

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**APLICACIÓN DE VOZ SOBRE IP EN UNA RED CORPORATIVA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**CARLOS ALBERTO MIMBELA DE LA CRUZ**

**PROMOCIÓN**  
**1999-I**  
**LIMA-PERÚ**  
**2003**

*Dedico este trabajo a:  
Mi hijo Carlos Alberto*

## **APLICACIÓN DE VOZ SOBRE IP EN UNA RED CORPORATIVA**

## SUMARIO

El presente trabajo pretende describir la tecnología de Voz sobre IP y su aplicación en el campo corporativo, la cual se ha convertido en la solución más eficiente y económica por la que cualquier empresa puede optar. La gran flexibilidad y ahorro de costos que involucra esta solución le asegura su posicionamiento y continuidad en el mercado.

En el capítulo I se ofrece una visión general de la red corporativa, en ella se muestran las consideraciones de diseño y partes de la red corporativa y se da una descripción de los servicios que ésta puede brindar.

El capítulo II se refiere a la tecnología de voz sobre IP, en ella se describen los procesos que sigue la voz para ser digitalizada, así como también los protocolos utilizados por esta tecnología para la señalización y mantenimiento de las llamadas.

El capítulo III se trata de la aplicación misma de la voz sobre IP en la red corporativa planteada, en ella se hace mención a las consideraciones de diseño de las comunicaciones de voz y se plantean distintas variaciones de la solución.

El capítulo IV se mencionan algunas de las ventajas en el uso de esta tecnología.

## ÍNDICE

### PRÓLOGO

### CAPÍTULO I

#### TOPOLOGÍA DE LA RED CORPORATIVA

1.1 Consideraciones Preliminares	3
1.2 Diseño Jerárquico de la Topología	4
1.2.1 El Core	6
1.2.2 La Capa de Acceso	7
1.3 Enrutamiento	9
1.4 Servicios	10
1.5 El Network Operation Center	11

### CAPÍTULO II

#### TECNOLOGÍAS Y SOLUCIONES DE VOZ SOBRE IP

2.1 Conceptos Generales de la tecnología de voz sobre IP	14
2.1.1 Digitalización de la Voz	14
2.1.2 Algoritmos de codificación	18
2.1.3 Problemas comunes en la utilización de la VoIP	31
2.2 Protocolo H.323	34
2.2.1 Elementos H.323	35

2.2.2 H.323 protocol suite 39

2.2.3 H.323 Call flows 40

### **CAPÍTULO III**

#### **APLICACIÓN DE LA VOZ SOBRE IP EN LA RED CORPORATIVA**

3.1 Diseñando el Plan de Numeración 46

3.2 Plan de Enrutamiento 49

3.3 Escenarios de voz sobre IP 51

3.4 Consideraciones de dimensionamiento 53

### **CAPÍTULO IV**

#### **VENTAJAS DE LA VOZ SOBRE IP**

#### **CONCLUSIONES**

#### **BIBLIOGRAFÍA**

## PRÓLOGO

La Red Telefónica Pública (PSTN) ha ido evolucionando desde que Alexander Graham Bell realizó la primera transmisión de voz en 1876 a través de un sistema que consistía en 2 dispositivos conectados por un cable físico. En la comunicación a través de este sistema una persona levantaba el teléfono y otra persona se encontraba en el otro extremo, sin presencia de timbrado.

Con el paso del tiempo, este simple diseño evolucionó de una transmisión de voz unidireccional (sólo una persona habla a la vez) a una bi-direccional (ambas personas pueden hablar a la vez). Para transmitir las voces a través del medio físico se requirió un micrófono de carbón, una batería, un imán y una estructura de metal. Sin embargo, el concepto de marcado de un número telefónico no existía en este tiempo.

Luego, se pensó en brindar acceso a cada usuario habilitando un cable físico entre cada uno de estos usuarios; es decir, se debía conectar cada usuario telefónico entre sí para poder establecer una comunicación todos contra todos. Esta topología de Red Telefónica es la que se denomina full-mesh.

Debido al gran costo que implicaba el conectar cada usuario de la Red Telefónica entre sí, otro mecanismo fue desarrollado para poder direccionar las llamadas. Con este dispositivo, denominado Switch, los usuarios sólo necesitaban un cableado hacia un Switch central y éste realizaba la conexión entre los usuarios.

En sus inicios, un operador telefónico actuaba como switch. Para establecer la comunicación, este operador preguntaba al usuario dónde quería comunicarse y luego éste realizaba una conexión manual entre los 2 usuarios.

Con el avance de la Electrónica, se logró reemplazar al “switch humano” por un switch electrónico, que es parte de la actual PSTN. Actualmente, existen miles de empresas que brindan los servicios de telefonía en todo el mundo y que compiten, básicamente, en precios. Por esta razón, estas empresas están en constante búsqueda de nuevas tecnologías que permitan reducir costos sin afectar la calidad y operatividad del servicio de voz. Es así como surge la Voz sobre IP (VoIP) como una alternativa muy rentable y flexible.

La Voz sobre IP resulta una solución rentable debido a que utiliza como transporte los enlaces de datos existentes y, por tanto, elimina la necesidad de contar con una Red de Voz y Datos por separado, que es lo que se hacía anteriormente.

Además, la Voz sobre IP resulta flexible debido a la popularidad y gran uso del Protocolo de Internet (IP) que se puede encontrar en la mayoría de equipos de comunicación y aplicaciones.

El presente trabajo pretende presentar una Aplicación de la Voz sobre IP en el campo Corporativo, mostrando sus grandes ventajas y características técnicas.



# **CAPÍTULO I**

## **TOPOLOGÍA DE LA RED CORPORATIVA**

En este capítulo se detallará la estructura de la Red Corporativa y se definirán conceptos aplicables a las Redes de Datos en general. Asimismo, se hace mención a la gestión de los equipos de la Red Corporativa componentes y a los servicios que usualmente se utilizan en ella.

La finalidad de este capítulo es explicar todo lo necesario para interconectar las sedes de la Red Corporativa y demás elementos involucrados en el buen funcionamiento de la misma.

### **1.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES**

En la Red Corporativa a considerar se emplea como protocolo de comunicación el TCP/IP debido a su universalidad en LANs, intranets y el Internet.

La infraestructura WAN (interconexión entre sedes) se implementa sobre un Backbone ATM. Debido al alto costo que implica el implementar un Backbone ATM, lo más común es arrendar un circuito, para cada sede, a un Carrier de Telecomunicaciones o Proveedor de Servicios como lo son Telefónica del Perú o

AT&T Perú. Por lo tanto, el presente Informe toma el modelo de una corporación que arrienda circuitos o líneas dedicadas a un Carrier para poder interconectar sus sedes. Además, supondremos que el Carrier provee un Backbone ATM que se extiende por toda la provincia de Lima.

El grupo de ingenieros encargados del diseño de la red corporativa deberá indagar sobre las características técnicas del Backbone ATM tales como performance, capacidad, redundancia física y lógica, etc. No se profundizará acerca del diseño del Backbone ATM debido a que es responsabilidad del Carrier, sólo se hará mención de los circuitos que proporciona el mismo.

El escenario planteado es punto-multipunto, es decir, se tendrá una sede como punto central y las demás sedes se conectarán a él a través de los circuitos arrendados. De esta manera, todo tráfico entre sedes pasará siempre por la sede principal.

## **1.2 DISEÑO JERÁRQUICO DE LA RED CORPORATIVA**

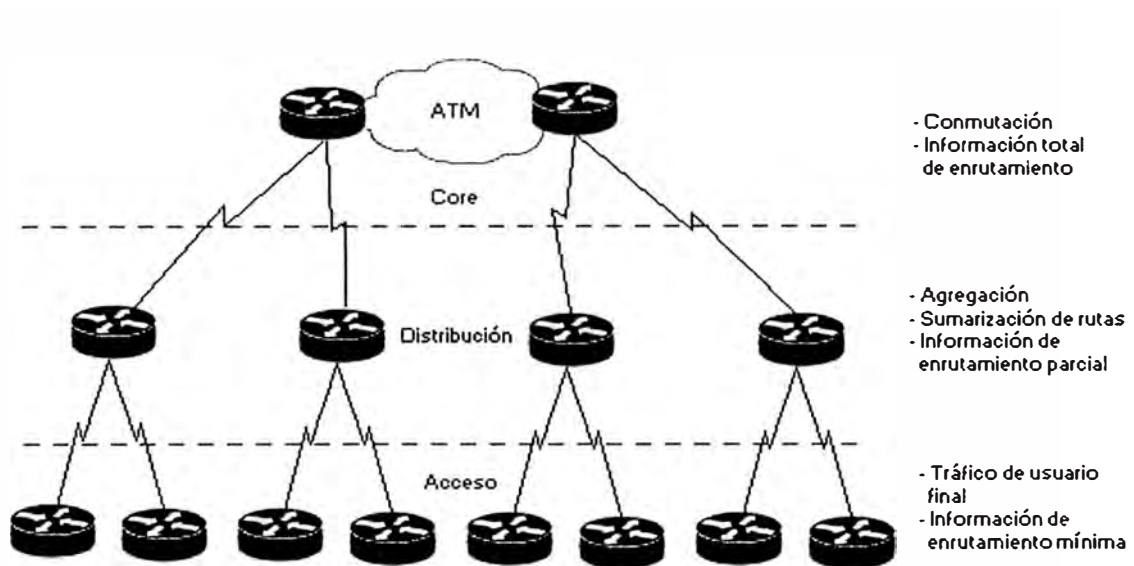
Como se sabe, es más fácil resolver un problema si éste es dividido en pequeñas partes, y las Redes a gran escala (como las Redes Corporativas) no son la excepción. Es posible separar las grandes redes en pequeñas partes de tal manera que puedan ser analizadas en forma separada. Este concepto es similar al modelo OSI, el cual divide el proceso de comunicación entre computadores en capas, cada una con diferentes funciones. Todos estos conceptos son agrupados en la definición de una Red Jerárquica.

La jerarquía de una Red no sólo hace que los varios elementos del enrutamiento, calidad de servicio y la conmutación de paquetes sea escalable, sino que presenta la oportunidad para la segmentación operacional de la red, resolución de problemas

más sencilla (troubleshooting), configuración de equipos de red menos complicada y una base lógica para la contabilidad de paquetes (análisis de tráfico).

Por lo tanto, la red corporativa debe seguir un modelo jerárquico o en capas. Las capas definidas en este modelo se muestran en la Figura 1.1.

**Figura 1.1: Diseño Jerárquico de la Red Corporativa**



Como se mencionó anteriormente, cada capa tiene una función específica, las cuales se mencionan en forma general:

- El core desplaza el tráfico a grandes velocidades; la principal misión de un dispositivo del core es conmutar paquetes (packet switching).
- La capa de distribución acumula el tráfico y resume (resume) la información de enrutamiento.

- La capa de acceso permite el ingreso de tráfico en la red, realiza funciones de control de acceso a la red y provee otros servicios de red.

La mayor debilidad inherente del modelo jerárquico es que crea puntos de falla común en la capa física. Ciertas medidas de redundancia deberán ser aplicadas para cubrir esta debilidad.

En la práctica, el modelo jerárquico de 3 capas presentado resulta costoso e innecesario, por lo que muchas empresas optan por eliminar la capa de distribución y reparten las funciones realizadas por ésta entre el core y la red de acceso. En nuestro diseño, consideraremos este mismo criterio.

A continuación, se da más detalle a cada una de las capas del modelo jerárquico presentado.

### **1.2.1 El Core**

Los dispositivos pertenecientes al core tienen como misión primordial la conmutación de paquetes, por ello deberán ser equipos de gran performance y capacidad de procesamiento.

Para lograr este objetivo, dos estrategias básicas deberán seguirse:

- Ninguna política de red deberá implementarse en el core, como por ejemplo el filtraje de paquetes, priorización de tráfico, etc. En el supuesto de aplicarse cualquiera de estas políticas en el core, cualquier error al implementarlas puede causar que la red entera falle.
- Cada dispositivo del core deberá tener alcance total a cada destino en la red.

Cuando el core posee un solo router (ubicado físicamente en el campus principal de la empresa) conectándose a la capa de distribución, o en nuestro caso a la capa de acceso, se le conoce como core colapsado.

El core colapsado es fácil de administrar (debido a que es un solo router), pero hace que la red no sea escalable debido a que cada paquete que es transportado a través de la red atravesará el backplane del router central; esto eventualmente sobrecargará incluso el router más grande y veloz. El core colapsado también representa un punto único de falla. La redundancia, por tanto, surge debido a razones de performance y disponibilidad.

### **1.2.2 La capa de acceso**

La capa de acceso es la "interfaz" hacia las redes de usuarios finales y tiene tres objetivos principales:

- Introducir tráfico en la red
- Control de acceso
- Cumplir otras funciones de borde

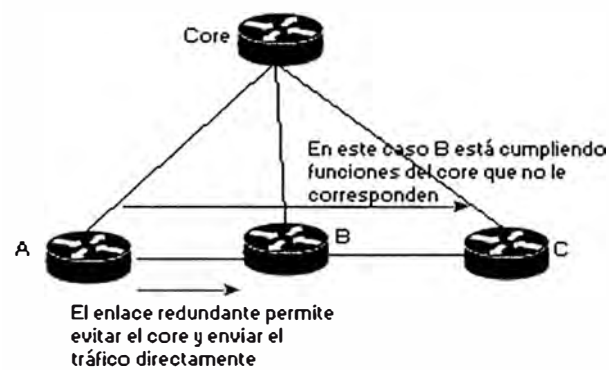
Los dispositivos en la capa de acceso interconectan los enlaces LAN de alta velocidad con los enlaces WAN de baja velocidad. La capa de acceso es la parte visible de la Red para los clientes.

Al introducir tráfico en la Red, es importante que el router de la capa de acceso no sature el enlace hacia el core. Mientras esto es principalmente una cuestión de

dimensionamiento (capacity planning), también se relaciona con la ubicación del servidor/servicio y el filtraje de paquetes. El tráfico que no está destinado hacia un host fuera de la red local no deberá ser enviado por el dispositivo de la capa de acceso.

Evitar el emplear los routers de acceso como puntos de traspaso de tráfico, una situación vista en redes altamente redundantes. No olvidar que esa es la misión del core, en nuestro caso. La figura 1.2 muestra la redundancia en el acceso.

**Figura 1.2: Redundancia en el acceso**



Desde que la capa de acceso es donde los usuarios se conectan a la red, es también el lugar perfecto para que los intrusos ingresen peligrosamente en ella. El filtraje de paquetes deberá ser aplicado de modo que el tráfico prohibido hacia el core deberá ser bloqueado, incluyendo paquetes que no se originan en la red localmente conectada. La capa de acceso es el lugar para configurar el filtrado de paquetes para proteger los dispositivos conectados del segmento local de ataques realizados desde cualquier parte de la Red.

Los otros servicios de borde incluyen:

- Implementación de Quality of Service (Qos).
- Terminación de túneles, en nuestro caso, para enlaces virtuales privados y encriptación.

### 1.3 ENRUTAMIENTO

El enrutamiento es el proceso de enviar data desde un computador en la red hacia otro computador, en otra parte de la red, atravesando un conjunto de routers. El camino que un router utiliza para enviar un paquete está definido en su tabla de enrutamiento. Una tabla de enrutamiento contiene una asociación entre las redes a las que el router se puede comunicar y la dirección IP del siguiente salto por donde el tráfico alcanzará esas redes. Cada una de estas entradas puede ser aprendida de 3 modos diferentes:

- Enrutamiento estático
- Enrutamiento por default
- Enrutamiento dinámico

El enrutamiento estático requiere que las tablas de enrutamiento sean construidas y actualizadas manualmente. Si un cambio en la red ocurre, los routers no conocen este cambio automáticamente. En cambio, el administrador de red deberá actualizar las tablas de enrutamiento siempre que un cambio en la topología de la red ocurra.

El enrutamiento dinámico es el método preferido en redes de gran tamaño debido a que administrar una tabla de enrutamiento estático de gran tamaño se convierte en un

trabajo tedioso o casi imposible. Para habilitar el enrutamiento dinámico sólo una configuración mínima es requerida.

El enrutamiento estático es preferido sobre el enrutamiento dinámico en ciertas circunstancias. Como en cualquier proceso, mientras más automático, menos control sobre él. Aún cuando el enrutamiento dinámico automático requiere mucho menos intervención humana, el enrutamiento estático permite más control preciso sobre el comportamiento del enrutamiento sobre una red. El precio a ser pagado por esta precisión es la necesidad de reconfiguración manual cada vez que la topología de la red cambia (por crecimiento, modificación o desastre).

Por otro lado el costo de la automatización es pagado en ancho de banda y quizás espacio de cola, memoria y tiempo de procesamiento.

Como una red corporativa tenderá a crecer geográficamente y a nivel de usuarios, nuevos routers serán agregados y se tornará complejo un esquema de enrutamiento estático. Por lo tanto, lo más recomendable es elegir un protocolo de enrutamiento dinámico como la solución más escalable. Entre los protocolos de enrutamiento dinámico podemos elegir EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol, protocolo propietario de Cisco) u OSPF (Open Shortest Path First).

#### **1.4 SERVICIOS**

Los servicios más comunes consisten en usuarios accediendo regularmente sobre granjas de servidores, conexiones a dominios de enrutamiento externos (partners o el Internet) y mainframes. Existen dos métodos típicos de conectarse a estos tipos de recursos en la red:



- Conexión directa a la red del core
- Conexión a través de una red perimétrica o Zona Desmilitarizada (DMZ, DeMilitarized Zone)

Las granjas de servidores y mainframes se conectan, por lo general, directamente al core (se trata ante todo de servicios para usuarios corporativos internos). En el caso de dominios externos, el tema de seguridad se hace evidente y es necesario proveer una zona de transición entre el dominio externo y el core.

Los servidores más comunes utilizados en las Redes Corporativas son: FTP, mail, WWW y databases.

## **1.5 NETWORK OPERATION CENTER**

El Centro de Gestión o NOC, Network Operation Center, es aquella sección (staff, equipos) destinada a la gestión de: fallas, configuración, seguridad, registro (accounting) y performance de la red corporativa.

El NOC como centro de operaciones debe tener control total de los equipos de red, es decir, es necesario que tenga total alcance (a nivel lógico) sobre todos los rincones de la red (routers, switches, modems, firewalls, etc).

Un sistema de gestión de red (NMS, Network Management System) puede ser utilizado para la gestión proactiva y reactiva en la Red. Este sistema puede arreglarse en arquitecturas centralizadas, jerárquica o totalmente distribuida.

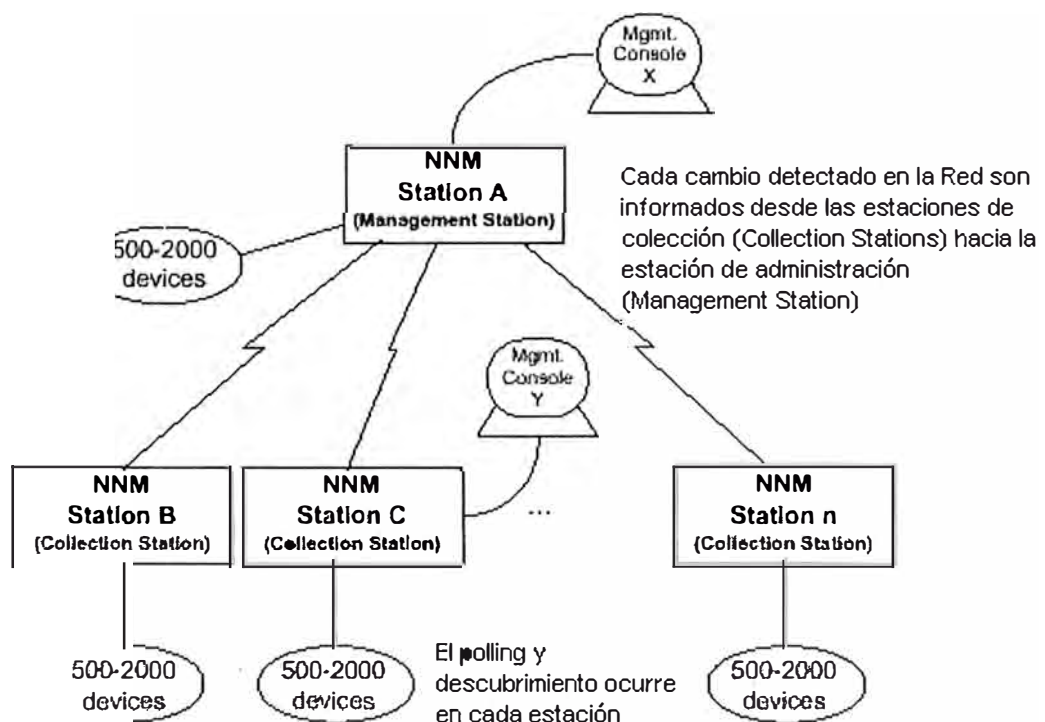
Una arquitectura centralizada reduce los costos pero introduce un único punto de falla de dos modos: debido a la falla del NMS o a su pérdida de conectividad. Este modelo no escala adecuadamente pues el polling o traps pueden consumir enorme

ancho de banda en las proximidades del NMS (a parte de los problemas en CPU del mismo).

El arreglo jerárquico hace que cada sub-NMS sea responsable de su nivel en el sistema. Este diseño alivia el problema de la escalabilidad, pero sufre aún de puntos de fallo únicos según se sube en la jerarquía.

El sistema NMS totalmente distribuido ofrece la arquitectura más escalable y confiable. Los sub-NMS son autónomos e intercambian reportes de sus respectivas áreas de control. Sin embargo, la arquitectura NMS distribuida es mucho más complicada que la centralizada. La figura 1.3 muestra la estructura de un NMS distribuido.

Figura 1.3: NMS distribuido



El arreglo que se propone es el sistema distribuido debido a su alta disponibilidad y escalabilidad. Esto nos permitirá monitorear la red desde diferentes estaciones y tener redundancia.

Es común establecer el NOC directamente al core por su posición centralizada y estratégica.

## **CAPÍTULO II**

### **TECNOLOGÍAS Y SOLUCIONES DE VOZ SOBRE IP**

En este capítulo se detallarán los conceptos básicos necesarios para un buen entendimiento del funcionamiento de la tecnología de voz sobre IP. Asimismo, se presentarán los principales modelos y soluciones de voz sobre IP, detallando la ventaja de utilizar uno u otro de acuerdo a la necesidad de la Red Corporativa.

La finalidad de este capítulo es explicar todo lo necesario para lograr la interconexión de voz entre las sedes de la Red Corporativa.

#### **2.1 CONCEPTOS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA VOZ SOBRE IP**

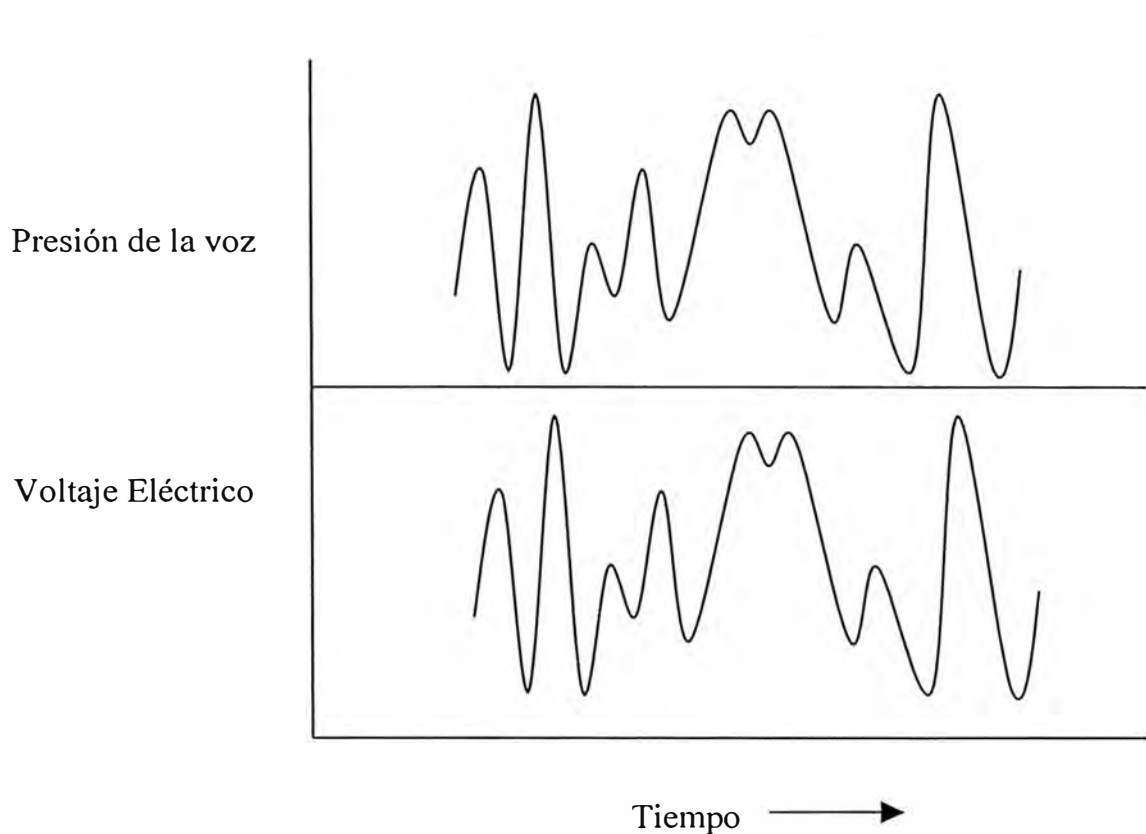
Para realizar un adecuado diseño de Voz sobre IP, es importante conocer a fondo el funcionamiento y conceptos de cada parte de la tecnología. Por esto, a continuación se detallan los conceptos y problemas fundamentales de la Voz sobre IP.

##### **2.1.1 Digitalización de la voz**

Para la digitalización de la voz es necesario, primero, transformar la señal de la voz (una señal de presión de aire) en una señal eléctrica (señal de voltaje) con la finalidad

de que esta señal eléctrica pueda ser transmitida mucho más lejos que las ondas de presión en el aire y que pueda también ser procesada con múltiples propósitos. Para realizar esta conversión, se utilizan los transductores, que son dispositivos que transforman una señal de una característica en otra, normalmente eléctrica. La figura 2.1 muestra la relación en la conversión de la señal de voz a una señal eléctrica.

**Figura 2.1: Relación señal de voz-señal eléctrica**



Mientras el valor de una señal analógica representa fiel y exactamente los valores de la fuente de información, el valor de una señal digital binaria refleja sólo 2 valores: 0 y 1. En el método más básico de implementación, estos valores son representados por voltajes en un rango de entre 0 y 5 V.

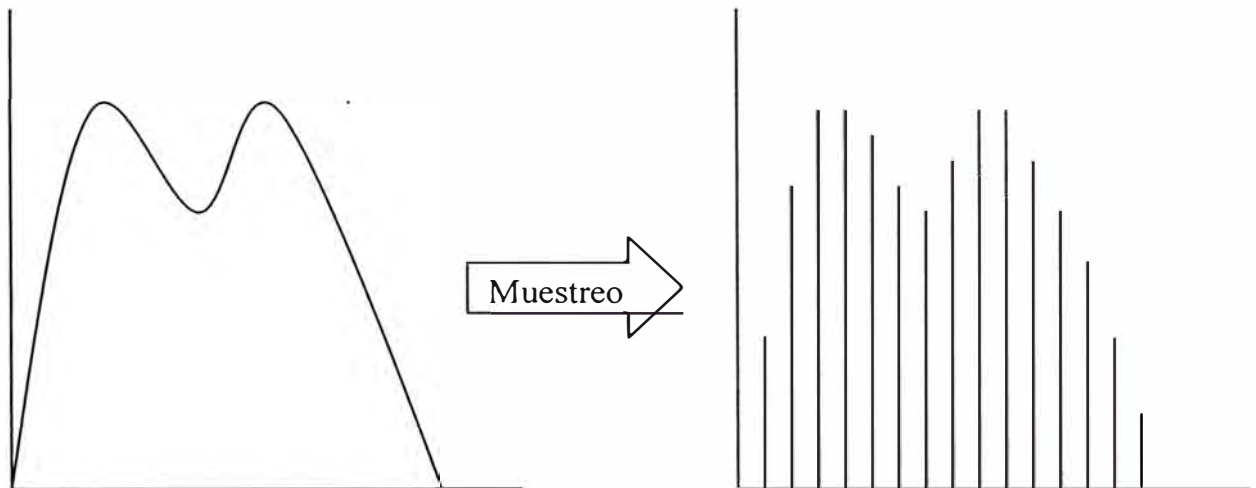
Entre las ventajas de la representación binaria de la voz se pueden mencionar la inmunidad al ruido, invariación en el proceso de almacenamiento y facilidad de procesamiento.

- **Muestreo digital**

El muestreo digital (digital sampling) consiste en capturar valores de la señal de voz en intervalos de tiempo fijos. Una fuente de reloj (clock) provee la referencia de tiempo para tomar las muestras. Para determinar la frecuencia a la cual debemos muestrear la voz utilizamos el teorema de Nyquist, el cual indica que la frecuencia de muestreo debe ser al menos dos veces el mayor valor de la frecuencia de la señal de entrada.

Los seres humanos podemos oír frecuencias de hasta 20 KHz, pero la información de nuestra habla es transportada en un rango que no excede los 4 KHz. Las señales de telefonía analógica son filtradas antes del muestreo en un rango entre 300 y 3400 Hz, que es donde cae la mayor parte de nuestro espectro de voz. Esta señal es muestreada a 8000 Hz de tal manera que frecuencias de hasta 4000 Hz puedan ser almacenadas (de acuerdo a Nyquist). En la figura 2.2 se muestra cómo queda la señal luego de ser muestreada.

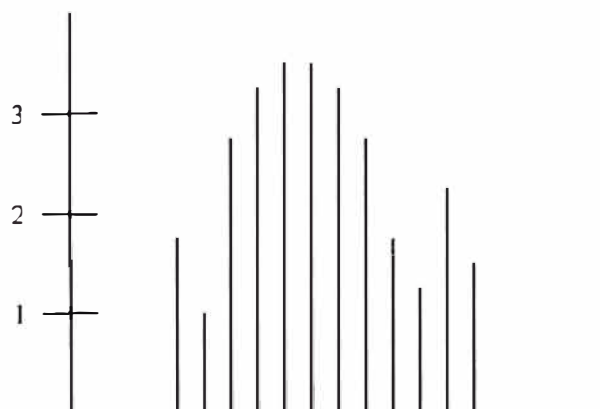
**Figura 2.2: Muestreo de la señal de voz**



- **Cuantificación**

Consideremos la salida de la función de muestreo digital que se muestra en la figura 2.3

**Figura 2.3: Señal muestreada antes de cuantificarse**



Nótese que el valor de cada muestra no tiene exactamente el valor de los valores discretos considerados, en nuestro caso, los valores enteros  $\{1, 2, 3\}$ .

La cuantificación es el proceso de redondear los valores de las muestras al valor discreto más cercano. Esto permite que el valor de cada muestra pueda ser representado como un conjunto de bits en lugar de un conjunto de valores analógicos. El proceso de cuantificación debe considerar 2 variables importantes:

- El número de niveles de cuantificación
- La distribución de los niveles de cuantificación.

El número de niveles de cuantificación tiene impacto directo en la calidad de la señal y el ancho de banda de salida. La señal digital será representada en forma más exacta conforme el número de niveles de cuantificación se incrementa. Sin embargo, la mejorada calidad de la señal requiere que más información sea codificada. En otras palabras, si el número de bits por muestra se incrementa, ello implica un incremento del bit rate de la salida digitalizada.

La distribución de los niveles de cuantificación indica la resolución digital en diferentes rangos del valor de la señal analógica. En el caso más sencillo, una distribución lineal de los valores de cuantificación resulta en una calidad de señal igual para todos los rangos de valores. En el caso de la Red telefónica pública (PSTN), la mayor parte de los niveles de cuantificación están concentrados en niveles bajos de señal, sacrificando resolución para señales de gran valor.

### **2.1.2 Algoritmos de Codificación de Voz (codecs)**

El campo de la codificación de la voz envuelve más que la digitalización de las señales de voz analógicas. El foco de investigación está centrado en desarrollar



“codecs” de audio que brinden una mejor calidad de la voz con unos bit rate, retardos y complejidad de implementación menores.

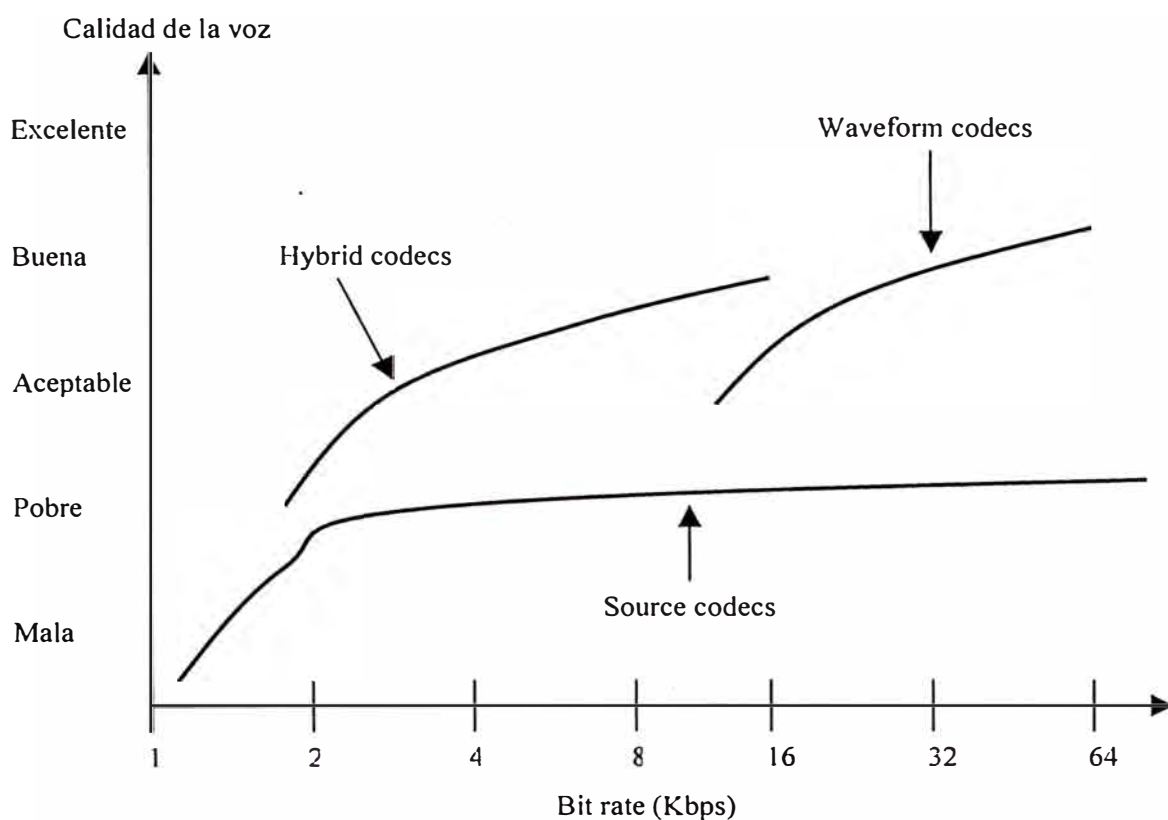
La palabra codec se deriva de la combinación de las palabras codificador y decodificador. La función de codificación consiste en transmitir una señal digitalizada en una manera más eficiente sobre el medio y la función de decodificación es el proceso de restaurar la señal codificada a la forma original de la señal.

Los algoritmos de codificación pueden ser categorizados de la siguiente forma:

- Codecs de forma de onda (Waveform codecs)
- Codecs de fuente (source codecs)
- Codecs híbridos (hybrid codecs)

La figura 2.4 muestra los requerimientos de bit rate versus la calidad de audio para los diferentes tipos de codec.

**Figura 2.4: Bit rate versus calidad de audio para diferentes tipos de codec**



En las siguientes secciones se detallan cada uno de estos tipos de codec.

- **Waveform codecs**

Los waveform codecs reconstruyen una señal de entrada sin modelar el proceso que generó esta señal de entrada. La señal de salida refleja la forma de la señal de entrada sin considerar si la entrada es voz, música o un ruido aleatorio. Uno de los beneficios de esto es que pocas suposiciones son hechas acerca del tipo de entrada, de tal forma que el codec puede replicar sonidos de distintos orígenes. La desventaja de este codec es que no está optimizado para codificación de bajo bit rate para tipos de señal

específicos como la voz. Los Waveform codecs son los menos complejos de entre todos los demás tipos de codec.

El PCM (Pulse Code Modulation), especificado en la recomendación ITU-T G.711, es un waveform codec. En este codec, la señal de voz analógica es filtrada para remover los componentes de alta y baja frecuencia, y luego es muestreada a una razón de 8000 veces por segundo. Los valores muestreados son cuantificados a uno de los 256 valores que nos permite utilizar la representación de 8 bits. El bit rate resultante del codec G.711 es 64 kbps, el cual determina el tamaño de un DS-0. El valor de cada muestra es codificado utilizando una de las 2 leyes de codificación: ley  $\mu$  o la ley A. Estas leyes se refieren a la distribución de los niveles de cuantificación descritos anteriormente. Tanto la ley  $\mu$  como la ley A enfatizan la calidad de la señal (posee mayor cantidad de niveles) en los valores bajos a expensas de una baja calidad en los valores altos de señal. La ley  $\mu$  es utilizada en Estados Unidos, mientras que la ley A es utilizada en la mayoría de los países. Entre las diferencias se puede mencionar que la ley  $\mu$  es un poco más sensitiva a los cambios de nivel que la ley A.

El codec AD-PCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation), especificado en la recomendación ITU-T G.726 es un waveform codec más avanzado. En lugar de transmitir los valores actuales PCM de la señal, AD-PCM transmite sólo una señal de error que es la diferencia entre la entrada actual y una entrada estimada. Si la entrada estimada tiene un valor bastante cercano a la entrada actual, la señal de error debería tener una magnitud menor que la entrada original. Es de esta manera que AD-PCM

provee una buena calidad de voz a sub-PCM bit rates. La siguiente ecuación resume el proceso de codificación AD-PCM:

$$(entrada\_original) - (entrada\_estimada) = (señal\_de\_error)$$

donde la entrada estimada es netamente una función de sucesivas muestras de señales de error. El codificador utiliza valores sucesivos, tomados de su propia salida, para predecir la entrada actual. El decodificador también utiliza esta información para realizar una predicción idéntica de la entrada actual. Reordenando la fórmula anterior tenemos:

$$(señal\_de\_error) + (entrada\_estimada) = (entrada\_original)$$

se obtiene la ecuación que describe el proceso de decodificación. Debido a que el decodificador obtiene la entrada estimada de la misma manera que el codificador, la salida del decodificador será idéntica a la entrada original al codificador.

La señal de error es cuantificada antes de ser transmitida hacia el decodificador. La especificación G.726 define 4 diferentes bit rates que corresponden al número de bits utilizados en la cuantificación de la señal de error. La tabla 2.1 resume la cantidad de bits utilizados en la cuantificación de la señal de error y los correspondientes bit rates.

**Tabla 2.1: Características técnicas de la codificación G.726 AD-PCM**

<b>Bit Rate</b>	<b>Número de bits por muestra de la señal de error</b>	<b>Número de niveles de cuantificación</b>
40 kbps	5	31
32 kbps	4	15
24 kbps	3	7
16 kbps	2	4

Es evidente que la señal de error cuantificada pierde calidad conforme el bit rate del codificador AD-PCM disminuye. No resulta práctico hacer que el codificador AD-PCM trabaje debajo de los 16 kbps debido a que se presentará un excesivo ruido de cuantificación en la señal de error.

Tanto el PCM como el AD-PCM operan en el dominio del tiempo. Entre los codecs que operan en el dominio de la frecuencia se pueden mencionar al Sub-Band Coding (SBC) y el Adaptive Transform Coding (ATC). Estas técnicas pueden lograr una buena calidad de voz en bit rates similares al codec AD PCM.

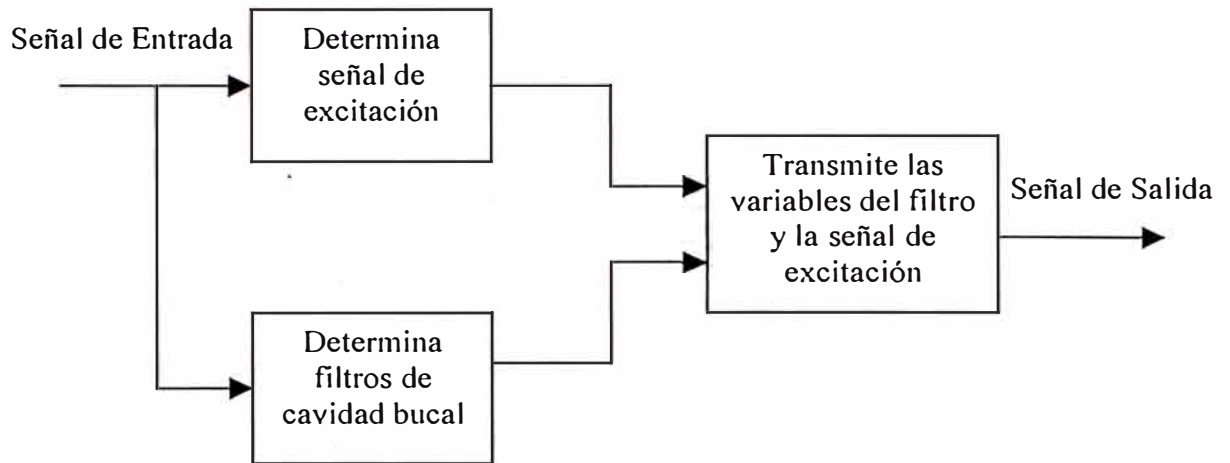
- **Source codecs**

Los source codecs son diseñados en base una filosofía fundamentalmente diferente de los waveform codecs. Los source codecs son diseñados para tipos de entrada específicos (por ejemplo, la voz humana) y hace uso de esto para modelar la señal fuente. Los source codecs diseñados para la voz intentan replicar el proceso físico de la generación del sonido.

Durante el habla, una señal de excitación que proviene de los pulmones y de las cuerdas vocales es filtrada por la cavidad bucal (conformada por la lengua, la

cavidad nasal, los labios y la garganta). Los source codecs diseñados para la voz emulan la función de la señal de excitación y el filtrado realizado por la cavidad bucal. Las muestras de audio que ingresan al codificador son agrupados en frames y estos frames, a su vez, son analizados para determinar el tipo de señal de excitación y la forma del filtro. El tipo de señal de excitación es siempre codificada en un solo bit. El filtro de la cavidad bucal es una función algebraica del espectro de frecuencia de la señal. Algunas frecuencias son amplificadas por la función y otras son eliminadas, dependiendo de los coeficientes en la ecuación algebraica. Para cada grupo de muestras que es analizado, un conjunto de coeficientes es determinado de tal forma que trate de aproximarse lo más posible al filtro de la cavidad bucal. La mayoría de los modelos de filtro utilizan, al menos, una ecuación lineal de orden 10. Los coeficientes de esta ecuación lineal son actualizados por cada frame, originando que la forma del filtro de cavidad bucal cambie cada 5 a 30 ms. El tamaño del frame puede variar de acuerdo al tipo de codec. Por lo tanto, los coeficientes de la ecuación lineal, un solo bit que indica el tipo de excitación y la frecuencia de la excitación son transmitidos por cada frame. La figura 2.5 resume las funciones de un source codec para la voz.

**Figura 2.5: Componentes de un source codec**



Un concepto importante introducido en esta sección es el agrupamiento de muestras en frames para análisis y codificación.

Los source codecs transmiten señales de bajos bit rates pero tienen un potencial limitado para la calidad de la voz. Este tipo de codecs han sido utilizados mayormente en aplicaciones militares para poder realizar comunicaciones seguras. Los hybrid codecs han reemplazado en gran medida a los source codecs debido a su alta calidad a similares bit rates.

- **Hybrid Codecs**

Los hybrid codecs proporcionan una mayor calidad de voz que los source codecs con menores bit rates que los waveform codecs. Para lograrlo, los hybrid codecs utilizan una combinación de ambos (source y waveform codecs). Estos algoritmos son normalmente complejos.

La mayoría de los hybrid codecs trabajan en el dominio del tiempo usando técnicas LPAS (linear prediction analisis-by-synthesis). Al igual que en los source codecs,

LPAS codecs modelan una señal de excitación y un filtro. El filtro es similar al modelado en los source codecs pero la codificación de la señal de excitación es más sofisticada. Existen 3 estrategias principales para la codificación de la señal de excitación:

- Multi-Pulse Excitation (MPE)
- Regular Pulse Excitation (RPE)
- Code-Excited Linear Prediction (CELP)

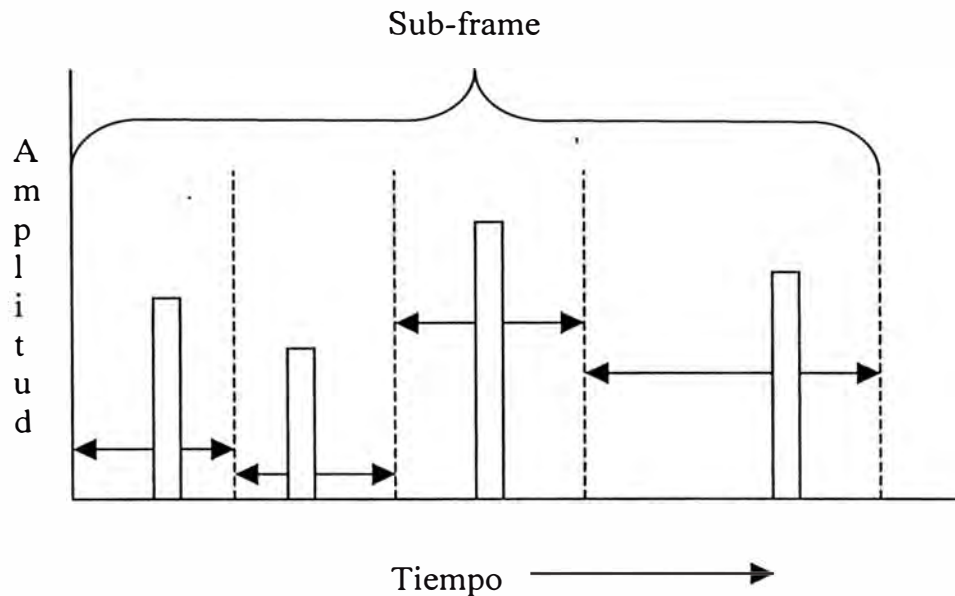
Cada una de estas técnicas genera la señal de excitación de diferentes maneras pero todas ellas procesan una variedad de señales de excitación a través del filtro para ver cuál excitación produce la mejor copia de la forma de onda original. Una vez que la mejor copia se ha obtenido el codec transmite las variables del filtro y la información de la señal de excitación. La representación de la señal de excitación es diferente entre los codecs MPE, RPE y CELP.

#### **\* Multi-Pulse Excitation**

El modelo MPE codifica la señal de excitación como una serie de pulsos non-zero que pueden variar en posición a través del tiempo y en amplitud. Usualmente, la señal de excitación es determinada por sub-frames en lugar de todo el frame completo. La figura 2.6 clarifica este concepto.



**Figura 2.6: MPE, variación en la posición y amplitud de los pulsos**



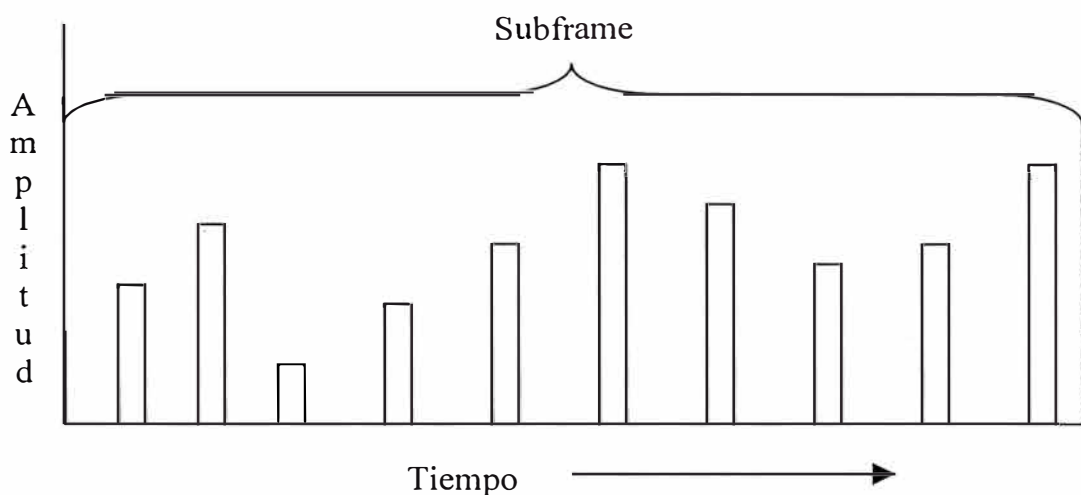
El algoritmo del codec determina el número de pulsos que pueden flotar dentro de cada subframe, el cual es normalmente 5ms. El subframe es siempre dividido en intervalos de tiempo más pequeños y un solo pulso puede ser ubicado dentro de cada uno de estos intervalos. El último intervalo de tiempo en un subframe es siempre más largo que los otros intervalos. En este escenario, el codec calcula, separadamente, la posición óptima y la amplitud de cada pulso. Típicamente existen entre 4 y 6 pulsos dentro de un subframe de 5ms.

La recomendación G.723.1 de la ITU-T opera a 2 diferentes bit rates: 5.3 kbps y 6.3 kbps. El codec de 6.3 kbps utiliza una versión del algoritmo MPE denominado MP-MLQ (Multi-Pulse Maximum Likelihood Quantization).

### \* Regular Pulse Excitation

Al igual que MPE, RPE representa la señal de excitación como una serie de pulsos. En lugar de especificar la posición y amplitud de cada pulso, sólo la amplitud de cada pulso es especificada. Una pequeña cantidad de información codifica el offset del primer pulso dentro del subframe y los pulsos restantes le siguen en intervalos de tiempo fijos. Comparado con MPE, RPE reduce el número de bits requeridos para representar un número de pulsos dado. Un codec RPE típico puede usar de 10 a 12 pulsos por subframe. La figura 2.7 ilustra el método RPE de codificación para la señal de entrada.

Figura 2.7: RPE proporciona pulsos en posiciones fijas

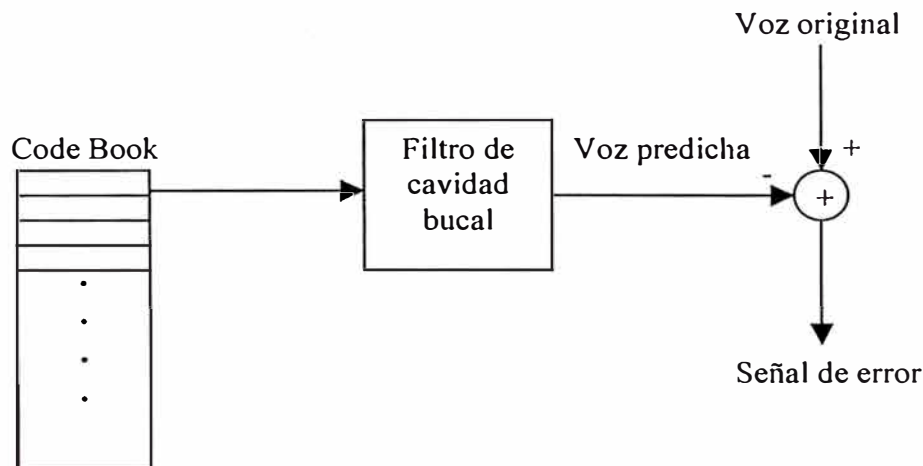


### \* CELP

Los codecs MPE y RPE transmiten la información de cada pulso como piezas de información separadas. CELP utiliza un método diferente de codificación de los pulsos. Un libro de código (code book) identifica las diferentes combinaciones de

amplitudes y posiciones de los pulsos, y cada una de estas combinaciones es representada por un índice dentro del code book. Tanto el codificador como el decodificador utilizan el mismo code book. Para cada subframe, el codificador CELP transmite el identificador del índice en el code book correspondiente a la señal de excitación que produce la mejor representación de la señal de entrada original. El decodificador utiliza el índice para identificar la señal de excitación desde su propia copia del code book. La figura 2.8 ilustra este método de codificación.

**Figura 2.8: CELP representa la excitación como un Code Book index**



La performance de los codecs CELP está bastante relacionada con el número de entradas, el contenido y la eficiencia de los algoritmos de búsqueda en los code books. Para simplificar el proceso de búsqueda algunos code books poseen entradas sólo para las posiciones de los pulsos, teniéndose que determinar la amplitud de estos pulsos en forma separada. Algunas implementaciones de CELP utilizan code books simplificados sin información de amplitud sólo algunos pulsos de tal forma que

técnicas algebraicas puedan ser empleadas para simplificar las búsquedas. Estos métodos de codificación son llamados Algebraic CELP o ACELP.

Muchos codecs pertenecen al tipo CELP, incluyendo las recomendaciones ITU-T G.728 Low-Delay CELP (LD-CELP) a 16 kbps y la G.729 Conjugate-Structure ACELP (CS-ACELP) a 8 kbps.

- **MOS (Mean Opinion Score)**

La forma más conocida de cuantificar la performance de un codec de voz es el Mean Opinion Score (MOS). El MOS consiste en una prueba realizada entre una gran cantidad de oyentes en la cual, éstos juzgan la calidad de una muestra de voz correspondiente a un codec en particular en la escala de 1 (mala calidad) a 5 (excelente). Los resultados son luego promediados para obtener el MOS.

La prueba del MOS es también utilizada para comparar el desempeño de un codec en particular bajo condiciones variables, las cuales incluyen niveles de ruido de fondo, múltiples codificaciones y decodificaciones, etc.

La tabla 2.2 muestra los valores de MOS para varios codecs ITU-T y su relación con su respectivo bit rate.

la comunicación de voz dependiendo de la distancia entre los terminales y el medio de propagación.

El delay de manipulación es causado por los dispositivos que transportan la voz a través de la red, esto debido a los diferentes procesos a los que es sometida la voz como por ejemplo la compresión, packet switching, etc. El delay de manipulación puede impactar redes telefónicas convencionales pero estos retardos son un mayor problema en redes de conmutación de paquetes.

El delay de encolamiento es el retardo que involucra poner la información de voz sobre IP sobre las interfaces de los routers. Cuando se tiene congestión en una interfaz de router (algo muy común en redes de datos) el delay de encolamiento se convierte en un tema crítico, el cual puede ser superado gracias a las políticas de calidad de servicio de voz sobre IP.

La recomendación G.114 de la ITU-T especifica que para obtener una comunicación de voz de buena calidad no se debe exceder de 150 ms de retardo en un sentido y extremo a extremo de la comunicación . A pesar de esto, algunos retardos son mayores debido a que no existe otra alternativa para la comunicación de voz, como es el caso de la comunicación vía satélite. En ésta, la transmisión tarda 250 ms para alcanzar el satélite y otros 250 ms para retornar a la Tierra. Esto resulta un total de 500 ms. A pesar de esto, muchas de las comunicaciones de voz de hoy en día ocurren sobre enlaces satelitales.

- **Jitter**

El jitter es la variación del retardo de la comunicación de voz. Estas variaciones pueden ocurrir debido a que los paquetes de voz se pueden retardar en su paso a través de la red de datos y, en consecuencia, no llegan a su destino en intervalos regulares de tiempo. La diferencia entre cuándo es esperado un paquete de voz y cuándo realmente llega es el jitter.

Entre los métodos para eliminar este problema, muchos fabricantes de equipos de telecomunicaciones generan los denominados jitter buffers, que son espacios de memoria donde se encolan los paquetes de voz para ser transmitidos en un intervalo de tiempo regular. Esto, por supuesto, implica adicionar un retardo a la comunicación que debe ser estimado para no degradarla.

- **Eco**

El eco es un fenómeno que consiste en escuchar un sonido, después de un instante de tiempo, en el lugar donde se originó dicho sonido. Este problema es, normalmente, generado por una desadaptación de impedancias en el lado remoto de donde se percibe.

Para eliminar este problema, las empresas de telefonía utilizan comúnmente supresores o canceladores de eco.

## 2.2 PROTOCOLO H.323

H.323 es una especificación de la ITU-T para la transmisión de audio, video y datos a través de una red IP, incluyendo Internet. Cuando se hace uso de esta especificación, los productos y aplicaciones de los fabricantes pueden comunicarse e interoperar entre ellos. Por estos motivos, nuestra aplicación de Voz sobre IP en una Red Corporativa utilizará este protocolo para realizar las llamadas.

El estándar H.323 define varios aspectos tales como control y señalización de la llamada, control y transporte multimedia y control de ancho de banda.

En resumen, la tabla 2.3 muestra los componentes y protocolos del estándar H.323.

**Tabla 2.3: Componentes y protocolos del estándar H.323**

<b>Característica</b>	<b>Protocolo</b>
Señalización de la llamada	H.225
Control del medio	H.245
Codecs para audio	G.711, G.722, G.723, G.728, G.729
Codecs de video	H.261, H.263
Compartición de datos	T.120
Transporte en el medio	RTP/RTCP

El sistema H.323, para un mejor entendimiento, será dividida en 3 secciones:

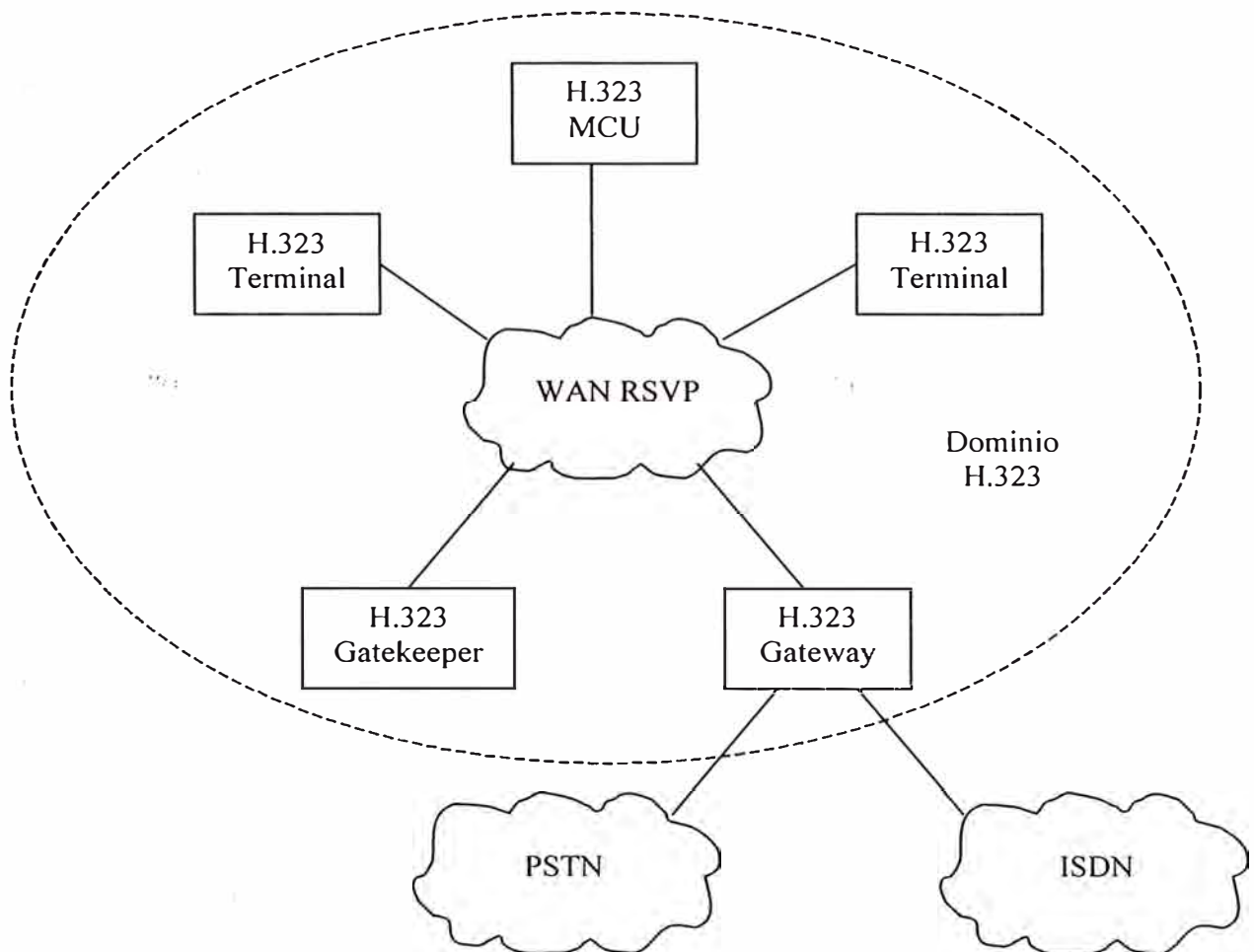
- Elementos H.323
- H.323 protocol suite

- Flujo de las llamadas H.323

### 2.2.1 Elementos H.323

En la figura 2.9 se muestra un sistema H.323 con todos sus elementos.

Figura 2.9: Elementos del H.323



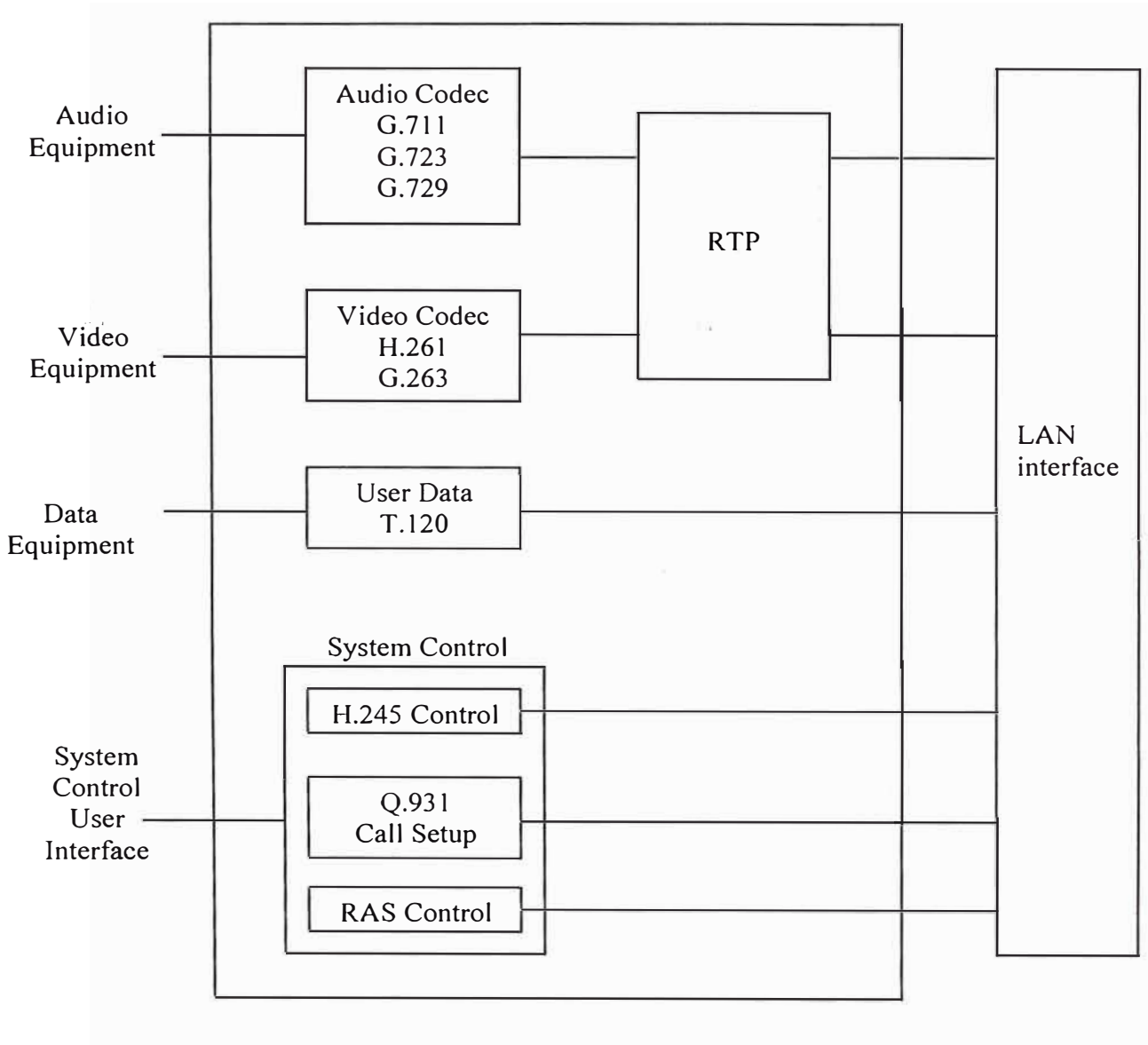
A continuación se detallan cada uno de los elementos del estándar H.323.



- **Terminal H.323**

Son los puntos terminales de una comunicación H.323 y proporcionan al usuario la posibilidad de realizar conferencias de audio, y opcionalmente, video y datos. La figura 2.10 define un terminal H.323.

**Figura 2.10: Terminal H.323**



Las siguientes funciones y capacidades se encuentran en un terminal H.323:

- System Control Unit, provee control de llamadas H.225 y H.245, intercambio de capacidades, messaging y señalización de comandos para una adecuada operación del terminal.
- Media Transmission, se encarga de transmitir el audio, video, data, control streams y mensajes en la interfaz de red. También se encarga de la recepción de esta información.
- Audio Codec, codifica la señal proveniente del equipo de audio para transmitirla y decodifica el código de audio que ingresa. Entre las funciones requeridas se tiene codificación y decodificación G.711 y transmisión y recepción de los formatos ley-A y ley-mu. Opcionalmente, pueden ser soportados G.722, G.723.1, G.728 y G.729.
- Network Interface, interfaz de transmisión y recepción de paquetes capaz de brindar servicios de comunicación TCP y UDP.
- Video Codec, opcional, pero si se encuentra presente debe poder soportar H.261.
- Data Channel, soporta aplicaciones como acceso a bases de datos, transferencia de archivos, etc., tal y como está especificado en la recomendación T.120.

Para nuestra aplicación de voz sobre IP en una red corporativa se utilizarán terminales analógicos, los cuales se conectarán a una tarjeta digitalizadora y que realizará las funciones de un terminal H.323.

- **Gateway H.323**

El gateway H.323 se encarga de transformar formatos de audio, video y data así como sistemas de comunicación y protocolos; es decir, sirve como una interfaz entre 2 sistemas diferentes para que puedan comunicarse entre ellos. Los gateways son necesarios en caso de necesitar comunicación con las redes públicas.

- **Gatekeeper**

Elemento opcional que proporciona servicios de control pre y post llamada a los terminales H.323. Los gatekeepers están lógicamente separados de los demás elementos H.323. De estar presente, un gatekeeper debe realizar lo siguiente:

- Address Translation, provee a los terminales de alias H.323 o direcciones E.164.
- Control de admisión, proporciona acceso autorizado a la red H.323 utilizando los mensajes Request/Admission Confirm/Admission Reject (ARQ/ACF/ARJ).
- Control de Ancho de Banda, que consiste en administrar los anchos de banda utilizados por los terminales.
- Zone Management, proporcionado a los terminales, MCUs y gateways registrados.

- **MCU**

Son dispositivos que permiten a 2 o más terminales o gateways realizar conferencias entre sus sesiones de audio y/o video.

### 2.2.2 H.323 protocol suite

El H.323 protocol suite está basado en varios protocolos, tal como se muestra en la figura 2.11.

**Figura 2.11: Capas del H.323 protocol suite**

Envío confiable TCP		Envío no confiable UDP		
H.245	H.225		Audio/Video Streams	
	Call Control	RAS	RTCP	RTP
TCP		UDP		
IP				
Capas Física y de enlace de datos				

Esta familia de protocolos soporta admisión de llamadas, setup, status, teardown, media streams y mensajes en sistemas H.323. Estos protocolos son soportados tanto como transmisiones confiables como no confiables.

A pesar de que la mayoría de implementaciones H.323 hoy en día utilizan TCP como el mecanismo de transporte para señalización, H.323 versión 2 proporciona la posibilidad de transporte total UDP.

El H.323 protocol suite está dividido en 3 áreas principales de control:

- Registration, Admissions and Status (RAS) signaling, el cual proporciona control pre-llamadas en redes basadas en gatekeepers.
- Call Control Signalling, utilizado para conectar, mantener, y desconectar llamadas entre terminales.
- Media Control and Transport, proporciona el canal confiable H.245 que transporta mensajes de control del medio.

### **2.2.3 H.323 Call-flows**

Para explicar cómo se realiza una llamada de voz sobre IP utilizando H.323, primero se hará mención a los protocolos principales que intervienen en dicho proceso como son H.225 y H.245.

- **Señalización de Control de llamadas (H.225)**

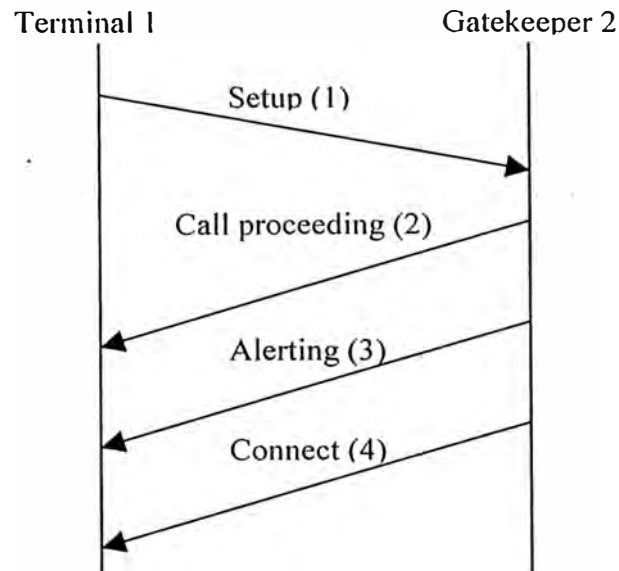
En las redes H.323, los procedimientos de control de llamadas están basados en la recomendación ITU-T H.225, el cual especifica el uso y soporte de mensajes de señalización Q.931. Un canal de control de llamada confiable se genera a través de la red IP en el puerto TCP 1720. Este puerto inicia los mensajes de control Q.931 entre los 2 terminales extremos con el propósito de conexión, mantenimiento y desconexión de llamadas.

H.225 también especifica el uso de mensajes Q.932 para servicio suplementarios. Los siguientes mensajes Q.931 y Q.932 son los más comunes de utilizar en las redes H.323:

- Setup – Un mensaje directo enviado por la entidad H.323 llamante en un intento de establecer conexión con la entidad H.323 llamada. Este mensaje es enviado en el bien conocido puerto TCP 1720.
- Call Proceeding – Un mensaje de respuesta enviado por la entidad H.323 llamada hacia la entidad llamante para avisar que los procedimientos de establecimiento de llamada fueron iniciados.
- Alerting – Un mensaje de respuesta enviado por la entidad llamada para indicar que el proceso de timbrado fue iniciado.
- Connect – Un mensaje de respuesta enviado por la entidad llamada hacia el llamante para indicar que el otro extremo respondió la llamada. El mensaje “connect” pueden contener las direcciones IP/UDP para la señalización de control H.225.
- Release Complete – Enviado por el terminal que inicie la desconexión, el cual indica que la llamada está siendo terminada.
- Facility – Un mensaje Q.932 utilizado para requerir y reconocer servicios suplementarios.

En la figura 2.12 se muestra cómo se realiza el intercambio de mensajes para iniciar una llamada.

**Figura 2.12: Mensajes de señalización para el establecimiento de llamadas**



- **Transporte y control del medio (H.245)**

H.245 administra los mensajes de control entre entidades H.323. Los procedimientos H.245 establecen canales lógicos para la transmisión de audio, video, data e información de control. Los terminales establecen un canal H.245 por cada llamada con el terminal participante. El canal de control confiable es generado sobre IP utilizando el puerto TCP asignado dinámicamente al final del mensaje de señalización de la llamada.

El intercambio de capacidades, la apertura y cierre de canales lógicos, los modos de preferencia y los mensajes de control tienen lugar en este canal de control. H.245 también permite determinar el codec que se utilizará en la comunicación.

Entre los procedimientos y mensajes H.245 tenemos:

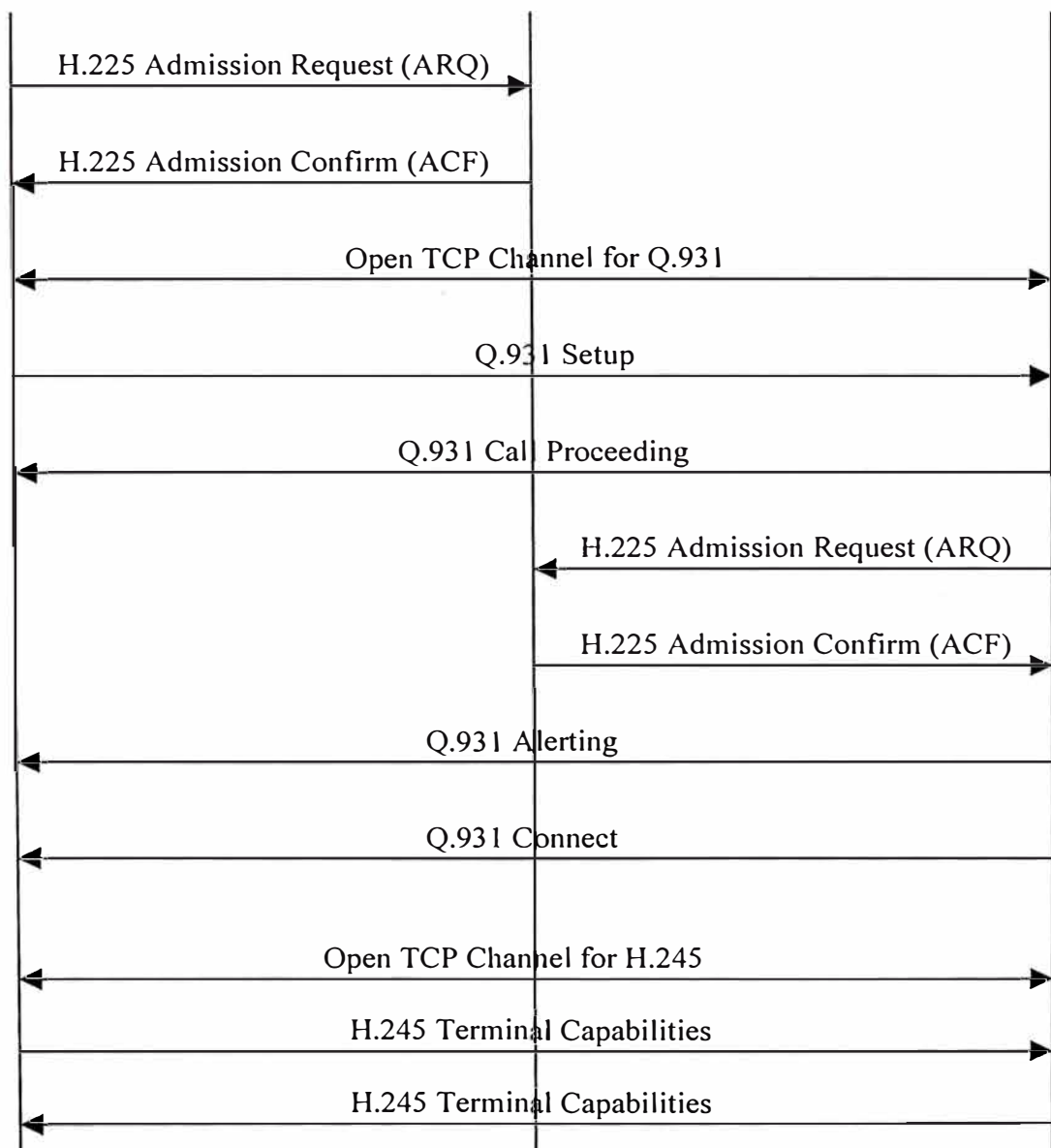
- Capability Exchange – Consiste en los mensajes que intercambian las capacidades de los terminales participantes. Estos mensajes indican las capacidades de transmisión y recepción del terminal para audio, video y data. Entre los codecs negociables se tiene G.729 a 8 kbps, G.728 a 16 kbps, G.711 a 64 kbps, G.723 a 5.3 y 6.3 kbps o G.722 a 48, 56 y 64 kbps.
- Master-Slave termination – Procedimientos utilizados para determinar qué terminal es el maestro y cuál el esclavo para una llamada en particular. La relación es mantenida durante toda la duración de la llamada y sirve para resolver conflictos entre terminales. Reglas Master-Slave son utilizadas cuando ambos terminales solicitan acciones similares al mismo tiempo.
- Round-Trip Delay – Procedimientos utilizados para determinar el delay entre los 2 terminales participantes. El mensaje *RoundTripDelayRequest* mide el delay y verifica si el protocolo H.245 remoto se encuentra activo.
- Logical Channel Signalling – Abre y cierra canales lógicos que portan información de audio, video y datos. Después que la señalización de canal lógico está totalmente establecida, el puerto UDP para el canal de medio RTP es transmitido del terminal llamado al llamante.

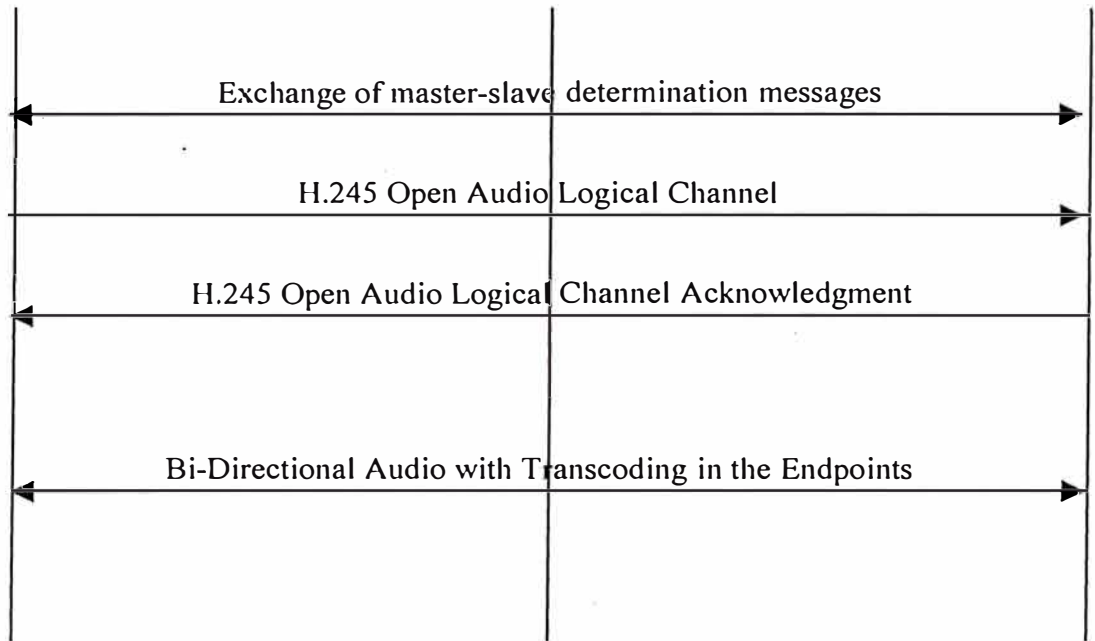


- **Señalización en el transcurso de una llamada H.323**

En la siguiente sección se mostrará el modo en que los protocolos de la familia H.323 proporcionan establecimiento y ejecución de llamadas entre 2 terminales. Los mensajes intercambiados durante todo el proceso de una llamada H.323 se muestra en la figura 2.13.

**Figura 2.13: Señalización entre terminales en una llamada H.323**





## **CAPÍTULO III**

### **APLICACIÓN DE LA VOZ SOBRE IP EN LA RED CORPORATIVA**

En este capítulo se plantean algunas reglas de diseño y consideraciones para la aplicación de la Voz sobre IP en nuestra Red Corporativa. Se hará referencia directa sobre la red corporativa ya implementada (conforme se describió en el capítulo I) y sobre los dispositivos terminales ya conectados a los equipos de datos (routers).

#### **3.1 DISEÑANDO UN PLAN DE NUMERACIÓN**

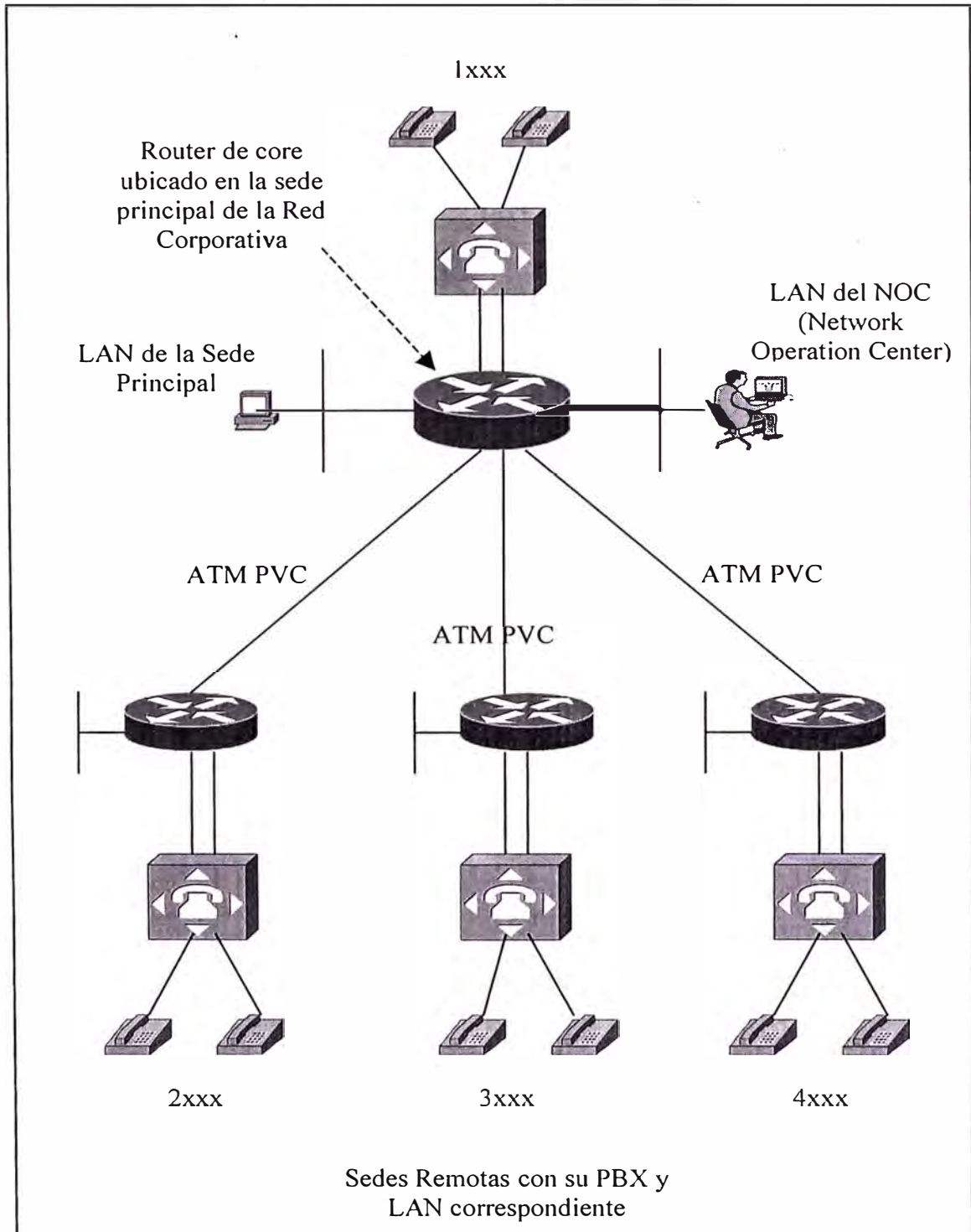
Consideremos nuestra Red Corporativa como se muestra en la figura 3.1.

Como se observa, la sede principal posee 2 LANs (una para las PCs y servidores de la Red Corporativa y la otra para el NOC). Se conectan las PBX (centralitas) a cada uno de los routers en cada sede mediante una troncal analógica o digital. Detrás de estas PBX se encuentran los abonados que realizan las llamadas. Cada uno de los router cumple la función de gateway, ya que sirve de interfaz entre las troncales telefónicas y la Red IP.

Se hace evidente la necesidad de tener un plan de numeración para poder realizar las llamadas entre sedes. Este plan debe de ser sencillo no sólo para los ingenieros que

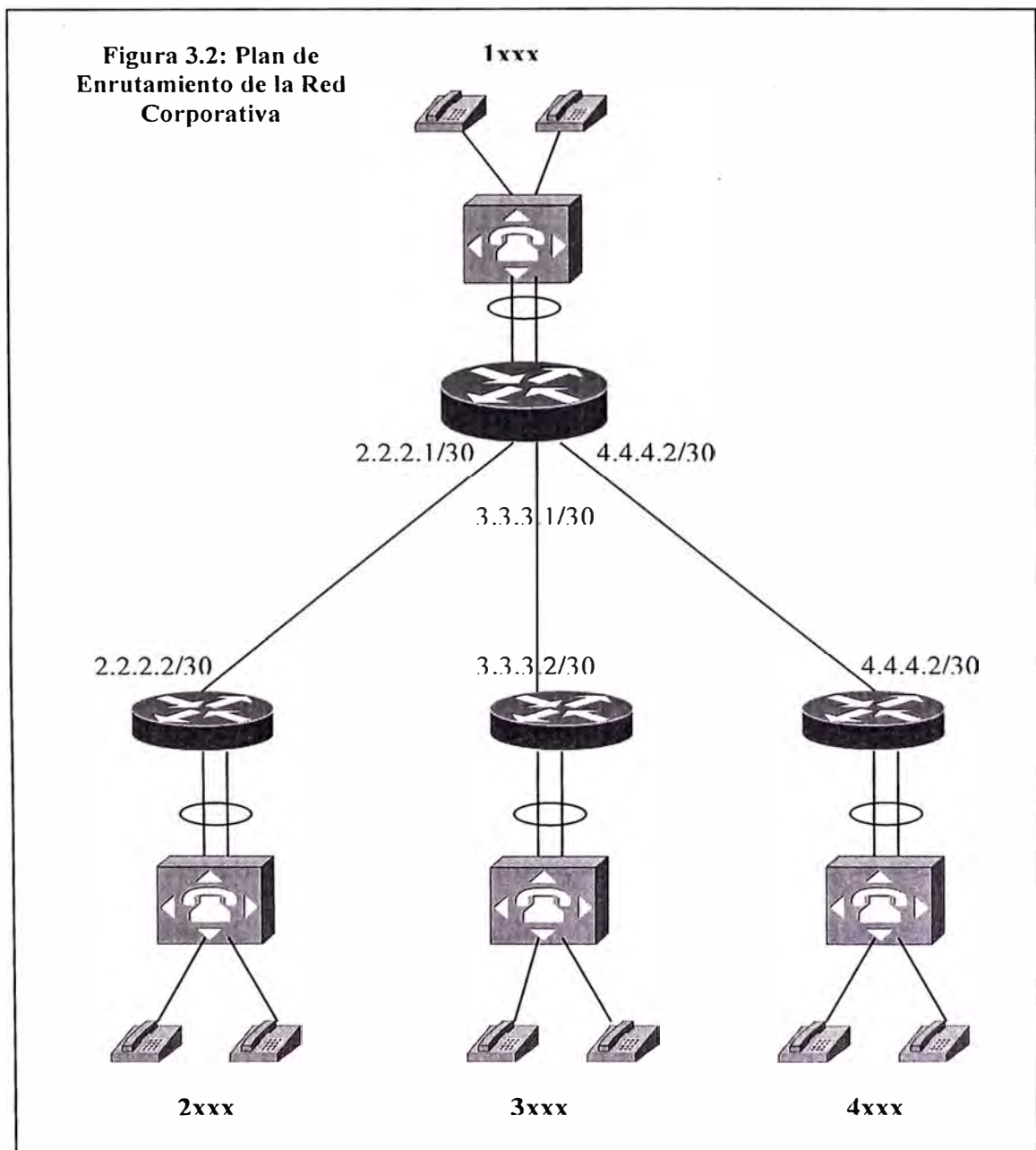
administran la red, sino también para los usuarios finales quienes son los que finalmente utilizan los servicios de la red corporativa. Por tanto, un primer criterio es asignar a cada sede una serie telefónica, la cual se define por el primer o los dos primeros dígitos de los números telefónicos. En nuestro caso se asignó a la sede principal la serie que empieza con el número 1; es decir, los números de anexo para esta sede pueden ser, por ejemplo, 1100, 1300, 1954, etc. Para las demás sedes se asignan las series que siguen (2, 3, 4, etc.).

Figura 3.1: Red Corporativa diseñada



### 3.2 PLAN DE ENRUTAMIENTO

Una vez listo el plan de numeración para cada sede, lo siguiente en habilitar es el plan de enrutamiento. Éste consiste en indicar en cada gateway por dónde se debe enviar la información de voz para un determinado número marcado. Revisemos nuevamente nuestra red corporativa en la figura 3.2.



En cada enlace entre la sede principal y las sedes remotas existe una subnet máscara 30 (255.255.255.252) configurada, de tal forma que exista conectividad a nivel IP entre las sedes. Luego, siguiendo el criterio de enrutamiento hallemos la tabla de enrutamiento del router principal de la siguiente manera:

**Tabla 3.1: Enrutamiento de las llamadas en el router principal**

<b>Número Telefónico</b>	<b>Destino</b>
1xxx	Port 0
2xxx	2.2.2.2
3xxx	3.3.3.2
4xxx	4.4.4.2

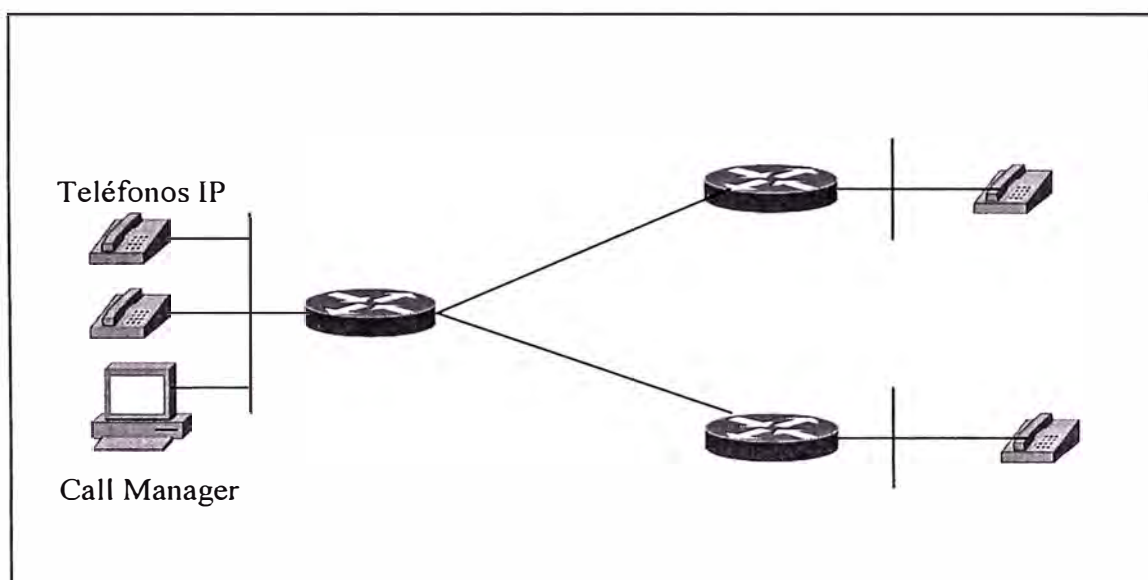
Como se observa, cuando alguien de la sede principal llame a cualquiera de las sedes remotas, el tráfico de voz será enviado al destino correspondiente, en este caso el router de la sede remota a la que se está llamando. De igual manera, cuando alguien llame a la sede principal el tráfico de voz llegará al router central y será enrutado hacia el puerto de voz donde se encuentra conectada la PBX de la sede principal.

Nótese que cuando se requiera llamar entre sedes, el tráfico de voz cruzará por la sede principal siempre, ya que es una estructura centralizada como se explicó en el capítulo I (Topología de la Red Corporativa). Por esto, la conectividad total entre todas las sedes es importante.

### 3.3 ESCENARIOS DE VOZ SOBRE IP EN LA RED CORPORATIVA

Existen distintas formas de aplicar la voz sobre IP en una red corporativa, pero tanto el plan de numeración y de enrutamiento siguen los mismos criterios. En las siguientes figuras se presentarán algunas variaciones en comparación al escenario considerado en nuestra red corporativa, pero que como se mencionó, siguen el mismo criterio de diseño.

**Figura 3.3: Aplicación de Voz sobre IP con teléfonos IP**

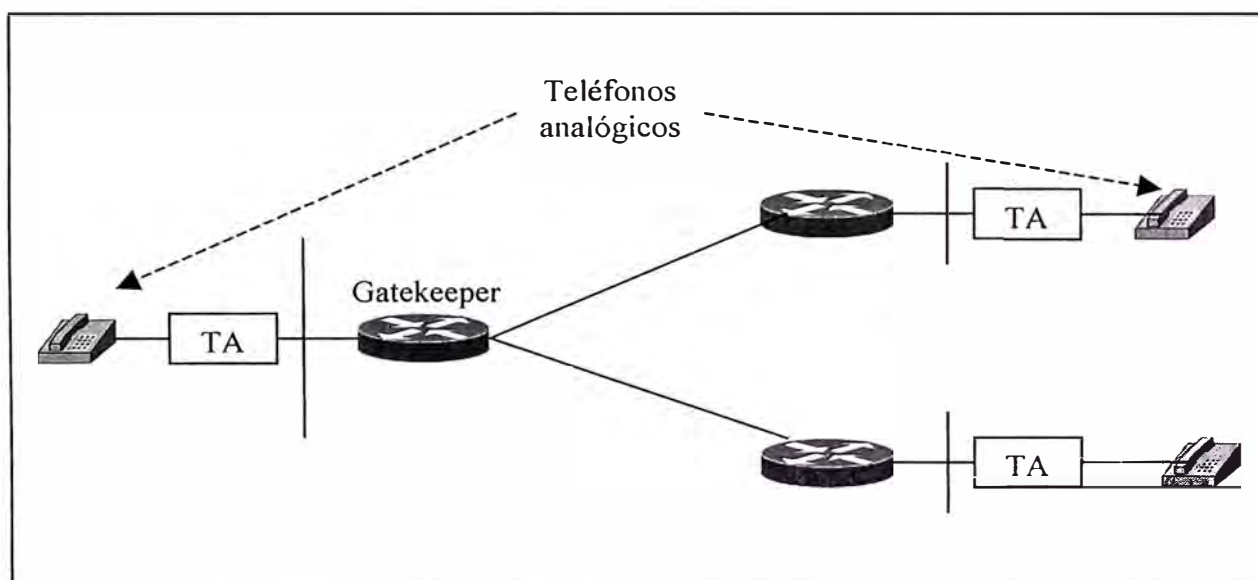


En el escenario mostrado en la figura 3.3, a diferencia de nuestro escenario de red corporativa, los teléfonos se encuentran conectados directamente a la LAN de cada sede. Para hacer esto posible, estos teléfonos poseen una interfaz ethernet y direcciones IP, por esto, a estos teléfonos se les denomina teléfonos IP. Como se observa, la señal sale completamente digitalizada del aparato telefónico, por lo cual los routers no realizan ninguna función de digitalización ni codificación. Otra diferencia fundamental es que el enrutamiento de las llamadas se realiza en un



dispositivo externo denominado Call Manager. Este dispositivo posee registros de todos los teléfonos IP que existen en la red; es decir, contiene las direcciones IP y números telefónicos y la relación entre ellos. Este dispositivo además brinda servicios adicionales como reconocimiento de llamadas, llamada en espera, transferencia de llamadas, etc.

**Figura 3.4: Red corporativa utilizando adaptadores análogos-digitales**



En el escenario mostrado en la figura 3.4 se presenta un escenario en el cual lo más notorio es la utilización de teléfonos analógicos, los cuales a su vez se conectan a unos dispositivos llamados TA (Terminal Adapter) cuya función es digitalizar la voz y realizar todas las funciones de establecimiento y control de las llamadas. Para el enrutamiento se utiliza un gatekeeper centralizado, el cual realizará todas las funciones de conmutación. La gran ventaja de este tipo de solución es su bajo costo, debido principalmente a la utilización de teléfonos analógicos y la eliminación del Call Manager.

### **3.4 CONSIDERACIONES DE DIMENSIONAMIENTO DEL ANCHO DE BANDA DE LOS ENLACES**

Cuando arrendamos los circuitos al carrier, debemos tener presente las siguientes consideraciones de dimensionamiento:

- El ancho de banda consumido por cada canal de voz en la red
- La cantidad de canales por sede
- El ancho de banda requerido por otras aplicaciones en la red

El ancho de banda consumido por cada canal de voz dependerá del tipo de codec utilizado, la eficiencia en la transmisión de los paquetes de voz, del tipo de medio por el que se transporta (en nuestro caso ATM), etc.

La cantidad de canales por sede será determinado después de un análisis de tráfico de llamadas en cada sede, luego de lo cual se obtendrá una relación entre el número de usuarios de la sede y número de canales habilitados, siendo este último mucho menor.

El ancho de banda requerido por las aplicaciones de datos en cada sede es un valor que cada administrador de red debe estimar basado también en un análisis de tráfico de datos en cada sede.

Finalmente, considerando 2 canales de voz por sede y aplicaciones comunes en la red tales como e-mail, http, etc., se puede tomar como ancho de banda en cada sede 128 kbps.

## **CAPÍTULO IV**

### **VENTAJAS DE LA VOZ SOBRE IP**

1. La principal ventaja del uso de la Voz sobre IP es el ahorro de costos. Definitivamente el ahorro que se obtiene al migrar las comunicaciones de voz de una empresa de la Red pública (PSTN) hacia su red de datos (utilizando un ancho de banda extra) es inmediato. Mientras el cobro de las llamadas por la PSTN se hace de acuerdo a la duración de la llamada y cantidad de llamadas realizadas, en la red de datos los cobros son, en la mayoría de los casos, fijos, no teniendo restricciones ni en cantidad ni duración de las llamadas.
2. La estructura abierta del protocolo IP es otra de las ventajas que se pueden mencionar. Al transportarse la voz sobre IP, esto hace posible que la voz no sólo se limite al campo corporativo, sino que pueda extenderse hacia cualquier parte del mundo haciendo uso del Internet (basado en el protocolo IP). Esto abre la posibilidad de nuevas aplicaciones para la voz sobre IP.
3. En la mayoría de los casos, el troubleshooting de problemas referidos a las comunicaciones de voz sobre IP se vuelve más sencilla. Mientras que en la red pública existen infinidad de equipos intermedios y pertenecientes al carrier que

brinda el servicio (en los cuales no se tiene ningún acceso), en la red corporativa de una empresa el troubleshooting se limita a los equipos extremos en la comunicación de voz, equipos que normalmente pertenecen a la misma empresa.

## CONCLUSIONES

1. La voz sobre IP es una tecnología que brinda comunicaciones de voz a través de redes de datos sin perder las características ni calidad en las llamadas en comparación con la red telefónica pública (PSTN).
2. Los costos que implica la implementación de la voz sobre IP en una Red Corporativa son rápidamente recuperados debido al ahorro que se obtiene de no realizar llamadas a través de la red telefónica pública.
3. En una Red Corporativa que utiliza voz sobre IP se tienen todas las características y facilidades que se tienen en las comunicaciones de voz convencionales. Muchas de estas facilidades son proporcionadas por el estándar H.323.
4. Existen distintos escenarios de aplicación de la voz sobre IP en el campo corporativo. La aplicación de cada una dependerá de las características que se deseen lograr, los costos, etc.
5. Finalmente, es beneficioso el uso de la voz sobre IP en el campo corporativo debido a diversos factores como costos, simplicidad, variedad, etc.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Voice over IP Fundamentals, Jonathan Davidson, Editorial Cisco Press 2000.
2. Integrating Voice and Data Networks, Scott Keagy, Editorial Cisco Press 2000.
3. Advance IP Network Design, Alvaro Renata, Editorial Cisco Press 1999.
4. Internetworking TCP/IP, Douglas E. Comer, Editorial Prentice Hall 2000.
5. Interconnection: Routers, bridges and Switches, Radia Terlman, Editorial Allison Wesley 2000.
6. Internetworking Technologies HandBook, Editorial Cisco Press 2001.
7. Large-Scale IP Network Solutions, Mark Turner, Editorial Cisco Press 2000.
8. Cisco LAN Switching, Kevin Hamilton, Editorial Cisco Press 1999.
9. Inside Cisco IOS Software architecture, Russ White, Editorial Cisco Press 2000.
10. Routing TCP/IP, Jeff Doyle, Editorial Cisco Press 1998.