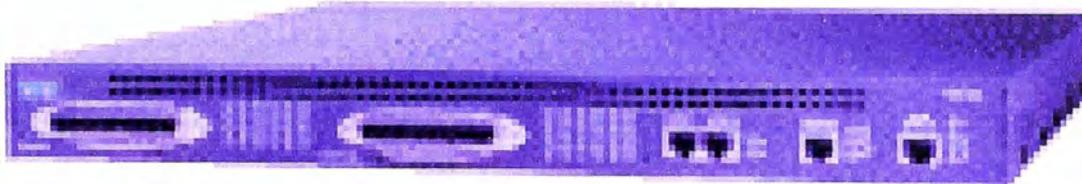


Figura 4.6. Cisco ATA-186.



```

|-----|
|                Cisco VG248 (VGCGW12004A3422)                |
|-----|
| System status |
|-----|
| Up time: 2 days 1 hours 8 mins |
| Real time clock: 12:00, 05/30/2005 |
| Serial number: SND084604NG |
| Ethernet MAC address: 00-12-00-4a-34-22 |
| IP address: 10.48.60.6 |
| Subnet mask: 255.255.255.0 |
| Default router: 10.48.60.1 |
| DNS server: 0.0.0.0 |
| TFTP server: 10.48.60.2 |
| Syslog server: <inactive> |
| Domain: |
| Ethernet speed: 100 Mbps, full duplex |
| Async 1: inactive |
| Async 2: inactive |
|-----|
| WARNING: SCCP 47: TFTP failed; using last known configuration |
|-----|

```

Figura 4.7. Gateway Cisco VG248.

4.4.3.4 Teléfonos IP.

Se instaló 20 Teléfonos IP 7960G para la sede principal y un total de 97 teléfonos 7902G en las sedes remotas.



Figura 4.8. Teléfonos IP 7902G y 7960G.

4.4.3.5 Equipo Remoto Cisco.

Se instaló Router Cisco 806 para las Sedes Remotas en Lima y Cisco 1751 para las Sedes Remotas en Provincias.

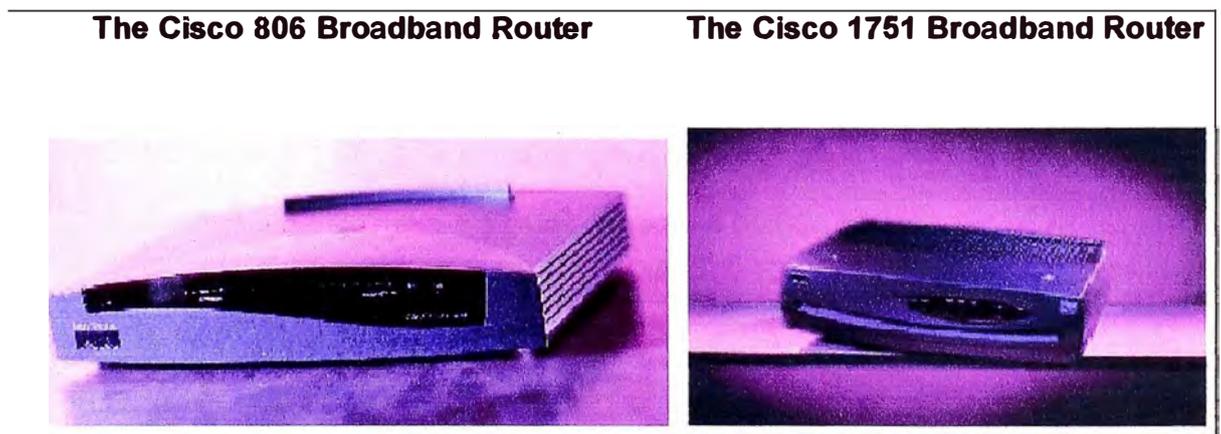


Figura 4.9. Routers Cisco 806 y 1751.

4.4.4. Configuraciones de la Red de la Compañía.

Para la implementación de la nueva Red de Telefonía IP y de Datos de la Compañía, se realizaron configuraciones en los equipos instalados, cuidando que contengan los elementos adecuados de hardware y software que soporten todos los aplicativos.

TABLA N° 4.3. Software de los equipos Cisco.

Equipo	Software
Cisco 3745	IOS c3745-ipvoice-mz.123-7.T7.bin
Cisco 806	IOS c806-sy6-mz.122-4.XM4
Cisco 831	IOS c831-k9o3sy6-mz.123-11.T3
Cisco 1751	IOS c1700-y-mz.122-8.T10
Cisco VG248	Vgc-main.1-3-1
Cisco ATA-186	IOA ata_03_01_01_sccp_040610_1
Cisco Call Manager	Ver 4.1(2) Sistema Operativo Microsoft Windows 2000 (Service Pack 4)
Cisco Unity	Cisco Unity 4.0 Build 4.0(4) Sistema Operativo Microsoft Windows 2000 build 2195 (Service Pack 4)
Teléfono IP 7960G	IOS Versión 7.0(2.0)
Teléfono IP 7902G	IOS Version 4.00.00(040701A)

4.5. Seguridad en la solución VoIP.

Cuando nos protegemos contra los tipos de vulnerabilidades comunes de voz y sistemas relacionados a la voz, es importante considerar tres componentes críticos:

Privacidad: Provista vía comunicaciones seguras. Tecnologías como IPSec (IP Security) y SSL (Secure Sockets Layer) nos permiten implementar VPNs (Virtual Private Networks) seguras que nos ayudan a robustecer las comunicaciones tanto en la LAN como en la WAN.

Protección: Provista por sistemas de defensa contra amenazas. Tecnologías como los firewalls, IDSs (Intrusion Detection System) e IDPs (Intrusion Detection and Prevention) combaten las amenazas originadas interna y externamente, como hackers, virus, etc.

Control: Provisto vía sistemas de identidad y confiabilidad. Servidores de control de acceso y el Network Admission Control (NAC) de la compañía Cisco por ejemplo hacen posible que las organizaciones puedan controlar el acceso a la información, permitiendo que sólo la gente correcta pueda tener acceso a la información en el momento correcto.

En nuestro caso, las comunicaciones seguras empiezan con los teléfonos IP y el Cisco CallManager (el software de procesamiento de llamadas). Los teléfonos IP pueden clasificar automáticamente el tráfico de voz el cual es pasado a una cola de alta prioridad que minimiza la latencia y el jitter. Ellos son el primer punto en el cual la red es dinámicamente particionada en dos redes lógicamente separadas, una para voz y otra para datos. Con la solución apropiada desplegada, cuando un usuario hace una llamada telefónica, el CallManager es capaz de encriptar y autenticar la señalización. Opcionalmente, la voz puede ser encriptada para lograr un nivel más alto de privacidad. Para una protección adicional, las imágenes del software que corren en los teléfonos IP sólo pueden ser instaladas si éstas tienen la firma apropiada. Todo esto es posible gracias a las capacidades de confiabilidad basadas en certificados digitales y tecnologías relacionadas de autorización y autenticación.

La protección contra amenazas es suministrada en todo el sistema también. En el CallManager, el Cisco Security Agent es usado para la protección contra intrusos y la

arquitectura NAC (Network Admission Control) ayuda a que las políticas de seguridad corporativas sean ejecutadas constantemente en toda la red. En la red, los sensores de detección de intrusos (IDS e IDP) detectan e identifican actividad inusual y la aísla antes de que ésta pueda afectar a la red. Usando inspección de estado de paquetes, el firewall bloquea puertos de aplicaciones no necesarias y ayuda a asegurar que sólo tráfico autorizado sea permitido a acceder a segmentos críticos de la red interna.

En el tema de seguridad VoIP se requiere también mantener actualizados todos los elementos que componen la red VoIP: servidores de llamadas (Call Manager), routers, switches, gateways, teléfonos IP. Es necesario configurar cada uno de esos elementos para alinearlos con las demandas de seguridad de la red. Los servidores pueden tener pequeñas funciones trabajando y sólo poseer abiertos los puertos que sean realmente imprescindibles. Los routers y switches deben estar configurados adecuadamente, con aplicaciones de listas de acceso y filtros. Todos los dispositivos deben ser modernizados en términos de parches y actualizaciones. Se trata del mismo tipo de precauciones que se deberían tomar cuando se añaden nuevos elementos a la red de datos; únicamente habrá que extender este proceso a la porción que le compete a la red VoIP.

En nuestro proyecto descrito en este capítulo, para la comunicación en Internet se estableció una conexión segura VPN entre el firewall de la sede principal en Perú y el router de borde en el País A. La VPN permite que los paquetes de datos –que incluyen a la voz- viajen por medio de un "túnel" definido sobre la red pública y entre los dos dispositivos de red extremos. El "túnel" es conseguido mediante procesos de encapsulación y encriptación de los paquetes.

En la figura 4.2 se muestra cómo viajan los datos en Internet a través de la VPN. Aquí el firewall hace la función de una pared para engañar a los intrusos que intenten penetrar la red. En la nube Internet se genera un túnel dedicado únicamente para nuestros datos para que éstos viajen con una velocidad y ancho de banda garantizados.

4.6. Cuadro Comparativo.

A continuación se señalan las ventajas de la implementación de la nueva solución que incluye VoIP en comparación con el antiguo escenario de red de la Compañía.

Escenario anterior	Nueva Solución
<ul style="list-style-type: none"> La sede principal de Perú se conectaba a su casa Matriz en el País A mediante un enlace satelital. La comunicación de voz se hacía a través de llamadas de larga distancia. <i>Tiempo de respuesta (ping): 500 ms</i> 	<ul style="list-style-type: none"> La sede principal de Perú se conecta ahora con su casa Matriz a través de una conexión VPN sobre Internet. Las llamadas entre sedes tienen costo cero ya que viajan en forma de paquetes de datos sobre el enlace establecido. <i>Tiempo de respuesta: 80 ms</i>
<ul style="list-style-type: none"> Todas las sucursales de Perú tenían enlaces satelitales establecidos con la casa Matriz en el País A. Para intercambiar datos con la sede principal de Perú, necesariamente debía hacerse a través del País A. <i>Retardo del enlace satelital: 500 ms</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Las comunicaciones entre la sede principal y las sucursales en Perú se realizan sobre la infraestructura de red de datos del proveedor. <i>Retardo para una sucursal de Lima: 30 ms</i>
<ul style="list-style-type: none"> Las comunicaciones telefónicas en las sedes de Perú eran hechas a través de líneas fijas contratadas a un proveedor local. 	<ul style="list-style-type: none"> Los usuarios utilizan teléfonos IP para comunicarse. Las llamadas no emplean las líneas telefónicas fijas, la voz viaja sobre el mismo enlace de datos. Las llamadas entre sedes no tienen costo.
<ul style="list-style-type: none"> La infraestructura de voz estaba separada de la red de datos. En la sede principal se contaba con una PBX con anexos analógicos sin conexión a red. Era necesario contar con soporte técnico para la BPX (configuración, mantenimiento, etc). 	<ul style="list-style-type: none"> Los equipos empleados en la nueva solución de VoIP (Call Manager, gateway, teléfonos IP) están todos integrados a la red IP. Los teléfonos IP brindan movilidad al usuario ya que pueden ser transportados fácilmente y para su uso sólo se requiere un punto de conexión a la red local.

<ul style="list-style-type: none"> • No se aplicaba ninguna política de control sobre las llamadas en las sedes remotas. 	<ul style="list-style-type: none"> • El Call Manager de la sede principal administra todas las llamadas de la Compañía (sedes principal y remotas). Se establecieron grupos de usuarios con distintos niveles de permisos para las llamadas salientes.
---	---

4.7. Ahorro e Inversión.

Es evidente el ahorro que supone la integración de dos redes (datos y voz) en una sola (datos). El mantenimiento, la gestión y la administración son menores, dado que incluso se puede centralizar en una sola sede.

Además, de la misma forma que las llamadas internas entre extensiones de su centralita no tienen coste, con la solución de VoIP también serán gratuitas las llamadas entre todas las delegaciones de la compañía.

Pero no solo eso, con una configuración adicional oportuna, se puede conseguir que una llamadas externa con destino a una localidad en la que exista una delegación, salga por ella, pasando así de ser tipo nacional o provincial, a ser local.

Con la tecnología IP los traslados internos, cambios en la distribución en las oficinas, son más baratos. Los teléfonos estarán en servicio al ser conectados en cualquier toma de red. No sufren cambios las agendas telefónicas, el personal está localizado desde que se conecte. La numeración ya no está vinculada a un sitio específico.

La implementación de VoIP crece al ritmo que la compañía lo establezca, siempre se podrá aprovechar toda la inversión anterior. VoIP puede introducirse en unas cuantas sedes y después de ver las ventajas, continuar al resto.

El coste de la implantación del sistema no es un gasto, debe considerarse una inversión. En informática y comunicaciones no siempre es fácil ver la rentabilidad, pero con las

soluciones de VoIP se puede ver una reducción drástica del gasto en la factura telefónica dado que en muy poco tiempo se comienza a ahorrar dinero.

Son varios los factores que contribuyen en la rápida amortización del sistema VoIP y retorno de la inversión: cantidad de delegaciones, líneas telefónicas actuales, red de datos, necesidad de comunicación entre las delegaciones. De todas ellas, sin duda la que más influye es la necesidad de comunicación entre las delegaciones. Adicionalmente, los elementos de la solución VoIP pueden ser fácilmente añadidos a la red de datos existente, los usuarios tendrán un concepto "familiar" al llamar, no habrá pérdidas por inactividad o gastos de entrenamiento usualmente asociados al uso de una nueva tecnología.

4.8. Resumen del Capítulo IV.

En el presente capítulo se analizaron las redes de datos y telefonía de una compañía trasnacional, y se desarrolló un nuevo diseño de su Intranet considerando ahora la transmisión de la voz sobre la misma infraestructura de la red de datos.

El proyecto incluye la integración en la red IP de la compañía de nuevos elementos para Telefonía IP: Call Manager, Gateways, Routers, Teléfonos IP, Adaptadores de voz ATA y VG248. La telefonía se está brindando con estos equipos en conjunto y sobre la red IP, la cual ha sido repotenciada para soportar los aplicativos asociados al servicio de telefonía (buzón de voz, desvío de llamada, llamada en espera, conferencia, etc).

En el nuevo esquema implementado, las llamadas entre las sucursales de la compañía no tienen costo dado que ya no se están utilizando las líneas fijas convencionales, ahora la comunicación de voz viaja sobre la red IP.

CONCLUSIONES

1. El ahorro en costes es la principal razón para que las empresas implanten servicios de VoIP. Los estudios actuales demuestran que las empresas pueden realizar importantes ahorros, sobre todo aquellas que dispongan de varias sedes interconectadas. Bajo este esquema, las llamadas dentro de la red corporativa aprovecharían la infraestructura instalada para la transmisión de datos, y por ello saldrían gratis.
2. En la actualidad VoIP soportada sobre Redes Privadas con un diseño adecuado es una solución viable y operativa. Las organizaciones empresariales muestran gran inquietud por su aplicación, y su incorporación inmediata sobre Intranets es totalmente factible ya que se mejoran considerablemente las proporciones establecidas por los parámetros Calidad/Precio. Las soluciones actuales implican diseño y optimización y combinación de las distintas herramientas y recursos disponibles en las propias organizaciones.
3. Para transportar VoIP sobre una red es necesario que ésta cumpla requerimientos de retardo, variación de retardo y pérdida de paquetes, que no eran necesario para el transporte puro de datos (aplicaciones que no sean en tiempo-real).
4. Podemos resumir diciendo que VoIP es una tecnología que tiene todos los elementos para su rápido desarrollo. Como muestra podemos ver que compañías fabricantes como Cisco la han incorporado a su catálogo de productos, y los principales operadores mundiales están promoviendo activamente el servicio IP a las empresas, ofreciendo calidad de voz a través del mismo. Por otro lado tenemos ya varios estándares que nos garantiza interoperabilidad entre los distintos fabricantes. La conclusión parece lógica: hay que estudiar cómo podemos implantar VoIP en nuestra empresa.

5. En cuanto a la implementación de esta solución sobre redes públicas tales como Internet, la solución es viable pero al no existir QoS el coste a asumir es muy elevado en cuanto a pérdidas de paquetes e inteligibilidad de las conversaciones. Por ello el mercado está situado en un compás de espera donde la urgencia mostrada por las organizaciones empresariales usuarias marcarán el ritmo de desarrollo e implantación de soluciones que garanticen QoS.

6. La solución de la red de datos con Telefonía IP descrita en el Capítulo IV muestra la factibilidad de la solución VoIP en Intranets. La nueva red de datos IP fue instalada cumpliendo los requisitos de hardware y software para poder soportar el transporte de las comunicaciones de voz. Los usuarios gozan de todos las funcionalidades propias del servicio de telefonía convencional, con la gran diferencia que ahora las llamadas entre los locales de la compañía tienen costo cero.

ANEXO A

CASO PRÁCTICO

Como complemento a este trabajo se presenta un pequeño proyecto adicional en aras de comprobar y demostrar las posibilidades de la convergencia teniendo presente que el primer paso es unificar en una sola red el transporte de Voz y Datos. Evidentemente estamos hablando de una red IP.

A.1. Objetivo.

Se implementará una solución VoIP entre dos instituciones educativas A y B. La infraestructura de estas dos entidades es diferente en cada punto.

A.2. Escenario Inicial.

Tal como se observa en la Figura A1, en la entidad B se disponía de una Central Telefónica Siemens Hicom 300 equipada con tres accesos primarios, con capacidad para 960 extensiones y con 200 extensiones operativas. Además existía una red de datos basada en cableado vertical en fibra, cableado horizontal sobre par trenzado y un anillo FDDI (Fiber Distributed Data Interface) a lo largo de su urbanización.

En la entidad A, se partía de un red de voz apoyada en una Central Telefónica Lucent Definity equipada con 1 acceso primario y dos accesos básicos y una red de datos basada en tecnología ATM.

Proyecto Voz IP

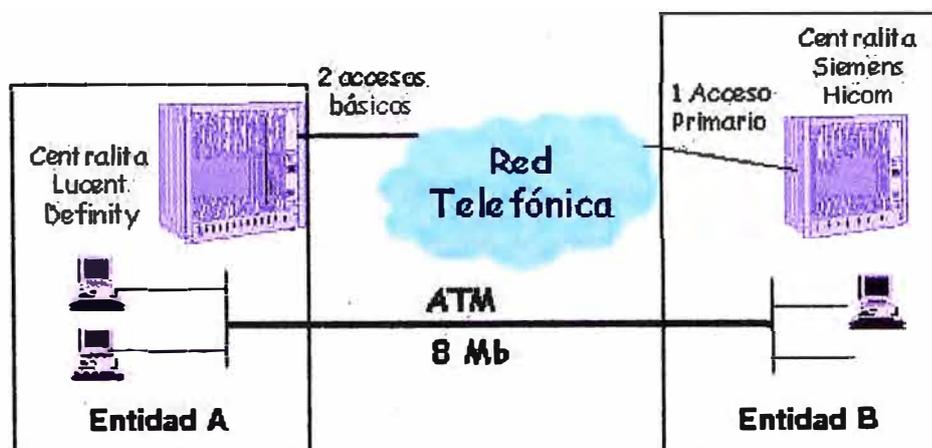


Figura A1. Situación Inicial donde coexisten dos redes.

A.3. Necesidades para la convergencia.

Para lograr la convergencia, es decir, para integrar las redes de voz y datos hasta el momento independientes, se estimó que el equipamiento necesario era el siguiente:

- Gateway para acceso primario en B.
- Gateway para acceso primario en A.
- Protocolo de codificación de Voz: G723.
- Centralita B: Tarjeta codificadora de voz con conector de 75 ohmios (2 BNC).
- Centralita A: Tarjeta codificadora de voz con conector a 120 ohmios (1 RJ45).
- Estudio de compatibilidad de las centralitas: definición de un protocolo común.
- Protocolo de Conexión: EURO-ISDN.
- Modo de configuración de centralitas: Modo Terminal.
- Modo de configuración de Gateways: Modo Network.
- Definición de grupos de marcación: incorporación de un servidor de rutas para autenticación de usuarios.
- Modos de marcación: elección de prefijos determinados.

A.4. Escenario Final.

En la Figura A2, se observa que la incorporación del equipamiento anterior permitió realizar la convergencia de las redes y de esa manera transmitir voz a la vez que los datos con los siguientes condicionantes impuestos por las entidades participantes:

- Posibilidad de realizar llamadas telefónicas desde la ciudad de la provincia A a la ciudad de la provincia B utilizando como soporte una red privada.
- Posibilidad de realizar llamadas desde una extensión de la entidad A a una extensión de la entidad B de forma absolutamente gratuita y viceversa utilizando como soporte una red privada.
- Posibilidad de realizar cualquier tipo de llamadas utilizando como soporte Internet.

A.5. Próximas actuaciones.

Una vez considerado el éxito del proyecto se plantearon dos nuevas e inmediatas actuaciones que apoyasen los resultados obtenidos. Las nuevas acciones consistían en la incorporación de nuevos nodos y la implantación del protocolo G.711 que permitiese el envío de paquetes de 64 Kbps con el fin de obtener una mayor calidad en la transmisión de la voz.

Proyecto Voz IP

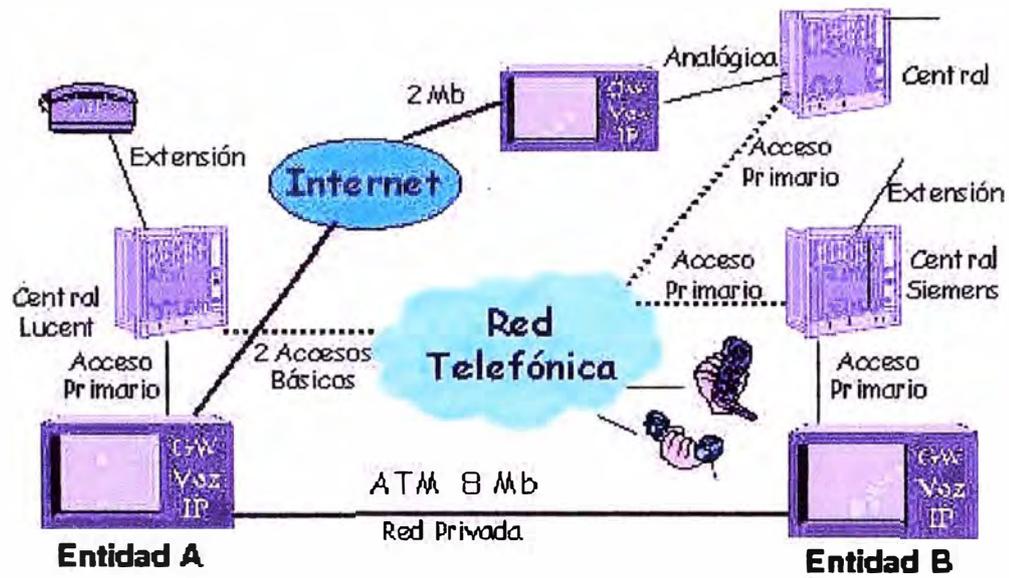


Figura A2. Situación Final donde se produce la Convergencia.

ANEXO B

LISTA DE ACRÓNIMOS

ATM: Asynchronous Transfer Mode
BRI: Basic Rate Interface
CODEC: Coder / Decoder
CPE: Customer Premises Equipment
E.164 : Plan de numeración público internacional.
ECP: Emergency Command Precedence
E&M: Exchange and Multiplex / Ear and Mouth
FXO: Foreign eXchange Operator/Office
FXS: Foreign eXchange Station/Subscriber
IEC: International Electrotechnical Commission
IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF: Internet Engineering Task Force
IMTC: International Multimedia Telecommunications Consortium
ISDN: Integrated Services Digital Network
ISO: International Organization for Standardization
ISP: Internet Service Provider
ITSP: Internet Telephony Service Provider
ITU: International Telecommunications Union
ITU-D: ITU - Telecommunication Development Sector
ITU-R: ITU - Radiocommunication Sector
ITU-T: ITU - Telecommunication Standardization Sector
IVR: Interactive Voice Response.
MCU: Multipoint Control Unit
MGCP: Media Gateway Control Protocol
MOS: Mean Opinion Score
NAT: Network Address Translation
OSI: Open Systems Interconection

PBX: Private Branch eXchange
PING: Packet InterNetwork Groper function
POTS: Plain Old Telephone Service
PPP: Point-to-Point Protocol
PRI: Primary Rate Interface
PSTN: Public Switched Telephone Network
RAS: Registration, Admission and Status
RDSI: Red Digital de Servicios Integrados
RSVP: Resource reSerVation Protocol
RTCP: Real Time Control Protocol
RTP: Real Time Protocol
SAP: Session Announcement Protocol
SDP: Session Description Protocol
SIP: Session Initiation Protocol
SRST: Survivable Remote Site Telephony
TSAP: Transport layer Service Access Point
UAC: User Agent Client
UAS: User Agent Server
UDP: User Datagram Protocol
VAD: Voice Activity Detection

BIBLIOGRAFÍA

1. Vineet Kumar, Markku Korpi, Senthil Sengodan, "IP Telephony with H.323: Architectures for Unified Networks and Integrated Services," Wiley, 2001
2. "Quality of Service for Voice over IP", Cisco Systems, 2002
<http://www.cisco.com>
3. Asim Karim, "H.323 and Associated Protocols", Ohio State University
<http://www.cse.wustl.edu/~jain/cis788-99/h323/index.html>
4. "Playout Delay Enhancements for Voice over IP", Cisco Systems
<http://www.cisco.com>
5. Scott Keagy, "Integrating Voice and Data Networks", Cisco Press, October 2000
6. Uyles D. Black, "Voice Over IP (2nd Edition)", Prentice Hall, 2002
7. Bill Douskalis, "IP Telephony - The Integration of Robust VoIP Services", Prentice Hall, 1999
8. Daniel Collins, "Carrier Grade Voice Over IP", McGraw-Hill, 2000
9. Robert Caputo, "Cisco Packetized Voice & Data Integration", McGraw-Hill, 1999